

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Ormanların karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi ile
belirlenmesi
(Düздаğ Orman İşletme Şefliği örneği)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. Müh. Mete GÜLSUNAR

**HAZİRAN 2011
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMANLARIN KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİNİN
UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ
(DÜZDAĞ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)

Orm. Müh. Mete GÜLSUNAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
" ORMAN YÜKSEK MÜHENDİSİ "
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.05.2011
Tezin Savunma Tarihi : 03.06.2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mehmet MISIR

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Mete GÜLSUNAR tarafından hazırlanan

ORMANLARIN KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİNİN
UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ
(DÜZDAĞ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10 / 05 / 2011 gün ve 1404 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından 03 / 06 / 2011 tarihinde yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Mehmet MISIR

Üye : Prof. Dr. Hakkı YAVUZ

Üye : Prof. Dr. Cengiz ACAR

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Uzaktan Algılama Yöntemi İle Belirlenmesi (Düzdağ Orman İşletme Şefliği Örneği” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet MISIR’ a teşekkürlerimi sunarım.

Ormancılıkla ilgili her konudaki engin bilgileri ile çalışmama katkıda bulunan Sayın Prof.Dr. Hakkı YAVUZ’ a ve bu çalışma süresince her konuda yardımcı olan Sayın Doç.Dr. Nuray MISIR ’a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmam sırasında tecrübeleri ve engin bilgileri ile bana yol gösteren Yrd. Doç. Dr. Uzay KARAHALİL, Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI, Yrd. Doç. Dr. Fevzi ARSLI, Arş. Gör. Mustafa DİHKAN ve Arş. Gör. Emir ERİŞİR’e teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince, hem arazi çalışmalarında hem de laboratuvar çalışmalarında desteklerini gördüğüm meslektaş ve arkadaşlarım Çiğdem AYDIN ve Alper BULUT’ a ayrıca arazi çalışmalarında bana her türlü kolaylığı ve desteği sağlayan Düzdağ Orman İşletme Şefliği personeline teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi destekleri ile sürekli yanımda olan aileme şükranlarımı sunarım.

Mete GÜLSUNAR
Trabzon, 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Uzaktan Algılama Yöntemi İle Belirlenmesi (Düzdağ Orman İşletme Şefliği Örneği) ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Mehmet MISIR‘ ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 06/06/2011

(İmza)

Mete GÜLSUNAR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IXX
KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Küresel Isınma	8
1.3. Biyokütle ve Hesaplama Yöntemleri	16
1.4. Uzaktan Algılama ve Landsat Programı	19
1.5. Çalışmanın Amacı.....	34
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	35
2.1. Materyal	35
2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı.....	35
2.2. Örnek Alanların Belirlenmesi ve Arazi Çalışmaları.....	39
3. YÖNTEM	43
3.1. Çalışmanın Kavramsal Çatısının Oluşturulması.....	43
3.1.1. Ön Bilgilerin Toplanması ve Veri Tabanı Oluşturulması.....	44
3.1.2. Uydu Görüntüsünde Yapılan Ön İşlemler	44
3.1.3. Yersel Ölçümlerin Değerlendirilmesi	45
3.1.4. Karbon Depolama Kapasitesinin Hesaplanması	46
3.1.5. Karbon Sınıflarının Oluşturulması.....	47
3.1.6. Uydu Görüntüsünün Sınıflandırılması	47
3.1.7. Sınıflandırmada Doğruluk Analizi.....	48
4. BULGULAR.....	50
5. TARTIŞMA	65
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
7. KAYNAKLAR	70
8. EKLER.....	77
ÖZGEÇMİŞ	78

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ORMANLARIN KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİNİN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ (DÜZDAĞ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)

Mete GÜLSUNAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet MISIR
2011, 87 Sayfa, Ek (1)

Son yıllarda uydu teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, çok kanallı uydu verilerinin, ormancılık çalışmalarında geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Giresun Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü, Düzdağ Orman İşletme Şefliği'nin verimli meşcerelerindeki Karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi kullanılarak belirlenmesidir. Bu amaç için Düzdağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki meşcerelerden örnek alanlar alınmıştır. Alınan örnek alanlar içerisindeki ağaçların göğüs yüksekliklerindeki çapları ölçülmüş ve araştırma alanı için belirlenen tek girişli hacim tablolarından faydalanılarak hektardaki hacim değerleri hesaplanmıştır. Karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasında Türkiye ormanları için Asan (1999) tarafından belirlenen BEF1 katsayısı kullanılmıştır. Hesaplanan karbon depolama kapasitelerinden yararlanılarak 4 adet karbon sınıfı oluşturulmuştur. Bu karbon sınıflarına göre araştırma alanına ait Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Kontrollü sınıflandırma yapılırken En Büyük Olasılık (Maximum Likelihood) algoritması kullanılmıştır. Yapılan kontrol sonucunda genel sınıflandırma doğruluk oranı % 84,17, Kappa İstatistiği doğruluk oranı ise 0,7889 bulunmuş ve karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi kullanılarak uydu görüntüsü üzerinde belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Landsat, Karbon Depolama Kapasitesi, Erdas, Biyokütle

Master Degree Thesis

SUMMARY

Remote Sensing Method for Forest Carbon Capacity Estimation
(The Example of Düzdağ Forest Management Chiefdom)

Mete GÜLSUNAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet MISIR
2011, 87 Pages, Appendix (1)

Recently, correspondingly with development in satellite technology, multichannel satellites have found a wide usage area in forestry researches. The aim of this study is to determine capacity of Carbon Storage using Remote Sensing Method in (productive) stands of Düzdağ Forest Management Chiefdom, Akkuş Forest Management Office, Giresun Regional Forest Office. For this purpose, sample stands selected in border of Düzdağ Forest Management Chiefdom. Breast height diameter of trees were measured in this selected stands and the value of volume per stand hectare was calculated using single entry volume charts determined for related stands. In the calculation of carbon storage capacity in Turkey Forests, BEF₁ coefficient defined from Asan (1999) was used in this study. Four carbon classes were created using determined carbon storage capacities. According to these carbon classes, restricted classification was established on images of Landsat ETM + satellite for related each stand. When restricted classification was carried, maximum likelihood estimation method was used. In consequence of inspections, accuracy rate of general classification and Kappa statistic were 84,17 %, 0,7889 respectively and concluded that Carbon Storage Capacity could be determined using Remote Sensing Method.

Keywords: Remote Sensing, Landsat, Carbon Storage Capacity, Erdas, Biomaterial,

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi.....	9
Şekil 2. Dünya birincil enerji tüketiminin miktarı ve 1996-2005 yılları arasındaki değişimleri.....	10
Şekil 3. Türkiye’deki sera gazı emisyonu.....	11
Şekil 4. Emisyon kaynakları ve yutak alanlar arasındaki küresel karbon döngüsü ve son 150 yıl içindeki durum	13
Şekil 5. Biyokütle bileşenlerinin ağaç üzerindeki dağılımı	17
Şekil 6. Landsat uyduları tarihçesi.....	21
Şekil 7. Landsat 7 uydusunun model olarak görüntüsü	22
Şekil 8. Kontrolsüz sınıflandırma	26
Şekil 9. Kontrollü sınıflandırma	27
Şekil 10. En yüksek olasılık yöntemi ile tanımlanan olasılık yoğunluk fonksiyonları.....	28
Şekil 11. En yüksek olasılık sınıflandırılması	29
Şekil 12. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü’nün Türkiye’deki yeri.....	36
Şekil 13. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü’nün Giresun Orman Bölge Müdürlüğü’ndeki yeri	37
Şekil 14. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Orman İşletme Şefliklerinin sınırları.....	38
Şekil 15. Alınan örnek alanlar	41
Şekil 16. Örnek alanlarda göğüs çapının ölçülmesi.....	42
Şekil 17. Çalışmanın kavramsal çatısı	43
Şekil 18. Geometrik düzeltilmesi yapılan uydu görüntüsü.....	45
Şekil 19. Kontrol noktaları.....	49
Şekil 20. Araştırma alanı karbon sınıfları haritası	64

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Orman amenajman planlama sürecinin gelişim seyri.....	2
Tablo 2. Sera gazları ve zaman içindeki değişimleri	9
Tablo 3. Karbon havuzları	14
Tablo 4. Temparate zondaki ormanlarda (doğal ve plantasyon) kullanılmak üzere LULUCF kılavuzunda verilen ve Türkiye için hesaplanan (BEF ₁ ve BEF ₂) değerlerinin karşılaştırılması	15
Tablo 5. Landsat TM bant özellikleri	22
Tablo 6. Landsat TM bant kullanım alanları	23
Tablo 7. Araştırma alanında bulunan meşcere tipleri ve alanları	39
Tablo 8. Araştırma alanında bulunan meşcereler, alanları ve örnek alan sayıları	40
Tablo 9. Karbon sınıfları.....	47
Tablo 10. Araştırma alanındaki meşcerelerin hektardaki hacim değerleri	50
Tablo 11. Araştırma alanı meşcerelerinin biyokütle değerleri.....	53
Tablo 12. Araştırma alanı meşcerelerinin karbon depolama kapasiteleri.....	57
Tablo 13. 1. Karbon sınıfı	60
Tablo 14. 2. Karbon sınıfı	61
Tablo 15. 3. Karbon sınıfı	61
Tablo 16. 4. Karbon sınıfı	62
Tablo 17. Araştırma alanına ilişkin sınıflandırma performansı, hata matrisi	62
Tablo 18. Kappa istatistiği doğruluk oranı	62
Tablo 19. Karbon sınıflarının uydu görüntüsü ve amenajman planına göre alanları.....	63

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
BEF ₁ ve BEF ₂	: Biyokütle evirim Faktörleri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DGBK	: Dikili Gövde Biyokütlesi
DGH	: rnek Alanlarda Yapılan lmler ile Elde Edilen Meşcerelerin Hektardaki Hacim Değerleri
ETAP	: Ekosistem Tabanlı ok Amaçlı Planlama
LULUCF	: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değerikliği ve Ormancılık Klavuzu
NASA	: Amerikan Havacılık ve Uzay Dairesi
SOBK	: Satılabilir Odun Biyokütlesi
TABK	: Toprak Altı Toplam Biyokütle
TGBK	: Toprak st ve Altındaki Genel Biyokütlenin
TBK	: Toprak st Toplam Biyokütle
TDBK	: Toprak st ve Toprak Altı Biyokütle Miktarı
YBK	: Yer st Biyokütlesi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanın ormanla olan ilişkisi kendi tarihi kadar eskidir. İlkçağlardan günümüze kadar ormanlardan çeşitli şekillerde yararlanmıştır. Ormanı kendine barınak olarak seçmiş, meyvesinden, gövdesinden ve diğer her türlü ürününden yararlanmıştır. Başka bir anlatımla, ormanı kendini korumak, barınmak ve ısınmak için kullanmıştır. Başlangıçta orman ekosisteminin bir ögesi gibi yaşamını sürdürürken, zamanla gelişerek çeşitli araçları kullanmaya başlamış, gereksinimleri artmış ve çeşitlenmiştir. Bu gelişim sürecinde insanın ormanla olan ilişkileri azalmamış, aksine gelişim sürecine bağlı olarak giderek daha da artmıştır. Giderek artan nüfus, dev adımlarla gelişen teknoloji ve buna paralel olarak insanların yaşam düzeyinin giderek yükselmesi sonucunda ormanlardan yararlanmanın şekli değişmiş ve yoğunluğu da artmıştır. Artan ihtiyaçların düzensiz ve plansız bir şekilde karşılanması, erozyon, çevre kirlenmesi, doğal hayatın kaybolması, biyolojik çeşitliliğin azalması, ormanların sağlık durumlarının bozulması ve uzun vadede ekosistem sürecinin sürekliliğinin sağlanmaması gibi pek çok sorunları da beraberinde getirmiştir (Başkent, 1999; Mısır, 2001).

Ormanlardan düzensiz yararlanılmasına bağlı olarak, ormanlara olan gereksinim ile ormanların bu gereksinimi karşılama olanakları arasındaki açık giderek büyümüş ve 16. yüzyıldan itibaren ciddi boyutlara ulaşmaya başlamıştır. Bu olumsuz gelişmelerin sonucunda 18. yüzyıl başlarında ortaya çıkan süreklilik ilkesine bağlı olarak ormanlardan yararlanmanın bir plan çerçevesinde yapılabileceği görüşleri önem kazanmıştır (Eraslan, 1982; Eler, 2001; Kapucu, 2004).

Ormanların planlanması ile ilgili olarak gelişmiş ülkelerdeki sürece bakıldığında geçmişten günümüze dört farklı yaklaşımın birbirini izlediği görülmektedir. Bu yaklaşımlar Tablo 1’ de gösterilmektedir.

Tablo 1. Orman amenajman planlama sürecinin gelişim seyri (Mısır, 2001).

Amenajman Yaklaşımı	Amaç	Temel İlke
Koruma	Doğal afetlere ve aşırı insan müdahalesine karşı ormanları korumak	Ormanların mevcut haliyle korunması
Sürekli Hasılat	En yüksek odun üretimi	Odun üretiminde süreklilik
Çok Amaçlı Kaynak Kullanımı	Çok çeşitli ürün elde etmek	Sürekli çok çeşitli ürün elde etmek
Ekosistem Amenajmanı	Orman ekosistem sağlığını koruyarak sürekli azami mal ve hizmetler sunacak hedef ekosistem yapısını elde etmek	Ekosistem konumsal yapı ve işlevlerinin tanınarak sürekliliğinin sağlanması

Ormanların koruma amaçlı işletim sisteminde ana amaç ormanın korunmasıdır. 19. yüzyılın sonlarında ortaya çıkmıştır ve süreklilik esastır. Ekosistem hakkında yeterli bilginin bulunmadığı bu dönemde, orman ekosistemleri doğal afetlere göre şekillenmektedir. Orman yangınlarından koruma ana amaçtır. Bu dönemde amaçlanan hedeflere büyük oranda ulaşılmış ve koruma gerçekleştirilmiştir.

Sürekli odun hâsılatı elde etme yaklaşımında ise ana amaç, uzun dönemde ormandan odun endüstrisinde kullanılmak üzere yapacak odun elde etmektir. Bu yaklaşımda yıllık artımı üst düzeye çıkarmak ve buna bağlı olarak alandan sürekli ve en yüksek ürünü elde ederek ekonomik anlamda başarılı olmak hedeflenmektedir.

Diğer bir yaklaşım da ormanlardan çok amaçlı yararlanmadır. Bu yaklaşımda, orman ürünlerinde ve ormanın topluma sağladığı hizmetlerden üst düzeyde yararlanmak esastır. Çok amaçlı kullanım, hem odun ürünü üretimi hem de odun dışı hizmet üretimini içermekte ve sosyal değerleri en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır.

Bu gelişmelerin doğal sonucu olarak son zamanlarda ekosistem alt yapısına dayalı planlama ağırlık kazanmaya başlamıştır. Orman ekosisteminin tanınması, onun sağlık, işlev ve konumsal yapısının biçimlendirilerek topluma üst düzeyde mal ve hizmetleri sürekli sunması şeklinde ortaya çıkan bu günümüz orman amenajmanı akımı, ekosistem amenajmanı veya doğaya yönelik orman amenajmanı olarak bilinmektedir (Başkent, 1999; Mısır, 2001).

Çok yakın zamana kadar ülkemiz ormanlarının tamamına yakın bölümü, yalnızca değişik çap ve nitelik yuvarlak odun üreten ve bu ürünlere duyulan istemi karşılama amacıyla işletilen doğal bir kaynak olarak algılanmıştır.

Bu nedenle Bakanlar Kurulu kararı ile ayrılan Milli Park ve Muhafaza ormanları dışında kalan bütün ormanlar; arazi eğimi, yükselti basamakları, üst orman zonu ve step zonu gibi odun üretimini sınırlayıcı faktörler dikkate alınmaksızın üretim ormanı kabul edilmiş ve buna göre planlanmıştır (Asan, 1999; Mısır, 2001).

Orman kaynaklarından yararlanmayı çok amaçlı kullanım ilkesine göre düzenleyen bir amenajman planı 1990 yılına kadar ne yazık ki gerçekleştirilmemiştir. Orman amenajmanı uygulamalarında planlama birimlerinin kimi bölümleri her ne kadar ormanların toprak koruma ve erozyon kontrolü, su koruma ve hidroloji gibi fonksiyonlar gözetilerek “ Muhafaza İşletme Sınıfı “ adı altında ayrılmış ise de, bu uygulamayı çok amaçlı kullanım biçiminde değerlendirmek mümkün değildir. Çünkü bu amaçla ayrılan ormanlarda hiçbir özel planlama ve uygulama öngörülmemekte ve ayrılan bu alanlar olduğu gibi doğaya terk edilmektedir (Asan, 1999; Mısır, 2001).

Dünyada izlenen sürece bağlı olarak ülkemizde son yıllarda üzerinde durulan planlama yaklaşımı Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP)’tır. Bu planlama yaklaşımı; orman ekosistemlerinin sunduğu ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel değerlerini (fonksiyonları) sayısal bazda tanımlama, paydaşların katılımı ile alansal düzenlemeyi yapma, orman fonksiyonlarına olan talepler doğrultusunda şekillenen işletme amaçları ve koruma hedeflerine karar verme teknikleri ile ulaşma sürecini kapsar (Başkent vd, 2010).

Prencipte ülke ormancılık sektörü tarafından da benimsenen ETÇAP anlayışının işlem aşamaları sırasıyla şu şekildedir (Başkent vd, 2004; Yolasığmaz, 2004; Başkent vd., 2005; Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009):

- Planlama hedeflerinin (işletme amaçları, koruma hedefleri) ortaya konulması
- Orman ekosistem envanteri
- Orman ekosistemlerinin sınıflandırılması
- Amaç ile orman yapısı ve kuruluşu arasındaki bağın kurulması
- Ulusal-uluslararası yasa ve planlama ilkelerinin belirlenmesi
- Uygun silvikültürel müdahale şeklinin belirlenmesi
- En iyi plan seçeneğinin belirlenmesi
- Plan çıktıların hazırlanması

Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama, biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği, üretim, yenilenme kapasitesi, canlılık ve orman ekosistemlerinin uzun vadeli dengesine zarar vermeden onların ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarının yeterliliğine odaklıdır (Başkent vd., 2004).

Orman amenajmanının gelişimindeki bu süreç çeşitli uluslararası platformlarda da ele alınmıştır. Ormanlık sektörü dünya genelinde uluslararası boyutta ilk kez 1972’de Birleşmiş Milletler tarafından Stockholm’de düzenlenen konferansta ele alınmıştır. Ancak, bu toplantıyı izleyen 10 yıllık süreç içerisinde, konferansta benimsenen ilkelere uyulmadığı ve alınan kararların uygulanmadığı görülerek 1983’te yine Birleşmiş Milletler tarafından bir komisyon oluşturulmuştur. Bu komisyonun 1987’de yayımladığı “Ortak Geleceğimiz” adlı raporda çevre sorunlarının önemli boyutlara ulaştığı, ekonomik kalkınma planlarının çevre sorunlarını ikinci plana attığı, tarımsal ve endüstriyel yayılmanın devam ettiği ve bu nedenlerle de ormanlara olan baskıların giderek arttığı vurgulanmıştır. Bu bulgulara bağlı olarak 1992’de Rio’da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) toplanmıştır. (IPPC, 2001) Ülkemizin üst düzeyde temsil edildiği bu konferans, ormancılık açısından çok büyük öneme sahip olup dünya ormancılığını derinden etkileyecek ve köklü yapısal değişikliklere götürecektir bir sürecin başlangıcı olmuştur.

Konferansın çıktıları şunlardır;

- Ormancılık Prensipleri
- Gündem 21
- Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi
- Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
- İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

İklim Değişikliği Sözleşmesi, konferans çıktıları arasında çok önemli bir yere sahiptir. Sözleşmenin amacı; iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının azaltılması ve bu amaçla alınacak tedbirler için gelişme yolundaki ülkelere finansman kaynağı ve teknoloji transferi sağlanmasıdır. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe girmiş ve sözleşmeye 186 ülke ve Avrupa Birliği (AB) taraf olmuştur. Ormanlarla dolaylı olarak ilgili olan bu sözleşmeye gelişmiş ülke sınıfında değerlendirilmiş olması nedeniyle Türkiye uzun bir süre imza atmamıştır.

Türkiye sözleşmeyi eklerdeki pürüzler giderildikten sonra 5 Şubat 2009 tarihinde imzalamıştır (URL-1, 2011).

Sözleşmenin amacı, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmak, böyle bir düzeye ekosistemin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına, gıda üretiminin zarar görmeyeceği ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına izin verecek bir zaman içerisinde ulaşmaktır.

Sözleşmenin temel ilkeleri;

- İklim sisteminin eşitlik temelinde, ortak fakat farklı sorumluluk ilkesine uygun olarak korunması,
- İklim değişikliğinden etkilenecek olan gelişme yolundaki ülkelerin ihtiyaç ve özel şartlarının dikkate alınması,
- İklim değişikliğinin etkilerine karşı önlem alınması ve alınacak önlemlerin etkin maliyetli ve küresel yarar sağlayacak şekilde olması,
- Sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi ve belirlenecek politika ve önlemlerin ulusal kalkınma programlarına dâhil edilmesi,
- Tarafların işbirliği yapmalarıdır (URL-2, 2011).

Rio konferansının hemen ardından Avrupa' da sürdürülebilir orman yönetimi için bir taahhüt niteliğini taşıyan Helsinki konferansı 1993 yılında Finlandiya ve Portekiz' in başkanlığında yapılmıştır. 37 Avrupa ülkesi ve AB ile beraber özel sektörden bazı kuruluşlarla ulusal ormancılık topluluğu ve çevre ile uğraşan hükümet dışı kuruluşlar da bu konferansa katılmışlardır (EU, 2000).

Helsinki konferansı sonucunda 4 karar maddesi üzerinde görüş birliğine varılmıştır:

1. Avrupa Ormanlarının Sürdürülebilir Yönetimi için Genel Esaslar
2. Avrupa Ormanlarının Biyolojik Çeşitliliğinin Korunması için Genel Esaslar
3. Geçiş Ekonomisindeki Ülkelerle Ormancılık Alanında İş Birliği
4. Avrupa Ormanlarının İklim Değişikliğine Uzun Süreli Adaptasyonu Süreci Stratejileri

Bakanlar konferansı sürecinde orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusundaki oluşumları başlatmaya yönelik olarak sürdürülebilir orman yönetimi kavramının tüm Avrupa düzeyinde ortak tanımı bu toplantıda yapılmıştır

Bakanlar konferansının birinci maddesinde yapılan sürdürülebilir orman yönetimi tanımı, "Ormanların ve orman alanlarının, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlarını yöresel, ulusal ve küresel düzeylerde şimdi ve gelecekte diğer ekosistemlere zarar vermeden yerine getirebilmeleri için biyolojik çeşitliliğini, verimliliğini, yenilebilme kapasitesini, hayatiyetini ve potansiyel varlığını sürdürebileceği bir şekilde ve oranda kullanımı ve idaresi" dir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2000). Bu tanıma göre, ormanların ekolojik, ekonomik ve sosyal olmak üzere temel fonksiyonun olduğu da kabul edilmiştir. Sürdürülebilir orman yönetiminde 3 ana başlıkta toplanan bu fonksiyonlar, izlenecek ve değerlendirilecek normlar şeklinde 6 kritere ayrılmıştır.

Bunlar ;

1. Orman kaynakları ve bunların küresel karbon döngüsüne katkısı
2. Orman ekosisteminin sağlığı ve canlılığı
3. Ormanların odun ve odun dışı üretim fonksiyonları
4. Biyolojik çeşitlilik
5. Ormanların koruma fonksiyonları
6. Ormanların sosyo-ekonomik ve diğer fonksiyonlarıdır (IPPC, 2001).

Bunun yanında toplantı sonucunda ortaya çıkan genel deklarasyon ve bu bağlı olarak alınan kararlar, biyolojik çeşitliliğin korunması, orman sektörü için olası bir iklim değişikliğinin sonuçlarına ilişkin stratejiler olarak adlandırılan küresel çevre konularına Avrupa' nın yaklaşımı ve Pazar ekonomisine geçiş sürecinde ülkelerle artan işbirliğini' de yansıtmaktadır (EU, 2000).

Ormancılık açısından çok önemli bir yere sahip olan diğer anlaşma ise 1997'de imzalanan Kyoto Protokolü'dür. Kyoto Protokolü küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçevedir ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır.

Bu protokolü imzalayan ülkeler, CO₂ ve sera etkisine neden olan beş gazın (CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) salınımını azaltmayı veya bunu yapamıyorlarsa salınım ticareti yoluyla haklarını arttırmayı taahhüt etmişlerdir.

Protokol, ülkelerin 2008-2012 döneminde atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmeleri gerektiğini hedef olarak belirlemiştir. 1997’de imzalanan bu protokol, ancak 2005’te yürürlüğe girebilmiştir. Bunun nedeni, protokolün yürürlüğe girebilmesi için taraf ülkelerin 1990’daki karbon emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam emisyonun %55’ ini bulması gerekmesi ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya’nın katılımıyla ulaşılabilmiş olmasıdır (IPPC, 2001).

2005 yılı itibariyle Kyoto Protokolü’ne imza koymamış olsa da Türkiye, Rio-Helsinki sürecinin içinde yer almış ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı’na uyacağını 1992 yılında bildirmiştir. Ancak, gerek Türkiye’nin Kyoto Protokolü’ne henüz dahil olmaması ve gerekse Çevre ve Orman Bakanlıkları’nın önceden iki ayrı bağımsız birim halinde örgütlenmiş bulunması nedeniyle Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin öngördüğü ulusal bildirimini 2006 yılına kadar yapamamıştır. Bu eksiklik, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın 2005 yılında başlattığı “Birinci Ulusal Bildirim Hazırlık Çalışmaları (Enabling Activities for the Preparation of Turkey’s Initial National Communication to the UNFCCC)” adlı proje ile giderilmeye çalışılmıştır (Aydın, 2010).

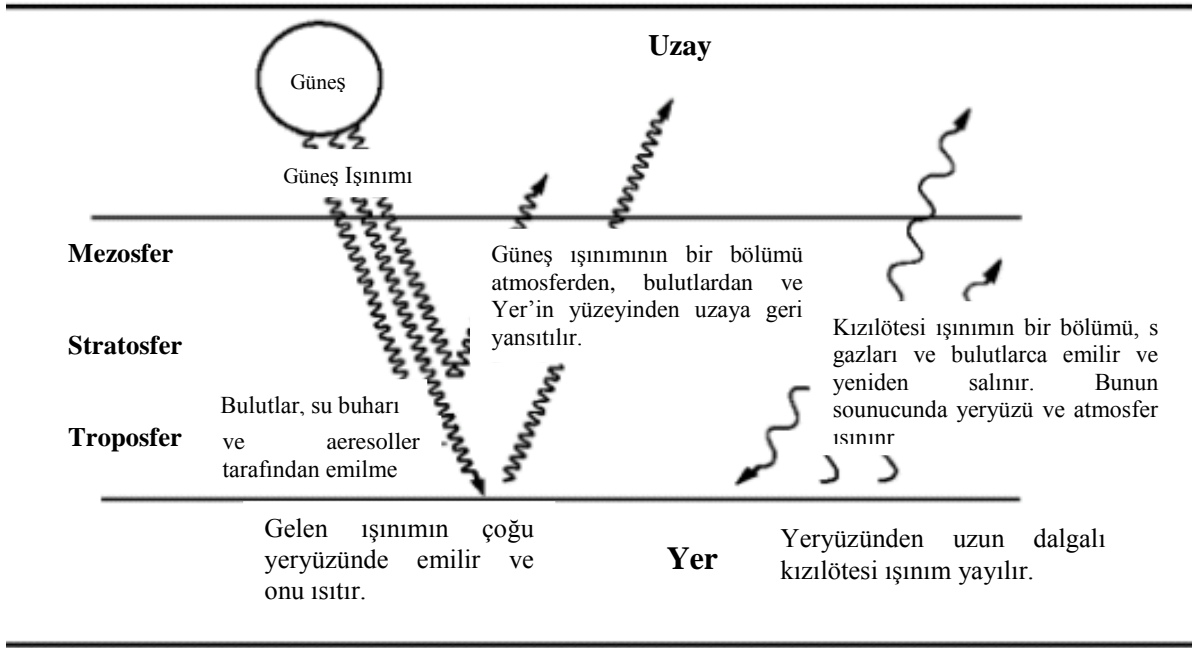
Dünyada hızla artan nüfus, şehirleşme, kalabalıklaşma, sanayileşme, tüketim alışkanlıkları ve gösteriş etkisi, doğal kaynakların bilinçsizce kullanımını doğurmuştur. Toprak, hava ve su kaynakları kirletilmiş, erozyon, sel, taşkın, çığ, heyelan, asit yağmurları yeryüzündeki canlı hayatı, onun yaşam ortamını ve gıda güvenliğini tehdit eder hale gelmiştir. Görülen bu ormansızlaşma, çölleşme, çoraklaşma, çevre ve genetik kirlenme, nesli yok olan veya azalan flora ve fauna, göçler, açlık ve sefalet gerçekleri, ormanların ekonomik fonksiyonlarının yerine ekolojik fonksiyonların ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bunu doğrulayan güncel gelişmelerden biride günümüzde dünyanın hemen her ülkesinde gündemin ilk sırasında yer alan küresel ısınmadır.

1.2. Küresel Isınma

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından ortaklaşa yürütülen Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 1996 yılında hazırladığı 2. Değerlendirme Raporu'nda küresel iklim değişikliğinin tanımı, “Karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişkenlikleri ile, küresel atmosferin doğal yapısını doğrudan ya da dolaylı biçimde bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerin bütünü” biçiminde yapılmıştır (IPCC 1996). Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere, iklimde gözlenen değişimin bir bölümü doğal olaylardan kaynaklanmaktadır. Nitekim dünya ikliminin jeolojik çağlar içinde milyonlarca defa ısınıp soğuduğu bilimsel araştırmalar ile sabittir. Bu nedenle, yapılan tanımda iklim değişiminin bir bölümünü doğal karşılanmakta ve fakat bu değişiminin temel nedeni olarak özellikle 1850 yılında başlayan sanayi devriminden sonra atmosfer içinde miktarı giderek yükselen sera gazları ile sonucu ormansızlaşmaya varan arazi kullanım değişikliği gösterilmektedir (URL-3, 2011).

Küresel iklim değişiminin nedenleri üzerine ileri sürülen görüşler: a) ozon tabakasındaki incelme, b) güneş yüzeyinde oluşan manyetik fırtınalar, c) Dünya eksenindeki kayma ve sapmalar ile güneş etrafındaki yörüngesinin basıklaşması, d) sera etkisi olarak dört ana başlık altında toplanmaktadır. Bu görüşler arasında en fazla taraftar bulan “Sera Etkisi”dir (Şekil 1).

Üzeri cam veya plastik örtüyle kapatılarak içerisinde genellikle turfanda sebze ve süs bitkileri yetiştirilen alana sera denir. Güneşten gelen ışınlar seraya kolayca girebilir; ancak toprak ve bitki örtüsüne çarptıktan sonra ısı enerjisine dönüşür, ışınların dalga boyları kısalmaya ve enerjileri azalmaya başlar. Dolayısıyla bu kısa dalga boyundaki ışınların sera dışına çıkması, cam ve plastik örtü tarafından engellenir. Bunun sonucunda da, seranın ısınması, güneş enerjisi geldiği sürece artar. Bu da sera etkisi olarak adlandırılır (URL-4, 2011).



Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi (Türkeş vd, 1999).

Dünyamızda atmosferde var olan denge ile aynen sera gibi ısınmakta ve bu ısı seviyesi belli bir dengede bulunmaktadır. Dünyayı çevreleyen atmosfer tabakaları içerisinde bulunan bazı gazlara da yeryüzü için sera etkisi oluşturduklarından, “sera gazları” denir. Bu gazların başlıcaları; karbondioksit, metan, azot oksitler, ozon, kloroflorokarbon ve su buharıdır (URL-4, 2011).

Sera gazlarının sanayi devrimi başında ve günümüzde ulaştığı miktarlar Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2. Sera gazları ve zaman içindeki değişimleri (URL-3, 2011).

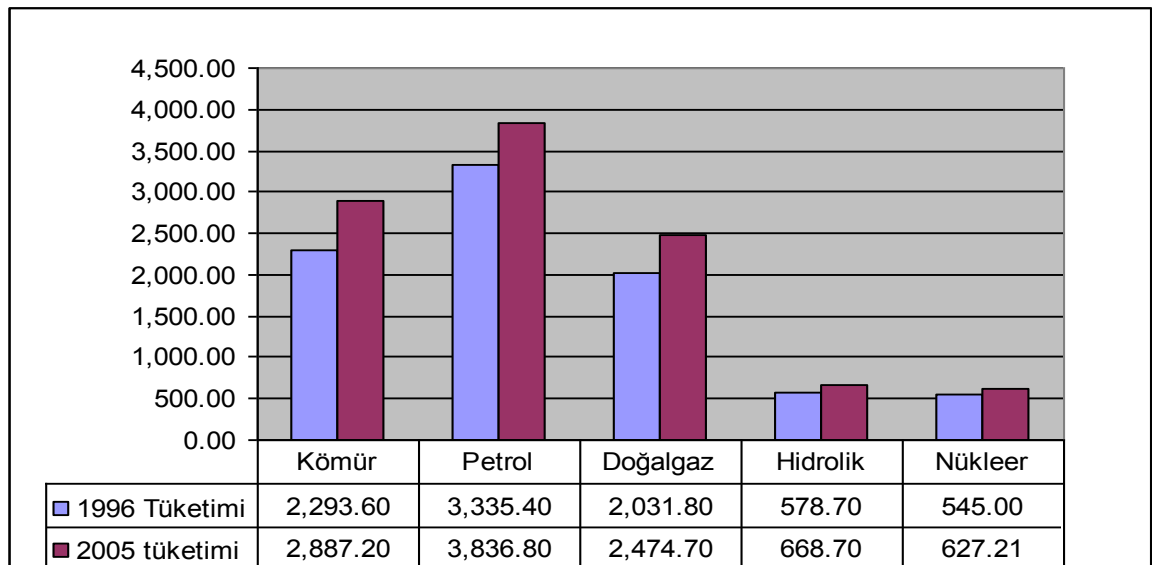
Sera gazları	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC11
Atmosferik birikim birimi *	(Ppmv)	(Ppbv)	(Ppbv)	(Pptv)
Sanayi öncesi (1750-1800)	~280	~700	~275	0
1994 Yılındaki	358	1720	312	268
Yıllık değişim (birikim)	1,5	10	0,8	0
Yıllık değişim (yüzde)	0,4	0,6	0,25	0
Atmosferik ömrü (yıl)	50-200	12	120	50

Ppmv; hacim olarak milyonda kısım, Ppbv; hacim olarak milyarda kısım, Pptv; hacim olarak trilyonda kısım

Tablo' 2 den anlaşılacağı üzere, sera etkisi üzerindeki en büyük pay milyonda 1,5 ile CO₂' e aittir. CH₄' in etkisi yüz milyonda 1, N₂O' in etkisi ise milyarda 1 den azdır. CFC-11 in etkisi ise, triyonda 268 dir. Bu durum, sera etkisinin birincil nedeninin CO₂ miktarının yükselmesi olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, küresel iklim değişimini önlemede ilk sıra CO₂' e verilmektedir. Böylece; bir taraftan kimyasal düzenlemeler ile atmosfere bırakılan CO₂ miktarını düşürülürken, bir taraftan da mevcut orman kaynaklarını korumak ve genişletmek suretiyle CO₂ tüketimi hızlandırılmaya çalışılmaktadır (Asan, 1999).

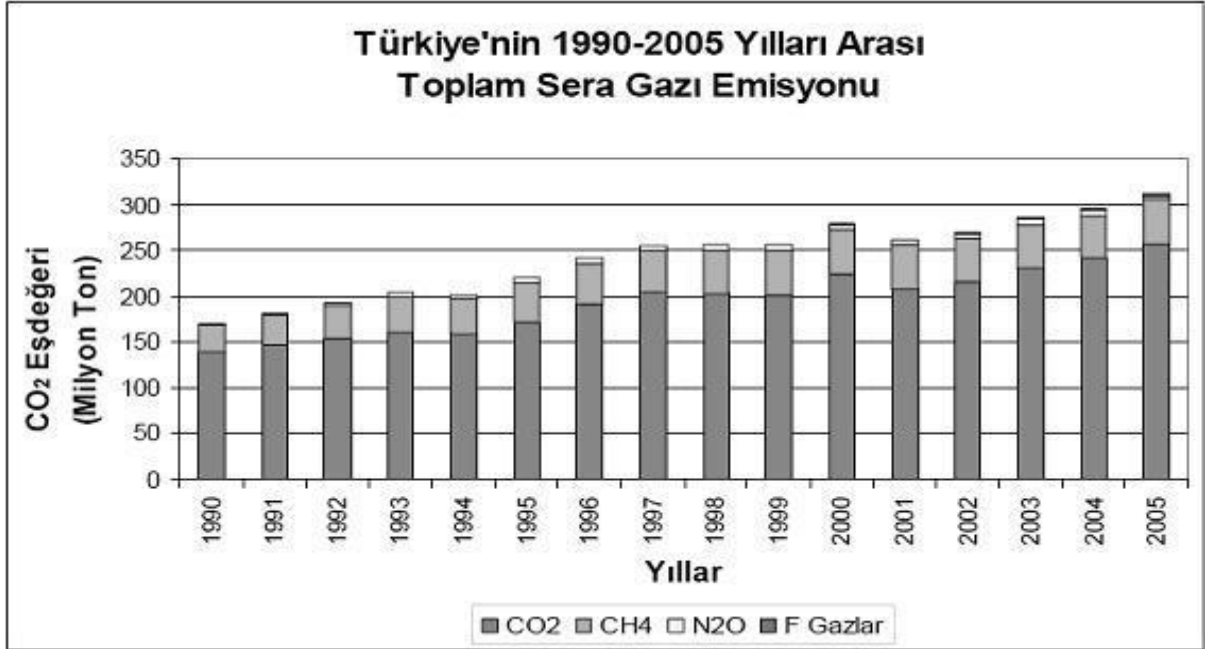
19. yüzyılın ortalarından itibaren kullanılan enerji kaynakları büyük ölçüde değişmiştir. 1860'da odun tüm dünyada kullanılan ana yakıt iken zamanla yerini kömür almış ve 1960'lara kadar kömür endüstriyel ülkelerin ana enerji kaynağı olarak kalmıştır. Bu tarihten sonra ise petrol ön plana çıkmaya başlamıştır. Bununla birlikte doğalgaz ve hidroelektrik de kullanımı artan enerji kaynaklarıdır (URL-5, 2011).

1850'den beri yaklaşık 265 Gt karbonun fosil yakıt kullanımı ve çimento üretimi nedeniyle atmosfere yayıldığı tahmin edilmektedir. Son tahminler fosil yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonun yılda 6.3 Gt olduğunu göstermektedir (URL-5, 2011). Şekil 2' de 1996 ve 2005 yılları arasında Dünyadaki enerji tüketimlerine ilişkin değerler verilmiştir.



Şekil 2. Dünya birincil enerji tüketiminin miktarı ve 1996-2005 yılları arasındaki değişimleri (Ersoy, 2007).

Şekil 3'te Türkiye' de 1990 ve 2005 yılları arasındaki sera gazı emisyon kapasitelerindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 3. Türkiye'deki sera gazı emisyonu (Şahin, 2007)

Bundan 15–20 bin yıl öncesinde buzul çağıda küresel ortalama sıcaklığın tahminen bugünkünden 2–5 °C daha düşük olduğu düşünüldüğünde, sadece geçtiğimiz bir yüzyıl boyunca yaklaşık 1°C lik sıcaklık artışının kaydedilmiş olması iklim değişimi konusundaki ciddi endişelerin önemini ortaya koymaktadır (URL-5, 2011).

CO₂ sera etkisine neden olan gazların en önemlisi olduğu gibi fotosentezin de ana maddesidir. Bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂' i alarak organik madde üretmek ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddeler dönüştürerek, yaprak, odun, kabuk, meyve, tohum, çiçek ve eretik yağlar halinde kök, gövde ve tepesinin değişik bölümlerinde biriktirmektedirler. Havadaki CO₂' nin organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin sahip oldukları yaprak miktarına bağlıdır. Ormanlar diğer bitki topluluklarına göre en fazla yaprak miktarına sahip olduklarından meralara ve tarımsal bitki topluluklarına oranla daha fazla CO₂ tüketmektedirler (Asan, 1999)

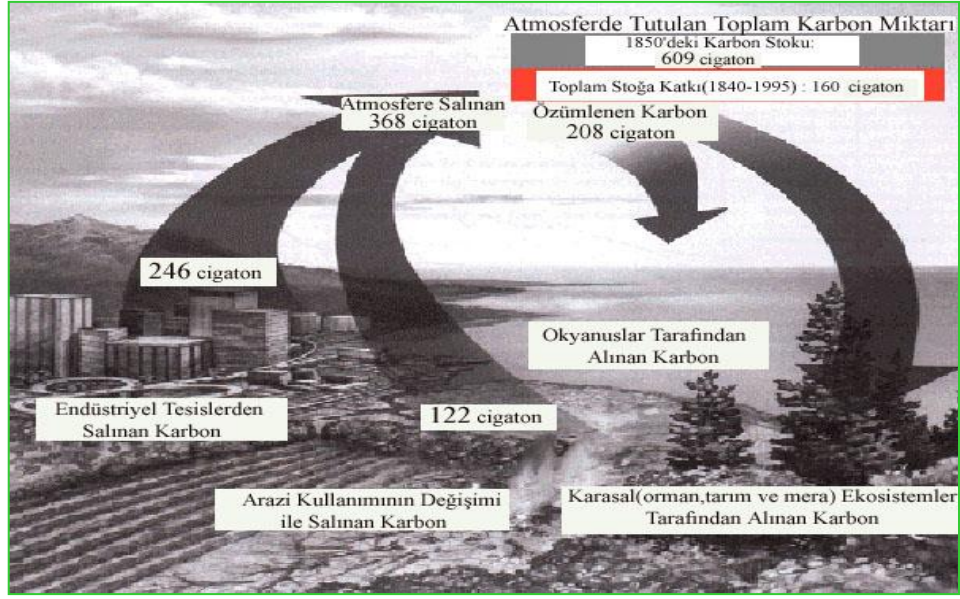
Dünyada karbonun hareket ettiği başlıca 3 depo bulunur. Bunlar;

- 1- Atmosfer,
- 2- Karasal ekosistemler,
- 3- Okyanusal ekosistemlerdir.

Atmosfer, karbon döngüsünde en önemli rolü oynar. Atmosferdeki karbon dioksit karasal besin zincirine fotosentez yoluyla bitkiler aracılığıyla girer. Bitkiler tarafından alınan karbonun bir kısmı solunum yoluyla yeniden atmosfere geri döner. Kalan karbon, bitki dokularının yapımında kullanılır. Daha sonra otçulların bitkileri yemesiyle besin zincirinde ilerler ya da bir kısmı bitkinin ölmesiyle ayrıştırıcılara geçer. Hayvanlar ve ayrıştırıcılar karbonu solunum yoluyla tekrar karbon dioksit olarak atmosfere salar. Kalan kısım da, ayrışarak toprağın bir parçası olur. Uzun bir zaman sonra, bunların bir kısmı sıkışarak petrol ve kömür gibi fosil yakıtı dönüşür. Okyanuslar, atmosferdeki karbon dioksit seviyesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynarlar (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

Karbonun canlı biyokütle, çürüyen organik madde ve toprak içinde tutulduğu karasal ekolojik sistemler, küresel karbon döngüsünde önemli rol oynar. Karbon doğal olarak bu sistemler ile atmosfer arasında fotosentez, solunum, ayrışma ve yanma olayları vasıtasıyla yer değiştirir. İnsan faaliyetleri ise, bu havuzlardaki karbon stoklarının değişmesine sebep olur.

Yeryüzündeki orman ekosistemleri atmosferden her yıl 100 gigaton CO₂ almalarına karşın bunun yarısını geri vermektedir. Yeryüzündeki ikinci karbon havuzu olan okyanuslar ise, aldıkları 104 gigaton CO₂' in 100 gigatonunu geri vermektedir. Ormanların bu yönden olan üstünlükleri de bu ekosistemlerin bu konuda tek çare olduğunu ortaya koymaktadır (URL-5).



Şekil 4. Emisyon kaynakları ve yutak alanlar arasındaki küresel karbon döngüsü ve son 150 yıl içindeki durum (Liosa, 2001).

Atmosferde tutulan toplam karbon miktarı, 1850-2000 yılları arasındaki 150 yıllık dönemde atmosfer içindeki CO₂ miktarı 160 gigaton artarak 609 gigatondan 769 gigatona yükselmiştir (Şekil 4). Atmosfere salınan 368 gigaton CO₂' nin 208 gigatonu okyanuslar ve karasal ekosistemlerden oluşan yutaklar tarafından emilmiştir. Atmosfere salınan CO₂' nin 246 gigatonu fosil yakıt tüketiminden, 122 gigatonu, arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanmıştır (IPCC, 2004).

Karasal ekosistemler içinde atmosferdeki CO₂' in emildiği en önemli yutak alanlar orman ekosistemleri olduğu için, Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık (LULUCF) kılavuzunda ormanlara çok büyük önem atfedilmektedir. Kılavuz, emilen CO₂ içindeki karbonun orman ekosistemlerinde biriktiği yerleri "Karbon Havuzları" olarak tanımlamakta ve bu havuzları üç ana ve beş alt kategoriye ayırmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Karbon havuzları (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

Ana Havuzlar	Alt Kategori Havuzlar	Temel Bileşenler
Canlı Biyokütle	Toprak Üstü	Canlı tüm kütle; toprak üstündeki gövde, kütük, dallar, kabuk, tohum ve yapraklar.
	Toprak Altı (Kökler)	2 mm çaptan daha küçük olan kökler hariç, canlı biyokütlenin yaşayan tüm kökleri.
Ölü Organik Madde	Ölü Odun (Dikili Kuru)	Döküntü ya da canlı gövdeler dışında dikili kuru haldeki veya tabanda ya da toprakta bulunan tüm odunsu biyokütle. Ölü odun; yüzeyde yatan odunu, dikili kuruları, ölü kökleri ve 10 cm çaptan daha kalın (ülkelere göre değişir) kütükleri içermektedir.
Topraklar	Döküntü (Ölü Örtü)	Mineral veya organik toprağın üstünde; en azından 10 cm çapta bir tabaka (ülkelere göre değişebilir) oluşturabilen tüm ölü odunsu biyokütle, döküntü, humus ve fomic tabakadan oluşmaktadır. Canlı çok küçük (kırıntılar halinde) köklerde bu bölümde sayılmaktadır.
	Toprak Organik Maddesi	Minerallerdeki organik karbonu ve organik toprakları içermektedir. Canlı çok küçük kökler toprak organik maddesinden sayılır.

LULUCF kılavuzunda, orman ekosistemindeki canlı biyokütleyle ait karbon havuzlarında yıllık karbon stok değişimlerini hesaplamak için katsayılar belirlenmiştir.

LULUCF kılavuzunda belirtilen değerlerin elde edilebilmesi için öncelikle bu verilerin biyokütleyle dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için mevcut olan tek yol, önce dikili gövde hacmine karşılık gelen biyokütle miktarını fırın kurusu ağırlıklar yardımıyla belirlemek, sonra da bu miktarları dal ve yapraklara ait biyokütleyi de kapsayacak biçimde genişletmektir. Esasen, kılavuzdaki BEF₁ ve BEF₂ faktörleri bu amaç için gerekli görülen “Biyokütle Çevirim Katsayıları”dır.

BEF₁ faktörünü; “Yıllık net hacim artımını (kabuk dahil) toplam toprak üstü ağaç biyokütle artışına çevirmek için gerekli olan biyokütle çevirim faktörü”,

BEF₂ faktörünü; “Kesimler ile ormandan çıkartılan mamul (yapacak ve Yakacak) haldeki ağaç hacmini toplam toprak üstü biyokütleyle (kabuk dahil) çevirmek için gerekli olan biyokütle çevirim faktörü”, olarak ifade edebiliriz. Ancak Türkiye’de mevcut orman istatistikleri, amenajman planlarındaki veriler ile sınırlı olup sadece birim alandaki toprak üstü dikili gövde hacmi ve hacim artımını gösterecek biçimde düzenlenmiş olduğundan kılavuzda belirtilen BEF₁ ve BEF₂ katsayılar ülkemizde olduğu gibi kullanılmamaktadır.

Ülkemiz koşullarına uygun olacak şekilde LULUCF çalışma grubu tarafından bu katsayılar hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken her iki faktöründe bulunmasında dikili gövde hacminden yararlanılmıştır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

$$BEF_1 = \text{Yer Üstü Biyokütlesi (YÜBK)} / \text{Dikili Gövde Biyokütlesi (DGBK)} \quad (\text{I})$$

$$BEF_2 = \text{Yer Üstü Biyokütlesi (YÜBK)} / \text{Satılabilir Odun Biyokütlesi (SOBK)} \quad (\text{II})$$

$$\text{Belirsizlik} = (2 \times \text{Standart Sapma} - BEF_1 \text{ Katsayısının Ortalaması}) \times 100 \quad (\text{III})$$

$$\text{Belirsizlik} = (2 \times \text{Standart Sapma} - BEF_2 \text{ Katsayısının Ortalaması}) \times 100 \quad (\text{IV})$$

Tablo 4' de Türkiye için hesaplanan BEF_1 ve BEF_2 katsayılar gösterilmiştir.

Tablo 4. Temperate zondaki ormanlarda (doğal ve plantasyon) kullanılmak üzere LULUCF kılavuzunda verilen ve Türkiye için hesaplanan (BEF_1 ve BEF_2) değerlerinin karşılaştırılması

Ağaç Türü	Veri Kaynağı	BEF_2	Belirsizlik (%)	BEF_1	Belirsizlik (%)
İbrelili	LULUCF Kılavuzundaki	1,30 (1,15-3,40)	-	1,15 (1,05- 1,20)	-
	Türkiye'de Hesaplanan	1,24 (1,08-1,39)	12,27	1,22 (1,15- 1,29)	14,72
Yapraklı	LULUCF Kılavuzundaki	1,40 (1,15-3,40)	-	1,20 (1,10- 1,30)	-
	Türkiye de Hesaplanan	1,26 (1,08-1,40)	10,94	1,24 (1,06- 1,42)	5,69

Tablodan da anlaşılacağı üzere, hesaplanan dönüşüm faktörlerinin hepsinde de belirsizlik % 15' in altında olup güvenle kullanılacak düzeydedir. Çünkü kılavuza verilen bilgilere göre katsayılar için genel belirsizliğin % 30 olması normal karşılanmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

Türkiye ormanları için BEF_1 faktörü, daha önce Asan (1999) tarafından ibrelilerde 1,20; yapraklılarda 1,25 olarak belirlenmiştir. Baltalıklar için bu faktörü 1,20 kabul eden araştırmacı, bu değerleri Sun ve Ark. (1980), Uğurlu ve Ark. (1976) ve Saraçoğlu (1988) tarafından Kızılcım, Sarıçam ve Kızılağaçta yapılan araştırma sonuçları Alemdağ (1983 – 1984)' in Kanada'da yaptığı araştırma sonuçları ile karşılaştırmak suretiyle belirlemiştir (RAEV vd., 1997; Asan, 1999).

Küresel ısınma ve sera gazı gibi çevresel sorunları ortaya çıkaran ve enerji tüketiminin hızla arttığı günümüzde giderek azalan yenilenemeyen enerji kaynaklarının yerine gözler yenilenebilir enerji kaynaklarına çevrilmiştir (Başçetinçelik vd., 2004).

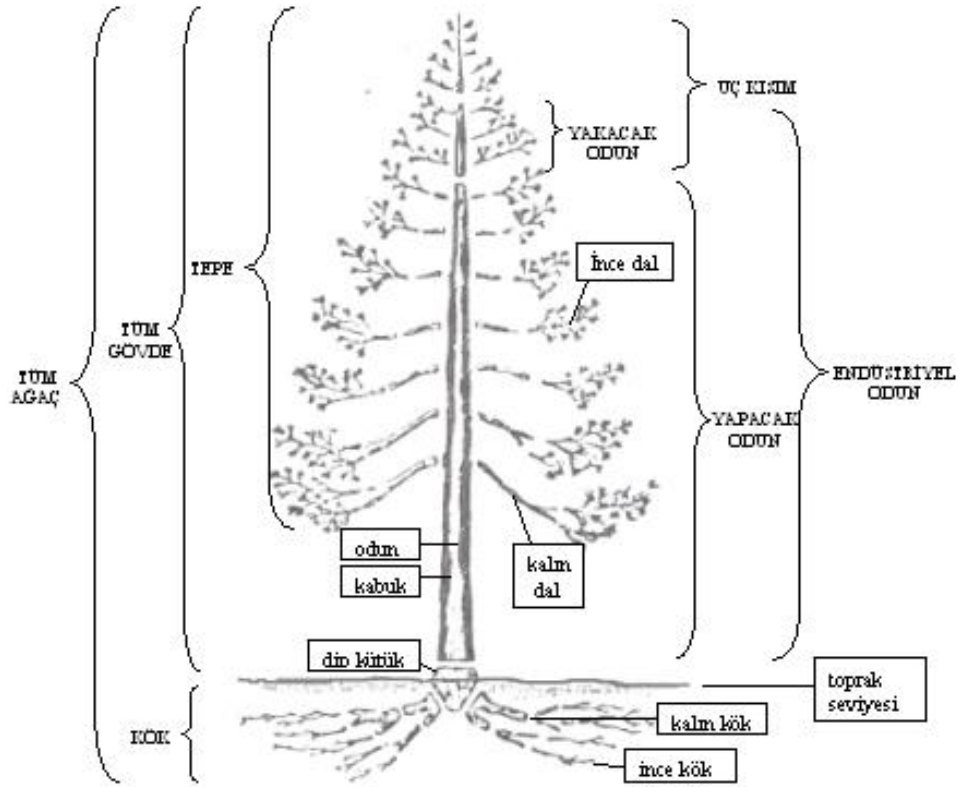
2005 yılı Dünya Enerji Durumuna Bakış (WEO) Raporu'nda, birincil enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjilerin payının artırılması durumunda CO₂ emisyonlarının %16 oranında azalabileceğine işaret edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, CO₂ ve sera gazı emisyonlarının olmaması ya da çok az olması nedeniyle küresel ısınmayı önleme konusunda seçenekler sunmaktadır (OGM, 2009) .

1.3. Biyokütle ve Hesaplama Yöntemleri

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim ve bu kaynakların en önemlisi olan ormanlardan elde edilecek enerjinin, ağaçların yalnız gövde odunu ve kalın dal odunu olarak değil, tüm ağaç bileşenleri şeklinde değerlendirilmesi gerekliliği ormancılık terminolojisine “Biyokütle (Biomass)” kavramını kazandırmıştır.

En genel ifadeyle biyokütle; gövde, dal, yaprak, kabuk ve köklerden oluşan bir ağacın ve bu ağaçların oluşturduğu meşcerenin toplam kütle (ağırlık) miktarı olarak tanımlanabilir. Biyokütle, yaş veya fırın kurusu ağırlık (kg veya ton) olarak ifade edilebilir olmasına karşın, kuru ağırlık değerleri, yaş ağırlık değerlerine kıyasla tercih edilmekte ve uygulamada daha çok kullanılmaktadır (Saraçoğlu, 1992). Bunun nedenleri olarak; nem miktarının ağaç türüne, yetişme ortamına, kesim zamanına, iklim koşullarına vb. bağlı olması, ağaç içerisinde gövdenin alt bölümü ile üst bölümü arasında gövdedeki su miktarı bakımından farklılıklar olması ve yine ilkbahar ve yaz odunu ile dal odunu ve öz odunu arasında da nem bakımından farklılıklar gözlenmesi verilebilir.

Biyokütle bileşenleri ağaç üzerinde buldukları yere göre toprak üstü (gövde, dal, yaprak ve kabuk) ve toprak altı (ince ve kalın kökler) bileşenler olarak adlandırılırlar. Şekil 5’de bu bileşenlerin ağaç üzerindeki dağılımı verilmiştir.



Şekil 5. Biyokütle bileşenlerinin ağaç üzerindeki dağılımı

Yukarıda biyokütle kavramı ile ilgili verilen tanımlama ve bilgilere bağlı olarak, orman biyokütlesi terimi de bir orman ekosistemi içerisindeki organizmaların miktarını kütle olarak açıklamaktadır (Alemdağ, 1981). Biyokütlenin hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler;

- ◆ Birim Alan Yöntemi,
- ◆ Orta Ağaç Yöntemi,
- ◆ Regresyon Yöntemi

Birim alan yönteminde, bir orman alanına ilişkin biyokütle tahmini için belirli büyüklükteki örnek alanlardan yararlanılır. Söz konusu örnek alanlar içerisinde yer alan tüm ağaçlar kesilip bileşenlerine ayrılarak (kök, gövde, dal, yaprak ve kabuk) her bir bileşene ilişkin toplam ağırlık (yaş veya kuru olarak) ölçülmektedir.

Daha sonra elde edilen değer hektara çevrilerek meşçereye ilişkin biyokütle miktarları ağaç bileşenlerine göre ayrı ayrı elde edilmiş olmaktadır.

Bileşenlere ilişkin biyokütle değerlerinin toplanması ile de alana ilişkin toplam biyokütle miktarı tahmin edilir.

Orta ağaç yönteminde, örnek alanlar alınarak bu örnek alanlara ilişkin orta ağaç olduğuna karar verilen ağaç kesilerek bu ağacın biyokütlesi belirlenir. Elde edilen değer örnek alandaki ağaç sayısı ile çarpılarak örnek alana ilişkin biyokütle ve bu değer hektara çevrilmesiyle de meşcere biyokütlesi belirlenmiş olur. Birim Alan Yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de gerek ağaç bileşenleri için ayrı ayrı, gerekse tüm ağaç için toplam biyokütle miktarı belirlenebilir.

Regresyon yönteminde, birçok örnek ağaçtan alınan ölçümlere göre regresyon denklemleri düzenlenerek bu denklemler yardımıyla biyokütlenin tahmin edilmesidir. Bu denklemlerin geliştirilmesinde göğüs çapı ve boy gibi kolay ölçülebilen çeşitli parametreler bağımsız değişkenler olarak alınmaktadır. Ölçümü daha zor ve karmaşık olan biyokütle değerleri de bağımlı değişkenler olarak sözü edilen bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir. Bu denklemler ağaç bileşenleri için ayrı ayrı geliştirilebileceği gibi tüm ağaç için de elde edilebilir (Saraçoğlu, 1990).

Son yıllarda, yukarıda açıklanan üç temel biyokütle tahmin yönteminden farklı olarak, orman alanlarının toplam biyokütle miktarlarının belirlenmesinde uzaktan algılama teknikleri de kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle, orman alanında herhangi bir yersel ölçüm yapmadan doğrudan hava fotoğrafları ya da uydu görüntüleri yardımıyla biyokütle miktarı belirlenebilmektedir (Bergen vd., 1998). Lucas vd. (1999) Avustralya'daki *Eucalyptus* spp. ormanları için hazırladıkları biyokütle tabloları için uzaktan algılama tekniklerinden yararlanmışlardır. Ancak, tek ağaçlara ilişkin biyokütle miktarının hesaplanmasında bu yöntem doğrudan kullanılamamaktadır. Macias (2002) da Meksika tropik ormanlarında yayılış gösteren farklı meşcere tipleri için uydu görüntüleri yardımıyla biyokütle miktarını tahmin etmiştir. Söz konusu araştırma alanına ilişkin uydu görüntüleri alındıktan sonra bu görüntülerdeki reflektans (yansıtma) değerleri ile meşcereye ilişkin toprak üstü biyokütle miktarı ilişkiye getirilmeye çalışılmış ve regresyon modelleri oluşturulmuştur. Bu amaçla öncelikle yersel ölçümler yapılarak, alanın gerçek biyokütlesi belirlenmiştir. Daha sonra uydu görüntülerinden elde edilen reflektans değerlerinin bağımsız değişkenler olarak kullanıldığı Regresyon denklemleri yardımıyla tahmini biyokütle miktarları belirlenmiş ve gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır.

Çalışma sırasında Landsat 7 TM uydu görüntülerinden yararlanılmış ve bu görüntülerin 3, 4, 5 ve 7. bantlarına ilişkin reflektans değerleri denenmiştir (Aydın, 2010).

Özellikle teknolojide yaşanan büyük gelişmelerle birlikte ormancılık araştırmaları için uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılması son derece önemli hale gelmiştir.

1.4. Uzaktan Algılama ve Landsat Programı

Cisim, arazi yapısı veya doğal bir olayın fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında, arada herhangi bir fiziksel ilişki olmaksızın; yer yüzeyinde, havada veya uzayda konumlandırılmış platformlara yerleştirilen çeşitli algılayıcı sistemler tarafından toplanan veriler yardımıyla bilgi edinme yöntemi ya da bilimidir.

Uzaktan algılama teknolojisi iki temel aşamadan oluşmaktadır:

- ◆ Veri toplama
- ◆ Veri işleme

Veri toplama uçaklarla taşınan kameralar, konum belirleme sistemi algılayıcıları veya diğer uydu aletleri gibi sensörler kullanılarak yapılır. Bu sensörler analog ve sayısal formatta veri toplayarak ilgilenilen özelliğin doğru bir şekilde tanımlanmasını sağlar. Veri işlemede ise çeşitli bilgisayar donanım ve yazılımları kullanılmaktadır (DPT, 2001.)

Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan veri kaynakları Hava Fotoğrafları ve Uydu Görüntüleridir. Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri uzaktan algılama sürecinin ürünleridir. Bununla birlikte hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri farklı araçlar kullanılarak elde edilir. Fotoğraflar ışığın (enerjinin) fotoğraf makinesi aracılığı ile ışığa duyarlı bir film üzerine düşürülmesiyle elde edilir. Uydu görüntüsü ise yansıyan ya da yayılan elektromanyetik enerjinin özel algılayıcılar tarafından toplanmasıyla oluşturulur.

Uydu görüntüsü sayısal olarak elde edilir ve yalnızca görüntüsü olması dışında fotoğraftan farklı olarak cisimlerin gözle görülmeyen ya da ayırt edilemeyen özellikleri hakkında bilgi de içerir. Görünür olmayan dalga boylarına ait bu bilgiler, görünürde benzer özellikler gösteren cisimleri birbirinden ayırt etmede çok önemlidir.

Gelişen teknoloji ve verilere ulaşma kolaylığı ile birlikte, günümüzde uzaktan algılama çalışmalarında uydu görüntüleri ormancılık uygulamaları için önemli ve güçlü araçlardan biridir. Daha araziye çıkmadan, arazi hakkında detaylı bilgi sahibi olmak

görüntüler sayesinde mümkündür. Bu, arazi çalışmalarının kolaylaşması ve doğruluğunun artmasını da sağlamaktadır (Esat, 2005).

Dünya' da ilk uydunun 1957 yılında Sovyetler Birliği (SSCB) tarafından Sputnik adıyla uzaya gönderilmesi ile yeni bir çağ açılmış, 1972 yılında Landsat uydusunun fırlatılması ile devam etmiş ve günümüze dek uzanmıştır (URL-6, 2011). Uzaktan algılama uydularının fırlatılmasıyla yeryüzü hakkında bilgi toplama amacı ortaya çıkmıştır. Özellikle bitkilerin gelişiminin izlenmesi, metereolojik gözlemlerin yapılması ve su kaynaklarının belirlenmesi için uydu görüntüleri kullanılmaya başlanmıştır.

Doğal kaynak incelemelerinde en yaygın olarak kullanılan uydular aşağıda verilmiştir.

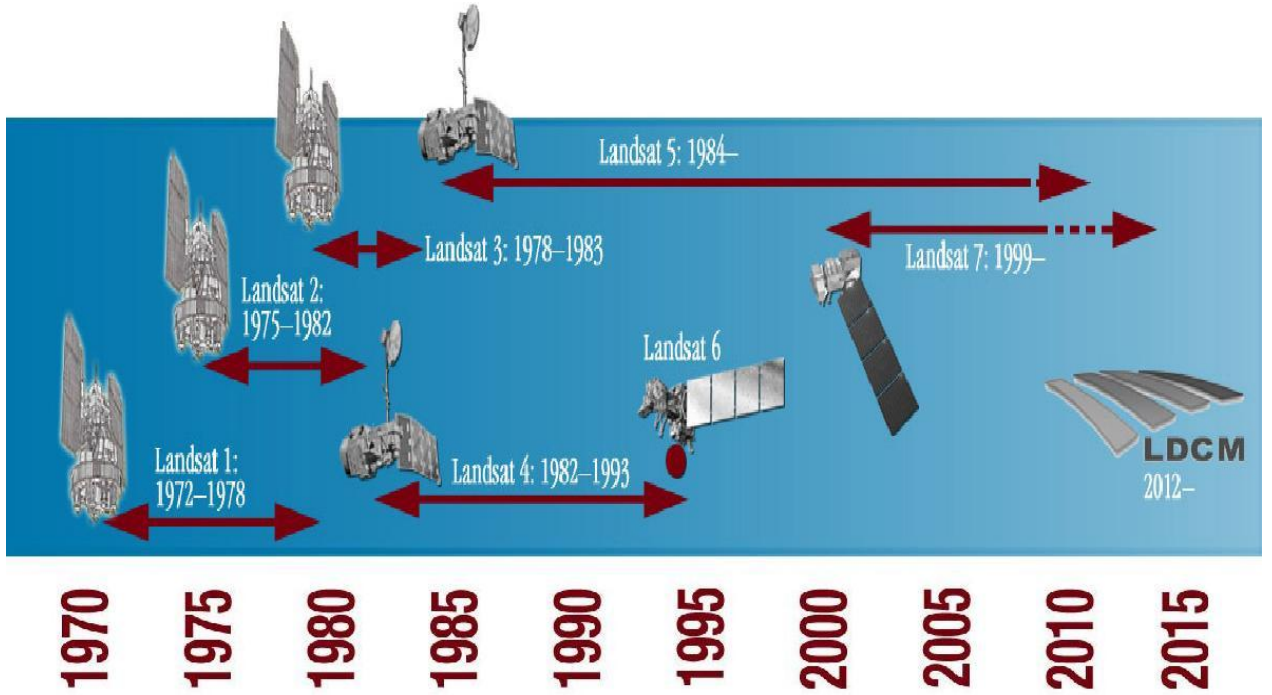
- LANDSAT
- IKONOS
- IRS-1C/D
- QUICKBIRD
- BİLSAT
- SPOT
- ENVISAT
- MOS
- ERS
- GEOEYE

Bu çalışmada, spektral bant çeşitliliğine sahip, temininin kolay ve maliyetinin diğerlerine göre düşük, kaplama alanı büyük (185 x 185 km.) olması nedeniyle Landsat uydu görüntüsü tercih edilmiştir.

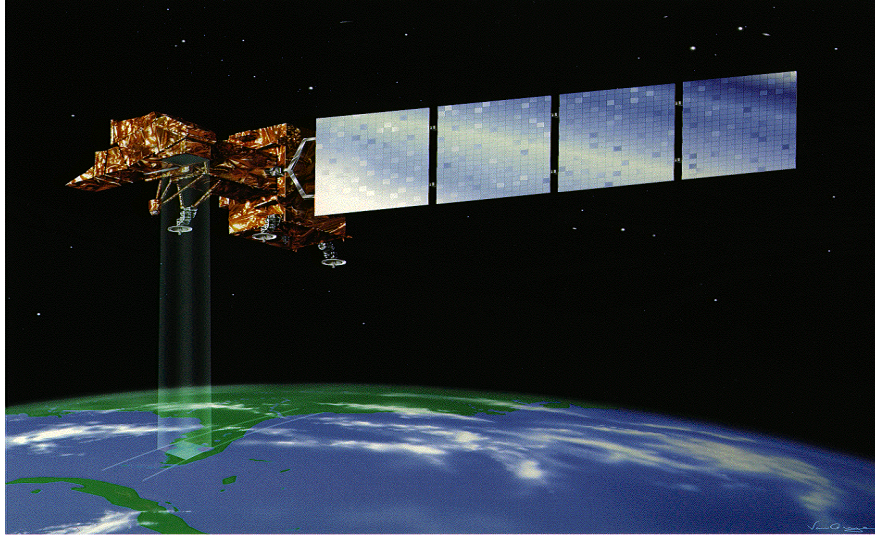
Landsat uydusu ilk doğal kaynak inceleme uydusu olup, yeryüzündeki doğal kaynakların incelenmesi amacı ile NASA tarafından 1972 yılında başlatılan bir programdır. İlk Landsat uydusu Erst 1 adıyla 23 Temmuz 1972 yılında uzaya gönderilmiştir.

Yaklaşık olarak 6 yıl görev yapan uydu, bu süre içerisinde 300 bin yeryüzü görüntüsü almış ve daha önceden saptanmamış 1 milyar dolarlık petrol rezervi belirlenmiştir. Daha sonraki yıllarda 4 adet Landsat uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur (Şekil 6). İlk kuşak Landsat (1, 2, 3) programı üç uydudan oluşmaktadır. Bu uydular iki sensör taşımaktadır. Bunlar, RBV kamera ve Multispectral Scanner (MSS)dir. İkinci

kuşak Landsat uyduları, 1982 'te Landsat 4 ile başlayarak, RBV yerine Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmışlardır. 1987 yılında Landsat 5 fırlatılmıştır. Ardından 1993 yılında fırlatılan Landsat 6 şansız bir şekilde düştükten sonra Landsat 7 geliştirilmiştir (Şekil 7). Landsat 7 Thematic Mapper ve yüksek çözünürlüklü tarayıcı (MSS) ile donatılarak Mart 1999 da fırlatılmıştır (Kuru, 2005).



Şekil 6. Landsat uyduları tarihçesi (URL-7, 2011)



Şekil 7. Landsat 7 uydusunun model olarak görüntüsü (URL-8, 2011)

Yeryüzünden 705 km yükseklikte yörüngede dönmektedir. Yeryüzü üzerinde aynı alanı 16 günde bir tarar. Görüntü büyüklüğü 185x185 km'dir.

Ana kayaç tipi tanımlaması (magmatik, metamorfik, sedimanter), volkanik aktivite haritalaması, dom-kaldera yapıları, geniş bölgesel yapıların belirlenmesi, çizgisel ve dairesel yapıların belirlenmesi, hidrotermal alterasyon alanlarının belirlenmesinde, jeotermal enerji çalışmalarında vb. jeolojik amaçlar için kullanılmaktadır (URL-9, 2011). Tablo 5 ve 6' de Landsat uydu görüntüsünün bant özellikleri ve kullanım alanları gösterilmiştir.

Tablo 5. Landsat TM bant özellikleri (Kuru, 2005)

Bant	Spektral Aralık (μm)			Yersel (Konumsal) Çözünürlük (m)
1	0,450 - 0,515	Mavi	Görünür	30
2	0,525 - 0,605	Yeşil	Görünür	30
3	0,630 - 0,690	Kırmızı	Görünür	30
4	0,750 - 0,900	Yakın Kızılötesi	Yakın KÖ	30
5	1,550 - 1,750	Kısa dalga Kızılötesi	KÖ	30
6	10,40 - 12,50	Termal Kızılötesi	TKÖ	60
7	1,090 - 2,350	Kısa dalga Kızılötesi	KÖ	30
Pan	0,520 - 0,900		Görünür	15

Tablo 6. Landsat TM bant kullanım alanları (Kuru, 2005)

Bant	Kullanımı
1	Bitki ve toprak arasındaki farklılıkları, ormanlık alanları ve kıyı çizgisinin haritalanması
2	Canlı bitkilerin yeşil bölümleri
3	Farklı bitki türlerinin tespiti, litoloji ve toprak arasındaki sınırın saptanmasında
4	Bitkilerin miktarını saptamada, litolojilerin tanımlanmasında, toprak/litoloji ve kara/su arasındaki kontrastlığı gösterir
5	Kurak alanlar, su miktarı, kar ve buz arasındaki farkın bulunmasında
6	Sıcaklık miktarı, bitkiler, termal kirliliğin ve jeotermal alanların belirlenmesinde
7	Litoloji ve toprak arasındaki sınırın belirlenmesinde, toprak ve bitkilerdeki su miktarının saptanmasında

Landsat uydu görüntüleri ziraat, orman, jeoloji, su kaynakları, haritacılık gibi alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ormancılıktaki uygulamaları aşağıda verilmiştir (URL-10, 2011).

- Ağaçlandırma Araştırma ve Çalışmaları
- Orman Kaynakları Envanterinin Belirlenmesi
- Ağaç Hastalık ve Böceklenmelerini Gözetleme ve Önleme
- Ormansızlaşma ve Çölleşme İzleme ve Araştırmaları
- Kereste Üretimi Tahmini ve Planlaması
- Orman Yangını İzleme
- Orman Yönetimi
- Nem miktarı
- Tür çeşitliliğinin tespiti ve haritalanması
- Orman Bitki Örtüsünün Haritalanması ve Sınıflandırılması

Uzaktan algılamada uydu görüntülerinden elde edilecek bilgilerin doğruluğu; görüntü alanının çok iyi tanımlanması ve yerde ölçülen olguların doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Ham uydu görüntüleri üzerinden yerde ölçülen objeler hakkında sağlıklı bilgi sahibi olmak oldukça güçtür. Bu nedenle uzaktan algılama verileri sayısal görüntüler haline dönüştürüldükten sonra, bu görüntüler uzaktan algılamanın ikinci aşaması olan veri işleme uygulamalarına tabi tutulmaktadır (Altuntaş, 2002). Veri işleme uygulamaları ön işlemler ve görüntü işleme olarak 2 gruba ayrılır.

Uzaktan algılama görüntüleri yapılarında sistematik ya da sistematik olmayan hatalar barındırırlar. Bu nedenle uygulamada kullanılabilmeleri için bir takım düzeltmelere

tabi tutulmaları gerekir. Bu düzeltmelere ön işlemler adı verilir. Uydu görüntüleri üzerinde uygulanan ön işlemler genel olarak 2 gruba ayrılır.

1. Radyometrik Düzeltme
2. Geometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme, yeryüzünün farklı aydınlanma koşullarından veya atmosferik etkilerden kaynaklanan hatalı piksel değerlerinin düzeltilmesi amacıyla uygulanan matematiksel yöntemlerdir (Jensen, 1996).

Uzaktan algılama verilerinin diğer veri gruplarıyla entegrasyonu sağlamak için, geometrik olarak düzeltilmesi gerekmektedir.

Orijinal uydu görüntüleri, sistematik ve sistematik olmayan geometrik hatalar içerdiği için harita olarak kullanılamamaktadırlar (Sunar vd., 1997). Söz konusu bu hatalar;

Sistematik hatalar;

- Görüntü alımı esnasında dünyanın dönüşü
- Algılayıcı hataları
- Yeryüzünün eğikliği
- Uydu platformunun hızı
- Panoramik distorsiyonlar
- Tarayıcı aynanın hızındaki değişimler
- Perspektif görüş hatası

Sistematik olmayan hatalar ise Algılayıcı platformunun duruşu ve yüksekliğinden kaynaklanan hatalardır (Sunar vd., 1997; Richards, 1999).

Görüntü sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gereklidir bu işlemlere genel olarak görüntü işleme adı verilir. Bunlar;

- Görüntü Zenginleştirme
- Görüntü Dönüşümleri
- Veri Entegrasyonu
- Görüntü Sınıflandırma

Görüntü zenginleştirmesinin amacı, görsel yorumlamayı daha da iyileştirmektir. Belirli bir fotoğraf veya görüntünün belirli bir karesi çeşitli çevresel etkenlerden dolayı bozulmuş olabilir. Bu tip görüntüler bir takım görüntü zenginleştirme metotları uygulanarak bir özelliğine göre daha zengin hale getirilebilir.

Görüntü dönüşümleri, genellikle birden fazla görüntüden yararlanılarak istenilen özelliklerin daha fazla ön plana çıktığı yeni bir görüntünün oluşturulması işlemidir. Temel görüntü dönüşümleri, görüntüye uygulanan basit aritmetik işlemlerdir. Görüntü çıkarma işlemine örnek olarak, bir uydudan farklı tarihlerde alınmış olan görüntülerin arasındaki farklılıkları bulmak için yapılan bir uygulama gösterilebilir. Görüntü bölme veya orantılama işlemleri de sıkça kullanılan Görüntü İşleme Dönüşümleri'dir.

Veri entegrasyonu farklı kaynaklardan elde edilen bilgilerin daha iyi ve daha çok bilgi elde etmek üzere birleştirilmesidir. Bu kapsamda çok-zamanlı, çok-çözünürlüklü, çok-algılayıcı veri kombinasyonları kullanılabilir.

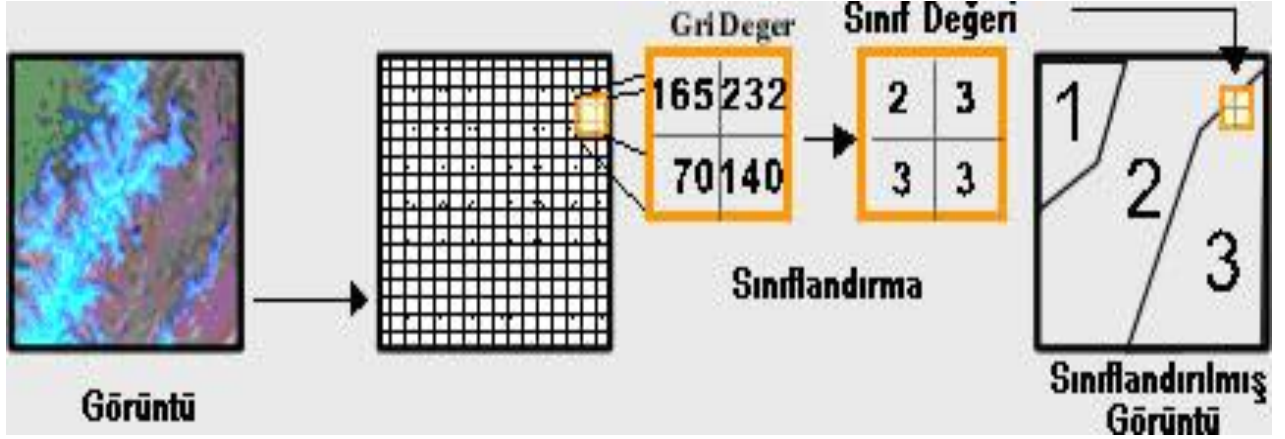
Bir uzaktan algılama veri setinin sınıflandırılmış harita formatında olan sonuçları, başka bir veri kaynağı olan Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) güncelleştirmede kullanılabilir. Farklı veri setlerini ve kaynaklarını bir arada kullanmak çok daha iyi sonuçlara ulaşmak için iyi bir yaklaşımdır (URL-11, 2011).

Sınıflandırma, birçok bilim dalında kullanılan bir karar verme işlemidir. Görüntü sınıflandırma işleminde amaç, bir görüntüdeki bütün pikselleri arazide karşılık geldikleri sınıflar veya temalar içine otomatik olarak atamak, yerleştirmektir. Diğer bir anlamda görüntüdeki objelerin segmentasyonudur. Sınıflandırma ile görüntüdeki objeler, belirlenen sınıflara ayrılarak tanımlanırlar. Özellikle uzaktan algılamada arazi kullanımı uydu görüntüleri sınıflandırılarak elde edilir. Elde edilen sonuçlar vektör veriye dönüştürülerek tematik haritalar elde edilir. Nesnelerin konumları ve dışsal nedenler, aynı nesnelerin farklı yansıtma değerleri vermesine neden olur.

Bu sebeple aynı nesnelere ait yansıma değerleri guruplandırılır. Sınıflandırma olarak tanımlanan bu aşama, uzaktan algılama veri setinin içerdiği spektral sınıfları çeşitli istatistiksel yöntemler ile belli kategorilere ayırma işlemidir (URL-12, 2011). Sınıflandırma İşlemi 2 farklı yöntemle göre yapılmaktadır. Bunlar;

- Kontrolsüz (Denetimsiz) Sınıflandırma
- Kontrollü (Denetimli) Sınıflandırma

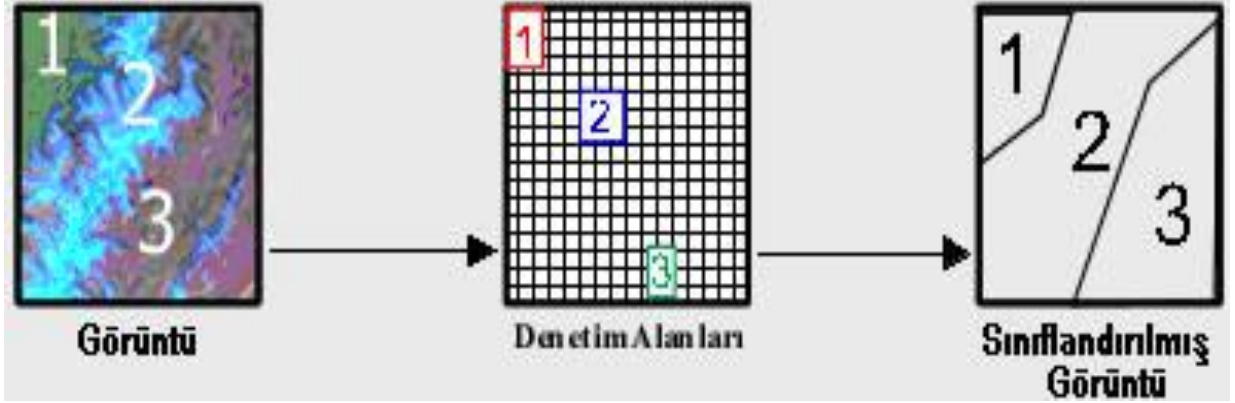
Sınıfı bilinen yeterince örnek piksel, ya da bunlarla ilgili olasılık dağılım bilgisinin bulunmadığı durumlarda, kümeleme adı verilen yöntemler kullanılarak yapılan sınıflandırmalara kontrolsüz sınıflandırma adı verilir. Bu sınıflandırmada, her spektral sınıftan gelen verilerin özellik uzayında kümeler oluşturacağı varsayımı ile incelenerek, kümelermeler aranır ve her küme bir sınıf olarak tanımlanır. Şekil 8’ de kontrolsüz sınıflandırmanın aşamaları verilmiştir.



Şekil 8. Kontrolsüz sınıflandırma (URL-12, 2011)

Kontrolsüz sınıflandırma genel olarak iki adımdan oluşur. Birinci adım veri kümelere ayrılır. Benzer yeryüzü nesnelere yansıyan spektral değerler yakın bir gruplaşma gösterir. Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar spektral sınıflardır. İkinci adımda daha büyük ölçekli görüntü veya harita gibi referans veriler ile bu spektral sınıflar karşılaştırılarak hangi yeryüzü gerçeğine karşılık geldikleri belirlenir.

Kontrollü yaklaşımda ise önce yararlı bilgi sınıfları (eğitim alanları) belirlenir. Daha sonra onların spektral ayırt edilebilirliği incelenir (Lillesand vd., 2000). Şekil 9’ da kontrollü sınıflandırmanın aşamaları verilmiştir.



Şekil 9. Kontrollü sınıflandırma (URL-12, 2011)

İlgilenilen sınıfların sayısı biliniyor ve her sınıftan alınmış eğitim alanları mevcut ise bu veriler kullanılarak daha etkin bir yöntem olan kontrollü sınıflandırma kullanılır (Mather, 1999).

Kontrollü sınıflandırma; eğitim aşaması, sınıflandırma aşaması ve çıktı aşaması şeklinde üç adımdan oluşur.

Eğitim aşamasında, incelenecek alanda bilinen sınıfları temsil edecek eğitim alanları seçilir. Bu alanlar, sınıflandırmada kullanılacak her bilgi sınıfı için yeterli düzeyde homojen ve temsil edici şekilde belirlenir. Belirlenen eğitim alanları, üzerindeki spektral özellikleri tanımlayan bir sayısal yorumlama anahtarı düzenlemek için kullanılır.

Sınıflandırma aşamasında, görüntüdeki her piksel sayısal olarak yorumlama anahtarı içindeki her bir sınıf ile karşılaştırılarak, sınıflardan en çok hangisine benzediği saptanır ve ilgili sınıfın adı ile etiketlenir. Bilinmeyen pikseller ve araştırma seti pikselleri arasında bu karşılaştırmayı yapmak için kullanılacak çok sayıda sayısal yöntem vardır. Bu yöntemlerden bazıları, Ortalama en az uzaklık yöntemi, Paralel kenar yöntemi, En yüksek olasılık yöntemi, Yapay sinir ağlarına dayalı yöntemdir (Lillesand vd., 2000).

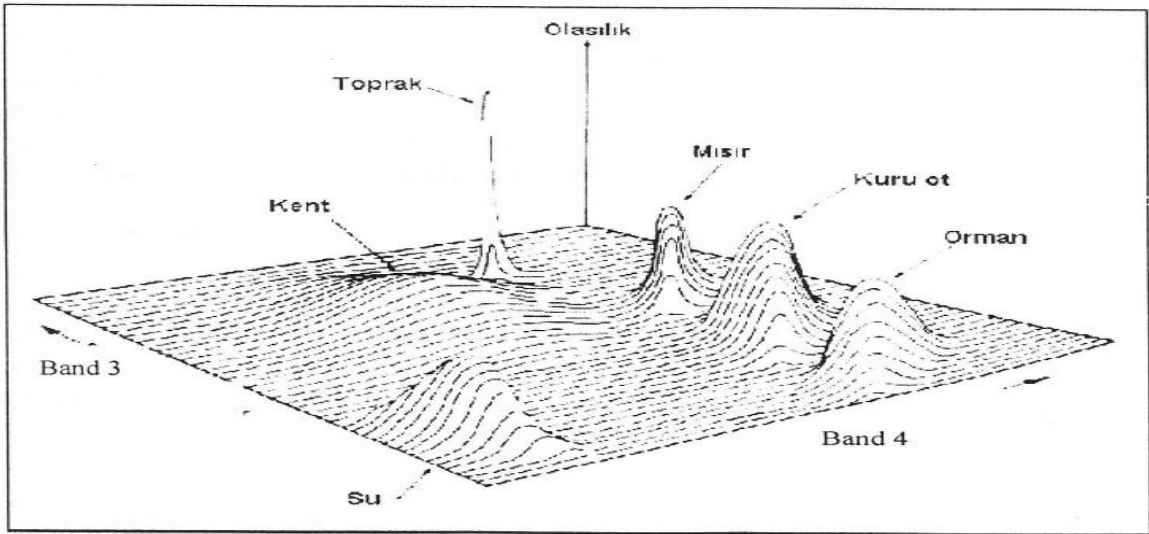
Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden olan En yüksek olasılık yönteminde sınıfların olasılık dağılımları kullanılır. Her sınıf için ortalama vektör ve kovaryans matrisi hesaplanır. Böylece sınıfların dağılımları ve ağırlıkları göz önüne alınmış olur. Sınıflandırılmak istenen piksel, olasılığı en fazla olan sınıfa atanır.

En az uzaklık ve paralel kenar yöntemi ile karşılaştırıldığında, en yüksek olasılık sınıflandırma yöntemi en az hata oranını verir. Bu yöntemin en olumsuz yönü, her pikselin sınıflandırılması için çok sayıda hesaba gerek göstermesidir. Genel bir kural olarak, bu yöntemde sınıflandırmada kullanılan bant sayısı arttıkça sınıflandırmanın doğruluğu da

artmaktadır. Ancak kullanılan bant sayısının çok fazla olması, bazı durumlarda bazı bantların diğer bantların duyarlıklarını azaltmasına neden olabilir. Bundan dolayı sınıflandırmada kullanılacak en uygun bantların seçimi önemlidir (Mather, 1999).

En yüksek olasılık yönteminde, bilinmeyen bir pikselin sınıflandırılmasında sınıflandırılacak spektral desenlerin hem varyansı hem de kovaryansı değerlendirilir. Bu değerlendirme sırasında, nokta kümelerinin normal dağılımda olduğu varsayılır. Bu varsayım altında sınıf deseninin dağılımı, ortalama vektör ve kovaryans matrisi yardımı ile tanımlanabilir. Bir pikselin, örnek sınıflardan herhangi birisinde yer alma olasılığı istatistiksel olarak hesaplanabilir (Evsahibioğlu, 1993).

Şekil 10, özellik uzayı üzerinde çizilmiş 3 boyutlu değerlerin değişim grafiğini göstermektedir. Burada düşey eksen, bir pikselin herhangi bir sınıfa dahil olma olasılığını göstermektedir. Bu şekilde elde edilen eğriler, olasılık yoğunluk fonksiyonları olarak adlandırılır (Lillesand vd., 2000).

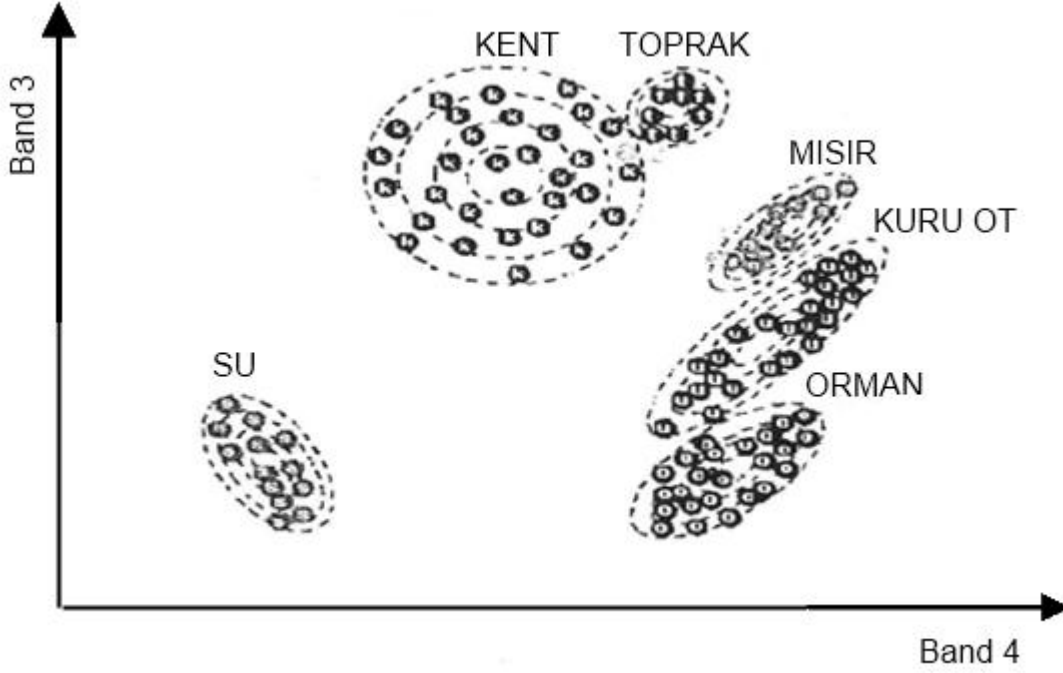


Şekil 10. En yüksek olasılık yöntemi ile tanımlanan olasılık yoğunluk fonksiyonları

Olasılık yoğunluk fonksiyonları, her piksel değerinin, herhangi bir sınıfa dahil olma olasılığını hesaplamak için kullanılır.

Her bir sınıf için olasılıkların değerlendirilmesinden sonra, piksel bunlardan en olası sınıfa atanır. Eğer pikselin herhangi bir sınıfa ait olma olasılığı, belirlenen bir eşik altında ise bilinmeyen olarak sınıflandırılır.

Esas olarak en yüksek olasılık sınıflandırması yöntemi, dağılım diyagramı üzerinde elipsoid eş olasılık eğrilerini belirler. Bu karar bölgeleri şekil 11’ de gösterilmiştir. Eş olasılık eğrilerinin şekli en yüksek olasılık sınıflandırması yönteminin korelasyona duyarlılığını göstermektedir. Bu duyarlılık nedeni ile 1 numaralı piksel doğru olarak mısır sınıfında yer almıştır (Evsahibiöglü, 1993).



Şekil 11. En yüksek olasılık sınıflandırılması (Lillesand vd., 2000; URL-13, 2011)

Sınıflandırma sonucunda yapılan doğruluk analizi, eğitim alanı olarak ayrılan bölgeler dışında kalan test alanlarına ilişkin piksel değerlerinin, dayanak kabul edilen, haritalar ya da arazi hakkında kesin bilgi veren bir kaynakla istatistiksel olarak karşılaştırma ilkesine dayanan bir kontrol yöntemidir (Evsahibiöglü, 1993).

Hatalar, piksellerin yanlış sınıflandırılmasından dolayı oluşmaktadır. Analizde hata derecesi yerine doğruluk derecesi de araştırılabilir. Eğer çok sayıda sınıflandırılmamış piksel varsa, eğitim veri setlerinin gerçeği temsil etme oranları düşer.

Sınıflandırmada doğruluk derecesinin gösterilmesinde en yaygın kullanılan yöntem $k \times k$ düzensizlik veya hata matrisinin oluşturulmasıdır. Matris, referans verileri yer gerçeği kullanılarak oluşturulur (Mather, 1999).

Genel sınıflandırma doğruluğu her bir sınıf doğruluğunun ortalamasıdır. Bir başka yaklaşımda olasılık matrisiyle sağlanmış bilgiyi özetleyen kapa (k) katsayısı sınıflandırmanın doğruluğunu ağırlıklı olarak hesaplayan bir istatistiksel ölçü olarak kullanılır.

Kappa değerinin formülü;

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} * x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} * x_{+i}} \quad (V)$$

- r : Sınıf sayısı
 x_{ii} : Hata matrisinin köşegen elemanları
 x_{i+} : Satır Toplamı
 x_{+i} : Sütun toplamı
N : Hata matrisindeki toplam piksel sayısıdır

Sonuçta bulunana (k) değeri;

0,0 ise sınıflandırılmış veriler ve referans verileri arasında uyum olmadığı,
1,0 ise tam uyum olduğunu,
0,75 ve fazlası sınıflandırma performansının çok iyi olduğunu,
0,40'ın aşağısı ise performansın yetersiz olduğunu gösterir. (Mather, 1999).

Burada dikkat edilecek iki temel notla, test alanları olabildiğince büyük ve homojen dağılımda olmalıdır.

Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi günümüzde ormanların karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi giderek daha fazla önem kazanmıştır.

Bu ve bunun gibi ormancılık faaliyetlerinin daha pratik ve ucuz maliyetli yapabilmek için uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımı çok büyük faydalar sağlamaktadır. Günümüze

kadar karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi ve ormancılıkta uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımıyla ilgili araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır.

Moraes vd. (1996) Brezilyanın Rondonia bölgesinin arazi örtüsü haritasının ve karbon havuzlarının tahmini için çalışma yapmışlardır. Karbon havuzları ve atmosferdeki tozların değişimini tahmin etmek için Brezilyanın Amazon bölgesinin güney bastısında farklı zamanlarda meraya dönüştürülmüş alanlar için hesaplanan Landsat TM verilerini kullanmışlardır. Görüntü işleme ve kontrollü sınıflandırma kullanılarak farklı yaşlardaki mera ve ormanlık kesim için bir arazi örtüsü haritası üretmişlerdir. Sonuçlar doğal ormanların yaklaşık % 30' luk kısmının meralar ve ormansızlaşmış alanlarla işgal edildiğini göstermiştir.

Asan vd. (2002) İstanbul korularının karbon birikiminin ortaya konması için yaptıkları çalışmada öncelikle her bir koruda bulunan toplam ağaç serveti ve bu servetin yıllık cari artımı, dikili ve kabuklu gövde hacmi olarak ağaç türleri itibariyle, yapraklı ve ibrelili biçimde iki grup halinde hesaplanmıştır. Hesaplanan hacimler için daha önce Asan (1995) tarafından Türkiye ormanları için hesaplanan spesifik katsayılar (yapraklılar için 0,640 ve 1,25; iğne yapraklılar için 0,473 ve 1,20) ile çarpılmak suretiyle önce fırın kurusu ağırlığa, sonra da toprak üstü toplam biyokütle ağırlığına dönüştürülmüştür. Tür gruplarına göre ait toprak üstü biyokütle miktarları belli katsayılarla (yapraklılar için 0,15, ibreliler için 0,20) çarpılarak toprak altı biyokütle miktarı elde edilmiştir. Toplam biyokütle miktarı ise, önce tüm grupların toprak üstü ve altındaki biyokütlerini toplamak, sonra da bu toplamların genel toplamını almak suretiyle hesaplanmıştır. Toprak üstü ve altındaki toplam genel biyokütlenin hesaplanması için, hesaplanan genel toprak üstü biyokütle ve genel toprak altı biyokütle toplanarak Türkiye' nin üzerinde yer aldığı yarı kurak enlem dereceleri için hesaplanan 0,40 oranı ile çarpılmıştır (Brown, 1997; Asan, 1999). Hesaplanan biyokütle değerlerinin tutulan karbon miktarına dönüştürmek için 0,45 katsayıyı ile çarpılmıştır.. Orman toprağındaki karbon miktarının hesaplanması için yine global oranlardan yararlanılmaktadır. Bu amaçla toprak üstü ve altındaki ölü ve canlı toplam biyokütle içindeki karbon miktarı yeni coğrafi bölgeler itibariyle verilen ortalama oranlarla çarpılmıştır. Bu oran Türkiye ormanları içinde yer aldığı orta enlem derecesi ve yarı kurak zon için 0,58 olarak verilmektedir (Brown, 1997; Asan, 1999). Hesaplanan karbon değerleri toplanarak İstanbul korularındaki karbon depolama kapasitesi hesaplanmıştır.

Özkan (2003) tarafından yapılan çalışmada SPOT 5 uydu verileri kullanılarak meşcere tiplerinin ayrılıp ayrılamayacağı ve uydu verilerine ait reflektans değerleri ile

meşcere parametrelerinin kestirilmesi olanakları araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda SPOT-5 verisiyle amenajman planı düzenlemek amacıyla meşcere tipleri ayrımının yapılmayacağı, bununla birlikte yapılan stratifikasyonun ulusal veya bölgesel bazda yapılacak orman envanterinde kullanılmasının olanaklı olacağı belirlenmiştir.

Sivrikaya vd.(2006) tarafından yapılan çalışmada Artvin ve Bulanıkdere İşletme Şeflikleri çalışma alanı olarak seçilmiştir. Landsat ETM+ (2000) verileri ve yeniden sınıflandırılmış meşcere haritaları kullanılarak arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Doğruluğunun kontrolü yapılarak her iki orman işletme şefliği içinde bu haritaların kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Tan vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada 1982 ve 1999 yılları arasında 20 yıl boyunca kuzeydoğu Çin bölgesinin ormanlık alanlarında meydana gelen karbon depolama kapasitesindeki değişimler uydu tabanlı belirlenmiştir. Bunun için 1984-1988, 1989-1993 ve 1994-1998 yıllarındaki 3 döneme ait orman envanteri ve NOAA/AVHRR normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksi kullanılmıştır.

Hu vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise 1936 ve 2005 yılları arasında Güney Carolina Piedmont ormanlarında yapılmış 9 periyotluk arazi envanteri ve analizi kullanmıştır. O bölgedeki envanter yıllarının her birinde orman biyokütle karbon havuzlarını tahmin etmek için biyokütle gelişim faktörünü ve direkt olarak o verilerden yararlanılarak geliştirilmiş allometrik biyokütle regresyon denklemini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda Piedmont ormanlarındaki karbon depolama kapasitesindeki değişim 1936' dan 2005 yılına kadar 81,84 grosston olup, bu değişimdeki en önemli faktörün ormanlardaki artım ve büyüme olduğu belirlenmiştir.

Yang vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada sürekli biyokütle büyüme faktörü yöntemini kullanılarak Pearl River Deltasında 1989 ve 2003 yılları arasındaki karbon depolama kapasitesi ve karbon depolama kapasitesindeki değişim hesaplanmıştır. Çalışmada farklı yaş sınıflarından 3 farklı dönemin orman envanteri baz alınmıştır. Sonuçta bölgesel karbon depolamanın %16,76 arttığı ve bu artımın %80' nin meşcerelerde depolandığı belirlenmiştir.

Günlü vd. (2008) tarafından Maçka-Ormanüstü ormanında yapılan çalışmada öncelikle 567,2 ha araştırma alanında yersel ölçümlere dayanılarak hem doğrudan hem de dolaylı yöntemlerle yetişme ortamı haritası oluşturulmuştur.

Daha sonra uydu görüntülerinden yetişme ortamı haritası elde edilmesi için doğrudan yöntem kullanılarak üretilen orman yetişme ortamı haritasından yararlanılarak Landsat 7

ETM+ görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda uzaktan algılama yöntemleri yetiştirme ortamını dolaylı yönteme göre daha yansıttığı belirlenmiştir.

Günlü vd.(2010) tarafından yapılan çalışmada Artvin-Merkez planlama biriminin yetiştirme ortamı özellikleri yersel ölçümlerle belirlenmiş ve uzaktan algılama teknolojileri ile tahmin başarısı değerlendirilmiştir. Yetiştirme ortamı özelliklerinin meşcere tipleri bazında RADARSAT-1 C Bandlı uydu görüntüsünden elde edilen yansıma değerleri ile örnek alanlarda açılan toprak profillerine ilişkin üst toprak katmanında belirlenen higroskopik nem arasındaki değişimin yetiştirme ortamı özellikleri bazında incelenmesi amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, özellikle bozuk ve 1 kapalı meşcerelerde 0.82'lik bir ilişki bulunmasına rağmen, 2 ve 3 kapalı meşcereler de herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Bu çalışmaların yanı sıra Orman Genel Müdürlüğü ormancılık faaliyetlerinde son yıllarda uydu görüntülerini kullanmaya başlamıştır.

Çevre ve Orman Bakanlığınca yürütülen “Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi” (GEF II) kapsamında, Biyolojik Çeşitlilik İzleme Birimince Sistematik Koruma Plânlaması yaklaşımıyla, ülkedeki tüm biyolojik çeşitlilik içinde koruma hedeflerine en verimli biçimde ulaşılabilecek olan koruma alanları ağının tespit edilmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada uydu görüntülerinden vejetasyon haritası üretilmiştir.

Orman Genel Müdürlüğü bünyesinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise çarpık kentleşme ve izinsiz yapılaşma nedeniyle orman varlığını korumak amacıyla belirli periyotlarla uydu görüntüleri temin edilerek değişim analizleri yapılmıştır.

Ormancılıkta uydu görüntüsü ile yapılan diğer bir çalışma ise yangınlarda ne kadar bir alanın zarara uğradığı ve yangın sonrası hangi işlemlerin yapılacağına dair bilgi edinilmesini hakkındadır.

Orman Genel Müdürlüğü ve Tarım Bakanlığınca ortaklaşa yürütülen çalışmada 2000 yılı Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Arazi Örtüsü Sınıflandırması yapılmıştır. Orman Genel Müdürlüğü CORINE Arazi Örtüsü Sınıflandırması çalışmalarında özellikle orman örtüsünün belirlenmesinde katkı sağlamıştır (URL-14, 2011)

1.5. Çalışmanın Amacı

Dünya atmosferindeki CO₂ oranının giderek yükselmesi, sera etkisi yapan diğer gazlarla birlikte küresel iklim değişimine ve sıcaklık artışına neden olmaktadır. Global iklim değişiminin nedenleri üzerinde yapılan araştırmalar, bu fenomen üzerinde, CO₂ nin etkisinin % 55 – 80 olduğunu göstermektedir (Asan 1995).

Bilindiği gibi, bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂' i alarak organik madde üretmekte ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddelere dönüştürmektedir. CO₂ alımının bitkilerde yaprak miktarına bağlı artması ve diğer bitki topluluklarına oranla en fazla yaprak miktarının da ormanlarda bulunması nedeniyle CO₂ tüketimi en fazla ormanlarda meydana gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı ormanların fonksiyonları arasında önemi giderek artan çevre sorunlarının gündeme gelmesiyle süratle ön plana çıkmaya başlayan plan ünitelerinin karbon depolama kapasitelerinin uzaktan algılama yöntemiyle belirlenmesidir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan araştırmanın bu bölümünde, Uzaktan Algılama Yöntemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla, karbon depolama kapasitesinin hesaplanması için seçilen materyal ve bu materyal üzerinde uygulanan yöntem tanıtılacaktır.

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü şefliklerinden Düздаğ Orman İşletme Şefliği araştırma alanı olarak seçilmiştir. Araştırma alanına ait 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar (Tokat G37a2, G37a3, G37b1, G37b2, G37b3, G37b4), Orman Amenajman Planı ve haritaları, Landsat ETM+ (2000) uydu görüntüsü ve arazi çalışmaları sonucu elde edilen örnek alanlara ait envanter karneleri çalışmanın belli aşamalarında kullanılan temel altlıklardır.

2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü 24.07.1975 tarihinde kurulmuştur. Şekil 12 ve 13' te Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü'nün Türkiye'deki ve Giresun Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki yeri gösterilmiştir.



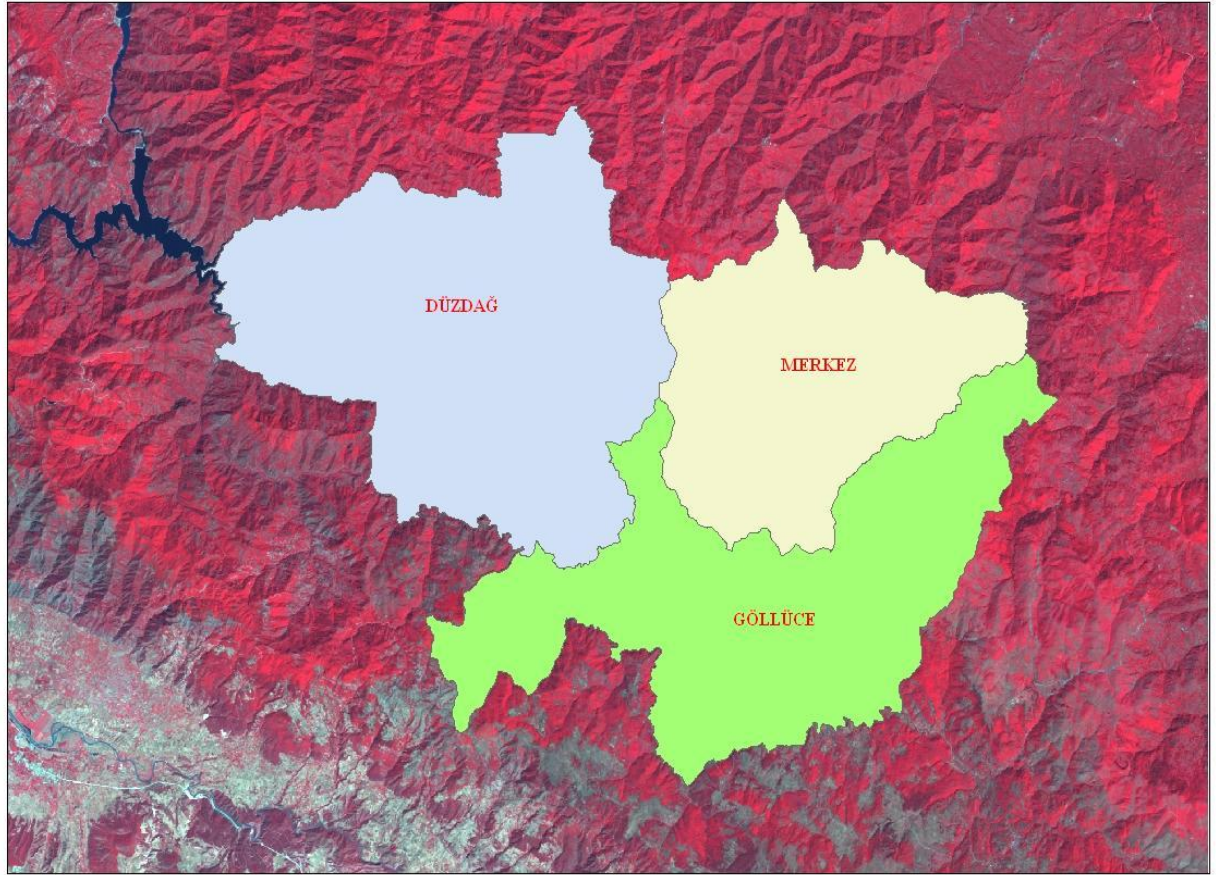
Şekil 12. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğünün Türkiye'deki yeri.



Şekil 13. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü'nün Giresun Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki yeri.

Araştırma alanının yer aldığı Ordu ili Akkuş ilçesi, Doğu Karadeniz'in dış kesimlerinde Canik sıradağları üzerinde Argan tepesi eteklerinde kurulmuştur. Ünye - Niksar karayolu üzerinde Ünye'ye 62 kilometre mesafede yer almaktadır. İlçenin denizden ortalama yüksekliği 1340 metredir. Yörenin iklimi, yaylaların tipik karakteristikleri ile uyumludur. İlçe yılın 4-5 ayı kar altındadır. Yılın kalan aylarında sis ve yağmur dönüşümlü olarak ilçenin iklim yapısını şekillendirmektedir.

İşletme Müdürlüğüne bağlı 3 Orman İşletme Şefliği vardır. Bunlar; Akkuş Orman İşletme Şefliği, Düzdağ Orman İşletme Şefliği ve Göllüce Orman İşletme Şefliğidir. Şekil 14'te şefliklerin sınırları gösterilmiştir.



Şekil 14. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı orman işletme şefliklerinin sınırları

Ekvatora göre $40^{\circ} 45' 59''$ – $40^{\circ} 57' 22''$ kuzey enlemleri ile Greenwich'e göre $36^{\circ} 41' 05''$ - $36^{\circ} 57' 25''$ doğu boylamları arasında yer alan Düzdağ Orman İşletme Şefliği'nin genel alanı 28292,2 ha.dır. Bunun 14564,9 hektarı ormanlık, 13727,3 hektarı da ormansız alandır.

Karadeniz Bölgesinde Kuzey Anadolu dağ silsilesinin genel kuzey bakışındadır. Deniz seviyesine göre en alçak yeri Hasan Uğurlu Barajı (120 m.), en yüksek yeri Tuzla Tepe (1697 m.) dir. Araştırma alanı sınırları içerisindeki ormanlık alanı meşcere tipleri ve bunların alanları Tablo 7’ de verilmiştir.

Tablo 7. Araştırma alanında bulunan meşcere tipleri ve alanları

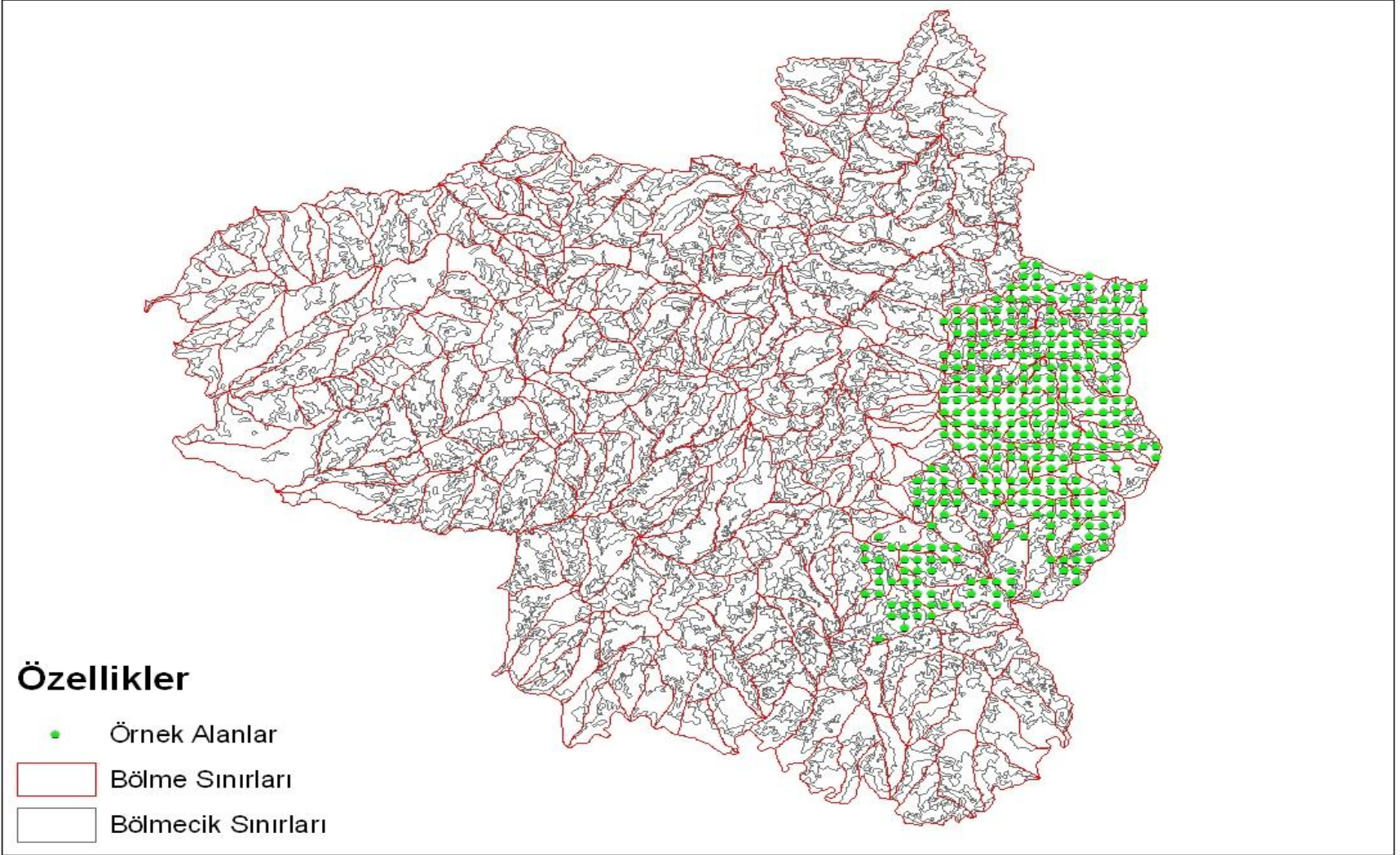
Araştırma Alanında Bulunan Meşcere Tipleri ve Alanları					
Meşcere	Alan (Ha)	Meşcere	Alan (Ha)	Meşcere	Alan (Ha)
Çsab2	8,00	Çsbc3	2,27	BÇs	31,09
Çsbc2	6,66	Çscd2	4,20	BKn	446,81
Gb3	5,89	Knbc3	550,72	BM	1.355,66
Kna3	138,10	Knbc2	541,37	İs	69,81
Knab3	820,37	Kncd1	175,00	Knbc3	2.753,43
KnÇsa	5,75	KnÇsbc3	30,61	Kncd2	1.132,02
KnÇsbc2	94,65	Knbc3	23,55	Kncd3	1.613,18
KnGnab3	150,70	Knbc3/a	210,02	Knbc3	202,89
KnMab3	84,50	Knbc3/a3	58,54	Knbc3/a	145,66
Ma3	54,50	Knbc3/ab3	68,49	Knbc3	454,93
Mab3	628,15	KnGnbc2	124,03	Knbc3	154,40
Mbc2	1.001,22	KnGnbc3	544,47	Oc	3,10
MÇsbc2	16,07	KnMbc2	106,23	OT	334,83
MKnab3	343,39	KnMbc3	55,70	T	0,51
MKnbc2	381,81	Kzbc3	39,53	Z	13.319,41
Toplam	3.739,76	Toplam	2.534,73	Toplam	22.017,73
Genel Toplam					28.292,22

2.2. Örnek Alanların Belirlenmesi ve Arazi Çalışmaları

Düzdağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan meşcerelere ait hektardaki ağaç sayısı ve servetin hesaplanmasında kullanılacak verilerin elde edilmesi için arazi çalışmaları yapılmıştır. Yapılan arazi çalışması sırasında araştırma alanını temsil eden 4.382,01 Ha’lık bir kısımda 300x300m, aralık-mesafe sistematik olarak alınan 339 adet örnek alanların meşcere tiplerine dağılımı Tablo 8’ de ve örnek alanların meşcere haritası üzerindeki dağılımı Şekil 15’ de verilmiştir.

Tablo 8. Araştırma alanında bulunan meşcereler, alanları ve alınan örnek alan sayıları

Meşcere Tipi	Alan (Ha)	Örnek	Meşcere Tipi	Alan (Ha)	Örnek	Meşcere Tipi	Alan (Ha)	Örnek	TOPLAM ALAN (Ha)	TOPLAM ÖRNEK ALAN		
BÇs	19,88		Kncd2	329,83	28	KnGnbc3	89,76	9				
BKn	213,58		Kncd3	608,47	65	KnMab3	10,39	1				
BM	33,08		KnÇsa	5,75		KnMbc2	17,25	2				
Çsab2	8,00	1	KnÇsbc2	57,01	9	KnMbc3	40,04	2				
Çsbc2	6,66	1	KnÇsbc3	27,00	2	Kzbc3	30,83	2				
Çsbc3	2,27	1	Knnd	6,27	17	Mab3	0,83	1				
Çscd2	4,20	1	Knnd/a	144,36		Mbc2	1,13	1				
Gb3	1,92	1	Knnd/a3	58,54	3	MÇsbc2	16,07	4				
İs	2,81		Knnd/ab3	11,00		MKnab3	42,37	5				
Kna3	78,65		Knnd1	151,11	15	MKnbc2	143,34	11				
Knab3	40,38	5	Knnd1/a	74,60		Oc	3,10					
Knbc3	44,83	6	Knnd2	323,75	38	OT	199,51					
Knbc2	17,20	2	Knnd3	130,71	16	T	0,51					
Knbc3	496,87	58	KnGnab3	142,95	19	Z	622,53					
Kncd1	112,99	12	KnGnbc2	9,68	1							
Toplam	1.083,31	88	Toplam	2.081,03	213	Toplam	1.217,67	38			4.382,01	339



Şekil 15. Alınan örnek alanlar

Meşcere yapısına göre belirlenen büyüklükteki (400, 600, 800 m²) örnek alanlarda, örnek alan sınırları içerisinde kalan tüm ağaçların türleri belirlenmiş ve göğüs yüksekliğindeki çapları ölçülmüştür.



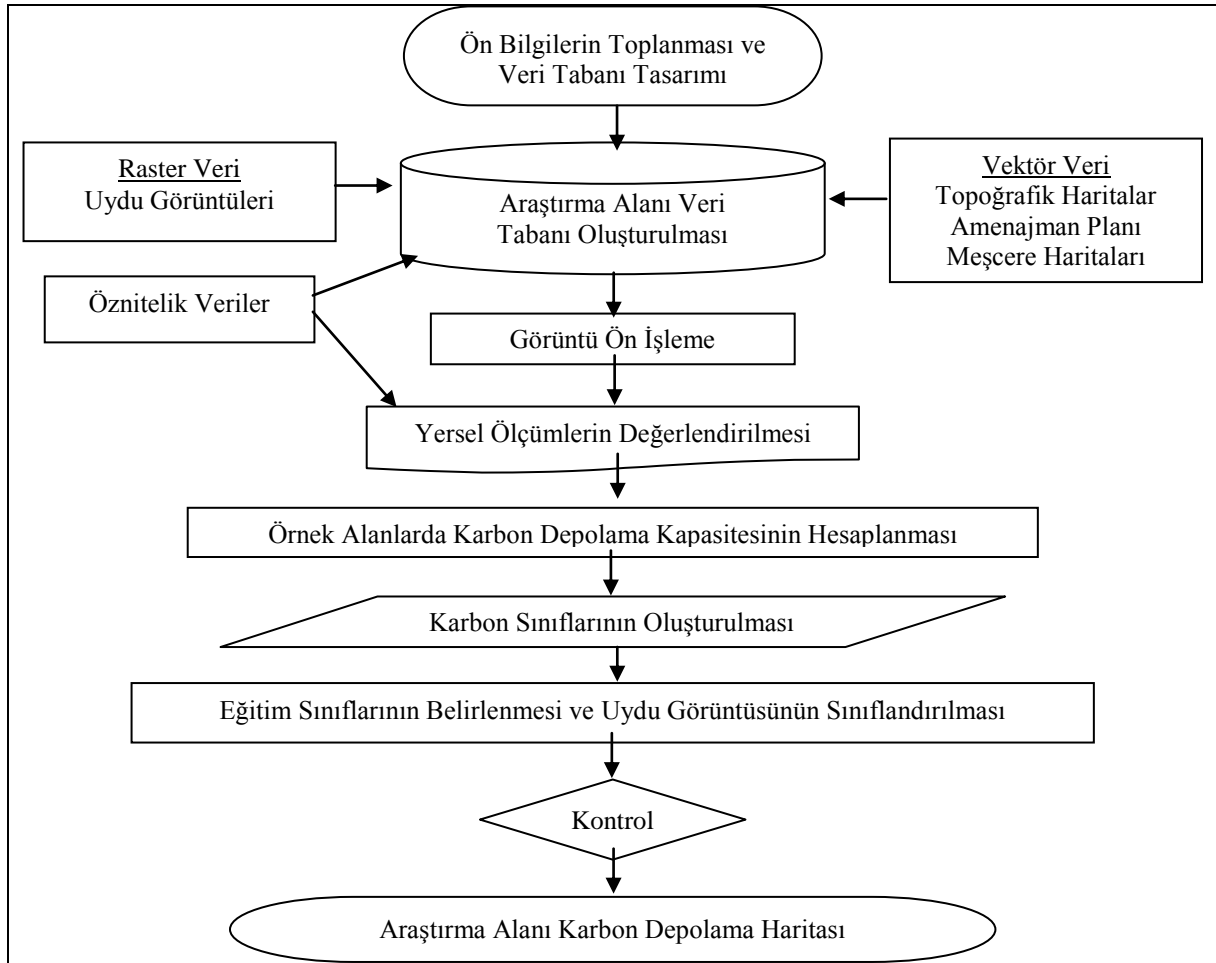
Şekil 16. Örnek alanlarda göğüs çapının ölçülmesi

3. YÖNTEM

Bu çalışmada, meşcerelerin karbon depolama kapasitelerinin hesaplanmasında, Türkiye ormanları için Asan (1999) tarafından belirlenen BEF₁ katsayısı kullanılmıştır. Araştırma alanı meşcerelerinin karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama ile belirlenmesinde kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden biri olan en yüksek olasılık yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca coğrafi bilgi sistemlerinden araştırma alanı veri tabanı oluşturulmasında ve sonuç haritalarının üretilmesinde yararlanılmıştır.

3.1. Çalışmanın Kavramsal Çatısının Oluşturulması

Çalışmanın kavramsal çatısını oluşturacak işlem süreci şekil 17' de verilmiştir.



Şekil 17. Çalışmanın Kavramsal Çatısı

3.1.1. Ön Bilgilerin Toplanması ve Veri Tabanı Oluşturulması

Araştırma alanı olan Düzdağ Orman İşletme Şefliğine ait topoğrafik haritalar, Orman Amenajman Planı ve haritaları ile Landsat ETM+ (2000) uydu görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen verilerin bilgisayara aktarılması, depolanması, işlenmesi, çeşitli sorgulama ve analiz işlemlerinin yapılması, harita ve öznetelik verilerinin sunumu bir Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcGIS Desktop 9.3 yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

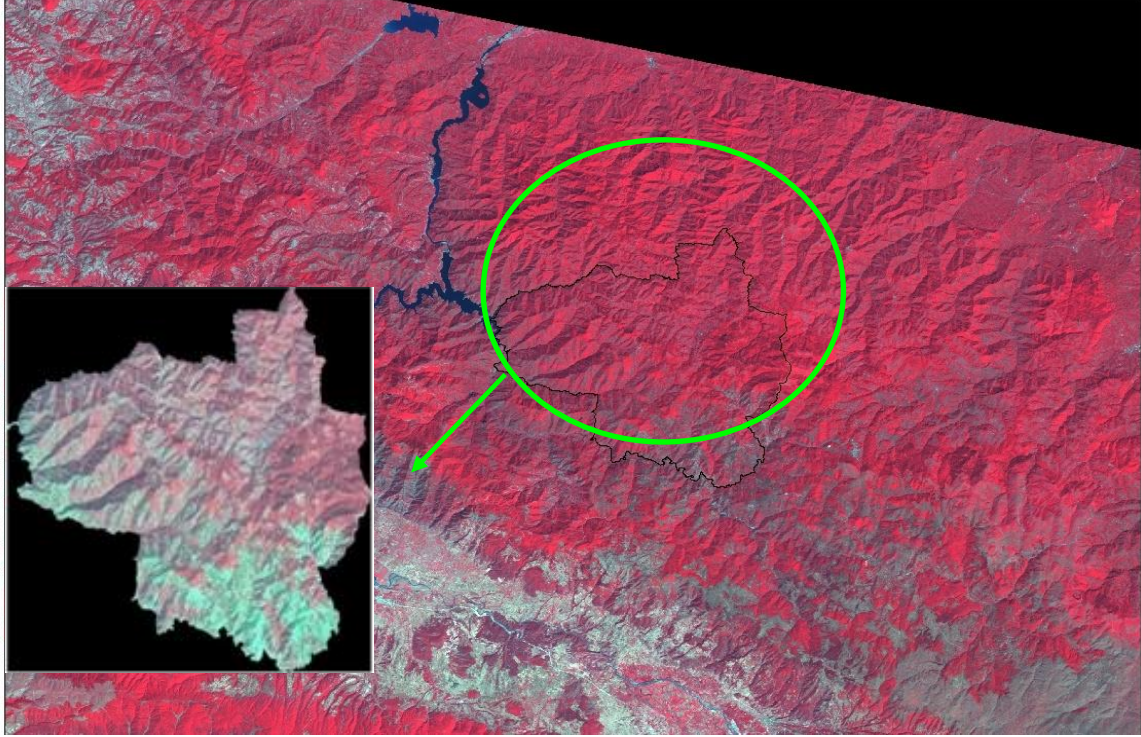
3.1.2. Uydu Görüntüsünde Yapılan Ön İşlemler

Uzaktan algılamada uydu görüntülerinden elde edilecek bilgilerin doğruluğu; görüntü alanının çok iyi tanımlanması ve yerde ölçülen olguların doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Ham uydu görüntüleri üzerinden yerde ölçülen objeler hakkında sağlıklı bilgi sahibi olmak oldukça güçtür. Bu nedenle, uzaktan algılama verileri sayısal görüntüler haline dönüştürüldükten sonra, bu görüntüler sayısal görüntü işleme uygulamalarına tabi tutulmaktadır.

Ham veri olarak bulunan Landsat uydu görüntüsünün ilk olarak bantlarının birleştirilmesi gerekmektedir. Landsat uydu görüntüsünün algılama yaptığı bantlarda ihtiyaca ve nesnelere (bitkiler, kayaçlar, yerleşim yerleri vs) özelliklerine göre değişik kombinasyonlar kullanılmaktadır (4, 3, 2 – 4, 5, 3 – 7, 5, 3 gibi). Landsat ETM+ algılama yaptığı bantların uygulama alanları dikkate alınarak, ormanlık alanların ayırımı için 4,3,2 bant kombinasyonu seçilmiştir. Bu nedenle, araştırma alanına ait uydu görüntüsü üzerinde ilk olarak bu kombinasyonla bant birleştirme işlemi yapılmıştır.

Araştırma alanını uydu görüntüsünün bant birleştirme işlemi yapıldıktan sonra geometrik düzeltmesi için, önceden UTM koordinat sistemine oturtulmuş topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır. Kıyı çizgisi, yollar ve derelerin kesiştiği yerler, binalar gibi hem görüntü hem de harita üzerinde açıkça ayırt edilebilen noktalar belirlenmiştir. Dönüşümünde kullanılacak yer kontrol noktalarının belirlenmesinde, noktaların bütün çalışma alanına homojen biçimde dağıtılmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca çalışma alanının sınırları dışında kalan bölgelerden de yer kontrol noktaları alınmıştır. Bu noktaların topoğrafik haritalardaki koordinat değerleri kullanılarak, uydu görüntüsü UTM koordinat sistemine referanslandırılmıştır.

Daha sonra meşcere tipleri haritası üzerine vektör olarak çizilmiş sınır katmanı görüntü üzerine transfer edilmiştir. Mevcut uydu görüntüsü çok büyük bir alanı (185x185 km) kapladığından dolayı araştırma alanı sınırları ile karşılaştırılarak tüm uydu görüntüsünden araştırma alanı uydu görüntüsü elde edilmiştir. Şekil 18’ de geometrik düzeltilmesi yapılan araştırma alanı uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 18. Geometrik düzeltilmesi yapılan uydu görüntüsü

3.1.3. Yersel Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Örnek alanlarda ölçülen göğüs yüksekliğindeki çap değerleri ile tek girişli hacim tabloları kullanılarak meşcerelerin hektardaki hacim değerleri hesaplanmıştır. Hacim hesapları için kullanılan tek girişli hacim tabloları Ek Tablo 1’ de verilmiştir.

3.1.4. Karbon Depolama Kapasitesinin Hesaplanması

Araştırma alanı meşcerelerinin karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasında Asan (1999) tarafından Türkiye ormanlar için belirlenen BEF₁ katsayısı kullanılmıştır. İlk olarak örnek alanlarda yapılan ölçümler ile elde edilen meşcerelerin hektardaki hacim değerleri, Türkiye ormanlarında her ağaç türü grubu (ibrelili, yapraklı) için özel hesaplanan katsayılar (yapraklılar için 0,640, ibreliler için 0,473) ile çarpılarak fırın kurusu ağırlığa daha sonra 1 m³ dikili gövde hacmine karşılık gelen biyokütleyi, toprak üstü toplam biyokütleye dönüşüm faktörü olan (ibrelilerde 1,20; yapraklılarda 1,25) katsayılarıyla toprak üstü toplam biyokütle (TÜBK) ağırlığına dönüştürülmüştür.

$$\text{TÜBK (Yapraklı)} = \text{DGH} * 0,640 * 1,25 \quad (\text{VI})$$

$$\text{TÜBK (İbrelili)} = \text{DGH} * 0,473 * 1,20 \quad (\text{VII})$$

Toprakaltı biyokütle (TABK) miktarının hesaplanmasında ise yine ağaç türü grupları için önceden hesaplanmış olan (yapraklılar için 0,15, ibreliler için 0,20) genel oranlar kullanılmıştır.

$$\text{TABK (Yapraklı)} = \text{TÜBK} * 0,15 \quad (\text{VIII})$$

$$\text{TABK (İbrelili)} = \text{TÜBK} * 0,20 \quad (\text{IX})$$

Toprak üstü ölü ve diri örtüye ait biyokütlenin (TÜÖDBK) hesaplanması için toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarı toplanmış ve Türkiye'nin de üzerinde yer aldığı yarı kurak enlem dereceleri için kullanılan 0,40 katsayısıyla çarpılmıştır.

$$\text{TÜÖDBK} = (\text{TÜBK Toplam} + \text{TABK Toplam}) * 0,40 \quad (\text{X})$$

Toprak üstü ve altındaki genel biyokütlenin (TGBK) hesaplanmasında ise daha önceki adımlarda hesaplanan TÜBK, TABK ve TÜÖDBK değerleri toplanmıştır.

$$\text{TGBK} = \text{TÜBK} + \text{TABK} + \text{TÜÖDBK} \quad (\text{XI})$$

Toprak üstü ve toprak altındaki genel biyokütlenin (TGBK) karbon miktarının hesaplanmasında TGBK değeri 0,45 katsayısıyla, orman toprağındaki karbon miktarının hesaplanmasında ise TGBK' deki karbon değeri 0,58 katsayısıyla çarpılarak hesaplanmıştır.

Toplam biyokütle içindeki karbon= TGBK*0,45 (XII)

Orman toprağındaki karbon= (TGBK*0,45)*0,58 (XIII)

Araştırma alanındaki toplam karbon miktarı, toplam biyokütle içindeki karbon miktarı ve orman toprağında depolanan karbon miktarı değerleri toplanarak hesaplanır.

3.1.5. Karbon Sınıflarının Oluşturulması

Araştırma alanındaki meşcerelerin hektardaki karbon depolama miktarları hesaplandıktan sonra, meşcereler karbon depolama kapasitelerine göre 0–100 ha/ton, 100–250 ha/ton, 250< ha/ton ve Açık ve Bozuk alan olarak 4 sınıfa ayrılmışlardır (Tablo 9).

Tablo 9. Karbon Sınıfları

Karbon Sınıfı	Karbon Depolama Kapasitesi (Ha/Ton)
1. Karbon Sınıfı	0 – 150
2. Karbon Sınıfı	100 – 250
3. Karbon Sınıfı	250<
4. Karbon Sınıfı	Açık ve Bozuk Alanlar

3.1.6. Uydu Görüntüsünün Sınıflandırılması

Çalışmada, Araştırma alanı karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama ile yüksek olasılık (Maximum Likelihood) algoritması kullanılmaktadır. Bu yöntemde öncelikli arazi sınıflarına ilişkin sınıf kontrol noktalarına ait istatistiksel değerler hesaplanmakta, daha sonra görüntü üzerinde bilinmeyen her bir pikselin en çok benzer olduğu sınıfa ataması yapılmaktadır.

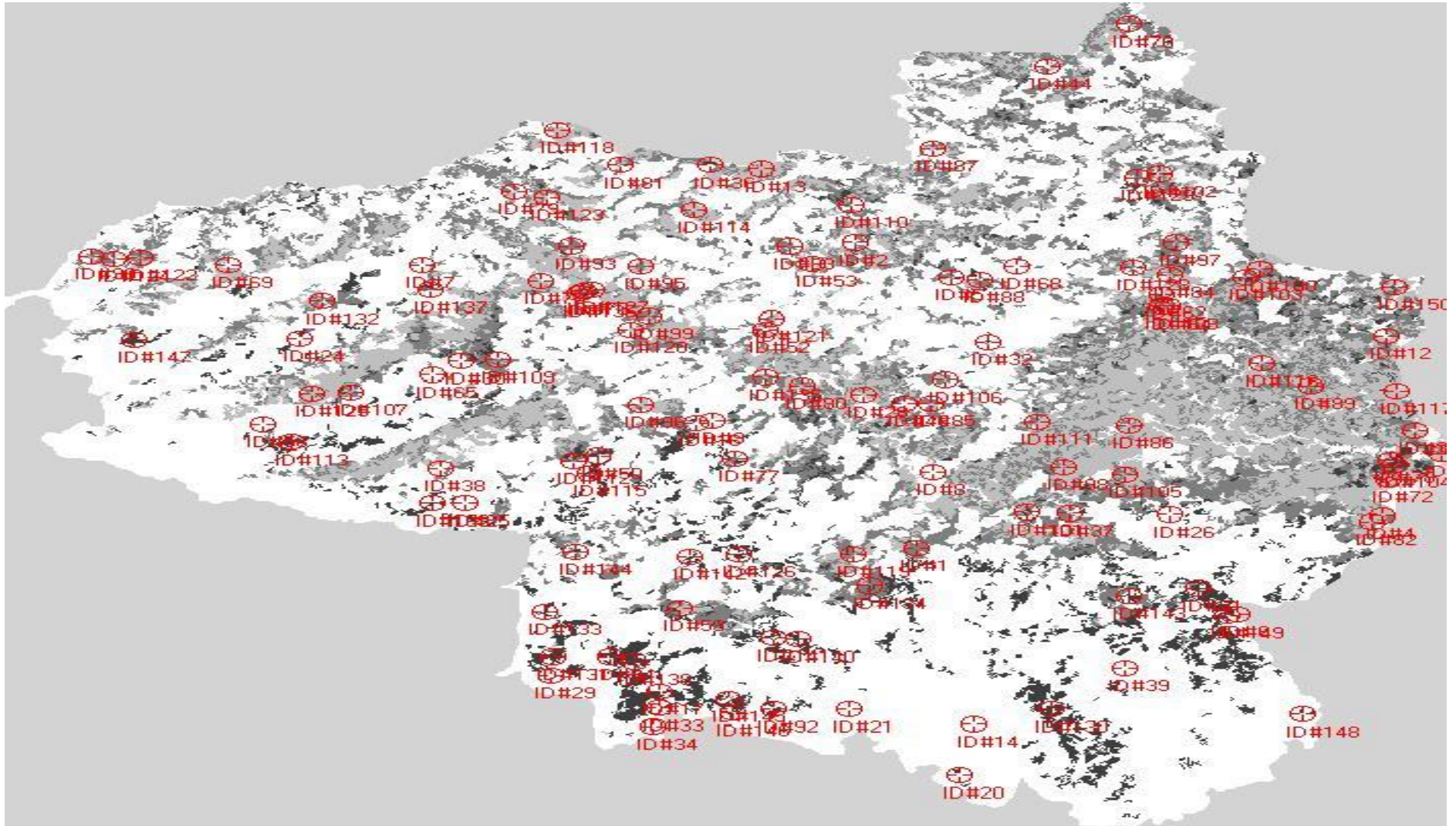
Son olarak, kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilen raster harita, yersel çalışmalarla kesinleştirilmiş diğer bir harita yardımıyla doğruluk analizine tabi tutulmakta, başarı oranı yeterli olması durumunda sınıflandırılmış harita hata oranı belirtilerek kullanılmaktadır (Çakır, 2006, Ün, 2006; Günlü, 2009; Karahalil, 2009).

Kontrollü sınıflandırmada, doğruluk değerlerinin karşılaştırılması sırasında her kontrol sınıfına eşit sayıda kontrol noktası düşmesi temel prensiptir.

3.1.7. Sınıflandırmada Doğruluk Analizi

Doğruluk analizinin yapılmasında sınıflandırılmış uydu görüntüsünün, çalışma alanına ait doğruluğu kesin olarak bilinen referans veriler (haritalar veya GPS ölçümleri) ile karşılaştırılmasıyla, sınıflandırmada elde edilen doğruluk oranı belirlenebilmektedir. Bu amaçla, sınıflandırma sırasında veya sınıflandırılmış veri üzerinde pikseller seçilerek bu piksellerin referans verilerle uyumu irdelenmektedir. Piksellerin rastgele seçilmesi, kullanıcının elde edeceği doğruluk hakkında önceden bilgi sahibi olması olasılığını ortadan kaldırmaktadır (Musaoğlu, 1999; Karahalil, 2009). Seçilen piksellerle referans verilerin karşılaştırılması sonucu, sınıflandırılmış piksellerin ait olduğu sınıflara atanma doğrulukları, sınıflandırma hata matrisinden elde edilebilmekte ve Kappa katsayısı ile istatistiksel olarak analiz edilebilmektedir (Sunar ve Musaoğlu, 1998; Musaoğlu, 1999; Karahalil, 2009).

Kontrollü sınıflandırma yapılmış görüntülerin Erdas Imagine 9,1 programı yardımıyla doğruluk analizleri yapılmış ve görüntülerin sınıflandırma başarıları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar bulgular kısmında verilmiştir.



Şekil 19. Kontrol noktaları

4. BULGULAR

Araştırma alanında alınan örnek alanlar içerisindeki tüm ağaçların göğüs yüzeyindeki çapları ölçülmüştür. Göğüs yüzeyindeki çaplar tek girişli hacim denkleminde yerine konularak meşcerelerin hektardaki hacim değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan hacim değerleri Tablo 10’ da verilmiştir.

Tablo 10. Araştırma alanındaki meşcerelerin hektardaki hacim değerleri

Araştırma Alanındaki Meşcerelerin Hektardaki Hacim Değerleri (m ³ / Ha)								
Meşcereler	Bonitet	Sarıçam	Gök nar	Kayın	Meşe	Gür gen	Kızı lağ aç	Genel Toplam
Çsab2	2	29,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,09
Çsab2	3	11,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,94
Çsbc2	2	101,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	101,73
Çsbc2	3	83,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	83,53
Çsbc3	3	174,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	174,08
Çscd2	2	224,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	224,52
Çscd2	3	168,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	168,36
Gb3	2	8,21	87,44	2,68	0,00	0,00	0,00	98,33
Gb3	3	15,95	62,22	1,60	0,00	0,00	0,00	79,76
Kna3	1	0,00	0,00	29,75	0,00	0,00	0,00	29,75
Kna3	2	0,00	0,00	10,57	0,00	0,00	0,00	10,57
Kna3	3	0,00	0,00	6,45	0,00	0,00	0,00	6,45
Knab3	1	0,00	0,00	78,50	0,00	0,00	0,00	78,50
Knab3	2	0,00	0,00	49,43	0,00	0,00	0,00	49,43
Knab3	3	0,00	0,00	20,15	0,00	0,00	0,00	20,15
Knb3	1	0,00	0,00	128,10	0,00	10,79	0,00	138,89
Knb3	2	0,00	0,00	112,16	0,00	0,42	0,00	112,58
Knb3	3	0,00	0,00	90,58	0,00	3,47	0,00	94,06
Knbc2	1	0,00	0,00	145,18	0,00	1,53	0,00	146,70
Knbc2	2	0,00	0,00	115,15	0,00	2,63	0,00	117,77
Knbc2	3	0,00	0,00	82,02	0,00	3,25	0,00	85,27
Knbc3	1	0,00	0,00	268,02	0,00	0,00	0,00	268,02
Knbc3	2	0,00	0,00	221,25	0,00	0,00	0,00	221,25
Knbc3	3	0,00	0,00	181,69	0,00	0,00	0,00	181,69
Kncd1	2	0,00	0,00	217,44	0,00	0,00	0,00	217,44

Tablo 10' nun devamı

Araştırma Alanındaki Meşcerelerin Hektardaki Hacim Değerleri (m ³ / Ha)								
Meşcereler	Bonitet	Sarıçam	Gök nar	Kayın	Meşe	Gürgen	Kızılağaç	Genel Toplam
Kncd1	3	0,00	0,00	152,16	0,00	0,00	0,00	152,16
Kncd2	1	0,00	0,00	438,23	0,00	0,00	0,00	438,23
Kncd2	2	0,00	0,00	378,24	0,00	0,00	0,00	378,24
Kncd2	3	0,00	0,00	321,77	0,00	0,00	0,00	321,77
Kncd3	1	0,00	0,00	534,52	0,00	0,00	0,00	534,52
Kncd3	2	0,00	0,00	453,83	0,00	0,00	0,00	453,83
Kncd3	3	0,00	0,00	375,67	0,00	0,00	0,00	375,67
KnÇsa	3	1,20	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	3,30
KnÇsbc2	1	49,23	0,00	84,09	0,00	0,00	0,00	133,32
KnÇsbc2	2	30,38	0,00	74,15	0,00	0,00	0,00	104,52
KnÇsbc2	3	25,30	0,00	44,13	0,00	0,00	0,00	69,43
KnÇsbc3	1	126,67	0,00	89,75	0,00	0,00	0,00	216,41
KnÇsbc3	2	78,87	0,00	93,68	0,00	0,00	0,00	172,55
KnÇsbc3	3	68,70	0,00	64,27	0,00	0,00	0,00	132,97
Knd	1	0,00	0,00	168,02	0,00	0,00	0,00	168,02
Knd	2	0,00	0,00	100,31	0,00	0,00	0,00	100,31
Knd/a	1	0,00	0,00	180,32	0,00	0,00	0,00	180,32
Knd/a	2	0,00	0,00	107,20	0,00	0,00	0,00	107,20
Knd/a	3	0,00	0,00	81,40	0,00	0,00	0,00	81,40
Knd/a3	1	0,00	0,00	194,45	0,00	0,00	0,00	194,45
Knd/a3	2	0,00	0,00	109,00	0,00	0,00	0,00	109,00
Knd/ab3	2	0,00	0,00	143,53	0,00	0,00	0,00	143,53
Knd/ab3	3	0,00	0,00	106,11	0,00	0,00	0,00	106,11
Knd1	1	0,00	0,00	545,28	0,00	0,00	0,00	545,28
Knd1	2	0,00	0,00	297,05	0,00	0,00	0,00	297,05
Knd1	3	0,00	0,00	218,09	0,00	0,00	0,00	218,09
Knd1/a	1	0,00	0,00	562,30	0,00	0,00	0,00	562,30
Knd1/a	2	0,00	0,00	310,28	0,00	0,00	0,00	310,28
Knd1/a	3	0,00	0,00	225,70	0,00	0,00	0,00	225,70
Knd2	1	0,00	0,00	494,07	0,00	0,00	0,00	494,07
Knd2	2	0,00	0,00	420,24	0,00	0,00	0,00	420,24
Knd2	3	0,00	0,00	357,86	0,00	0,00	0,00	357,86
Knd3	1	0,00	0,00	827,10	0,00	0,00	0,00	827,10
Knd3	2	0,00	0,00	681,02	0,00	0,00	0,00	681,02
KnGnab3	2	0,00	0,00	30,44	0,00	27,15	0,00	57,58
KnGnab3	3	0,00	0,00	15,39	0,00	17,57	0,00	32,96
KnGnbc2	2	0,00	0,00	77,56	0,00	11,92	0,00	89,48
KnGnbc2	3	0,00	0,00	62,62	0,00	8,43	0,00	71,05
KnGnbc3	2	0,00	0,00	162,30	0,00	19,36	0,00	181,66
KnGnbc3	3	0,00	0,00	133,07	0,00	14,65	0,00	147,72

Tablo 10' nun devamı

Araştırma Alanındaki Meşcerelerin Hektardaki Hacim Değerleri (m ³ / Ha)								
Meşcereler	Bonitet	Sarıçam	Gök nar	Kayın	Meşe	Gür gen	Kızı lağaç	Genel Toplam
KnMab3	2	0,00	0,00	38,04	10,72	0,00	0,00	48,76
KnMab3	3	0,00	0,00	11,27	24,35	0,00	0,00	35,63
KnMbc2	2	0,00	0,00	91,01	10,06	0,00	0,00	101,07
KnMbc2	3	0,00	0,00	60,40	14,50	0,00	0,00	74,90
KnMbc3	2	0,00	0,00	138,05	16,88	0,00	0,00	154,93
KnMbc3	3	0,00	0,00	68,56	14,53	0,00	0,00	83,09
Kzbc3	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00	150,00
Kzbc3	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122,73	122,73
Ma3	3	0,00	0,00	0,00	7,40	0,00	0,00	7,40
Mab3	3	0,00	0,00	0,00	34,00	0,00	0,00	34,00
Mbc2	2	0,00	0,00	0,00	76,17	0,00	0,00	76,17
Mbc2	3	0,00	0,00	0,00	50,93	0,00	0,00	50,93
MÇsbc2	3	37,85	0,00	0,00	46,78	0,00	0,00	84,63
MKnab3	2	0,00	0,00	10,48	9,83	0,00	0,00	20,31
MKnab3	3	0,00	0,00	5,22	8,75	0,00	0,00	13,97
MKnbc2	2	0,00	0,00	18,06	32,66	0,00	0,00	50,72
MKnbc2	3	0,00	0,00	16,81	26,43	0,00	0,00	43,24

Araştırma alanı meşcereleri için hesaplanan hektardaki hacim değerlerin kullanılarak ilk önce toprak üstü, toprak altı, toprak üstü ölü ve diri örtü biyokütleleri daha sonrada bu verilerden ve BEF₁ katsayılarından yararlanılarak meşcerelerin hektardaki karbon depolama miktarları hesaplanmıştır. Tablo 11' de meşcerelerin biyokütle değerleri ve Tablo 12' de karbon depolama kapasitelerine ilişkin hesaplanmış değerler verilmiştir.

Tablo 11. Araştırma alanı meşcerelerinin biyokütle değerleri

Araştırma Alanı Toprak üstü, Toprak Altı ve Toprak Üstü Ölü ve Diri Örtü Biyokütlesi (Ton/Ha)									
Meşcereler	Bonitet	Tübk Yapraklı	Tübk İğne Yapraklı	Toplam Tübk	Tabk Yapraklı	Tabk İğne Yapraklı	Toplam Tabk	Tüödbk	Toplam Biyokütle
Çsab2	2	0,00	16,51	16,51	0,00	3,30	3,30	7,92	27,74
Çsab2	3	0,00	6,78	6,78	0,00	1,36	1,36	3,25	11,38
Çsbc2	2	0,00	57,74	57,74	0,00	11,55	11,55	27,71	97,00
Çsbc2	3	0,00	47,41	47,41	0,00	9,48	9,48	22,76	79,65
Çsbc3	3	0,00	98,81	98,81	0,00	19,76	19,76	47,43	166,00
Çscd2	2	0,00	127,44	127,44	0,00	25,49	25,49	61,17	214,09
Çscd2	3	0,00	95,56	95,56	0,00	19,11	19,11	45,87	160,54
Gb3	2	2,15	54,29	56,43	0,32	10,86	11,18	27,04	94,66
Gb3	3	1,28	44,37	45,64	0,19	8,87	9,07	21,88	76,59
Kna3	1	23,80	0,00	23,80	3,57	0,00	3,57	10,95	38,32
Kna3	2	8,46	0,00	8,46	1,27	0,00	1,27	3,89	13,61
Kna3	3	5,16	0,00	5,16	0,77	0,00	0,77	2,37	8,31
Knab3	1	62,80	0,00	62,80	9,42	0,00	9,42	28,89	101,10
Knab3	2	39,54	0,00	39,54	5,93	0,00	5,93	18,19	63,67
Knab3	3	16,12	0,00	16,12	2,42	0,00	2,42	7,41	25,95
Knbc3	1	111,12	0,00	111,12	16,67	0,00	16,67	51,11	178,90
Knbc3	2	90,06	0,00	90,06	13,51	0,00	13,51	41,43	145,00
Knbc3	3	75,24	0,00	75,24	11,29	0,00	11,29	34,61	121,14
Knbc2	1	117,36	0,00	117,36	17,60	0,00	17,60	53,99	188,95
Knbc2	2	94,22	0,00	94,22	14,13	0,00	14,13	43,34	151,69
Knbc2	3	68,21	0,00	68,21	10,23	0,00	10,23	31,38	109,82
Knbc3	1	214,42	0,00	214,42	32,16	0,00	32,16	98,63	345,21
Knbc3	2	177,00	0,00	177,00	26,55	0,00	26,55	81,42	284,97

Tablo 11' in devamı

Araştırma Alanı Toprak üstü, Toprak Altı ve Toprak Üstü Ölü ve Diri Örtü Biyokütlesi (Ton/Ha)									
Meşcereler	Bonitet	Tübk Yapraklı	Tübk İğne Yapraklı	Toplam Tübk	Tabk Yapraklı	Tabk İğne Yapraklı	Toplam Tabk	Tüödbk	Toplam Biyokütle
Knbc3	3	145,35	0,00	145,35	21,80	0,00	21,80	66,86	234,02
Kncd1	2	173,95	0,00	173,95	26,09	0,00	26,09	80,02	280,06
Kncd1	3	121,72	0,00	121,72	18,26	0,00	18,26	55,99	195,98
Kncd2	1	350,59	0,00	350,59	52,59	0,00	52,59	161,27	564,44
Kncd2	2	302,60	0,00	302,60	45,39	0,00	45,39	139,19	487,18
Kncd2	3	257,42	0,00	257,42	38,61	0,00	38,61	118,41	414,44
Kncd3	1	427,62	0,00	427,62	64,14	0,00	64,14	196,70	688,47
Kncd3	2	363,06	0,00	363,06	54,46	0,00	54,46	167,01	584,53
Kncd3	3	300,53	0,00	300,53	45,08	0,00	45,08	138,24	483,86
KnÇsa	3	1,68	0,68	2,36	0,25	0,14	0,39	1,10	3,85
KnÇsbc2	1	67,27	27,94	95,21	10,09	5,59	15,68	44,36	155,25
KnÇsbc2	2	59,32	17,24	76,56	8,90	3,45	12,35	35,56	124,47
KnÇsbc2	3	35,30	14,36	49,66	5,30	2,87	8,17	23,13	80,96
KnÇsbc3	1	71,80	71,90	143,69	10,77	14,38	25,15	67,54	236,38
KnÇsbc3	2	74,94	44,76	119,71	11,24	8,95	20,19	55,96	195,86
KnÇsbc3	3	51,41	39,00	90,41	7,71	7,80	15,51	42,37	148,29
Knd	1	134,41	0,00	134,41	20,16	0,00	20,16	61,83	216,40
Knd	2	80,25	0,00	80,25	12,04	0,00	12,04	36,92	129,20
Knd/a	1	144,26	0,00	144,26	21,64	0,00	21,64	66,36	232,25
Knd/a	2	85,76	0,00	85,76	12,86	0,00	12,86	39,45	138,07
Knd/a	3	65,12	0,00	65,12	9,77	0,00	9,77	29,96	104,84
Knd/a3	1	155,56	0,00	155,56	23,33	0,00	23,33	71,56	250,45
Knd/a3	2	87,20	0,00	87,20	13,08	0,00	13,08	40,11	140,39

Tablo 11' in devamı

Araştırma Alanı Toprak üstü, Toprak Altı ve Toprak Üstü Ölü ve Diri Örtü Biyokütlesi (Ton/Ha)									
Meşcereler	Bonitet	Tübk Yapraklı	Tübk İğne Yapraklı	Toplam Tübk	Tabk Yapraklı	Tabk İğne Yapraklı	Toplam Tabk	Tüödbk	Toplam Biyokütle
Knd/ab3	2	114,82	0,00	114,82	17,22	0,00	17,22	52,82	184,86
Knd/ab3	3	84,89	0,00	84,89	12,73	0,00	12,73	39,05	136,67
Knd1	1	436,23	0,00	436,23	65,43	0,00	65,43	200,66	702,32
Knd1	2	237,64	0,00	237,64	35,65	0,00	35,65	109,31	382,60
Knd1	3	174,47	0,00	174,47	26,17	0,00	26,17	80,26	280,90
Knd1/a	1	449,84	0,00	449,84	67,48	0,00	67,48	206,93	724,24
Knd1/a	2	248,22	0,00	248,22	37,23	0,00	37,23	114,18	399,64
Knd1/a	3	180,56	0,00	180,56	27,08	0,00	27,08	83,06	290,70
Knd2	1	395,26	0,00	395,26	59,29	0,00	59,29	181,82	636,36
Knd2	2	336,19	0,00	336,19	50,43	0,00	50,43	154,65	541,27
Knd2	3	286,28	0,00	286,28	42,94	0,00	42,94	131,69	460,92
Knd3	1	661,68	0,00	661,68	99,25	0,00	99,25	304,37	1065,30
Knd3	2	544,81	0,00	544,81	81,72	0,00	81,72	250,61	877,15
KnGnab3	2	46,07	0,00	46,07	6,91	0,00	6,91	21,19	74,16
KnGnab3	3	26,37	0,00	26,37	3,96	0,00	3,96	12,13	42,46
KnGnbc2	2	71,58	0,00	71,58	10,74	0,00	10,74	32,93	115,25
KnGnbc2	3	56,84	0,00	56,84	8,53	0,00	8,53	26,15	91,52
KnGnbc3	2	145,33	0,00	145,33	21,80	0,00	21,80	66,85	233,97
KnGnbc3	3	118,17	0,00	118,17	17,73	0,00	17,73	54,36	190,26
KnMab3	2	39,01	0,00	39,01	5,85	0,00	5,85	17,94	62,81
KnMab3	3	28,50	0,00	28,50	4,28	0,00	4,28	13,11	45,89
KnMbc2	2	80,86	0,00	80,86	12,13	0,00	12,13	37,19	130,18
KnMbc2	3	59,92	0,00	59,92	8,99	0,00	8,99	27,56	96,48

Tablo 11' in devamı

Araştırma Alanı Toprak üstü, Toprak Altı ve Toprak Üstü Ölü ve Diri Örtü Biyokütlesi (Ton/Ha)									
Meşcereler	Bonitet	Tübk Yapraklı	Tübk İğne Yapraklı	Toplam Tübk	Tabk Yapraklı	Tabk İğne Yapraklı	Toplam Tabk	Tüödbk	Toplam Biyokütle
KnMbc3	2	123,94	0,00	123,94	18,59	0,00	18,59	57,01	199,54
KnMbc3	3	66,47	0,00	66,47	9,97	0,00	9,97	30,58	107,01
Kzbc3	2	120,00	0,00	120,00	18,00	0,00	18,00	55,20	193,20
Kzbc3	3	98,18	0,00	98,18	14,73	0,00	14,73	45,16	158,07
Ma3	3	5,92	0,00	5,92	0,89	0,00	0,89	2,72	9,53
Mab3	3	27,20	0,00	27,20	4,08	0,00	4,08	12,51	43,80
Mbc2	2	60,94	0,00	60,94	9,14	0,00	9,14	28,03	98,11
Mbc2	3	40,74	0,00	40,74	6,11	0,00	6,11	18,74	65,60
MÇsbc2	3	37,42	21,49	58,91	5,61	4,30	9,91	27,53	96,34
MKnab3	2	16,25	0,00	16,25	2,44	0,00	2,44	7,47	26,16
MKnab3	3	11,18	0,00	11,18	1,68	0,00	1,68	5,14	17,99
MKnbc2	2	40,58	0,00	40,58	6,09	0,00	6,09	18,67	65,33
MKnbc2	3	34,60	0,00	34,60	5,19	0,00	5,19	15,91	55,70

Tablo 12. Araştırma alanı meşcerelerinin karbon depolama kapasiteleri

Araştırma Alanı Karbon Değerleri (Ton/Ha)				
Meşcereler	Bonitet	Toplam bitokülle içindeki karbon	Orman Toprağındaki karbon	Toplam Karbon
Çsab2	2	12,48	7,24	19,72
Çsab2	3	5,12	2,97	8,09
Çsbc2	2	43,65	25,32	68,97
Çsbc2	3	35,84	20,79	56,63
Çsbc3	3	74,70	43,33	118,02
Çscd2	2	96,34	55,88	152,22
Çscd2	3	72,24	41,90	114,14
Gb3	2	42,60	24,71	67,30
Gb3	3	34,47	19,99	54,46
Kna3	1	17,24	10,00	27,24
Kna3	2	6,13	3,55	9,68
Kna3	3	3,4	2,17	5,91
Knab3	1	45,50	26,39	71,89
Knab3	2	28,65	16,62	45,27
Knab3	3	11,68	6,77	18,45
Knb3	1	80,50	46,69	127,19
Knb3	2	65,25	37,84	103,09
Knb3	3	54,51	31,62	86,13
Knbc2	1	85,03	49,32	134,34
Knbc2	2	68,26	39,59	107,85
Knbc2	3	49,42	28,66	78,08
Knbc3	1	155,34	90,10	245,44
Knbc3	2	128,24	74,38	202,61
Knbc3	3	105,31	61,08	166,39
Kncd1	2	126,03	73,10	199,12
Kncd1	3	88,19	51,15	139,34
Kncd2	1	254,00	147,32	401,32
Kncd2	2	219,23	127,15	346,38
Kncd2	3	186,50	108,17	294,67
Kncd3	1	309,81	179,69	489,50
Kncd3	2	263,04	152,56	415,60
Kncd3	3	217,74	126,29	344,02
KnÇsa	3	1,73	1,00	2,74
KnÇsbc2	1	69,86	40,52	110,38
KnÇsbc2	2	56,01	32,49	88,50
KnÇsbc2	3	36,43	21,13	57,56
KnÇsbc3	1	106,37	61,69	168,07
KnÇsbc3	2	88,14	51,12	139,26

Tablo 12' nin devamı

Araştırma Alanı Karbon Değerleri (Ton/Ha)				
Meşcereler	Bonitet	Toplam bitokütle içindeki karbon	Orman Toprağındaki karbon	Toplam Karbon
KnÇsbc3	3	66,73	38,70	105,43
Knđ	1	97,38	56,48	153,86
Knđ	2	58,14	33,72	91,86
Knđ/a	1	104,51	60,62	165,13
Knđ/a	2	62,13	36,04	98,17
Knđ/a	3	47,18	27,36	74,54
Knđ/a3	1	112,70	65,37	178,07
Knđ/a3	2	63,18	36,64	99,82
Knđ/ab3	2	83,19	48,25	131,44
Knđ/ab3	3	61,50	35,67	97,17
Knđ1	1	316,05	183,31	499,35
Knđ1	2	172,17	99,86	272,03
Knđ1	3	126,41	73,32	199,72
Knđ1/a	1	325,91	189,03	514,94
Knđ1/a	2	179,84	104,31	284,14
Knđ1/a	3	130,82	75,87	206,69
Knđ2	1	286,36	166,09	452,45
Knđ2	2	243,57	141,27	384,84
Knđ2	3	207,41	120,30	327,71
Knđ3	1	479,39	278,04	757,43
Knđ3	2	394,72	228,94	623,65
KnGnab3	2	33,37	19,36	52,73
KnGnab3	3	19,11	11,08	30,19
KnGnbc2	2	51,86	30,08	81,94
KnGnbc2	3	41,18	23,89	65,07
KnGnbc3	2	105,29	61,07	166,35
KnGnbc3	3	85,62	49,66	135,27
KnMab3	2	28,26	16,39	44,66
KnMab3	3	20,65	11,98	32,62
KnMbc2	2	58,58	33,98	92,56
KnMbc2	3	43,41	25,18	68,59
KnMbc3	2	89,79	52,08	141,88
KnMbc3	3	48,16	27,93	76,09
Kzbc3	2	86,94	50,43	137,37
Kzbc3	3	71,13	41,26	112,39
Ma3	3	4,29	2,49	6,78
Mab3	3	19,71	11,43	31,14
Mbc2	2	44,15	25,61	69,76

Tablo 12' nin devamı

Araştırma Alanı Karbon Değerleri (Ton/Ha)				
Meşcereler	Bonitet	Toplam bitokütle içindeki karbon	Orman Toprağındaki karbon	Toplam Karbon
Mbc2	3	29,52	17,12	46,64
MÇsbc2	3	43,35	25,15	68,50
MKnab3	2	11,77	6,83	18,60
MKnab3	3	8,10	4,70	12,79
MKnbc2	2	29,40	17,05	46,45
MKnbc2	3	25,06	14,54	39,60

Araştırma alanı meşcilerinin karbon depolama kapasitelerine göre kontrollü sınıflandırma yapılabilmesi için karbon değerlerine göre meşcelere dört gruba ayrılmışlardır. Tablo 13, Tablo 14, Tablo 15 ve Tablo 16' da meşcere tiplerinin karbon depolama değerleri ve girdikleri karbon sınıfları verilmiştir.

Tablo 13. 1. Karbon sınıfı

1. Karbon Grubu							
Meşcere	Bonitet	Karbon (Ton/Ha)	Alan	Meşcere	Bonitet	Karbon (Ton/Ha)	Alan
Çsab2	2	19,72	2,42	Knd/a3	2	99,82	33,50
Çsab2	3	8,09	5,58	Knd/ab3	3	97,17	38,70
Çsbc2	2	68,97	2,62	KnGnab3	2	52,73	56,55
Çsbc2	3	56,63	4,03	KnGnab3	3	30,19	94,15
Gb3	2	67,30	4,62	KnGnbc2	2	81,94	92,06
Gb3	3	54,46	1,27	KnGnbc2	3	65,07	31,97
Kna3	1	27,24	22,32	KnMab3	2	44,66	7,93
Kna3	2	9,68	74,78	KnMab3	3	32,62	76,57
Kna3	3	5,91	41,00	KnMbc2	2	92,56	29,00
Knab3	1	71,89	83,43	KnMbc2	3	68,59	77,23
Knab3	2	45,27	429,27	KnMbc3	3	76,09	43,22
Knab3	3	18,45	307,68	Ma3	3	6,78	54,50
Knbc3	3	86,13	297,68	Mab3	3	31,14	628,15
Knbc2	3	78,08	172,96	Mbc2	2	69,76	0,88
KnÇsa	3	2,74	5,75	Mbc2	3	46,64	1.000,34
KnÇsbc2	2	88,50	44,81	MÇsbc2	3	68,50	16,07
KnÇsbc2	3	57,56	45,69	MKnab3	2	18,60	103,10
Knd	2	91,86	17,28	MKnab3	3	12,79	240,28
Knd/a	2	98,17	128,43	MKnbc2	2	46,45	86,29
Knd/a	3	74,54	53,42	MKnbc2	3	39,60	295,52
Toplam Alan			1.745,04	Toplam Alan			3.006,01
Genel Toplam							4.751,05

Tablo 14. 2. Karbon sınıfı

2. Karbon Grubu							
Meşcere	Bonitet	Karbon (Ton/Ha)	Alan	Meşcere	Bonitet	Karbon (Ton/Ha)	Alan
Çsbc3	3	118,02	2,27	KnÇsbc3	2	139,26	13,02
Çscd2	2	152,22	1,98	KnÇsbc3	3	105,43	17,02
Çscd2	3	114,14	2,21	Knd	1	153,86	6,27
Knbc3	1	127,19	27,31	Knd/a	1	165,13	28,17
Knbc3	2	103,09	225,73	Knd/a3	1	178,07	25,04
Knbc2	1	134,34	36,58	Knd/ab3	2	131,44	29,79
Knbc2	2	107,85	331,83	Knd1	3	199,72	34,98
Knbc3	1	245,44	337,46	Knd1/a	3	206,69	47,63
Knbc3	2	202,61	1.453,45	KnGnbc3	2	166,35	380,84
Knbc3	3	166,39	962,52	KnGnbc3	3	135,27	163,64
Kncd1	2	199,12	129,68	KnMbc3	2	141,88	12,48
Kncd1	3	139,34	45,32	Kzbc3	2	137,37	13,63
KnÇsbc2	1	110,38	4,14	Kzbc3	3	112,39	25,90
KnÇsbc3	1	168,07	0,56				
Toplam Alan			3.561,05	Toplam Alan			798,39
Genel Toplam						4.359,45	

Tablo 15. 3. Karbon sınıfı

3. Karbon Grubu							
Meşcere	Bonitet	Karbon (Ton/Ha)	Alan	Meşcere	Bonitet	Karbon (Ton/Ha)	Alan
Kncd2	1	401,32	61,04	Knd1/a	1	514,94	58,68
Kncd2	2	346,38	715,73	Knd1/a	2	284,14	39,36
Kncd2	3	294,67	355,24	Knd2	1	452,45	125,41
Kncd3	1	489,50	147,40	Knd2	2	384,84	322,02
Kncd3	2	415,60	1.118,60	Knd2	3	327,71	7,50
Kncd3	3	344,02	347,18	Knd3	1	757,43	44,30
Knd1	1	499,35	49,77	Knd3	2	623,65	110,10
Knd1	2	272,03	118,14				
Toplam Alan			2.913,11	Toplam Alan			707,37
Genel Toplam						3.620,48	

Tablo 16. 4. Karbon sınıfı

4. Karbon Grubu			
Meşcere	Alan	Meşcere	Alan
BÇs	31,09	Oc	3,10
BKn	446,81	OT	334,83
BM	1.355,66	T	0,51
İs	69,81	Z	13.319,41
Toplam	1.903,38	Toplam	13.657,86
Genel Toplam			15.561,24

Araştırma alanı sınırları içinde meşcere tiplerinin karbon sınıfları belirledikten sonra uydu görüntüsü üzerinde En Yüksek Olasılık Yöntemi ile sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma sonucunda kontrol amaçlı yapılan Genel Sınıflandırma Doğruluk Oranı tablo 17' de verilmiştir.

Tablo 17. Araştırma Alanına ilişkin Sınıflandırma Performansı, Hata Matrisi

Sınıflar	1. Karbon Sınıfı	2. Karbon Sınıfı	3. Karbon Sınıfı	4. Karbon Sınıfı	Toplam	Sınıfların Yüzde Olarak Doğruluğu	Sınıfa Ait Atanmamış	Sınıfa Ait Değil Atanmış
1. Karbon Sınıfı	26	3	0	1	30	86,67	4	13
2. Karbon Sınıfı	7	22	1	0	30	73,33	8	4
3. Karbon Sınıfı	5	1	22	2	30	73,33	8	1
4. Karbon Sınıfı	1	0	0	29	30	96,67	1	3
Toplam	39	26	23	32	120		21	21

Yapılan sınıflandırmanın Genel doğruluk oranı 82,50% olarak bulunmuştur

Kontrol amaçlı yapılan diğer bir doğruluk oranı ise Kappa istatistiği doğruluk oranıdır ve sonuçları tablo 18' da verilmiştir.

Tablo 18. Kappa istatistiği doğruluk oranı

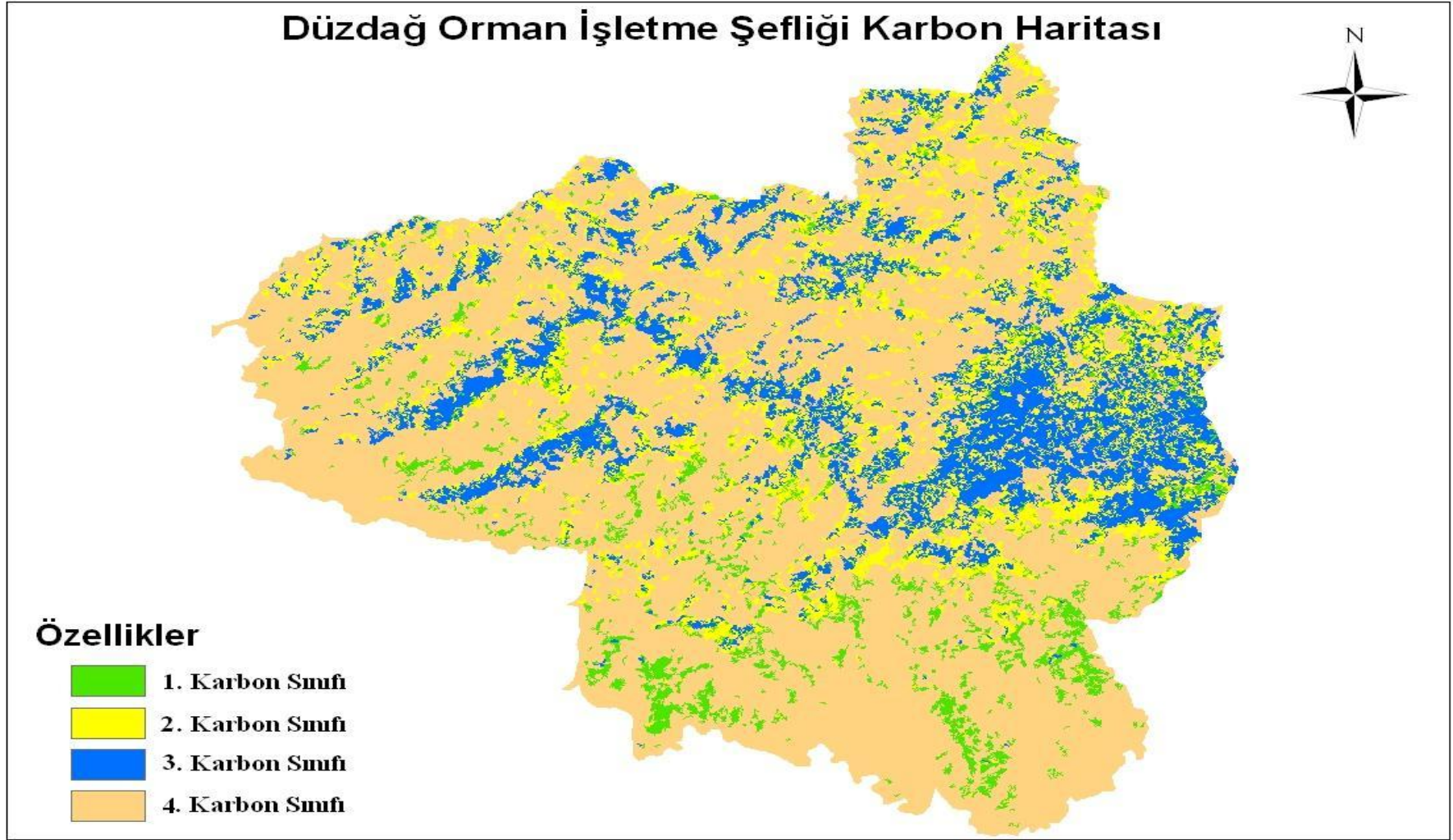
Sınıf	Kappa
1. Karbon Sınıfı	0,8025
2. Karbon Sınıfı	0,6596
3. Karbon Sınıfı	0,6701
4. Karbon Sınıfı	0,9545

Yapılan sınıflandırmanın Kappa istatistiği doğruluk oranı 0,7667 bulunmuştur. En Yüksek Olasılık Yöntemi ile sınıflandırma sonucunda Landsat uydu görüntüsü ve amenajman planı için 1., 2., 3. ve 4. karbon sınıflarının alanları tablo 19’ de verilmiştir.

Tablo 19. Karbon sınıflarının uydu görüntüsü ve amenajman planına göre alanları

Sınıf	Alan (Ha)	
	Landsat	Amenajman planı
1. Karbon Sınıfı	1.480,86	4.751,05
2. Karbon Sınıfı	4.375,75	4.359,45
3. Karbon Sınıfı	4.351,61	3.620,48
4. Karbon Sınıfı	18.083,99	15.561,24
Toplam	28.292,21	28.292,21

Araştırma alanı için kontrollü sınıflandırma yapılan Landsat uydu görüntüsüne göre oluşturulan karbon sınıfları haritası Şekil 20’ de verilmiştir.



Şekil 20. Araştırma alanı karbon sınıfları haritası

5. TARTIŞMA

Son yıllarda küresel iklim değişimi kavramı çok fazla gündeme gelmiştir. Küresel iklim değişimini etkileyen faktörler arasında ilk sırada CO₂' ye yer verilmektedir. Ormanlar fotosentez yoluyla atmosferden CO₂'yi uzaklaştırdığı için yutak olarak, karbonu, biyokütleyi, toprak organik karbonu ve ölü örtü içinde saklayarak rezervuar olarak görev yapmakta ve iklim değişikliğiyle mücadelede çok önemli rol oynamaktadır(URL-15, 2011). CO₂ alımının bitkilerde yaprak miktarına bağlı artması ve diğer bitki topluluklarına oranla en fazla yaprak miktarının da ormanlarda bulunması nedeniyle CO₂ tüketimi en fazla ormanlarda meydana gelmektedir. Bunların bir sonucu olarak bir taraftan yasal düzenlemeler ile atmosfere salınan CO₂ miktarı düşürülürken, bir taraftan da mevcut orman kaynaklarını korumak ve genişletmek suretiyle CO₂ tüketimi hızlandırılmaya çalışılmaktadır (ASAN 1999). Giderek önemi artan bu konu üzerinde sürekli çalışmalar yapılmaktadır.

Karbon depolama kapasitesinin doğrudan belirlenmesi ile ilgili özellikle yurtdışında yapılan çalışmalarda, örnek alanlardan alınan verilerden yararlanılarak uzun süren laboratuvar çalışmaları sonucu ormanların karbon depolama kapasiteleri hesaplanmaktadır. Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda ise, yine arazi envanterleri sonucu oluşturulan regresyon denklemlerinden ve çeşitli uydu görüntülerinin indeks değerlerinden yararlanılmıştır. Bu yapılan çalışmalar çok maliyetli ve zaman alıcıdır. Ağaç servetinin yoğun olduğu ülkelerde ise karbon değişiminin hesaplanması bu nedenlerle daha zorlu bir hal almıştır. Yapılan çalışma ormanların karbon depolama kapasitesinin daha hızlı ve pratik bir şekilde hesaplanabilmesi için uygulanmıştır.

Araştırma alanından alınan örnek alanlarda ölçülen göğüs yüksekliğindeki çap değerlerinden yararlanılarak araştırma alanı meşcereleri için hektardaki hacim değerleri belirlenmiştir. Belirlenen hacim değerleri ve BEF₁ katsayısı kullanılarak hektardaki karbon depolama kapasitesi bu meşcereler için hesaplanmıştır. Araştırma alanı meşcereleri için hesaplanan karbon depolama değerlerinden, kontrollü sınıflandırmada kullanabilmek için karbon sınıfları oluşturulmuştur. Karbon sınıflarından faydalanarak Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden biri olan En Yüksek Olasılık yöntemi kullanılmış ve daha sonra sınıflandırmanın kontrolü yapılmıştır.

Yapılan kontroller sonucu genel sınıflandırma doğruluk oranı 82,50% ve Kappa istatistiği doğruluk oranı 0,7667 bulunmuştur. Kontroller sonucu bulunan Kappa istatistiği doğruluk oranı ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

Sonuçta bulunana (k) değeri;

0,0 ise sınıflandırılmış veriler ve referans verileri arasında uyum olmadığı,

1,0 ise tam uyum olduğunu,

0,75 ve fazlası sınıflandırma performansının çok iyi olduğunu,

0,40'ın aşağısı ise performansın yetersiz olduğunu gösterir.

Kontrol sonucu bulunan Kappa istatistiği doğruluk oranı sınıflandırmanın performansının çok iyi olduğu göstermektedir. Bu çalışmada, Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma ile karbon sınıflarının ayrımının yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yapılan sınıflandırmada, araştırma alanının Landsat ETM + görüntüsünün kontrollü sınıflandırılması sonucu elde edilen karbon sınıfları ile amenajman planından elde edilen karbon sınıflarının alanları karşılaştırılmıştır. Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde 2. ve 3. karbon sınıflarındaki alan değerleri amenajman planına çok yakın değerler olduğu belirlenmiştir. 1. karbon sınıfının alan değerlerinde azalış, 4. Karbon sınıfının alan değerlerinde ise artış olmuştur. Bunun nedeni 1. karbon sınıfındaki meşcerelerde yer yer bulunan 0.5 Ha' dan küçük açık alanların varlığından ve 1. sınıftaki genç meşcerelerin 4. karbon sınıfındaki açık alanlarda bulunan fındık ve benzeri tarım ürünleriyle piksel değerlerinin benzerliğinden kaynaklanmaktadır.

Ormancılık araştırmalarında Landsat ETM + uydu görüntüsü kullanılarak kontrollü sınıflandırma ile yapılan başka çalışmalarda bulunmaktadır. SİVRİKAYA vd.(2006) tarafından Artvin ve Bulanıkdere İşletme Şefliklerinde yapılan çalışmada Landsat ETM + uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırılması ile arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmanın sonucunda Artvin Merkez İşletme Şefliği için genel sınıflandırma doğruluk oranı %82,14, Kappa istatistiği doğruluk oranı 0,791 bulunmuştur. Bulanıkdere İşletme Şefliği için ise genel sınıflandırma doğruluk oranı %88,75, Kappa istatistiği doğruluk oranı 0,873 bulunmuştur.

GÜNLÜ vd.(2008) tarafından yapılan çalışmada, Landsat ETM+ uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırılmasıyla Maçka-Ormanüstü Ormanı'nda yetişme ortamı haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda genel sınıflandırma doğruluğu değeri %84,44, Kappa istatistiği doğruluk oranı ise 0,77 bulunmuştur.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyadaki toplam orman alanı 3 milyar 952 milyon hektar olup dünya kara alanının yaklaşık % 30'una karşılık gelmektedir. Karasal biyolojik çeşitliliğin dörtte üçünü bünyesinde barındıran ormanlar, aynı zamanda karasal karbon havuzlarının yaklaşık yarısını oluşturmakta ve bu nedenle dünya iklimini düzenlemede önemli bir rol oynamaktadır (URL-15, 2011).

Türkiye karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak, görülebilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden birisidir. Doğal olarak üç tarafından denizlerle çevrili olması, arızalı bir topografyaya sahip olması ve orografik özellikleri nedeniyle, Türkiye'nin farklı bölgeleri, iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik boyutlarda etkilenecektir (Öztürk, 2002). Bu nedenlerle ormanlarımızın karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, zaman içinde karbon depolama kapasitesindeki değişimlerinin nasıl olduğu, planlama ünitelerine göre karbon depolama kapasitesinin nasıl değiştiği, yapılan müdahalelerin karbon depolama kapasitesini nasıl etkilediğini en hızlı ve pratik şekilde belirlemek büyük önem taşımaktadır.

Yapılan çalışmada karbon depolama kapasitesinin kolay ve hızlı bir şekilde alınan envanter örneklerinden faydalanarak tüm araştırma alanının karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, arazi çalışmaları sonucu elde edilen verilerle karbon depolama kapasiteleri hesaplanan verimli ormanların gruplar halinde Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde karbon depolama kapasitelerine göre sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde karbon depolama kapasitelerine göre yapılan sınıflandırmada En Yüksek Olasılık yöntemi kullanılmıştır. Yöntem uygulandıktan sonra yersel haritalarla doğruluk kontrolü yapılmıştır. Kontroller sonucu elde edilen bulgular, yapılan çalışmanın performansının çok iyi olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmada 2008 yılında yapılmış orman amenajman planı ve 2000 yılına ait uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bu yıl farkının performansı nasıl etkilediği görebilmek için benzer çalışmaların yakın tarihli verilerle yapılması büyük önem taşımaktadır.

Hesaplanan karbon depolama değerlerinin ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarının uygulama yöresinin dışındaki ormanlarda kullanılabilmesi için bu bölgelerin yetişme ortamı koşullarının ve iklim özelliklerinin, çalışmanın yapıldığı bölgenin yetişme ortamı koşullarına ve iklim özelliklerine benzerlik göstermesi gerekmektedir. Bu şartların sağlandığı bir uygulama yapıldığında dahi çıkan sonuçlar ve gerçek değerler arasında benzer meşcelerin artım ve büyümelerindeki değişiklikler nedeniyle anlamlı farklılıklar oluşabilir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda, ormanların karbon depolama kapasitesi belirlenirken, Türkiye ormanları için Asan (1999) tarafından belirlenen BEF_1 katsayısı kullanılmıştır. Bu katsayıların kullanılmasının yerine, tüm asli ağaç türleri için yapılacak olan biyokütle tablolarından ve yersel ölçümlerle bulunan karbon depolama değerlerinden elde edilen regresyon denklemleri geliştirilerek, ormanların karbon depolama değerinin tüm asli ağaç türleri bazında tahmin edilmesi tercih edilmelidir. Bu denklemlerle hesaplanan karbon depolama değerlerinin kullanımıyla uydu görüntülerinde yapılacak olan kontrollü sınıflandırma yönteminin daha güvenilir sonuçlar vermesi beklenmektedir.

Ormanların karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi, küresel iklim değişikliğinin etkileyen en önemli faktörlerden biri olması sebebiyle günden güne daha fazla önem kazanmaktadır. Ormanlarımızın karbon depolama kapasitesi hakkında hızlı bir şekilde daha çok bilgi sahibi olmamız için bu ve buna benzer çalışmaların farklı uydu görüntüleri de kullanılarak yapılması büyük önem taşımaktadır.

7. KAYNAKLAR

- Alemdağ, Ş., 1981. Aboveground-massequations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa, Canadian Forestry Service, Canada, Information Report, X, 6-9.
- Alemdağ, Ş., 1983. Mass Equation And Merchantability Factors For Ontario Softwoods, Canadian Forestry Service, X, 23-24,
- Alemdağ, Ş., 1984. Total Tree And Merchantable Stem Biomass Equations For Ontario Hardwoods, Canadian Forestry Service. X, 46-54.
- Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., 2002. Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme ve RS Image Yazılımı, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim, Konya, Bildiriler Kitabı, 434.
- Asan, Ü., 1995. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 45, 1-2, 23-37.
- Asan, Ü., 1999. Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Planlama Sistemleri, Ormanların Çok Amaçlı Olarak Planlanması Semineri, Bolu, Bildiriler Kitabı, 33-40.
- Asan, Ü., 1999. Climate Change, Carbon Sings and The Forest of Turkey, Tropical Forestsand Climate Change, Status, Issues and Challenges Proceedings of the International Conference, Philippines, 157-170.
- Asan, Ü., Destan, S. ve Özkan, Y. U., 2002. İstanbul Korularının Karbon Depolama, Oksijen Üretme ve Toz Tutma Kapasitesinin Kestirilmesi, Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 194-197.
- Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Basçetinçelik, A., Karaca, C. ve Öztürk, H.H., 2004. Bazı Avrupa Birliği Ülkelerinde Biyokütle Politikaları,V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Mayıs, İstanbul, Bildiri Kitabı: 439-448.

- Başkent, E.Z., 1999. Ekosistem Amenajmanı ve Biyolojik Çeşitlilik, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 353-363.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Kaya, Z., Altun, L., Terzioğlu, S., Başkaya Ş., ve Esser, T., 2004. GEF II, Biyoçeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi, Türkiye’de Biyoçeşitliliğin Orman Amenajman Planlarına Entegrasyonu Strateji ve Tasarımın Geliştirilmesi, Trabzon, Son Rapor, 59.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Terzioğlu, S., Başkaya Ş., ve Altun, L., 2005. Biyolojik Çeşitliliğin Orman Amenajman Planlarıyla Bütünleştirilmesi: GEF Projesi Yansımaları – I (Tasarım), Orman Mühendisliği Dergisi, 4-5-6, 31-37.
- Başkent, E.Z., Kadioğulları A.İ., Kırış R., 2010. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulanabilirliğinin denetlenmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, Bildiriler Kitabı, Cilt: I, 326-336.
- Bergen, K.M., Dobson, M.C., Pierce, L.E. ve Ulaby, F.T., 1998. Characterizing Carbon in a Northern Forest by Using SIR-C/X-SAR Imagery, Remote Sensing of Environment, 63, 1, 24-39.
- Brown, S., 1997. Forest and Climate Change; Roles of the Forest Lands as Carbon Sinks. Proceedings of the IX World Forestry Congress, Antalya, 117-129.
- Çakır, G., 2010. Orman Amenajman Planlamasında Gerekli Bilişimin Sağlanması için Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinden Yararlanılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2000. Dış İlişkiler ve AB Dairesi Başkanlığı, Avrupa’ da Ormanların Korunması Bakanlık Konferansı genel deklarasyon ve kararlar, Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change and Forestry-LULUCF) Çalışma Grubu Raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- D.P.T., 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Harita, Tapu Kadastro, Coğrafi Bilgi ve Uzaktan Algılama Sistemleri (Arazi ve Arsa Politikaları, Arazi Toplulaştırması, Arazi Kullanımı) Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Eler, Ü., 2001. Orman Amenajmanı, SDÜ Basımevi, Isparta, 199.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı, İ.Ü. Basımevi, İstanbul, Dördüncü Baskı, 582.
- Ersoy, M., 2007. Dünya ve Türkiye Kömür Sektöründe Yaşanan Gelişmeler, Hidrojen Teknolojisi Eğitim Programı, Seminer Notu, Ankara.

- Esat, K., 2005. Uydu Görüntüleri ve Jeolojideki Kullanımına Genel Bir Bakış, Mavi Gezegen Popüler Yerbilimi Dergisi, 36-40.
- European Union, 2000. Ten Years of the Commitment to European Forests, The Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, , Austria, ISBN 3-9020073-02-0, 24.
- Evsahibioğlu, N.A., 1993, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Uzay Bilimleri Teknolojisi Bölümü Uzaktan Algılama Temel Eğitimi Kurs Notları, İstanbul.
- Günlü, A., Başkent, E.Z., Kadioğulları, A.İ. ve Altun, L., 2008. Forest site classification using Landsat 7 ETM data: A case study of Maçka-Ormanüstü forest, Turkey Environ Monit. Assess., 151, 93–104.
- Günlü, A., 2009. Yetiştirme Ortamı Envanterinin Doğrudan, Dolaylı ve Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Günlü A., Başkent, E.Z. ve Karahalil, U., 2010. Yetiştirme Ortamının Aktif Uydu Görüntüsü (RADARSAT-1) Belirlenmesi Artvin-Merkez Planlama Birimi Örneği, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, Bildiriler Kitabı Cilt: II, 462-470.
- Hu, H., Wang, G.G., 2008. Changes in forest biomass carbon storage in the South Carolina Piedmont between 1936 and 2005, Forest Ecology and Management, 255, 1400–1408.
- IPCC, 1996. Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J, T., et al., eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- IPCC, 2001. Climate Change: Impacts, Adaptations and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Working Group II, MacCarthy, J.J. et al., Cambridge University, UK.
- IPCC, 2004. Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry.
- Jansen,R.J., 1996. Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Kadioğulları A.İ., 2009. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasında Konumsal Yapının Kombine Optimizasyon Teknikleri İle Kontrolü: Konumsal Planlama, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.

- Karahalil, U., 2009. Korunan Orman Alanlarında Amenajman Planlarının Düzenlenmesi (Köprülü Kanyon Milli Parkı Örneği), Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keleş, S., 2008. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasına Yönelik Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Prototip Modelinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kuru, E., 2005. Uydular: Kullanım Amaçları ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Adana.
- Lillesand, T.M. ve Kiefer, R. W., 2000, Remote Sensing and Image Interpretation, Canada.
- Liosa, S., 2001. Climate Change and Carbon Cycle. Forestry, Climate Change & Development Opportunities Seminar Notes.
- Lucas, R. M., Cronin, N., Milne, A. K., Dong, Y. ve Witte, C., 1999. Estimating Woodland Biomass Stocks in Queensland Using Synthetic Aperture Radar (SAR) Data, Report on the Australian Bureau of Resource Sciences, Canberra, 54.
- Macias, J.G., 2002. Estimation of Tropical Forest Above-ground Biomass by Multispectral Remote Sensing, M Sc. Thesis, Trent University, Faculty of Art and Science, Ontario, Canada.
- Mather, Paul M., 1999. Computer Processing of Remotely Sensed Images, England.
- Mısıır, M., 2001. Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak Amaç Programlama Yöntemi ile Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Moraes, J.F.L., Seyler, F., Cerri, C. ve Volkoff, B., 1996. Land Cover Mapping and Carbon Pools Estimates in Rondonia/Brazil, Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, INPE, 533-539.
- Musaoğlu, N., 1999. Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılardan Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- O.G.M., 2009. Türkiye’de Odunsu Biyokütleden Temiz Enerji Üretimi, O.G.M. Biyoenerji Çalışma Grubu, Ankara.
- Özkan, U.Y., 2003. Uydu Görüntüleri Yardımıyla Meşcere Parametrelerinin Kestirilmesi ve Orman Amenajmanında Kullanılması Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, K., 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi, Sosyal Bilgiler Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, G.Ü., Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, 1, 47-65.

- Raev I., Asan, Ü. ve Grozev, O., 1997. Accumulation of CO₂ in The Above-ground biomass of the Forests in Bulgaria and Turkey in The Recent Decades. Proceedings of The XI World Forestry Congress, Vol. 1, 131-138.
- Richards, A.J. ve JIA X., 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis, Third Edition, Springer.
- Saraçoğlu, N. 1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. *Barbata* C.A.Mey.Yalt) Gövde Hacim ve Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi.
- Saraçoğlu, N., 1990. Orman Hasılat Bilgisi Ders Notu, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Saraçoğlu, N., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları, K.T.Ü. Trabzon.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 22, 93-100.
- Sivrikaya F., Keleş S., Çakir, G., Başkent, E.Z. ve Köse S., 2006. Comparing Accuracy Of Classified Landsat Data With Land Use Maps Reclassified From The Stand Type Maps 7th International Symposium On Spatial Accuracy Assessment In Natural Resources and Environmental Sciences.
- Sun, O., Uğurlu, S. ve Özer, E. Kızılcım 1980. (*P. brutia* Ten.) Türüne Ait Biyolojik Kütlenin Saptanması, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 104.
- Sunar, F. ve Kaya, Ş., 1997. An Assesment of the Geometric Accuracy of Remotely Sensed Images, International Journal of Remote Sensing, 18-14, 3069-3074.
- Sunar, F. ve Musaoğlu, N., 1998. Merging Multiresolution SPOT P. and LANDSAT T.M. Data: the Effects and Advantages, International Journal of Remote Sensing, 19, 2, 219-224.
- Şahin, M., 2007. Sera Gazı Emisyonları ve Azatlım Politikaları, Temiz Enerji Teknolojileri Konferansı, İstanbul.
- Tan, K., Piao S., Peng, C. ve Fang, J., 2006. Satellite-Based Estimation of Biomass Carbon Stocks for Northeast China's Forests between 1982 and 1999, Forest Ecology and Management, 200, 114-121.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., 1999. İklim değişikliğinin bilimsel değerlendirilmesi, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, Ankara, 52-66.
- Uğurlu, S., Araslı, B. ve Sun, O., 1976. Stebe Geçiş Yörelerindeki Sarıçam Meşcerelerinde Biyolojik Kütlenin Saptanması, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 80.
- URL-1 <http://web.ogm.gov.tr/diger/SOYKriterleri/Dokumanlar/RGOZirvesi.pdf> Rio Zirvesi 1992. 12 Şubat 2011.

- URL-2 http://www2.dsi.gov.tr/iklim/sozlesmeler/cerceve_sozlesme_kyoto/iklim_degis_ikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Türkiye. 18 Mart 2011.
- URL-3 www.ogm.gov.tr/iklim/karbon_birikim.doc Ormanlarda Karbon Birikimi ve Yıllık Değişiminin Belirlenmesinde Başvurulan Temel Yaklaşımlar. 30 Mart 2011.
- URL-4 <http://www.main-board.eu/cevre-bilimi/511908-kuresel-isinma-veormanlar.html> Küresel Isınma ve Ormanlar. 01 Nisan 2011.
- URL-5 http://web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Dokumanlar/MakaleBildiri/isinma_onem.pdf Küresel Isınmanın Önlenmesinde Ormanların Rolü ve Önemi. 2 Nisan 2011.
- URL-6 http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/uz_al/uzal.htm. 14 Mart 2011.
- URL-7 <http://www.cscrs.itu.edu.tr/content/digeruydular.php>. 22 Şubat 2011.
- URL-8 <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/timeline.html>. 26 Şubat 2011.
- URL-9 http://anapod.anadolu.edu.tr/groups/ucs541maltan/wiki/ec1ac/UZAKTAN_ALGILAMA_PLATFORMLARI.html Uzaktan Algılama Platformları. 4 Nisan 2011.
- URL-10 <http://www.rojamedya.co/diger-dersler/32872-uzaktan-algilama-ve-uygulama-alanlari.html> Uzaktan Algılama ve Uygulama Alanları. 23 Mart 2011.
- URL-11 <http://www.cscrs.itu.edu.tr/content/uzaktanalgilama.php#> Uzaktan Algılama Genel bilgiler. 23 Mart 2011.
- URL-12 http://www.goruntuisleme.org/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=65:snflandrma&catid=34:goeruentue-leme-teknikleri&Itemid=53 Görüntü İşleme. 20 Mart 2011.
- URL-13 <http://www.gis.wau.nl/girs/projects/rsbasics/overview.html> Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz. 18 Mart 2011.
- URL-14 http://fotogrametri.ogm.gov.tr/sunular/Uydu_gor_orman_uygulamalari.pdf Uydu Görüntülerinin Ormancılık Faaliyetlerinde Kullanımı. 16 Mart 2011.
- URL-15 <http://web.ogm.gov.tr/languages/English/forestandclimate/Turkce/Sayfalar/Ormanlar%C4%B1nOnemi.aspx> İklim Değişikliği Kapsamında Ormanların Önemi. 10 Mart 2011.

Ün, C., 2006. İstanbul İli Orman Kaynaklarında Meydana Gelen Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve CBS İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Yang, K. ve Guan, D., 2008. Changes in forest biomass carbon stock in the Pearl River Delta between 1989 and 2003, Journal of Environmental Sciences, 20, 1439–1444.
- Yolasıǧmaz, H.A., 2004. Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye’de Uygulaması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

8. EKLER

Ek Tablo 1. Ağaç türleri için tek girişli hacim tablosu

Kayın		Meşe		Sarıçam		Göknar		Gürgen		Kızılağaç	
Çaplar	Hacim	Çaplar	Hacim	Çaplar	Hacim	Çaplar	Hacim	Çaplar	Hacim	Çaplar	Hacim
8-11,9	0,032	8-11,9	0,020	8-11,9	0,045	8-11,9	0,035	8-11,9	0,020	8-11,9	0,024
12-15,9	0,087	12-15,9	0,040	12-15,9	0,083	12-15,9	0,088	12-15,9	0,040	12-15,9	0,080
16-19,9	0,182	16-19,9	0,080	16-19,9	0,142	16-19,9	0,184	16-19,9	0,080	16-19,9	0,158
20-23,9	0,311	20-23,9	0,145	20-23,9	0,223	20-23,9	0,327	20-23,9	0,145	20-23,9	0,253
24-27,9	0,494	24-27,9	0,240	24-27,9	0,326	24-27,9	0,515	24-27,9	0,240	24-27,9	0,368
28-31,9	0,715	28-31,9	0,365	28-31,9	0,452	28-31,9	0,745	28-31,9	0,365	28-31,9	0,500
32-35,9	0,981	32-35,9	0,530	32-35,9	0,598	32-35,9	1,006	32-35,9	0,530	32-35,9	0,654
36-39,9	1,307	36-39,9	0,730	36-39,9	0,772	36-39,9	1,306	36-39,9	0,730	36-39,9	0,825
40-43,9	1,688	40-43,9	0,940	40-43,9	0,968	40-43,9	1,656	40-43,9	0,940	40-43,9	1,014
44-47,9	2,098	44-47,9	1,160	44-47,9	1,201	44-47,9	2,033	44-47,9	1,160	44-47,9	1,222
48-51,9	2,573	48-51,9	1,390	48-51,9	1,466	48-51,9	2,476	48-51,9	1,390	48-51,9	1,450
52-55,9	3,073	52-55,9	1,625	52-55,9	1,767	52-55,9	2,943	52-55,9	1,625	52-55,9	1,700
56-59,9	3,628	56-59,9	1,860	56-59,9	2,104	56-59,9	3,428	56-59,9	1,860	56-59,9	1,974
60-63,9	4,277	60-63,9	2,100	60-63,9	2,481	60-63,9	3,925	60-63,9	2,100	60-63,9	2,274
64-67,9	4,937	64-67,9	2,345	64-67,9		64-67,9	4,430	64-67,9	2,345	64-67,9	2,602
68-71,9	5,636	68-71,9	2,590	68-71,9		68-71,9	4,942	68-71,9	2,590	68-71,9	2,960
72-75,9	6,358	72-75,9	2,840	72-75,9		72-75,9	5,462	72-75,9	2,840	72-75,9	3,351
76-79,9	7,088	76-79,9	3,090	76-79,9		76-79,9	5,989	76-79,9	3,090	76-79,9	3,779
80-83,9	7,825	80-83,9	3,340	80-83,9		80-83,9	6,524	80-83,9	3,340	80-83,9	4,247
84-87,9	8,555	84-87,9	3,590	84-87,9		84-87,9	7,066	84-87,9	3,590	84-87,9	
88-91,9	9,299	88-91,9	3,850	88-91,9		88-91,9	7,616	88-91,9	3,850	88-91,9	
92-95,9	10,068	92-95,9	4,110	92-95,9		92-95,9	8,214	92-95,9	4,110	92-95,9	
96-99,9	10,894	96-99,9	4,370	96-99,9		96-99,9	8,739	96-99,9	4,370	96-99,9	
100-103,9	11,700	100-103,9	4,630	100-103,9		100-103,9		100-103,9	4,630	100-103,9	
104-107,9	12,400	104-107,9	4,670	104-107,9		104-107,9		104-107,9	4,670	104-107,9	

ÖZGEÇMİŞ

13.03.1985 tarihinde Kastamonu' da doğdu. İlköğrenimini ve ortaöğrenimini Kastamonu' da tamamladı. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü'nde başladığı Lisans eğitimini 2008 yılında tamamladı. Aynı yıl Eylül ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen öğrenimine devam etmekte olup, orta derecede İngilizce bilmektedir.