ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cenk DÖNMEZ

ENVISAT MERIS UYDU VERİLERİ KULLANILARAK SEYHAN YUKARI HAVZASI ORMANLARINDA MEŞCERE KAPALILIĞININ HARİTALANMASI

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

ADANA, 2008

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENVISAT MERIS UYDU VERİLERİ KULLANILARAK SEYHAN YUKARI HAVZASI ORMANLARINDA MEŞCERE KAPALILIĞININ HARİTALANMASI

Cenk DÖNMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

İmza:	İmza:	İmza:
Doç.Dr.Süha BERBEROĞLU	Yrd.Doç.Dr.Berrin SİREL	Yrd.Doç.Dr.Mustafa KANDIRMAZ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüzün **Peyzaj Mimarlığı** Ana Bilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:……

Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza/Mühür

Bu Araştırma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: : ZF2007YL4

Not: Bu tezde özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirilerin, çizelge, şekil ve haritaların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 Sayılı Fikir Ve Sanat Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENVISAT MERIS UYDU VERİLERİ KULLANILARAK SEYHAN YUKARI HAVZASI ORMANLARINDA MEŞCERE KAPALILIĞININ HARİTALANMASI

Cenk DÖNMEZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman: Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl : 2008, Sayfa: 111
Jüri : Doç.Dr.Süha BERBEROĞLU
Yrd.Doç.Dr.Berrin SİREL
Yrd.Doç.Dr.Mustafa KANDIRMAZ

Ağaç kapalılık yüzdesi, doğal bitkilerin, yatay ve dikey olarak alana yayılışı ile yeryüzü alanının örtülülüğünün yüzde cinsinden miktarıdır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi, Seyhan Nehri - Yukarı Havzasının Envisat MERIS verilerini kullanarak ağaç kapalılık yüzdesi haritasının elde edilmesidir. Bu çalışmada, ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için regresyon ağacı modeli yaklaşımı kullanılmıştır. Tahmin edici değişken olarak 300m çözünürlü Envisat MERIS verileri kullanılmıştır. 3 adet yüksek çözünürlü IKONOS verisi modelin eğitiminde ve doğruluğunun test edilmesinde kullanılmıştır. MERIS verilerinde elde edilen biyofiziksel değişkenler, tahmin edici değişkenlerle birleştirilmiştir. Bu çalışmada, dört adet biyofiziksel bileşen kullanılmıştır. Bu değişkenler, Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi, Yaprak Alan İndeksi, Fotosentetik Aktif Radyasyon, MERIS Karasal Klorofil İndeksi ve Vejetasyon Örtülülük İndeksidir. Bu değişkenler regresyon ağacı modelinin doğruluğunun artırılması için kullanılmıştır. Çalışmanın sonuç verisi olarak, Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi haritası elde edilmiştir. Bununla birlikte çalışma, tür bazında; ardıç, kızılçam, sedir, karaçam ve karışık toros göknarı türlerinin, 300 m çözünürlüğünde ağaç kapalılık yüzdelerinin yersel dağılım tahminlerini içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Ağaç Kapalılık Yüzdesi, Envisat MERIS, Regresyon Ağacı Modeli, Seyhan - Yukarı Havzası.

ABSTRACT
Msc THESIS

MAPPING PERCENT TREE COVER IN SEYHAN – UPPER BASIN FORESTS USING ENVISAT MERIS DATA

Cenk DÖNMEZ

UNIVERSITY OF CUKUROVA
DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE
INSTITUTE OF NATUREL AND APPLIED SCIENCES

Supervisor: Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU
Year : 2008, Page:111
Jury : Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU
Assist.Prof. Berrin SİREL
Assist.Prof. Mustafa KANDIRMAZ

Percent tree cover is the percentage of the ground surface area covered by a vertical projection of the outermost perimeter of the plants. The aim of this study was to derive percent tree cover map using Envisat MERIS data of Seyhan River – Upper Basin at the Eastern Mediterranean Region of Turkey. In this study, Regression Tree algorithm was used to estimate percent tree cover maps. The medium resolution Envisat MERIS with a 300 m was used as predictor variables. Three scenes of high resolution IKONOS images were employed for training and testing the model.

The predictor variables incorporated in addition to biophysical variables estimated from the MERIS data. In this study, five vegetation biophysical variables including: normalised difference vegetation index (NDVI), leaf area index (LAI), fraction of photosynthetically active radiation (fPAR), MERIS terrestrial chlorophyll index (MTCI) and COVER (fCOVER) were incorporated to Envisat MERIS band settings. These variables were used to increase the accuracy of regression tree model. Percent tree cover map as final output was derived from MERIS acquired over Seyhan upper Basin and the biophysical variables. In addition to that percent tree cover of Juniperus excelsa, Pinus brutia, Cedrus libani, Pinus nigra and mixed Taurus fir were estimated at 300 m spatial resolution.

Keywords: Remote Sensing, Percent Tree Cover, Envisat MERIS, Regression Tree Model, Seyhan - Upper Basin.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında, bilgi birikimi ve deneyimleriyle yanımda olan ve her konuda desteğini gördüğüm danışman hocam Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin araştırma ve yazım aşamasında emeği geçen arkadaşlarım, Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı doktora öğrencisi Havva Sibel Meydan Taşkınsu ve Mehmet Akif Erdoğan ile benden maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA NO**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 6
2.1. Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması ile İlgili Çalışmalar 6
2.2. Regresyon Ağacı Modeli ile İlgili Yapılan Çalışmalar 8
3. MATERYAL VE YÖNTEM 11
3.1. Materyal 11
3.1.1. Çalışma Alanı Özellikleri 11
3.1.2. Uydu Verileri 14
3.1.2.1. Envisat MERIS Görüntüleri 14
3.1.2.2. IKONOS Görüntüleri 18
3.1.2.3. Orman Meşcere Haritaları 21
3.1.2.4. Landsat Uydu Görüntüsü 23
3.2. Yöntem 24
3.2.1. Ön İşleme Aşaması 27
3.2.2. Regresyon Ağacı Modelinin Oluşturulması 28
3.2.2.1. Referans Verisinin (Eğitim Seti) Hazırlanması 28
3.2.2.2. Metriklerin (Dönüşümler) Elde Edilmesi 30
3.2.2.3. Tahmin Edici Değişkenlerin Seçilmesi 33
3.2.2.4. Regresyon Ağacı Modeli ile Ağaç Kapalılığının Modellenmesi ve Doğruluk Analizi 34
3.2.2.5. Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması 35

3.3. Orman Meşcereleri için Ağaç Kapalılık Yüzdelerinin Belirlenmesi 36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 37
4.1. Ön İşleme Aşaması Bulguları 38
4.2. Regresyon Ağacı Modelinin Oluşturulması 40
4.2.1. Referans (Test) Verisinin Oluşturulması 40
4.2.2. Metriklerin Oluşturulması 45
4.2.2.1. MERIS Karasal Klorofil İndeksi 45
4.2.2.2. Fotosentetik Aktif Radyasyon 49
4.2.2.3. Yaprak Alan İndeksi 54
4.2.2.4. Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi 60
4.2.2.5. Vejetasyon Örtülülük İndeksi 65
4.2.3. Tahmin Edici Değişkenlerin Seçilmesi 70
4.2.4. Regresyon Ağacı Modeli ile Ağaç Kapalılığının Modellenmesi ve Doğruluk Analizi 74
4.2.5. Ağaç Kapalılık Haritasının Oluşturulması 79
4.3. Orman Meşcereleri için Kapalılık Yüzdelerinin Belirlenmesi 81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 98
KAYNAKLAR 103
ÖZGEÇMİŞ 111

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA NO**

Çizelge 3.1. MERIS Algılayıcısının Standart Band Düzeni 16

Çizelge 3.2. Yüksek Çözünürlü Algılayıcıların Özellikleri 20

Çizelge 3.3. Landsat ETM Uydusunun Algılayıcı Özellikleri 23

Çizelge 4.1. Çalışmada Kullanılan Görüntülerin Projeksiyon Özellikleri 39

Çizelge 4.2. Geri –Adım Yöntemi İle Seçilen 69 Bantın Aylara Göre Dağılımları 73

Çizelge 4.3. Model Değişkenleri Tahmin Hata Ve Korelasyon Katsayıları 78

Çizelge 4.4. Orman Tiplerinin Yukarı – Seyhan Havzası'nda Kapladığı Alan Yüzdeleri 95

Çizelge 4.5. Ağaç Kapalılık Yüzde Değerlerinin Karşılaştırılması 96

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA NO**

Şekil 3.1. Çalışma Alanının Konumu 12
Şekil 3.2. Merıs Algılayıcısının Yersel Veriyi Algılama Süreci 15
Şekil 3.3. Seyhan Havzasının 19 Ağustos 2003 Tarihli MERIS Görüntüsündeki Konumu..... 17
Şekil 3.4. Test Verilerinin Çalışma Alanındaki Konumları 19
Şekil 3.5. Orman Meşcere Haritası Örneği 22
Şekil 3.6. Karar Ağacı Yaklaşımının Alt Modelleri 24
Şekil 3.7. Çalışmada İzlenen Yöntemin Akış Şeması..... 25
Şekil 3.8. Bir Karar Ağacı Modelinin Grafiksel Anlatımı 26
Şekil 3.9. Fotosentetik Aktif Radyasyon Formülasyonu 31
Şekil 4.1. Regresyon Ağacı Modeli Akış Şeması..... 37
Şekil 4.2. Orjinal ve Sınıflanmış Ikonos Verisi (Bir No'lu Alan) 42
Şekil 4.3. Orjinal ve Sınıflanmış Ikonos Verisi (İki No'lu Alan)..... 43
Şekil 4.4. Orjinal ve Sınıflanmış Ikonos Verisi (Üç No'lu Alan) 44
Şekil 4.5. Ocak – Nisan Ayları Arasındaki MTCI Verileri..... 46
Şekil 4.6. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki MTCI Verileri 47
Şekil 4.7. Eylül - Aralık Ayları Arasındaki MTCI Verileri 48
Şekil 4.8. Seyhan Havzası MTCI Maksimum Değerlerinin Aylık Dağılımları 49
Şekil 4.9. Ocak – Nisan Ayları Arasındaki PAR Verileri..... 51
Şekil 4.10. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki PAR Verileri 52
Şekil 4.11. Eylül - Aralık Ayları Arasındaki PAR Verileri 53
Şekil 4.12. Seyhan Havzası PAR Değerlerinin Aylık Dağılımları..... 54
Şekil 4.13. Ocak – Nisan Ayları Arasındaki LAI Verileri..... 56
Şekil 4.14. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki LAI Verileri 57
Şekil 4.15. Eylül - Aralık Ayları Arasındaki LAI Verileri..... 58
Şekil 4.16. Seyhan Havzası LAI Değerlerinin Aylık Dağılımları..... 59
Şekil 4.17. Ocak – Nisan Ayları Arasındaki NDVI Verileri..... 61
Şekil 4.18. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki NDVI Verileri 62
Şekil 4.19. Eylül - Aralık Ayları Arasındaki NDVI Verileri 63

Şekil 4.20. Seyhan Havzası NDVI Değerlerinin Aylık Dağılımları 64
Şekil 4.21. Ocak – Nisan Ayları Arasındaki fCOVER Verileri 66
Şekil 4.22. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki fCOVER Verileri..... 67
Şekil 4.23. Eylül - Aralık Ayları Arasındaki fCOVER Verileri..... 68
Şekil 4.24. Seyhan Havzası fCOVER Değerlerinin Aylık Dağılımları 69
Şekil 4.25. MERIS Verileri Kullanılarak Üretilen Metrikler 70
Şekil 4.26. SLR Algoritmasında Girdi Verilerinin Sıralanması 71
Şekil 4.27. SLR Yönteminde Verilerin Çıkarılmasındaki İstatistiksel Değerler 72
Şekil 4.28. SLR Algoritmasıyla Seçilen Değişkenlerin Katsayıları 73
Şekil 4.29. Geri – Adım Yöntemiyle Seçilen Değişkenlerin Tahmini Dağılımı 76
Şekil 4.30. Tüm Veri Seti İle Gerçek Ve Tahmin Edilmiş Ağaç Kapalılık Yüzdesi Değerlerinin Dağılımı 77
Şekil 4.31. MERIS Değişkenleri İle Üretilen Ağaç Kapalılık Yüzdeleri Dağılımları 78
Şekil 4.32. Yukarı – Seyhan Havzası Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası..... 80
Şekil 4.33. Yukarı – Seyhan Havzası Arazi Örtüsü Haritası (30m) 82
Şekil 4.34. Yukarı – Seyhan Havzası Arazi Örtüsü Haritası (300m) 83
Şekil 4.35. Kızılçam Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Haritası 85
Şekil 4.36. Kızılçam Meşceresi Kapalılık Histogramı..... 86
Şekil 4.37. Karaçam Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Haritası 87
Şekil 4.38. Karaçam Meşceresi Kapalılık Histogramı..... 88
Şekil 4.39. Ardıç Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Haritası 89
Şekil 4.40. Ardıç Meşceresi Kapalılık Histogramı 90
Şekil 4.41. Sedir - Göknar Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Haritası 91
Şekil 4.42. Sedir - Göknar Meşceresi Kapalılık Histogramı..... 92
Şekil 4.43. Karaçam - Göknar Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Haritası..... 93
Şekil 4.44. Karaçam - Göknar Meşceresi Kapalılık Histogramı 94
Şekil 4.45. Referans Verisinden Uzaklaşmayı Gösteren Hata Dağılım Örnekleri 97

1. GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız gezegende, gerek hızlı nüfus artışı gerekse artan teknolojik yeniliklerin etkisiyle birlikte, enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. İnsanoğlu gereksinimlerini karşıladığı üretim faaliyetlerinin yanında, yaşamın her anında kullandığı enerjinin büyük bir bölümünü fosil yakıtları (petrol, kömür, doğalgaz vb.) yakarak sağlamaktadır. Sanayi devrimi ile hız kazanan üretim faaliyetleri, enerji ihtiyacının artması nedeniyle fosil yakıtların kullanımını yüksek miktarlara ulaştırmıştır. Özellikle bu yakıtların fazla miktarlarda kullanımı ile atmosfere fazla miktarda karbondioksit verilmektedir.

Yaşamın sürdürülebilmesi için çok gerekli olan karbondioksit, güneş enerjisi ile birlikte, tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gereksinim duyulan enerjinin bitkiler tarafından üretilebilmesi için kullanılır. Atmosfere verilen bu karbondioksitin büyük bir kısmı okyanus ve denizlerde çözünür, bir kısmı da, kalsiyum ve magnezyum karbonat formunda kayaya dönüşerek doğada tutulmaktadır (Öztürk, 2002).

Atmosferdeki karbondioksit, yaşamın devamı için yararlı etkileri olması ile birlikte, küresel ısınmaya önemli derecede katkıda bulunan ve sera etkisi yaratan gazlardan biridir. Özellikle, küresel ısınma üzerinde etkili olan sera gazları arasında karbondioksitin, ayrı bir yeri ve ayrı bir önemi vardır.

Güneş ışınları yeryüzüne düştüğü gibi, yeryüzü, güneş enerjisinin bir bölümünü uzaya geri yansıtmaktadır. Atmosferde yer alan ve çeşitli molekül kümelerinden oluşan koruyucu katmanın büyük bölümünü karbondioksit gazı oluşturmaktadır. Karbondioksitin görünür ışığa karşı geçirgenliği vardır, fakat kızıl-ötesi ışığı absorbe eder. Dünyanın güneşten aldığı enerji, çoğunlukla görünür ışık formundadır. Atmosferdeki karbondioksit, görünür ışığa karşı geçirgen olduğu için, enerji doğrudan yeryüzüne ulaşır. Fakat yeryüzünden yansıyan ışık genelde kızıl-ötesi formundadır ve atmosferdeki karbondioksit tarafından absorbe edilir. Karbondioksit molekülü bu enerjiyi tutmaz ve bütün yönlere olmak üzere tekrar yayar ve böylece, bir kısmını yeryüzüne geri göndermiş olur. Bu fonksiyonuyla karbondioksit uzaya doğru yansıyan radyasyonu bir süre tutarak, yeryüzünün büyük

ölçüde ısınmasına neden olur. Bu sürece, sera etkisi denmektedir. Seralarda olduğu gibi atmosfer, güneş radyasyonunun içeri girmesine izin verip büyük miktarının dışarı çıkmasına engel olmaktadır (Anonim, 2007a).

Güncel ölçümler, atmosferdeki karbondioksit miktarının her yıl düşük oranda arttığını göstermektedir. Atmosferdeki karbondioksit miktarının artışı ve neden olduğu sera etkisi, dünya üzerindeki ekosistemlerin dengesinin bozulması gibi önemli problemleri de beraberinde getirmektedir.

Sera gazı salınımları ile birlikte, atmosferdeki karbondioksit miktarının her yıl arttığı düşünüldüğünde, sera etkisin artışı ile yeryüzündeki ortalama sıcaklıklarda da bir artış beklentisi ortaya çıkmaktadır. Dünyanın ikliminde ciddi etkilere neden olması için, bu sıcaklık artışının çok fazla olması gerekmemektedir. Örneğin, Antarktika buzullarının büyük oranda eriyerek dünyanın kıyı şehirlerinde sel haline dönüşmesi için, yaklaşık 4°C'lik bir artış yeterli olacaktır. Özellikle 1975 yılından bu yana, sera etkisi ile ortalama sıcaklıkta ekosistem dengelerini etkileyebilecek düzeyde bir artış gözlemlenmektedir (Türkeş, 2001).

Tüm bu gelişmelerle ilgili günümüzde, sera gazlarının atmosferik birikimlerini ve iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirecek en önemli hükümetler arası çaba Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir (İDÇS). Bu sözleşme, Haziran 1992'de Rio'da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Zirvesi'nde imzaya açılıp 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin amacı, atmosferde tehlikeli boyutlara varan insan kaynaklı sera gazı konsantrasyonunun iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkilerini önlemek ve belli bir düzeyde tutulmasını sağlamaktır. Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak yürütülen bu küresel ortak eylemde yerini almak için sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihi itibariyle 189. taraf olarak katılmıştır.(Türkeş, 2001).

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile birlikte, sözleşmeye taraf olan ülkemiz için, karbondioksitin doğa içerisindeki döngüsü ve dinamiklerinin belirlenmesi bir yükümlülüktür. Özellikle bu konuda envanter çalışmalarının yapılması ve karbondioksit miktarlarının azaltılması ile ilgili önlemler alınması; küresel ısınmanın büyük tehdit oluşturduğu dünyamızda, doğal sistemlerdeki

dengenin korunması adına, geleceğe yönelik senaryoların oluşturulabilmesi için, resmi bir yükümlülük haline gelmiştir.

Gerek hızlı nüfus artışı gerekse artan teknolojik yeniliklerin etkisiyle artma potansiyeline sahip sera gazlarının azaltılması için en olası strateji ağaçlar tarafından atmosferdeki karbondioksitin emilmesidir. İnsanoğlu yılda yaklaşık sekiz milyar ton karbon atığını atmosfere yüklemektedir. Bu miktarın yaklaşık 2.5 milyar tonluk kısmı bitkiler tarafından emilmektedir. Atmosferdeki karbondioksitin ağaçlar tarafından emilmesi, fotosentez süreci ile karbonun bitki bünyesinde depolanmasıdır. Ülkemizde, karbondioksitin depolanmasında, orman alanlarının rolü büyüktür.

Orman ekosistemleri, dünya üzerindeki atmosferin oksijen ve karbondioksit dengesi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bilindiği üzere karışık vejetasyon türlerinin bir arada bulunduğu ormanlar yoğun olarak fotosentez yapar, bu süreçte atmosferden karbondioksiti alarak tüketir ve bunun karşılığında oksijen üreterek atmosfere verir. Altında çalı ve otsu bitki tabakası olan bir hektarlık kayın ormanı ekosisteminde bitki toplumunun, optimum gelişim yaptığı mevsimde, fotosentez için havadan 12 saatte 900 kg karbondioksit aldığı, bu süre içinde 600 kg oksijen ürettiği hesaplanmıştır. Dünya üzerindeki tüm bitkilerin yıllık fotosentez ile yüz trilyon ton üzerinde karbon bağladığı tahmin edilmektedir (Anonim, 2007a). Böylece ormanlar, fotosentez yaparak, bir yandan bütün canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni üretirken, diğer yandan küresel ısınmaya neden olan karbondioksit gazının miktarını azaltmaktadır.

Yaklaşık, 78 milyon hektar olan ülkemiz yüzölçümünün, 20.763.248 hektarlık kısmı ormanlarla kaplıdır. Burada değerler oransal olarak ifade edilecek olursa, topraklarımızın % 26.6'sı ormanlık alandır. Bu alanların yaklaşık dokuz milyon hektarı oldukça iyi, geriye kalan 11 milyon hektarı ise bozuk ormanlardır. Türkiye'deki orman alanlarının büyük bir kısmını doğal orman alanları oluşturmaktadır. Ormanlık alanlar daha çok Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'i çevreleyen dağlarda yoğunlaşmıştır (Anonim, 2007a).

Bölgesel ve küresel ölçekteki karbon dinamiklerinin, doğru olarak belirlenebilmesi için karbon modellerinde, ormanların bölgesel yayılışlarını temsil eden ağaç kapalılık yüzdesinin kullanılması, modellerde güvenilir sonuçlara

ulaşılması için en etkin yollardan birisidir (Rokhmatuloh ve ark., 2005a; Berberoğlu ve ark., 2007a).

Ağaç kapalılık yüzdesi, doğal bitkilerin, yatay ve dikey olarak alana yayılışı ile yeryüzü alanının örtülülüğünün yüzde cinsinden miktarıdır. Birim alandaki kapalılık değerleri, % 0 ile 100 arasında değişir ve birim alanda yüzde değerlerinin artması, o bölgedeki orman örtülülüğünün de fazla olduğunu ifade eder. Ağaç Kapalılık Yüzdesi, biyokimyasal ve iklimsel döngülerin hesaplanması için oluşturulan modellerde kullanılan önemli bir değişkendir (Sellers ve ark., 1997; Townshend ve ark., 1994).

Özellikle Kyoto Protokolü ile birlikte ülkemizin ihtiyacı olan bölgesel ölçekteki karbon stoklarının güncel ve periyodik olarak belirlenebilmesi için yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanması son derece önemlidir. Farklı ağaç kapalılık yüzdelerinde karbon, farklı miktarlarda depolanır ve ağaç örtüsündeki değişimler, model içerisinde karbonun o alandaki yıllık değişimlerinin bulunması için kullanılır (Huang ve ark., 2001). Bununla birlikte, bölgesel ekosistemlerin güncel durumlarının değerlendirilebilmesi ve izlenebilmesi için de, ağaç kapalılık haritalarının kullanımı önemlidir.

Günümüzde ağaç kapalılık yüzdesinin doğru ve güncel olarak haritalanması için modern tekniklerden yararlanılmaktadır. Bu noktada, ormanların kompleks yapılarının değerlendirilmesi ve izlenebilmesi için periyodik olarak yersel bilgi akışı gerekmektedir. Bu bilgi akışı için gelişen teknolojiye paralel olarak modern havacılık ve uzay teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Gelişmiş teknoloji ile elde edilmiş yersel veriler, uzaktan algılama teknikleriyle yorumlanabilmektedir.

Uzaktan Algılama, yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara (uydu) yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla (algılayıcı), objelerle fiziksel temasa geçilmeden, yeryüzündeki doğal ve yapay objeler hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir. Diğer bir ifadeyle, objelerle fiziksel temasta bulunmadan herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle bilgi edinme bilimi olarak ifade edilir.

Uzaktan algılama, çeşitli yersel ve zamansal çözünürlüklerde, özellikle doğal yapıların izlenmesi ve analiz edilmesi için önemli bir potansiyel sağlar (Richards,

1993). Alanın yapısı ve zamana bağlı olarak, çevresel faktörler, iklim değişiklikleri ve insan kullanımlarının etkisi altında, formasyonları değişen orman ekosistemlerinin güncel durumlarının izlenebilmesi açısından son derece önemlidir (Odum 1971; Waring ve Running, 1998). Uydu verileri karmaşık orman ekosistemleri ile ilgili yapılan modellerde kullanılan vejetasyonla ilgili birçok parametrenin (türler, biomas, kapalılık vb.) tespiti için kullanılır (Running and Coughlan 1988; Foody and Curran 1994). Ayrıca uydu verileri ile, yersel modellerde kullanılan Yaprak Alan İndeksi (LAI), Fotosentetik Aktif Radyasyon (fPAR) gibi değişkenler tahmin edilebilir. Bu tip tahminler, özellikle Akdeniz Bölgesi gibi, verimliliğin düşük olduğu bölgeler üzerinde yapılan çalışmalar için önemlidir.

Tüm vejetasyon grupları içerisinde ağaçlar, haritalanabilen objelerin başında gelir. Ağaçlar da diğer objeler gibi herhangi bir kaynaktan gelen ışınları yansıtır, yayar, soğurur veya saçarlar. Yansıma ve soğurulma olayları çeşitli dalga boylarındaki ışınlarda da farklı derecelerde olmaktadır. Ağaç türlerinin farklı morfoloji, su içeriği, yaprak yüzeyi ve pigmentlerine sahip olması farklı yansıma karakteristikleri göstermelerine neden olmaktadır. Örneğin, uydu verilerinin sahip oldukları farklı dalga boylarındaki bandlarda yakın kızılötesi band ile kırmızı bandın kombine edilmesiyle birim bölgedeki sağlıklı vejetasyon yüksek yansıma gösterir. Bu sayede bölgedeki vejetasyonun ve ağaç örtüsünün yayılımı yorumlanabilir (Anonim, 2007b).

Bu çalışmada, Seyhan Havzası ormanlarındaki ağaç kapalılığının tahmini için, regresyon ağacı modeli kullanılmıştır. Regresyon Ağacı Modeli ile 300 m çözünürlü Envisat MERIS algılayıcısından elde edilmiş uzaktan algılama verileri kullanılarak, Seyhan Nehri Üst-Havzası için orta çözünürlükte ağaç kapalılık yüzdesinin haritalanması hedeflenmiştir. Bu çalışma, yukarıda verilen bilgiler ışığında, ülkemiz ormanları tarafından depolanmış karbon miktarının belirlenmesi için oluşturulabilecek modellerde kullanılan en önemli değişken olan ağaç kapalılık yüzdesi haritasının güncel olarak üretilmesi açısından önem taşımaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması ile İlgili Çalışmalar

Son on yılda, ağaç kapalılık yüzdesinin küresel ve bölgesel ölçekte haritalanması konusunda birçok çalışma yapılmıştır.

Huang ve ark. (2001), çalışmasında, 30 m çözünürlü Landsat 7 ETM+ ve yüksek çözünürlü (1m) DOQ (Digital Orthophoto Quadrangle) verilerini kullanarak, ABD'nin Utah, Virginia ve Oregon eyaletlerinde ağaç kapalılık yoğunluğunu saptamıştır. Bu çalışmada, ana materyal olarak Landsat verileri kullanılmış, referans verisi olan DOQ verileri ile modelin eğitimi ve doğruluğu test edilmiştir. Çalışmada, 30 m çözünürlü eğitim ve test verileri ile regresyon ağacı ve doğrusal regresyon modelleri kullanılarak ağaç kapalılık haritası oluşturulmuştur. Sonuç olarak, ağaç kapalılık yüzdesi haritası, Virginia eyaleti için 0.89, Utah için 0.85 ve Oregon eyaleti için 0.87 korelasyon katsayısıyla üretilmiştir. Bu çalışmada uygulanan regresyon ağacı modelinde elde edilen korelasyon katsayısı, doğrusal regresyon modelinin korelasyon katsayısından 0.06 – 0.15 fazla bulunmuştur. Bu sonuçlar, regresyon ağacı modelinin, karmaşık sistemlerin çözümlenmesinde daha doğru sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Hansen ve ark. (2003), çalışmalarında 40 günlük birleştirilmiş (image composite) MODIS verilerini kullanarak, küresel ölçekte ağaç kapalılık yüzdesini haritalamışlardır. Çalışmada, 30 m çözünürlü Landsat ETM+ görüntüleri test verisi olarak kullanılmış ve korelasyon katsayısı 0.81 olarak ölçülmüştür.

Hansen ve DeFries (2004), çalışmalarında kaba çözünürlü AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer; Geliştirilmiş Çok Yüksek Çözünürlü Radyometre) uydu verilerini kullanarak global ölçekte orman örtüsünde, 1982 – 1999 yılları arasında meydana gelen değişimleri hesaplamışlardır. Çalışmada, ağaç örtülülüğünün belirli bir zaman serisi içerisinde hesaplanabilmesi için regresyon ağacı modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu'nun (FAO) raporlarının tam tersine, küresel orman örtülülük

yüzdesinde azalma olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle Latin Amerika ülkeleri ve Asya'nın tropik bölgelerinde ormansızlaşma hızının giderek arttığı tahmin edilmiştir.

Hansen ve ark. (2005), bu çalışmada, 500 m çözünürlü MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectrometer) verilerini kullanarak küresel, kıtasal, bölgesel ve yerel ölçeklerde ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde bulunulmuştur. Çalışmada MODIS algılayıcısından elde edilmiş tek tarihli görüntüler, 40 günlük bileşik (image composite) veriler ile çoklu zamansal metrikler kullanılmış ve uygulamada ağaç kapalılığı tahmininde daha doğru sonuç veren veri türleri belirlenmiştir. Test alanı olarak Zambia'nın batı kesimleri seçilmiştir. Bunun nedeni, Zambia'nın bu kesimlerinde herdemyeşil türlerin çeşitliliği ve Kalahari çölü kumlarının yayılımıyla topraktan algılayıcıya daha net sinyal gönderilmesi olarak belirtilmiştir. Çalışmada 30 m çözünürlü Landsat ETM+ verileri test verisi olarak kullanılmıştır. Tek tarihli MODIS verilerinin % 1 standart hata katsayısıyla kapalılığın tahmini için en iyi sonucu verdiği saptanmıştır.

Rokhmatuloh ve ark. (2005a), çalışmada, regresyon ağacı modeli kullanılarak Asya kıtasının ağaç kapalılığını tahmin etmiştir. Çalışmada MODIS verileri tahmin edici değişken olmakla birlikte, 1 m çözünürlü Quickbird verileri test verisi olarak kullanılmıştır. Tüm veri setine, geri - adım doğrusal regresyon yöntemi uygulanmış ve model için en yararlı değişkenler seçilmiştir. Çalışma sonucu, geri-adım doğrusal regresyon yöntemiyle seçilen değişkenlerin regresyon ağacı modeli için daha doğru sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Rokhmatuloh ve ark. (2005b), regresyon ağacı modelini kullandıkları çalışmalarında bu kez Afrika Kıtası için ağaç kapalılık yüzdesini haritalamışlardır. Bu çalışmada da 1 km çözünürlü MODIS verileri kullanılmış, Afrika Kıtası'nın 11 farklı bölgesini temsil eden örnek alanlara ait Quickbird görüntüleri test verisi olarak kullanılmıştır. MODIS verilerinden elde edilmiş metrikler de modelin doğruluğunu artırmak için kullanılmış ve kapalılık haritalanmıştır.

Berberoğlu ve ark., (2007a) çalışmalarında, Envisat MERIS veri setini kullanarak, Seyhan Havzası için güncel ve 2070 yılına ait net birincil üretimi (NBÜ) modellemişlerdir. Bu model içerisinde, regresyon ağacı yöntemi kullanılarak oluşturulan ağaç kapalılık yüzdesi haritası, bölgenin orman örtüsünü yüzde cinsinden

temsil etmesi sebebiyle en önemli değişken olarak kullanılmıştır. Ağaç kapalılık haritasına ek olarak, arazi örtüsü, bölgeye ait güncel ve 2070 yılının iklim değerleri, toprak haritası ve aylık Normalleştirilmiş Vejetasyon Fark İndeksi (NDVI) haritaları kullanılmıştır. Sonuç olarak, güncel ve 2070 yılına ait aylık ve toplam net birincil üretim haritaları elde edilmiştir. Bu çalışma, ağaç kapalılık yüzdesinin orman verimliliğinin hesaplanması için kullanılan modellerde bir girdi değişkeni olarak kullanılmasının önemini de göstermektedir..

2.2. Regresyon Ağacı Modeli ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda, ekolojik alanda ve görüntü analizi çalışmalarında, Regresyon ağacı yönteminin kullanımı ivme kazanmış ve başarılı sonuçlar üretilmiştir. Regresyon ağacı yöntemi, Karar Ağacı (Decision Tree) denilen sınıflama ağacı yöntemlerinden birisidir. Regresyon ağacının avantajı, tek bir cevap değişkeni tahmin etmek için çok sayıdaki açıklayıcı değişkeni kullanmasıdır.

Lewis, (2000), 'Sınıflama ve Regresyon Ağacı Analizlerine (CART Analysis) Giriş' konulu çalışmasında, bu istatistiksel yaklaşımların tıp biliminde kullanımındaki avantaj ve dezavantajlarını araştırmış, bunun için HIV virüsünü değişken olarak kullanmıştır. Bu çalışmada Lewis, CART analizleri için kendi ürettiği yazılımı kullanmıştır. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, bu istatistiksel yaklaşımların özellikle, tıp alanında yapılacak çalışmalar için, karmaşık yapıların çözümlenmesinde önemli bir potansiyel sağladığı saptanmıştır.

Michealsen ve ark. (1994), çalışmada, regresyon ağacı modeli kullanılarak, ağaçsız alanlardaki uzun çim türlerinin ekolojik sınıflaması elde edilmiştir. Ekolojik sınıflama, sayısal arazi modeli, arazi örtüsü ve alan kullanım haritası ile tek tarihli ve çoklu-zamansal uydu verilerinden elde edilmiş metriklerin kullanılmasıyla üretilmiştir.

Loh (2002) regresyon ağacı modeli için değişken seçimi ve değişkenlerin tespitinde önyargısız çalışan bir algoritma geliştirmiş ve bu algoritmayı GUIDE olarak isimlendirmiştir. GUIDE algoritması, regresyon ağacı modelinin çalışma hızının artırılması için dizayn edilmiş ve ağacın çalışmasında sorun yaratabilecek üç

farklı problemin (i. Değişken seçiminde önyargı, ii. Yerel etkileşimlerin duyarsızlığı, iii. Karmaşık ağaç yapısı) çözümü için kullanılmıştır. Bu çalışmada, her bölümde değişken ilk önce sağ dala doğru ayrılır fakat burada modelin ürettiği değer tatmin edici olmazsa değişken sol tarafa yönelir ve bu aşamalar ilerledikçe modelin dalları oluşur. Bu çalışmanın sonucu olarak, üretilen algoritma ile regresyon ağacının daha hızlı çalıştığı ortaya konmuştur.

Lobell ve ark. (2005), çalışmasında uzaktan algılama verileri ile regresyon ağacı ve doğrusal regresyon tekniklerini kullanarak buğday ürünü tahmininde bulunmuştur. Çalışma alanı olarak yoğun tarım yapılan Yaqui Vadisi (California/ABD) seçilmiştir. Bu alandan rasgele belirlenmiş 20 küçük arazi parçası üzerinden, 2001 ve 2003 yıllarında bazı ürün örnekleri alınmış ve yer gerçeği de çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada uygulanan regresyon ağacı ve doğrusal regresyon tekniklerinin verdiği sonuçlar karşılaştırıldığında, regresyon ağacı modelinin, değişkenler arasındaki etkileşimler bakımından önemli olan doğrusal olmayan etkilerin belirlenmesinde başarılı olduğu ortaya konmuştur. Her iki çalışma yılı için regresyon ağacının doğrusal tekniklere kıyasla uygun olduğu kanısına varılmıştır.

Schwarz ve Zimmermann (2007), yaptıkları çalışma ile GLM (Generalized Linear Model)'i kullanarak, Avrupa Alp'lerindeki kompleks topografyada, ağaç kapalılığını sürekli en iyi şekilde kullanmak ve toplamak için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Model kalibrasyonu için MODIS görüntüsü kullanılmıştır. Modelin doğruluğunu test etmek için Regresyon Ağacı Algoritması kullanılmıştır. GLM Model sonuçları, yüksek doğruluk (% 9.1) ve düşük eğimli (-1.2) çıkmıştır. Sonuç görüntüsü, 1 km çözünürlükteki TERRA-MODIS Vejetasyon Continuous Field görüntüsü (MOD44) ve 3 km çözünürlükteki NOAA-AVHRR Vejetasyon Continuous Field görüntüsü, küresel veri setleri ile karşılaştırılmıştır.

Tottrup ve ark. (2007), çalışmada, regresyon ağacı modeli kullanılarak Güney Asya'daki yüksek alanlar için yaşlı orman, ikincil orman ve ağaç bulunmayan alanlar haritalanmıştır. Çoklu zamansal MODIS (250m) verileri açıklayıcı değişken, arazi örtüsü haritası ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Sonuç haritalarında genel ortalama kesin sapması, olgun orman haritası için % 14.6, ikincil orman için % 21.6

ve ağaç bulunmayan alanlar için % 17.1 bulunmuştur. Bu çalışmada, gelişen teknoloji ile birlikte orman örtüsünün güncel durumunun daha hızlı ve daha doğru olarak haritalanabilmesi ve insan aktivitelerinin ormanlar üzerindeki etkilerinin sürekli olarak izlenebilirliğini göstermesi bakımından önem taşıdığı belirtilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada, ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için araştırmanın amacına uygun, geniş ve detaylı bir veri seti hazırlanmış ve regresyon ağacı modeli kullanılarak ağaç kapalılık yüzdesi modellenmiştir.

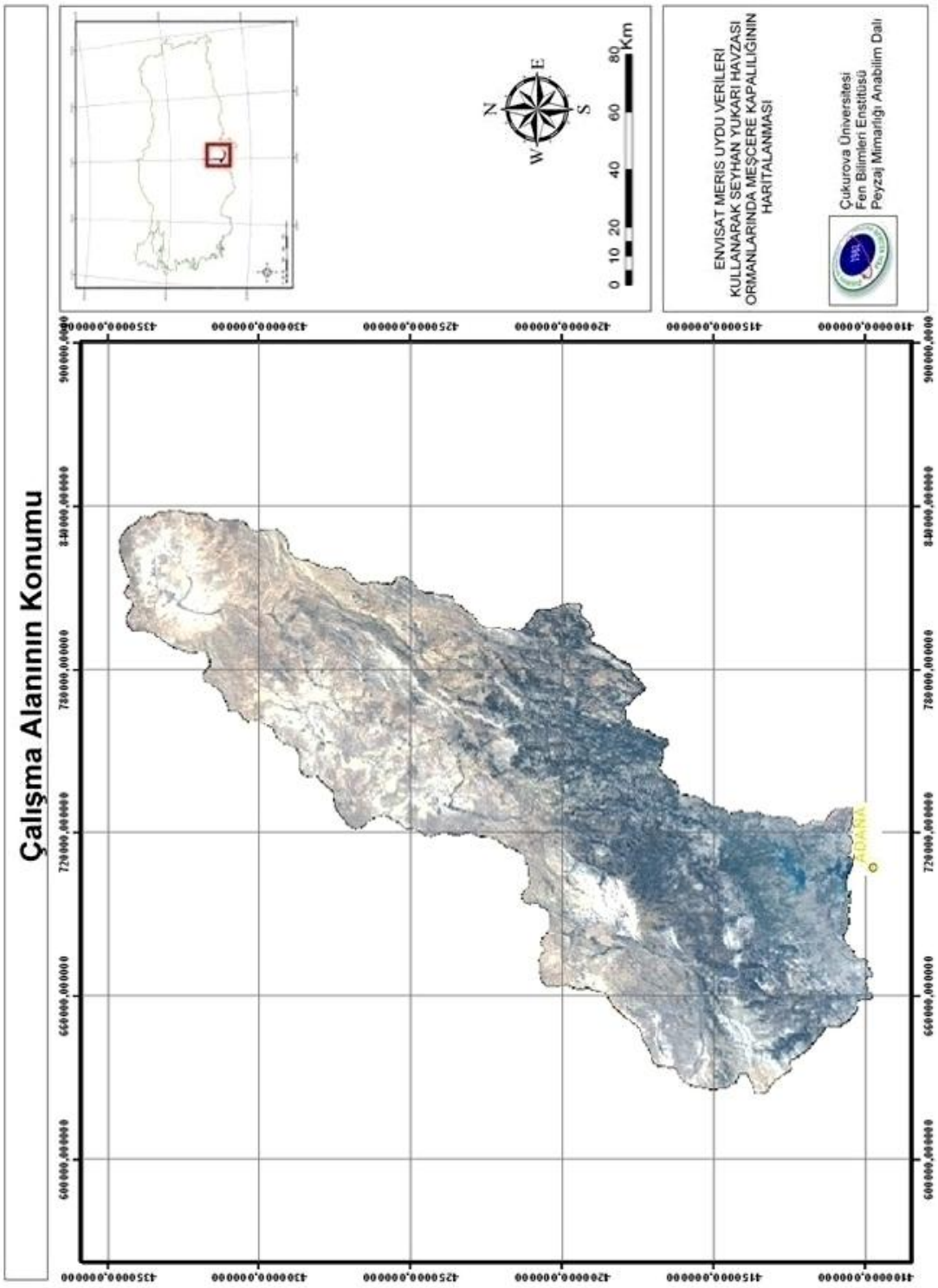
3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma Alanı Özellikleri

Meşcere düzeyinde Ağaç Kapalılık Yüzdesinin tahmin edileceği çalışma alanı olan Seyhan Yukarı Havzası, Doğu Akdeniz Bölgesinde, Adana ilinin kuzey kesiminde UTM (Universe Transverse Mercator) koordinat sistemine göre, 36. zonda yer almaktadır (Şekil 3.1).

Seyhan Nehri Akdeniz'e dökülen akarsularımızın en büyüğü ve uzunudur. Uzunluğu 560 km'dir. Seyhan Havzası, Göksu ve Zamantı kollarının su toplama havzalarını da içine alır. Havza, ülkemizin % 2.7'ini kaplar ve 36° 33'-39° 12' kuzey ile 34° 24 '-36° 56' doğu enlem ve boylamları arasındadır (Altan ve ark., 2004). Özellikle sınırları içerisinde barındırdığı bitki türlerinin çeşitliliği bakımından oldukça zengin olan Seyhan Havzası, Toros Dağlarının yamaçlarından, Akdeniz'e kadar verimli tarım topraklarının bulunduğu alana, doğuda Ceyhan Havzası, batıda Berdan Nehri, kuzeyde Kayseri sınırları içinde bulunan Develi'ye kadar uzanmakta ve yaklaşık 20 000 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır (Berberoğlu ve ark. 2007b).

Seyhan Havzasında yoğun olarak, iğne yapraklı herdemyeşil ormanlar bulunmaktadır. İğne yapraklı ormanların yanısıra havzada, geniş yapraklı yaprak döken türler (kayın, meşe) küçük zonlar halinde bulunur. Bölgedeki baskın orman örtüsü tipleri, karaçam (*Pinus nigra*), kızılçam (*Pinus brutia*), lübnan sediri (*Cedrus libani*), ardıç (*Juniperus excelsa*) ve karışık meşcere tipleridir (göknar – (Abies cilicia), sedir, karaçam) (Altan ve ark., 2007).



Şekil 3.1. Çalışma Alanının (Seyhan Yukarı Havzası) Konumu

Akdeniz kıyı şeridinden başlayıp İç Anadolu'ya kadar uzanan Seyhan Havzası, sınırları içerisinde iklim yönünden farklı özellikler gösterir. Çukurova ve Toros Dağları eşik alanlarındaki kesimde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Bu bölge kurak-az verimli, 3. dereceden mezotermal, su fazlası iklim tipine girer. Ulukışla'dan Pınarbaşı'na ve daha kuzeye uzanan kesim iç Anadolu özelliklerini yansıtmaktadır (Akman, 1990).

Yıl içerisinde Çukurova ve Torosların eteklerine 600–800 mm; Ulukışla, Çiftehan, Pınarbaşı, Sarız ve Tufanbeyli merkezlerini kapsayan kurak kesime ise 350 – 500 mm arasında yağış düşmektedir. En yağışlı kesim yüksek orta bölümdür. Aladağları da içine alan bu orta bölümde, dağların sırt doruklarında yağış 1500 mm'ye yaklaşmaktadır. Daha aşağı kesimlerde 800–1000 mm'dir. Yağış Çukurova'da yağmur, orta ve kuzey bölümünde ise yağmur ve kar şeklindedir (Güzelmansur ve ark., 2007).

Havzada yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C'nin üzerindedir. Adana merkezine göre en soğuk ay (ocak) ortalaması 9.4 °C, en sıcak ay (ağustos) 28.8 °C'dir. Yıllık sıcaklık farkı, 19.4°C'dir. Yıllık en düşük aylık sıcaklık ortalaması 14.1 °C, aylık en yüksek sıcaklık ortalaması ise 25.1 °C'dir. Arada 11 °C fark vardır. Çalışma alanının bulunduğu kuzeyde ve dağlık orta bölümde yıllık sıcaklık ortalaması 11 °C'den daha düşüktür (Altan ve ark., 2007).

Seyhan Havzası topoğrafik yapı bakımından değişken bir yapıya sahiptir. Havza, deniz düzeyinden başlayarak topoğrafik olarak, ova, eşik alanlar ve dağlık alanlar biçiminde bir dizilim gösterir.

Eşik alanlardan kuzeye doğru çıkıldığında yerini dağlık alanlara bırakmaktadır. Söz konusu dağlık alanlar, Toros Dağları'nın orta uzantısında yer alan ve Seyhan Havzası'nın üst kesimini oluşturan Aladağlar'dır. Bu dağ sırası 40 km'ye yakın bir uzunluk üzerinde 3000 m'den yüksek bir set oluşturmakta ve toplam uzunluğu 100 km'ye ulaşmaktadır (Uzun ve ark. 2000).

Seyhan Havzasında tür çeşitliliğinin fazla olduğu orman alanları, Yukarı havza eşik alandan başlamakta, Toroslar ve Aladağlar'ın alpin zonlarına kadar devam etmektedir.

3.1.2 Uydu Verileri

Çalışma alanında, ağaç kapalılık yüzdesinin belirlenebilmesi için kullanılan veri seti güncel uydu görüntüleri kullanılarak hazırlanmıştır.

3.1.2.1 Envisat MERIS Görüntüleri

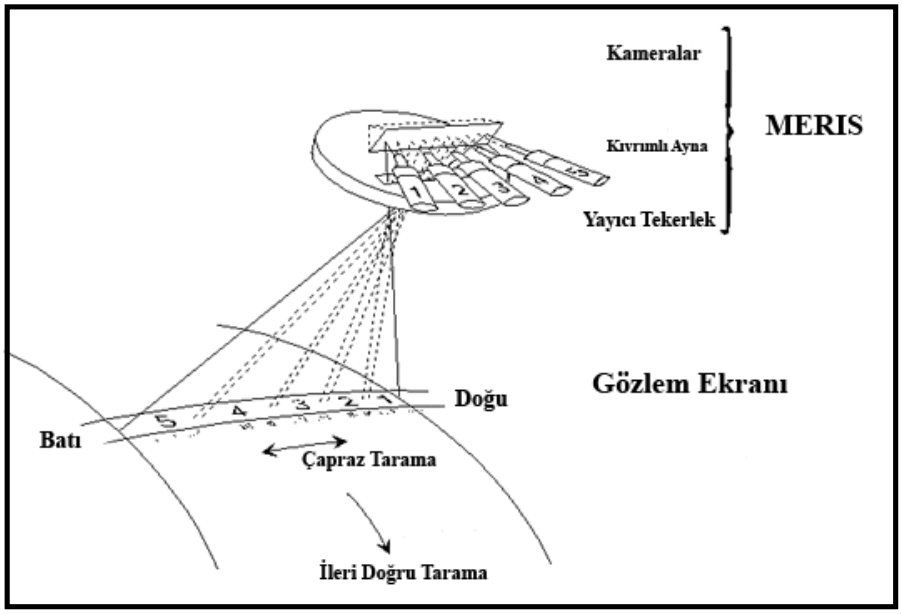
Regresyon Ağacı modeli için hazırlanan veri setinin temel değişkenlerini Mart 2003 ve Eylül 2005 tarihleri arasında Envisat MERIS algılayıcısı tarafından kaydedilmiş uydu görüntüleri oluşturmaktadır.

MERIS, Envisat EOS (Environmental Satellite - Earth Observing System) uydu platformu üzerinde bulunan bir algılayıcıdır ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA – European Space Agency) tarafından 2002 yılında uzaya fırlatılmıştır.

Envisat MERIS algılayıcısının başlıca özellikleri;

- Programlanabilir 15 banta sahip olması,
- Tarama Genişliğinin 650 km olması,
- 300 m ve 1200 m olmak üzere, iki farklı yersel çözünürlükte veri sağlayabilmesi,
- Polarizasyon duyarlılığının düşük olması,
- Radyometrik çözünürlüğünün 16 bit (65535 farklı parlaklık değerine duyarlılık) olması,
- Yüksek radyometrik ve spektrometrik performans göstermesi, olarak sıralanabilir.

MERIS‘in yersel görüntüleme özellikleri incelenecek olursa, platform üzerindeki algılayıcı beş segmente ayrılır ve her bir segmentte beş farklı görüntü algılanır. Burada, farklı yersel veriler, Envisat‘ın ileriye doğru hareketiyle (along track) ve MERIS‘in arazi yüzeyini çapraz olarak (across track) taramasıyla elde edilir (Anonim, 2007c), (Şekil 3.2).



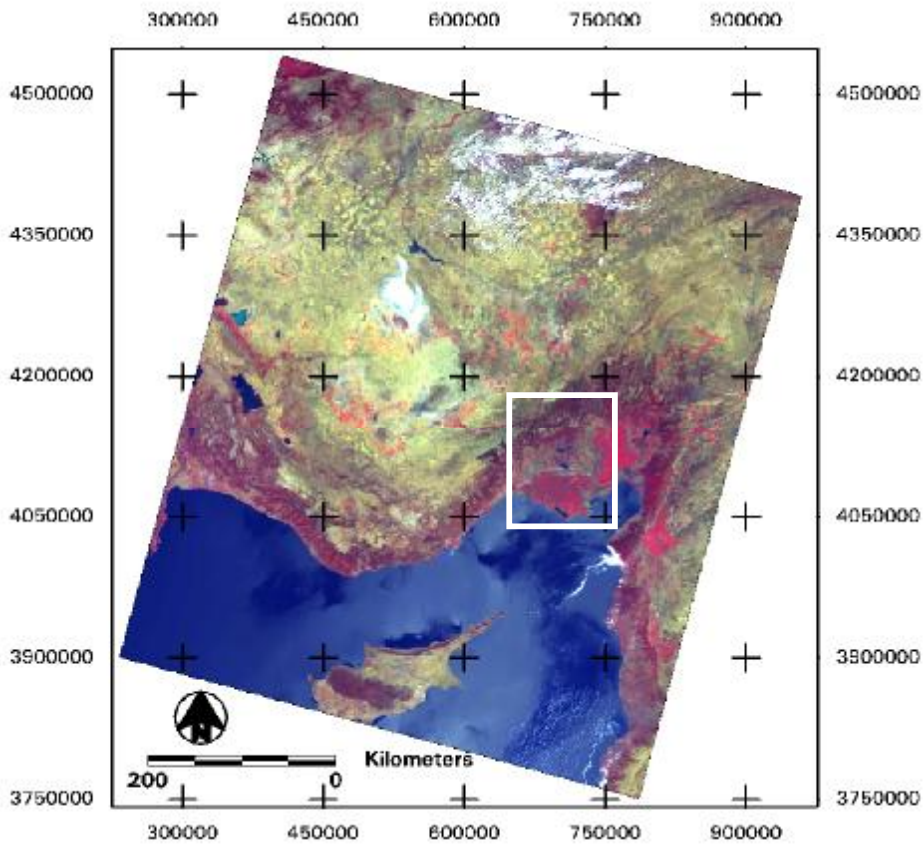
Şekil 3.2. MERIS algılayıcısın yersel veriyi algılama süreci (Anonim, 2007c)

MERIS algılayıcısı, yansıma değerleri elektromanyetik tayfın 390-1040 nm aralığında olan 15 yansıma banta sahiptir. Bu algılayıcının, çalışma süresi boyunca bant aralıklarını ve kalınlıklarını değiştirebilme ve programlayabilme özelliği vardır. Algılayıcının uzaya fırlatılış amacı ve öncelikleri doğrultusunda, okyanus ve kara alanlarının araştırılması için, çoklu disipliner uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış 15 bantın açılımları Çizelge 3.1'de görülmektedir.

Çizelge 3.1. MERIS algılayıcısının standart bant düzeni (Anonim, 2007c)

MDS Nr.	Bant merkezi (NM)	Bant kalınlığı (NM)	Potansiyel Uygulamalar
1	*412.5*	*10*	*Sarı Materyal ve pigmetleri*
2	*442.5*	*10*	*Maksimum Klorofil Emilimi*
3	*490*	*10*	*Klorofil ve diğer pigmentler*
4	*510*	*10*	*Sedimantasyon, kırmızı gelgitler*
5	*560*	*10*	*Minimum Klorofil Emilimi*
6	*620*	*10*	*Sedimantasyon*
7	*665*	*10*	*Klorofil Emilimi ve ışın referansı*
8	*681.25*	*7.5*	*Klorofil Işınım Noktası*
9	*708.75*	*10*	*Işın referansı ve atmosferik düzelim*
10	*753.75*	*7.5*	*Vejetasyon, bulut*
11	*760.625*	*3.75*	*Oksijen Emilimi*
12	*778.75*	*15*	*Atmosfer Bileşenleri*
13	*865*	*20*	*Vejetasyon, su buharı*
14	*885*	*10*	*Atmosfer bilşenleri*
15	*900*	*10*	*Su buharı, arazi*

Algılayıcının yansıma aralığı tayfın görünür - kızıl ötesi (390 ve 1040 nm) bölgesinde değişmektedir. Yansıma bant kalınlığı, gözlemlenen spektral objenin kalınlığına ve uygun bir gözlem için bant aralığının iyi performansı için ihtiyaç duyulan enerji miktarına bağlı olarak 1.25 ile 30 nm arasında değişir. Şekil 3.3'te, çalışma alanına ait 13, 8 ve 5 numaralı bant kombinasyonlu örnek MERIS görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.3. Seyhan Havzası'nın 19 Ağustos 2003 Tarihli MERIS Görüntüsündeki Konumu

MERIS'in bantlarının programlanabilir olması, sahip olduğu 15 yansıma bantın kalınlığı ve pozisyonun ayarlanmasına olanak sağlar. Bu özellik, elektromanyetik tayfın hassas dalga boylarının daha iyi algılanmasını sağlayarak, farklı yersel hedeflerin gözlemlenmesine de yardımcı olur. Fakat gözlemin başarılı olması bu hedeflerin yansıma ve radyometrik özelliklerinin ayırt edilebilirliğine bağlıdır. Bununla birlikte MERIS, görünür ve spektral bölgelerde, dünya yüzeyinden ve bulutlardan yansıyan solar radyasyonu da ölçer. Solar radyasyonun yanında MERIS, aşağıda sıralanan değişkenleri de ölçebilme kapasitesine sahiptir;

- Bulut tipi ve yansıtma miktarı,
- Atmosferdeki vejetasyon indeksleri,
- Fotosentetik yönden aktif radyasyon,
- Yüzey basıncı.

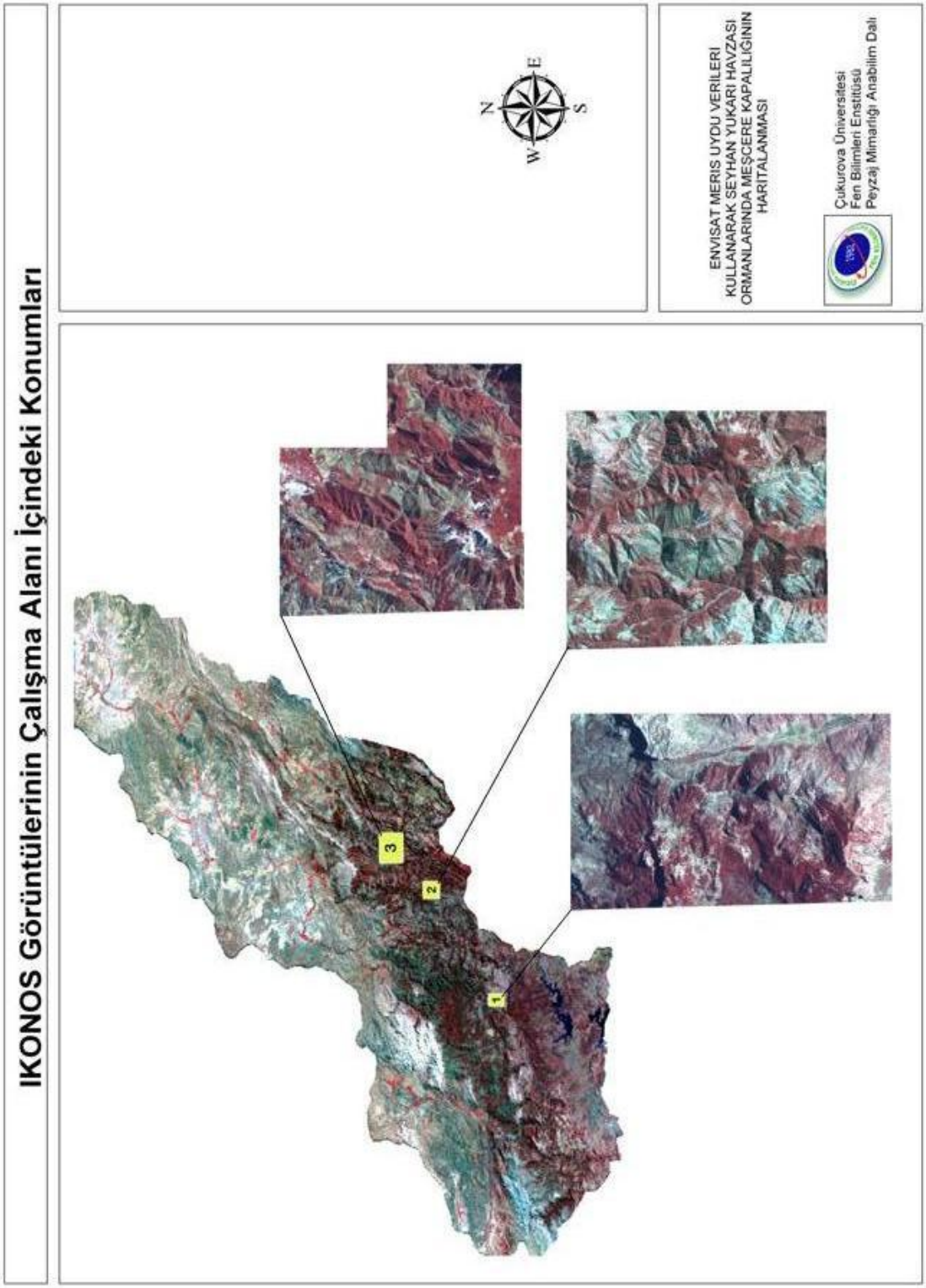
- Tüm yüzeyler için toplam su buharı içeriği,
- Kara parçalarına yüklenen aerosol miktarı (Anonim, 2007c).

MERIS, yüksek yansıma ve radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Sağladığı veriler, bölgesel ölçekli arazi yüzeylerinin araştırılmasıyla ilgili çalışmalarda kullanılır. Bununla birlikte MERIS'in görevi, küresel ve bölgesel ölçekte açık okyanus ve kıyı bölgelerine yakın suların incelenmesini de kapsar. Bu doğrultuda MERIS, karasal alanlara ait verilerin dışında, fırlatılış amacı doğrultusunda, kıyıya yakın bölgelerdeki okyanusların rengi ile ilgili veri akışı sağlar. Bu veriler ile, okyanuslardaki karbon döngüsü, iklimsel modeller, okyanustaki klorofil dinamikleri, balıkçılık ve kıyı alanları yönetimi ile ilgili planlama çalışmaları da yapılabilir.

MERIS, atmosfer ve yeryüzü gözlemleri için sağlandığı veriler ile, yapılan uzaktan algılama çalışmalarının kapasitesini artıran önemli avantajlar sağlar. MERIS verileri, özellikle fırlatılışından bu yana son yıllarda Avrupa'da yapılan uzaktan algılama çalışmalarında sahip olduğu özellikler nedeni ile bölgesel ve global ölçekli çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

3.1.2.2 IKONOS Görüntüleri

Çalışmada, ana materyal olarak kullanılan 47 adet Envisat MERIS verisi ile oluşturulan Regresyon Ağacı Modelinin, doğruluğunun test edilmesi ve modelin eğitimi için 3 adet 4 m yersel çözünürlü IKONOS verisi kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan IKONOS verileri Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4. IKONOS Test Verilerinin Çalışma Alanındaki Konumları

IKONOS uydusu, 24 Eylül 1999 tarihinde, Amerika Birleşik Devletleri, Kaliforniya Vanderberg Hava Üssü'nden, Space Imaging şirketi tarafından uzaya fırlatılmıştır. IKONOS uydusunun 1m çözünürlü siyah / beyaz bantı yanı sıra yapay renklendirilebilen 4 m çözünürlü görünür mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızıl-ötesi bantları bulunmaktadır. Görüntü yüksek çözünürlü olduğu için veri hacmi çok büyük olmaktadır. Bu uydunun yeniden ziyaret süresi 1 ile 3 gün arasında değişmektedir. Uydunun toplam ağırlığı 726 kg olup, yeryüzünden 681 km yükseklikte bulunmaktadır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Yüksek Çözünürlüklü Algılayıcıların Özellikleri (Erdoğan, 2007).

Uydu	**Başlangıç Tarihi**	**Sonlanma Tarihi**	**Yükseklik**	**Yörünge Açısı**	**Algılayıcılar**
IKONOS-1	Başarısız				
IKONOS-2	24.Eyl.99	Aktif	681 km	98,1 derece	PAN, MS
Algılayıcılar	**Bant**	**Spektral Bant Aralıkları**	**Yersel Çözünürlülük**	**Radyometrik Çözünürlülük**	**Tarama Genişliği**
Pankromatik	1	0,45 - 0,90	1 m	11 bit	11 km
Çok Badlı	1 (mavi)	0,45 - 0,53	4 m	11 bit	11 km
	2 (yeşil)	0,52 - 0,61			
	3 (kırmızı)	0,64 - 0,72			
	4 (VNIR)	0,77 - 0,88			

IKONOS, yeryüzüne ticari görüntü gönderen uydular içersinde Quickbird uydusundan sonra en hassas çözünürlüğe sahip olanıdır. Yüksek detaylara sahip, çok bantlı, renkli (yansıma), siyah-beyaz (pankromatik), üç boyutlu (stereo) görüntüleme yeteneği; harita bazlı bilgilerin birleştirilmesi için uygun özelliktedir.

IKONOS algılayıcıları ±85 derece paralel arasında algılama yapabilir. IKONOS görüntüleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri ile haritalama formatlarıyla uyumludur (Anonim, 2007d).

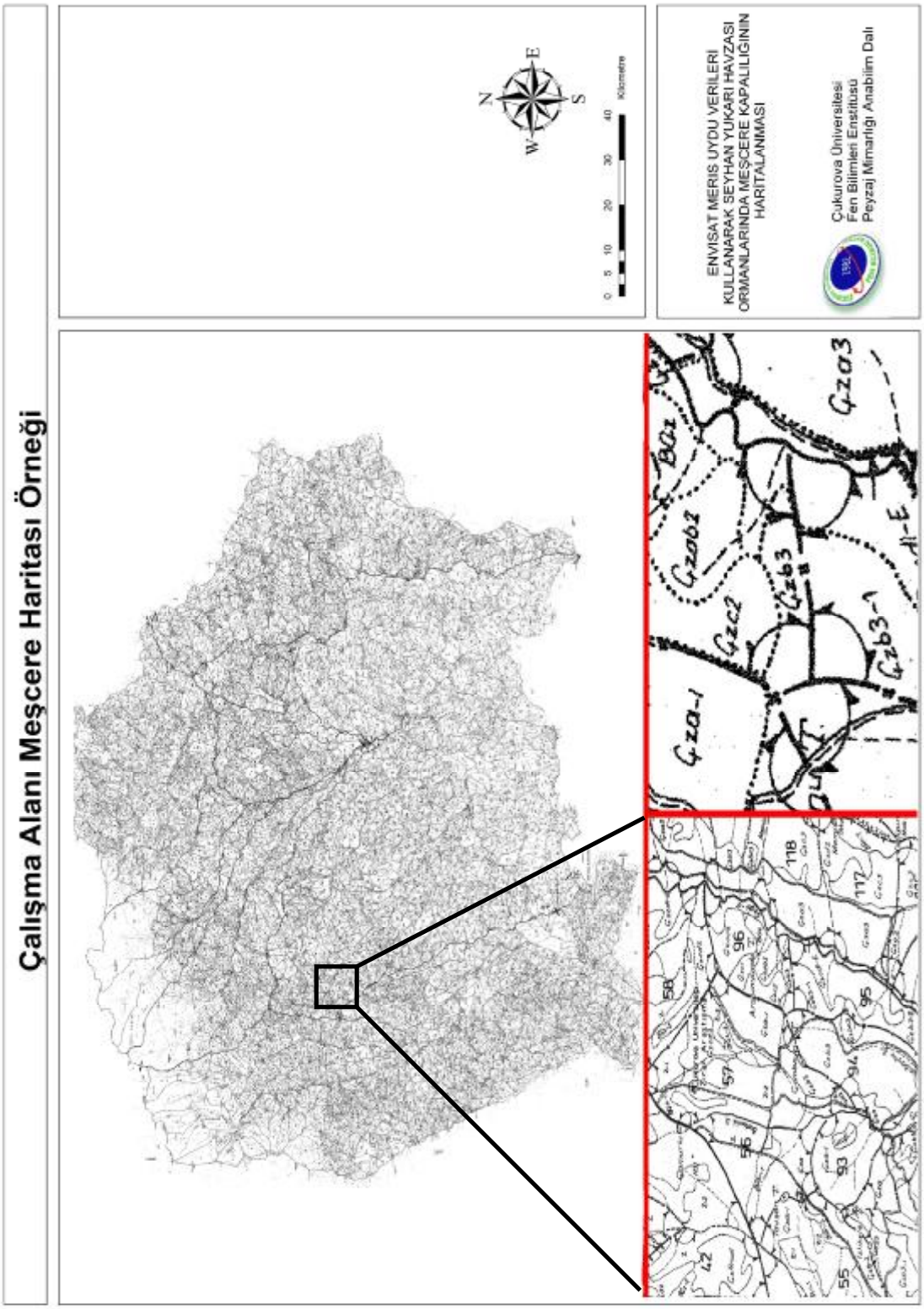
3.1.2.3 Orman Meşcere Haritaları

Çalışmada orman meşcere haritaları yer gerçeği olarak kullanılmıştır. Özellikle oluşturulan modelde eğitim ve test aşamalarında kullanılan IKONOS görüntülerinin sınıflanmasında meşcere haritalarından yararlanılmıştır.

Orman meşcere haritaları, Orman İşletme Müdürlükleri'nin 1/25000 ölçekli hazırladıkları ve ormanlık alanlardaki ağaç türlerini, ziraat alanları, çıplak toprak alanları, meraları, yerleşim alanlarını ve su yüzeylerini gösteren haritalardır (Şatır, 2006). Bununla birlikte meşcere haritalarında, alandaki ağaçların yaşları, kapalılıkları vb. gibi birçok bilgi de bulunmaktadır.

Seyhan Yukarı Havzasındaki ağaç türlerinin belirlendiği arazi örtüsü haritasındaki arazi örtüsü sınıflarının oluşturulmasında, orman meşcere haritaları referans alınmıştır.

Arazi örtüsünün haritalanması için, Seyhan Havzasında, POS, Kozan, Feke, Karaisalı, Saimbeyli, Tufanbeyli, Pozantı bölgelerini kapsayan orman meşcere haritaları kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan orman meşcere haritaları Adana Orman Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek sayısallaştırılmış ve geometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Orman haritaları üzerinde, arazideki vejetasyon tiplerini ve arazi örtülerini temsil eden rumuzlar bulunmaktadır (Şekil 3.5). Bu özelliği ile meşcere haritaları, araiz örtüsü haritalarının doğruluğunun oluşturulmasında ve test edilmesinde önemli altlık veri seti oluşturmaktadır.



Şekil 3.5. Orman Meşcere Haritası Örneği

3.1.2.4 Landsat Uydu Görüntüsü

Seyhan Yukarı Havzasındaki vejetasyon sınıflarının tahmini için arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur. Arazi örtüsü haritası, eğitimli sınıflama ile maksimum olabilirlik algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Arazi örtüsü haritasının oluşturulması için 5 Mayıs 2003 tarihli Landsat ETM görüntüsü kullanılmıştır.

Landsat ETM uydusu güneşle uyumlu yakın kutupsal yörüngede yerleştirilmiştir. Deniz seviyesinden 705 m yükseklikte, yeryüzünden yansıyan farklı dalga boylarındaki elektromanyetik enerjiyi, algılayıcılarıyla kaydeder (Çizelge 3.3). Tarama genişliği 185 km'dir. Görüntü boyutu 185 x 172 km'dir (Şatır, 2006).

Çizelge 3.3. Landsat ETM Uydusunun Algılayıcı Özellikleri (Anonim, 2006).

Elekromanyetik (EM) Alan	Bant Genişliği	Yersel Çözünürlük	Radyometrik Çözünürlük
Görünür Mavi	1. bant (0.45 – 0.52)	30 m	8 bit
Görünür Yeşil	2. bant (0.52 – 0.60)		
Görünür Kırmızı	3. bant (0.63 – 0.69)		
Yakın Kızıl Ötesi	4. bant (0.76 – 0.90)		
Orta Kızıl Ötesi	5. bant (1.55 – 1.75)		
Termal	6. bant (10.4 – 12.5)	60 m	
Orta Kızıl Ötesi	7. bant (2.08 – 2.35)	30 m	
Pankromatik	(0.52 – 0.90)	15 m	

Burada, sınıflama için örnek alan seçiminde güncel orman meşcere haritaları yol gösterici rol oynamıştır. Ayrıca orman meşcere haritaları, sınıflama sonrası elde edilen arazi örtüsü haritasının doğruluğunun arazi sınıfları bazında test edilmesinde kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

Bu çalışmada, Seyhan Havzasında ağaç kapalılığının tahmini için karar ağacı yöntemlerinden biri olan Regresyon Ağacı yöntemi kullanılmıştır.

Ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için yapılan önceki çalışmalarda, yansıma karışım analizi (spectral mixture analysis) ve geleneksel doğrusal regresyon (linear regression) tekniklerinden yararlanılmaktaydı (Iverson ve ark., 1989; Zhu ve Evans, 1994; DeFries ve ark., 2000). Bu yöntemler, yansıma miktarı ve ağaç örtüsü arasındaki ilişkiyi yaklaşık olarak bulmak için doğrusal bir model kullanımına dayanır. Ancak, özellikle büyük alanlarda, diğer yüzey materyalleri ile birlikte ağaç örtüsünün yansıma değerlerinin değişkenliği ve geniş alanlara yayılması nedeniyle, yansıma karışım analizi ve doğrusal regresyon yöntemleri, kapalılığın istenen doğrulukta bulunması için yeterli olmamaktadır (Ray ve Murray, 1996; Huang ve Townshend, 2001).

Doğrusal olmayan regresyon teknikleri kullanılarak ağaç kapalılığının daha yüksek doğrulukla bulunması sağlanabilir. Ağaç kapalılık yüzdesinin bulunmasında kullanılan ve doğrusal olmayan en etkin yöntemlerden biri regresyon ağacı yöntemidir. Bunun nedeni, regresyon ağacı yönteminin, doğadaki karışık ilişkilerin çözümlenmesinde, doğrusal yöntemlerden daha doğru ve etkin sonuçlar üretmesidir (Gallant, 1987; Borel ve Gerstl, 1994).

Karar Ağacı yöntemi, sınıflama ağacı ve regresyon ağacı olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 3.6).



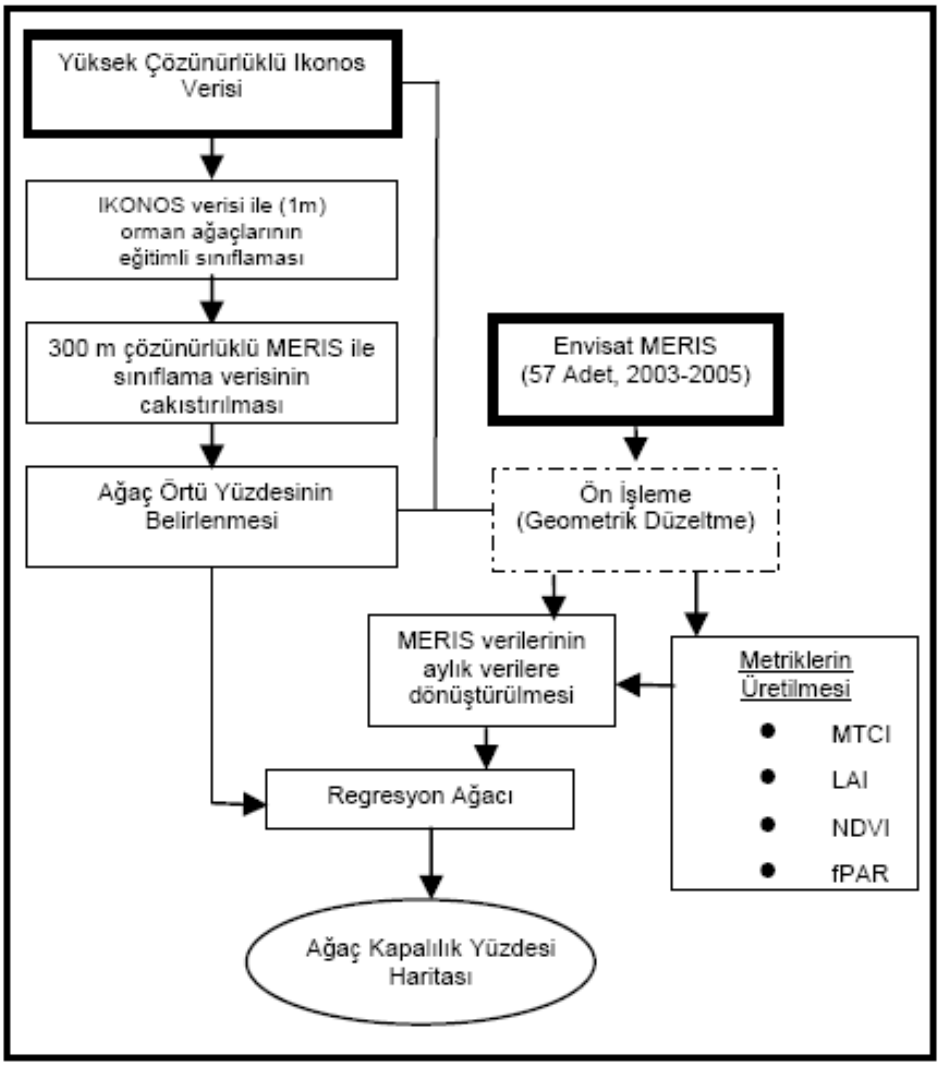
Şekil 3.6. Karar Ağacı Yaklaşımının Alt Modelleri

Sınıflama Ağacı yöntemi, kategorik değişkenlerin (arazi örtüsü; su, tarım, vejetasyon sınıfları vb.) hesaplanmasında kullanılırken, regresyon ağacı da sürekli

değişkenlerin (ağaç kapalılık yüzdesi vb.) hesaplanmasında kullanılır ve model sonucu olarak numerik veriler elde edilir.

Bu model, hedef ve tahmin edici değişkenler arasında doğrusal olmayan bir ilişki kurar, sürekli ve sürekli olmayan her iki tip değişkeni girdi verisi olarak kullanır.

Çalışmada kullanılan regresyon ağacı metodunda, ağaç örtülülük yüzdesi ve 300 m çözünürlüklü MERIS verisi arasında bir ilişki kurulmuş ve havza için kapalılık yüzdesi haritalanmıştır. Yöntemin akış şeması Şekil 3.7'de görülmektedir.

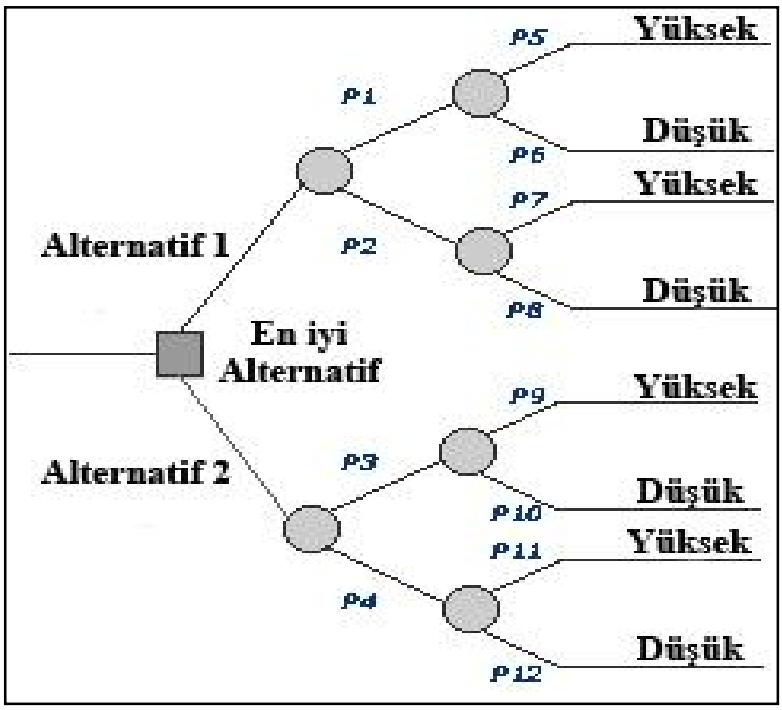


Şekil 3.7. Çalışmada İzlenen Yöntemin Akış Şeması.

Karar Ağacı Modelleri, kesikli ve sürekli olabilen bağımlı ve bağımsız değerlerinden, yanıt değişkeninin değerlerini bir takım sınırlı değerlerle (sınıf) birlikte üretebilen modellerdir (Franklin ve ark., 2000). Belirli bir aralıktaki değişkenlerin ortalama değerini tahmin etmek yerine karar ağacı, eşik değerler belirleyerek o değişkene ait olasılık aralığını belirler (Erdoğan, 2007). Tablo şeklinde hazırlanmış gerçek bir sistemi tanımlayan bir veri, bir karar ağacının eğitilmesinde kullanılabilir.

Eğitilmiş karar ağacı her içsel dal ayrımında, belirli açıklayıcı değişkeni sorgulayan bir koşula ve yapraklarında ise her sınıf için bir değere sahiptir. Değer üretilmesi gereken sınıf için yeni bir örnek verildiğinde, ağaç bu örneği kökten itibaren yorumlamaya başlar. Her içsel dal ayrımında yazılmış koşul uygulanır ve sonuca göre uygun dal seçilir. Uygun dal bir yaprakla sonlandığında yeni örneğin sınıfı, yapraktaki sınıf değerine göre belirlenmiş olur (Miller ve Franklin, 2002; Erdoğan, 2007).

Karar ağacı modelinin aşamalarını temsil eden görsel bir örnek Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Bir Karar Ağacı Modelinin Grafiksel Anlatımı (Anonim, 2007g).

Çalışmada uygulanan regresyon ağacı modeli yaklaşımı 5 aşamadan oluşmaktadır;

- Yüksek çözünürlü IKONOS verilerinden eğitimli sınıflama ile ağaç oran verisinin elde edilmesi ile referans ağaç kapalılık yüzde haritasının oluşturulması,
- MERIS standart bant düzeninde bulunan 15 adet bantın yanı sıra, farklı tarihlere ait MERIS görüntüleri üzerinden metriklerin (dönüşümler), (MTCI; MERIS Terrestrial Chlorophyll Index), fPAR; fraction of Photosyntethic Active Radiation) LAI; (Leaf Area Index), fCOVER; fraction of Cover) üretilmesi.
- Geri-adım doğrusal regresyon modeli kullanılarak model için en yararlı tahmin edici değişkenlerin seçilmesi.
- Ağaç kapalılığının modellenmesi ve doğruluk analizi,
- Seyhan Havzası için 300 m çözünürlü MERIS verileri ile regresyon ağacı modeli kullanılarak ağaç kapalılık yüzdesi haritasının oluşturulması (Field ve ark., 1995; DeFries ve ark., 2000; Potter ve ark., 2004).

3.2.1. Ön İşleme Aşaması

Çalışmanın veri hazırlama aşamasında, modelde kullanılacak veriler ön işlemlerden geçirilmiştir. Bu ön işleme aşamasında yersel verilerin geometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Uzaya kurulmuş platformlar aracılığı ile uzaktan algılanmış veriler (hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri) grid (raster) formatındadır. Bu veri tipindeki görüntülerinin çalışma içerisinde kullanılabilmesi için, görüntülere, dünya üzerindeki konumlarını belirten harita projeksiyonlarının ve koordinat değerlerinin girişi yapılmalıdır. Geometrik düzeltme ile görüntüler arasında grid bazında çakışma sağlanır ve bu sayede grid formatındaki görüntü sorgulanabilir ve analiz edilebilir.

Geometrik düzeltme işlemi, üç aşamada gerçekleştirilir;

- Verinin harita projeksiyonun belirlenmesi,
- Yer kontrol noktaları belirlenerek veriye koordinat girişi yapılması,

- Koordinat girişi yapılmış verinin kaydedilmesi.

Ön işleme aşamasında, çalışmada kullanılan farklı tarihlere ait uydu görüntülerine projeksiyon girişi yapıldıktan sonra, alan üzerinde belirli referans noktaları seçilerek koordinat girişleri yapılır. Bu şekilde her bir verinin birbiriyle piksel bazında çakışması sağlanır.

Ön işlemlerde, özellikle regresyon ağacı modeli ile üretilecek kapalılık yüzdesi haritasının doğruluk oranının yüksek olması için, kullanılan verilerin koordinat girişlerinin hassas biçimde yapılması gerekmektedir. Verilere koordinat girişindeki hatalar aynı bölgeye ait, grid hücrelerinin birbiri ile çakışmamasına neden olur. Verilerdeki piksellerin tam olarak çakışmaması, çalışmanın doğruluğunu büyük ölçüde azaltmaktadır (Anonim, 2007e).

3.2.2. Regresyon Ağacı Modelinin Oluşturulması

3.2.2.1. Referans Verisinin (Eğitim Seti) Hazırlanması

Çalışma alanındaki ağaç oranını gösteren güvenilir bir yersel verinin hazırlanması için yüksek çözünürlü uzaktan algılama verileri kullanılmıştır. Burada, havzanın farklı bölümlerinde tür çeşitliliğinin yoğun olarak bulunduğu alanlara ait 3 adet 4 m çözünürlüklü IKONOS verileri, ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösterecek biçimde, eğitimli sınıflamada maksimum olabilirlik (MO) yöntemiyle sınıflanmıştır.

Eğitimli sınıflama, bir görüntü veri setinden anlamlı sayısal konu haritaları üretme işlemidir. Başka bir ifadeyle, uydu görüntülerindeki her pikseli spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve pikseli yansıtma değerlerine göre yeryüzünde karşılık geldiği kümeye atamaktır. Sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü tematik harita formatındadır (Erdas, 2003; Yıldırım ve Kılıç, 2006).

Eğitimli sınıflamada MO yöntemi, Bayesian olasılık teorisine dayalı ve istatistiksel fonksiyonlara bağlı bir sınıflama yöntemidir. Bu yöntemde piksellerin varyans, kovaryans ve ortalama değerleri, sınıfların belirlenmesinde kullanılmaktadır (Eastman, 2001; Şatır, 2006). MO yönteminde, bantlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konmaktadır.

MO yöntemi ile çalışma alanında ağaç örtülülüğünün bulunan ve bulunmayan homojen alanları gösteren 2 sınıflı bir referans verisi hazırlanmıştır. Sınıflanmış bu görüntü üzerinde yeniden kodlandırma yapılmış, ağaç bulunmayan alanları temsil eden sınıfa sıfır, ağaç bulunan alanları temsil eden sınıfa bir değeri atanmıştır.

IKONOS verilerinden elde edilmiş, ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösteren sınıflama görüntüleri, 300 m çözünürlüğe dönüştürülmüş ve MERIS verileri ile çakıştırılmıştır. Çakıştırılan verilerle oluşturulan veri seti içerisinde MERIS verileri, regresyon ağacının oluşturulmasında eğitim seti olarak kullanılmıştır. Bu verinin bir bölümü, model doğruluğunun test edilmesi için test verileri olarak kullanılmıştır.

IKONOS verileri ile model sonuçlarının doğruluğu ölçülürken, tahminin standart sapması, tahminin doğruluğunun ölçülmesi için kullanılır (Woodcock ve Strahler, 1987; Hansen ve ark., 2002).

Model sonuçlarının test edilmesi,

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (x_v - x_c)^2}{n}}$$

X_v: ağaç kapalılık yüzdesinin geçerliliği,

X_e; tahmini ağaç kapalılık yüzdesi

n; ise, tahminde kullanılmış grid hücre sayısı olarak kullanılmaktadır. Bu formülasyondaki bileşenler ile modelin doğruluğu, IKONOS piksellerinin sahip olduğu orman örtülülük değerleri baz alınarak hesaplanır.

3.2.2.2. Metriklerin (Dönüşümler) Elde Edilmesi

Regresyon ağacı metodolojisinin ikinci aşamasında, model doğruluğunun artırılması amacıyla MERIS verileri üzerinden ilave bantlar oluşturulmuştur. Bu bantlar, MERIS verileri kullanarak 2003-2005 yıllarına ait vejetasyon üzerinden yüzey yansımalarına dayanan metriklerdir.

Bu metrikler,

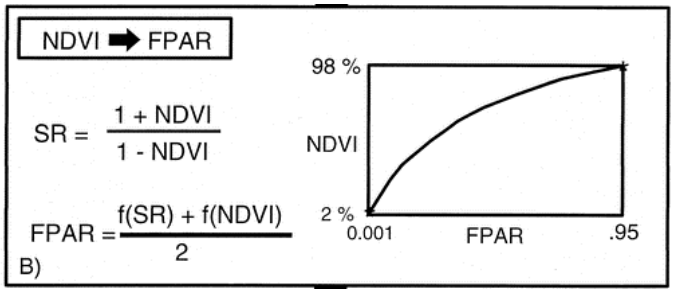
- MERIS Karasal Klorofil İndeksi (MERIS Terrestrial Chloropyhll Index – MTCI)
- Fotosentetik Aktif Radyasyon (Fraction of Photosyntethic Active Radiation – fPAR)
- Normalleştirilmiş Vejetasyon Fark İndeksi (Normalised Difference Vegetation Index – NDVI)
- Yaprak Alan İndeksi (Leaf Area Index – LAI)
- Vejetasyon Örtülülük İndeksi (Fraction of Cover – fCOVER) olmak üzere 5 adettir.

Meris Karasal Klorofil İndeksi, MERIS standart bant düzeninde, bant 10 ile bant 9'un yansımalarının farkları ile bant 9 ile bant 8 yansımalarının farklarının birbirlerine oranı ile bulunur. İndeks, birim alanda sağlıklı vejetasyonda bulunan klorofil miktarının bulunmasını sağlar (Dash ve Curran, 2004).

MTCI = R(bant10)-R(bant9) / R(bant9)-R(bant8)
= R(753.75)-R(708.75) / R(708.75)-R(681.75)

Fotosentetik Aktif Radyasyon, bitkilerin görünür bölgesi veya ışık denilen 0,4-0,7 µ dalga boyu aralığından absorbe ettiği elektromanyetik enerjidir. mart 2003 ile eylül 2005 tarihleri arasındaki aylık ortalama fotosentetik aktif radyasyon değerleri, NDVI verileriyle kombine edilerek ağaç kapalılık yüzdesinin

hesaplanmasında kullanılmıştır (Potter ve ark., 1993). Şekil 3.9'da fotosentetik aktif radyasyonun formülü görülmektedir.



Şekil 3.9. Fotosentetik Aktif Radyasyon Formülasyonu

Yaprak Alan İndeksi, alan içindeki her bitkinin sağlıklı yeşil yapraklarının bir yüzeyi ve toprak yüzeyinin birim alanına karşılık gelen yaprak alanıdır. Yaprak alanı/yer yüzey alanı olarak ta ifade edilir. Yaprak Alan İndeksi, fotosentez, evopotranspirasyon ve üretkenlik gibi birçok bitkisel işlev yönüyle önemli bir faktördür (Curran ve Williamson, 1987; Berberoğlu, 2001). Yaprak Alan İndeksi, MERIS için üretilmiş TOA-VEG (Top of Atmosphere) algoritması kullanılarak hesaplanır. TOA-VEG algoritması içerisinde yaprak alan indeksi değeri, yeşil bitkilerin yoğun olarak bulunduğu bir birim alanda, her bitkinin ortalam yaprak alanını ölçülmesi ve bu değerin istatistiksel olarak o alanın arazi yüzeyine bölünmesi ile belirlenir.

Normalleştirilmiş Vejetasyon Fark İndeksi, fonksiyonel olarak LAI'ne bağlı fPAR'ın bir parçası olan ve bitki kanopisindeki değişimlerle ilişkili uydusal bir metriktir (Asner ve ark., 2000; Tucker ve Sellers., 1986). Alanda bulunan sağlıklı vejetasyonun bolluğunu ifade eder (DeFries ve ark, 1997). Uydu görüntüsü üzerinden üretilen NDVI, bitki biyokütlesi ve vejetasyonun durumunu belirleme açısından önemlidir (Baez-Gonzalez ve ark., 2002).

NDVI değişkeni, MERIS görüntülerinden kırmızı bantının yakın kızıl ötesi banttan çıkarılması ile kırmızı bantın yakın kızıl ötesi ile toplanmasının birbirine oranı ile hesaplanmıştır (Potter ve ark., 1993; Townshend ve Justice, 1995).

NDVI= R(Bant 10) – R(Bant 6) / R(Bant 10) + R(Bant 6)
R(753.75)-R(620.0) / R(753.75)-R(620.0)

Regresyon ağacı modeli kullanılarak yapılan ağaç kapalılık örtüsü tahmininde, modelin doğruluğunu artırmak için kullanılan ek metriklerden birisi de Vejetasyon Örtülülük İndeksi (fCOVER)'dir. Vejetasyon Örtülülük İndeksi, uzaktan algılama verileri kullanılarak elde edilir. Bu indeks, yaprak alan indeksi ve diğer yapısal örtülülük değişkenlerin değerlerine bağlı ikincil bir değişkendir ve vejetasyonun yapısal bileşenleri hakkında bilgi aktarmaktadır. Bu çalışmada vejetasyon örtülülük indeksi, MERIS verilerinin üzerinden metriklerin üretilebilmesi için üretilmiş TOA–VEG algoritması kullanılarak üretilmiştir. TOA-VEG algoritmasında, sağlıklı vejetasyonun yaptığı yüzey yansımalarının algılanmasına dayalı olarak vejetasyon örtülülük indeksi hesaplaması yapılır.

Bu algoritma içerisinde Vejetasyon Örtülülük İndeksi hesaplanırken,

$$R(V, S, Q) = ko + k1\, f1(V, S, Q) + k2\, f2(V, S, Q)$$

formülasyonu kullanılmıştır. Formülasyonda V ve S, vejetasyon görünüş ve güneş açısını, Q, iki nokta arasındaki nispi azimut açısını, k1, her bant için vejetasyon katsayısını ifade etmektedir (Baret ve ark., 2007).

Çalışmada kullanılan MERIS verilerine, üretilen beş adet metrik de eklendiğinde, regresyon ağacı modelinde kullanılacak bant sayısı artmıştır. Bu artış nedeniyle, regresyon ağacı modelinin bilgisayar ortamında uygulanması zorlaşmaktadır. Bu şekilde, tüm veri setinin (47 görüntü x 20 bant=940 bant) bir arada kullanımı mümkün olmadığından, her aya ait bantlar kendi içerisinde birleştirilmiş ve fazla veriler sıkıştırılmıştır (image composite). Birleştirme işlemi, temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis – PCA) yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Temel Bileşenler Analizi, görüntü sıkıştırma gibi alanlarda kullanılan bir istatistiksel tekniktir. PCA, verideki farklı bilgileri ortaya çıkarmada oldukça etkili bir yöntemdir. Fazla boyutlu verilerdeki genel özellikleri bularak boyut sayısının

azaltılmasını, verinin sıkıştırılmasını sağlar. PCA'in temel yaklaşımı, çok boyutlu bir veriyi, verideki temel özellikleri tespit ederek daha az sayıda değişkenle ifade etmektir. Temel Bileşenler analizinin bu çalışma içerisindeki fonksiyonu, çok sayıda veriyi kendi içerisinde sıkıştırarak veri setini küçültmesidir.

3.2.2.3. Tahmin Edici Değişkenlerin Seçilmesi

Tahmin edici değişkenlerin seçilmesi işlemi, temel bileşenler analizi ile elde edilen tüm veri seti içerisinden, model için en yararlı değişkenlerin seçilmesini kapsamaktadır.

Bu çalışmada, veri seti içerisinden en yararlı olanlarının seçilmesi için geri-adım doğrusal regresyon (stepwise linear regression – SLR) yöntemi kullanılmıştır. Geri-adım modeli, tahmin edici değişkenlerin bir önceki adımda tekrarlı olarak eklendiği ya da kaldırıldığı bir yaklaşımdır. Geri-adım yöntemi, tahmin edici değişkenin bir önceki adımda tekrarlı olarak eklenmesi ya da çıkarılmasıyla, modeli değiştiren ve bu sayede tahmin edici değişken içinde en yararlı verileri seçen, bir istatistiksel yaklaşımdır. Geri-adım fonksiyonu *Cp* istatistiği ile ifade edilir.

$$Cp = p + \frac{(n-p)(s_p{}^2 - s^2)}{s^2}$$

Formülasyonda,

n - eğitim verisinin sayısı,

p – tahmin edici değişkenlerin sayısı,

s*p*2 – tahmin modeli için ortalama kare hatası,

$\sigma 2$ tahmin modeli için minimum kare hatasını ifade etmektedir.

Cp istatistiği, ağaç kapalılık yüzdesi tahmini için hangi değişkenin kapalılık yüzdesi ile ilişkili olduğunu belirler.

3.2.2.4. Regresyon Ağacı Modeli ile Ağaç Kapalılığının Modellenmesi ve Doğruluk Analizi

Ağaç kapalılığının belirlenebilmesi için geri-adım regresyonu ile seçilen en yararlı tahmin edici değişkenler, regresyon ağacı modelinin yapılandırılmasında kullanılmış, uygun bir regresyon ağacı ve kural seti hazırlanmıştır.

Regresyon ağacı algoritması, sonuç verisini üretmek için bu kural seti içerisinde; bağımlı değişken olarak MERIS verilerini, bağımsız değişken olarak eğitim setinde hazırlanan ağaç örtüsünü kullanır.

Regresyon ağacı algoritması içerisinde,

$$D = \sum_{(j)} (y_j - u_j)^2$$

D değişkeni, *y*'nin tüm *j* bileşeninden ve bu bileşenlerin ortalama değeri olarak *u*'nun kullanılmasından hesaplanır. Bu metodoloji içinde model, tüm değerleri kullanarak analizi gerçekleştirir (Hansen ve ark., 2002).

Regresyon ağacı içerisinde verilerin bölünerek ilerlemesi, değerlerdeki sapmaları en aza indirgeyerek iki yeni bölüm oluşmasını sağlamakta ve böylece ağacın diğer dallarının oluşturulması sağlanmaktadır (Hansen ve ark., 2003).

Regresyon Ağacı oluşturulduktan sonra, modelin kalitesi ve doğruluğunu ölçmek için, ağacın ortalama hatasına bakılır. Ağacın ortalama hatası R ile gösterilir.

$$R(T) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n} | y_i - g(\overset{\rho}{x}_i) |$$

Bu formülasyonda,

g; veri setinden regresyon düzeyini

N; ağacı oluşturmak için hazırlanan örnek sayısını temsil eder (Yang ve ark, 2005).

Regresyon ağacı modeli sonuçları korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Korelasyon analizi, bir ana kütleden seçilmiş en az iki veya daha fazla örnek grup arasındaki etkileşimi bir katsayı yardımıyla ortaya koymaktadır. Bu katsayıya

korelasyon katsayısı denir ve *r* ile gösterilir. Burada, *r* değeri modelin doğruluk değerini vermektedir. Korelasyon analizinin yapılacağı değişkenler arasında etkileşime bakılırken, regresyon analizinde olduğu gibi test değişkeni veya tahmin edici değişken olma şartı aranmamaktadır. Korelasyonuna bakılacak olan değişken gruplar ikiden fazla olsalar dahi ikili olarak ele alınırlar ve bu ikili değişkenlerin etkileşimi, katsayı yardımıyla yön ve kuvvet olarak tayin edilebilmektedir (Anonim, 2007f; Erdoğan, 2007).

Korelasyon katsayısı sıfır ile bir arasında değişen değerler alır. Katsayı, test verisi ile eğitim verisinin örtüşme oranı ve buna bağlı olarak üretilen sonuç verisinin doğruluğu sıfır ile bir arasında değerler almaktadır. Ağaç kapalılığının tahminiyle ilgili çalışmalar için yapılan değerlendirmelerde korelasyon katsayısının 0.70 ve üstü olması beklenir. Regresyon ağacı modelinin sonucu genellikle, 0-0.49 arasında ise korelasyon zayıf, 0.5-0.74 arasında ise orta derecede, 0.75-1 arasında ise modelin çıktı verisinin yüksek doğrulukta olduğu anlaşılabilmektedir (Anonim, 2006). Sonuç verisinin korelasyon katsayısı 100 ile çarpıldığında, piksel bazında kapalılık değerleri, yüzde cinsinden elde edilmiş olur.

3.2.2.5. Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması

Çalışmada, regresyon ağacı modeli içerisinde tahmin edici değişkenlerin kullanılmasıyla Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi tahmin edilmiştir. Text dosyası formatında üretilen çıkış verisi, çalışmanın sonucunda text formatından grid formatına dönüştürülmüş ve ağaç kapalılık yüzdesi haritası oluşturulmuştur.

3.3. Orman Meşcereleri için Kapalılık Yüzdelerinin Belirlenmesi

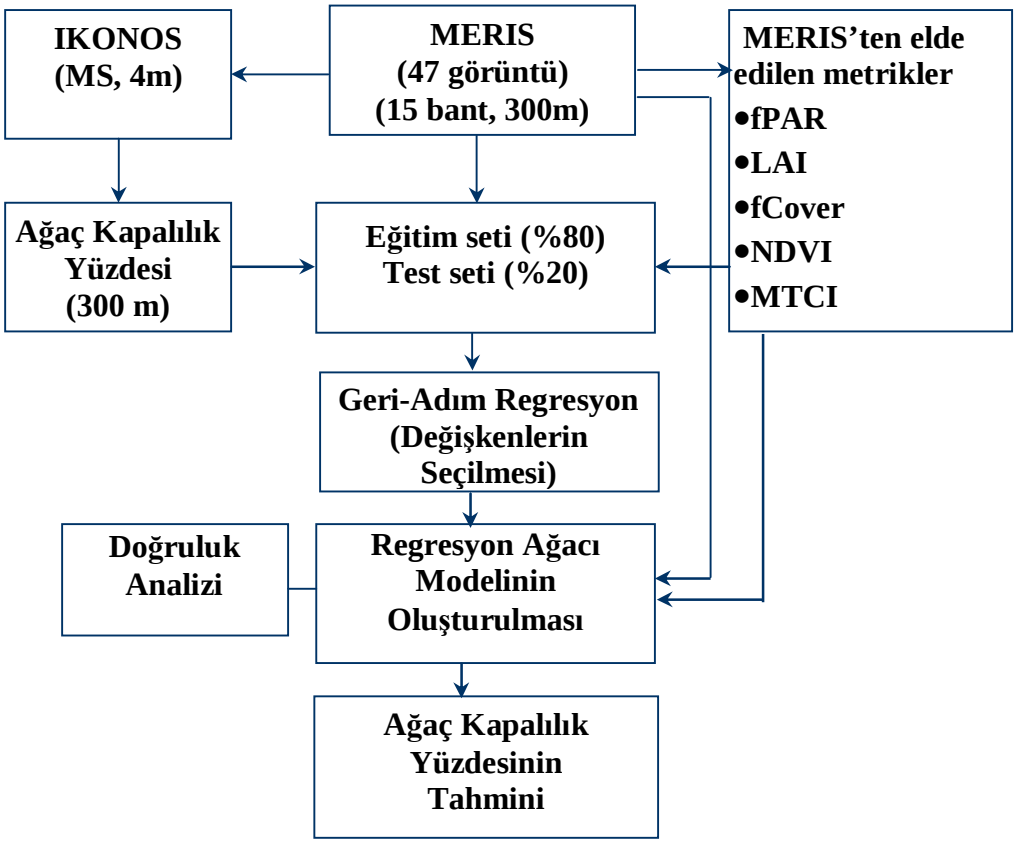
Ağaç kapalılık yüzdesi haritası ile eğitimli sınıflama yöntemiyle elde edilmiş arazi örtüsü haritası kullanılarak, Seyhan Yukarı Havzası içerisindeki vejetasyon tipleri için de ağaç kapalılık yüzdesi değerleri hesaplanmıştır.

Landsat verisinden elde edilen sınıflama haritasının çözünürlüğü, ağaç kapalılık yüzdesi haritasıyla çakışabilmesi için 300 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. 300 m çözünürlü arazi örtüsü haritasındaki genel vejetasyon tipleri belirlenmiş ve tüm havzanın ağaç kapalılık yüzde haritası baz alınarak, daha önce belirlenen her vejetasyon sınıfı için kapalılık yüzde değerleri hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma kapsamında, araştırmanın amacı doğrultusunda, Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi ile birlikte, havza içindeki orman meşcerelerinin kapalılığı ve havza sınırları içerisinde kapladıkları alan yüzdesi de, tür bazında ortaya konulmuştur.

Araştırmaya konu olan ağaç kapalılık yüzdesinin tahmininde, önceki çalışmalarda karmaşık orman ekosistemlerinin haritalanmasında doğru ve güvenilir sonuçlar vermiş olan regresyon ağacı modeli kullanılmıştır. Şekil 4.1'de regresyon ağacı modelinin detaylı akış şeması görülmektedir.



Şekil 4.1. Regresyon Ağacı Modeli Akış Şeması

Şekil 4.1'de gösterilen akış şemasına göre ağaç kapalılığının tahmini için kullanılan regresyon ağacı modelinde ilk basamak eğitim basamağıdır. Bu aşamada eğitilen model, sınıflama kuralları veya karar ağacı olarak gösterilir. Burada tahmin edici değişkenlerin % 80'lik kısmı modelin eğitilmesi için kullanılmıştır.

Regresyon Ağacı modelinde ikinci basamak ise sınıflama basamağıdır. Sınıflama aşamasında regresyon ağacı, algoritmasını kullanarak modeldeki dallanmayı oluşturur ve bu dallanma sonucunda sürekli değişkenler numerik olarak sınıflanır ve sonuç verisi elde edilir. Modelden elde edilen sonuçların doğruluğu IKONOS veri setinin % 20'lik kısmı kullanılarak test edilmiştir.

4.1. Ön İşleme Aşaması Bulguları

Çalışmanın ön işleme aşamasında, model içerisinde kullanılan farklı tarihlere ait Envisat MERIS görüntüleri ile, test verileri olarak kullanılan IKONOS görüntülerinin geometrik düzeltmeleri (rektifikasyon) yapılmıştır. Görüntülerin geometrik düzeltmelerinde, 19 Ağustos 2003 tarihli MERIS verisi referans yer verisi olarak kullanılmış ve çalışmada kullanılan diğer tüm görüntüler, bu görüntü üzerinden rektifiye edilmiştir.

Çalışmada kullanılan uydu verileri, UTM projeksiyon sistemine kaydedilmiştir. UTM projeksiyonu silindirik projeksiyon sistemidir. UTM, Amerikan Ordu Servisi (American Military Services) tarafından üretilmiş, Transverse Mercator projeksiyonunu kullanan bir projeksiyondur.

Görüntülerin geometrik düzeltmesinde, UTM projeksiyonunda teğet meridyenden uzaklaştıkça deformasyon artar. Bu duruma göre dünya, başlangıç meridyenleri arasında 6° 'lik fark ile 60 dilime (zone) ayrılır ve referans enlemi ekvator olarak kabul edilir. Burada her dilimin enlem genişliği 84° kuzey, 80° güney enlemidir. Her dilimin ayrı bir koordinat sistemi vardır. Dilim orta meridyenleri X ekseni, ekvatorda ise Y eksenidir. İki eksenin kesişimi başlangıç noktasıdır. X değerleri dünya üzerindeki uzunluklarla aynı, Y değerleri ise dünya yüzeyindeki değerlerden biraz daha büyüktür. Bu farkı azaltmak için X ve Y değerleri 0,9996 katsayısı ile çarpılır. Y değeri başlangıç merdiyeninin solunda negatif değer alır. Bu

değerden kurtulmak için Y değerine 500.000 eklenir. Bu durumda koordinatlara sağ ve yukarı değer denir. Uzunluk birimi metredir (Anonim, 2007h). Bu çalışmada kullanılan görüntülerin projeksiyon ayarları Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan görüntülerin projeksiyon özellikleri

Koordinat Sistemi	Universe Transverse Mercator
Datum	WGS 84
Doğrusal Birim	Metre
Zon	36

Burada datum, herhangi bir noktanın yatay ve düşey konumunu tanımlamak için başlangıç alınan referans yüzeyini ifade etmektedir. Datum, yerin şeklini ve boyutunu tanımlayan bir referans sistemidir. Seyhan Havzası, dünya üzerinde bulunduğu yere göre konumlandırılırken WGS 84 datumu kullanılmaktadır.

Geometrik düzeltmelerin ikinci aşamasında, referans görüntü (19 Ağustos 2003) üzerinden yer kontrol noktaları alınarak tüm görüntülere manuel olarak koordinat girişi yapılmıştır

Geometrik düzeltmesi yapılmış görüntüler, dünya üzerinde gerçek bir koordinat sistemine göre kaydedilirken**,** yerküresi gibi düzleme açılımı yapılamayan yüzeylerin, düzleme açılımı yapılabilen (diferansiyel geometri diliyle, en az bir doğrultu boyunca eğriliği sıfır olan) yüzeylere izdüşümleri yapılırken, bu yüzeyler üzerindeki noktaların birbirlerine göre geometrileri zorunlu olarak değişir. Konum değişmesinin bir sonucu olarak uzunlukların, doğrultular arasındaki açıların ve alanların izdüşüm yüzey üzerindeki değerleri orjinal yüzey üzerindeki değerlerinden farklılık gösterirler ve deformasyona uğrar. Bu deformasyon rektifiye edilen görüntülerin yer küre üzerinde UTM düzlemine otururken gösterdikleri geometrik değişimdir. Çalışmada, MERIS algılayıcısından alınmış görüntülerin geometrik düzeltmeleri yapıldıktan sonra doğu yönüne doğru yaklaşık 10 derece döndükleri görülmüştür.

Ön işleme aşamasında, çalışmada tanımlayıcı değişken olarak kullanılan 47 adet MERIS, test verisi olarak kullanılan 3 adet IKONOS ve arazi örtüsü

sınıflamasında kullanılan Landsat görüntülerine projeksiyon ve koordinat girişi yapılmış ve birbirleriyle yüksek doğrulukla (Kaba Ortalama Hatası – bir pikselin altında olmalı) çakışmaları sağlanmıştır. Ön işleme aşamasında geometrik düzeltmeleri yapılan görüntüler, ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde kulanılmıştır.

4.2 Regresyon Ağacı Modelinin Oluşturulması

4.2.1 Referans (Test) Verisinin Oluşturulması

Ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için oluşturulan regresyon ağacı modelinin doğruluk yüzdesi, kullanılan test verileriyle hesaplanmaktadır. Sınıflama aşamasında test verisi, sınıflama kurallarının veya karar ağacının doğruluğunu belirlemek amacıyla kullanılır.

Regresyon ağacında test verisi, bir modelin doğruluğunun bulunması için kullanılır. Burada sınıflamanın test verisindeki tüm test örneğinde bilinen değer, model tarafından tahmin edilen değer ile karşılaştırılır. Eğer modelin doğruluğu kabul edilebilir bir değer ise model değeri bilinmeyen yeni verileri sınıflama amacıyla kullanılabilir. Regresyon ağacı modeli için % 70 ve üzeri doğruluk oranı kabul edilebilir niteliktedir.

Regresyon ağacı modeli ile yapılan ağaç kapalılık yüzdesinin tahmininin doğruluğunun test edilebilmesi için güvenilir bir yersel veri seti hazırlanmıştır.

Ağaç oranını gösteren yersel verinin hazırlanması için, havzanın farklı bölümlerinde; tür çeşitliliğini temsil eden alanlara ait 3 adet 4 m çözünürlüklü IKONOS verisi kullanılmıştır. IKONOS verileri, ağaç bulunan ve bulunmayan alanlar olarak, eğitimli sınıflama tekniğiyle sınıflanmış ve MERIS verileriyle uyumlu olması için 300 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Veriler, 4 m yersel çözünürlüğe sahip olduklarından, bir grid hücresi 16 m^2'lik bir alanı kapsamakta ve her bir grid değeri, kapsadığı alandaki ağaç kapalılığının yüzde cinsinden değerini (cover) vermektedir.

Çalışmada test verisi olarak seçilen bir nolu alana ait IKONOS verisi, yaklaşık 21 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır.

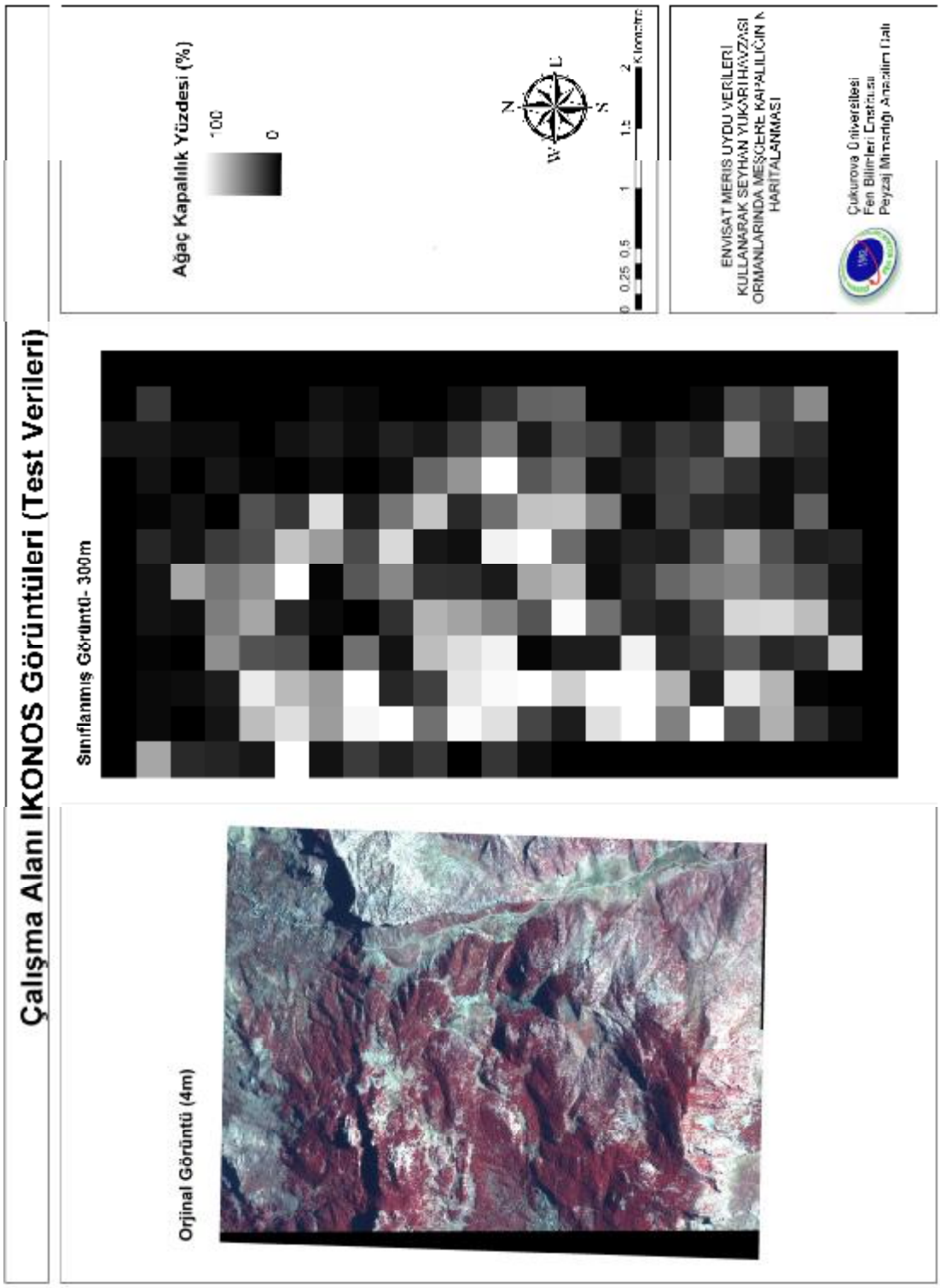
Bir no'lu IKONOS verisi, ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösterecek biçimde eğitimli sınıflamada maksimum olabilirlik yöntemiyle sınıflanmıştır. Sınıflama yapılırken alınan örnek alanlar, orman meşcere haritaları yardımıyla belirlenmiştir. Bu sınıflamada ağaç bulunan alanlara ait grid hücrelerine bir, ağaç bulunmayan alanlara ait grid hücrelerine sıfır değeri verilmiş ve böylece ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösteren iki sınıf oluşturulmuştur.

Sınıflanmış bir nolu alana ait IKONOS görüntüsü, MERIS verileri ile çakıştırılabilmesi için 300 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Bir no'lu alana ait orjinal ve sınıflanmış IKONOS görüntüsü Şekil 4.2'de görülmektedir. Bu IKONOS görüntüsü 300 m.lik, 276 grid hücresi içermektedir.

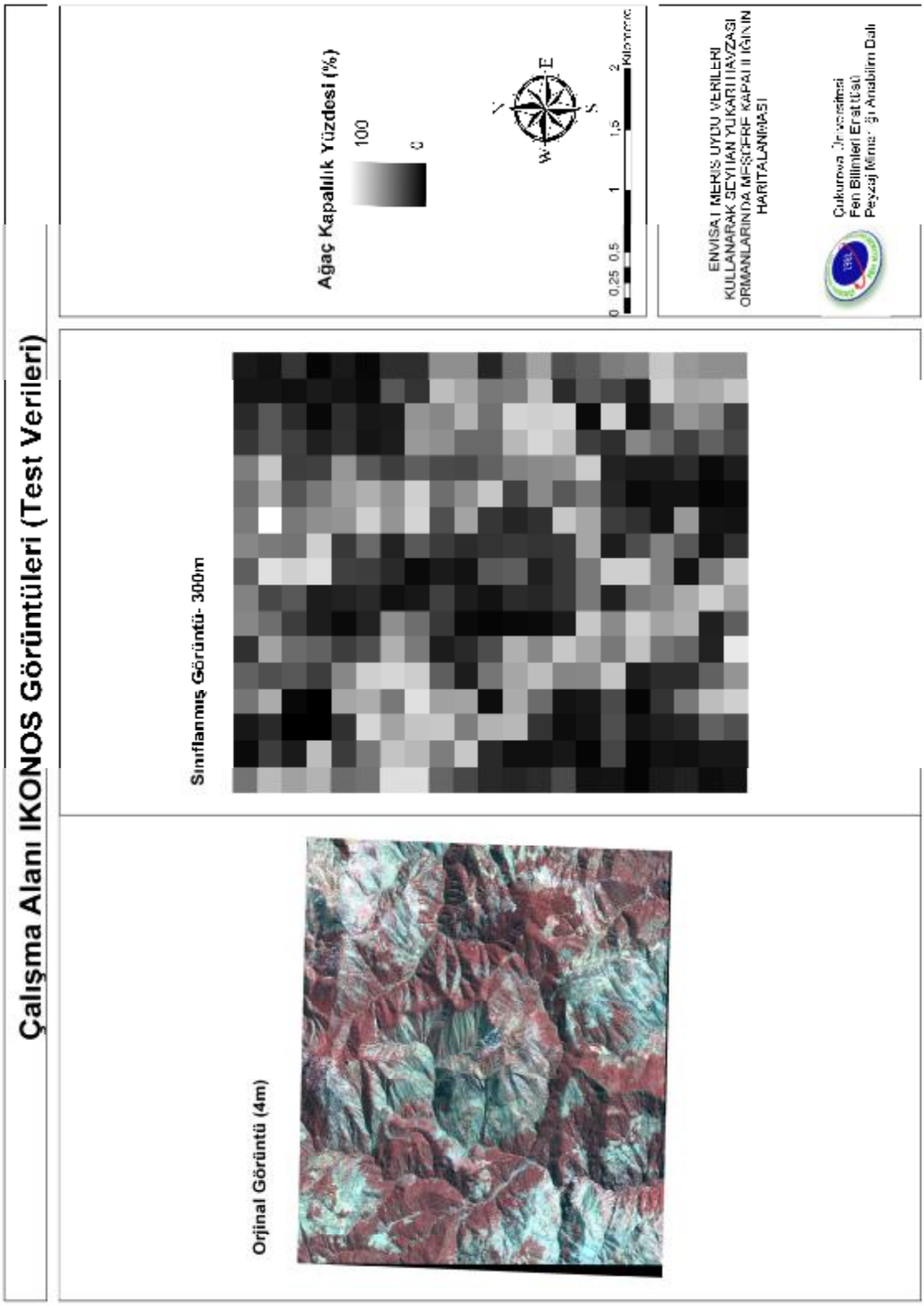
Çalışmada test verisi olarak seçilen iki nolu alana ait IKONOS verisi 300 m.lik 357 grid hücresi içermekte ve yaklaşık 24 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 4.3).

Çalışmada test verisi olarak seçilen üç nolu alana ait IKONOS verisi, 300m.lik 990 grid hücresi içermekte ve yaklaşık 48 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışmada, üç no'lu alana ait IKONOS verisi de diğer IKONOS görüntüleri ile aynı şekilde sınıflanmış ve 300m çözünürlüğe dönüştürülmüştür (Şekil 4.4).

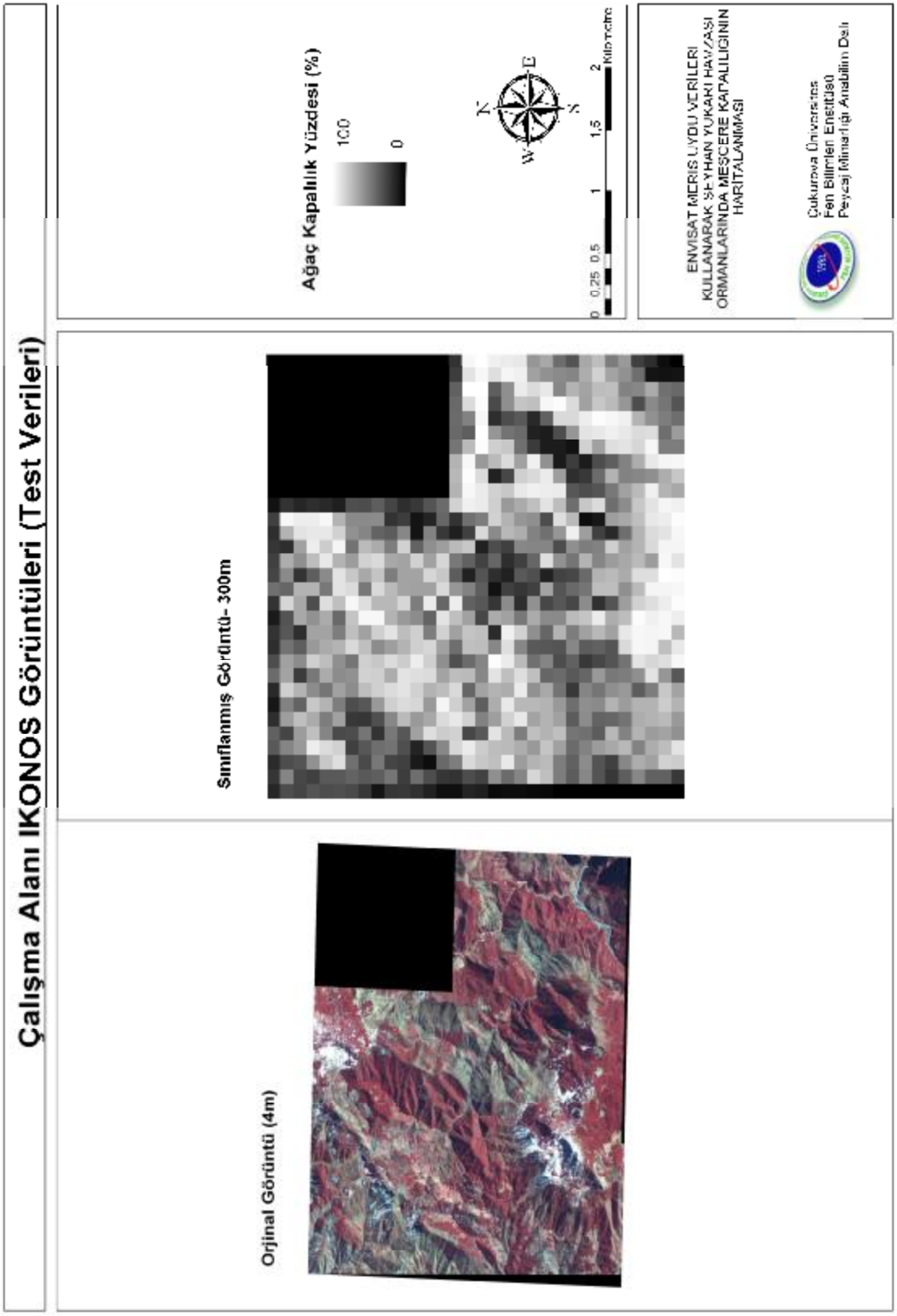
Sınıflanan ve 300 m çözünürlüğe dönüştürülen üç adet IKONOS verisi, birleştirilmiş ve her bir grid hücresinin sahip olduğu kapalılık değeri ile birlikte çalışmada test verisi olarak kullanılmıştır. Çalışmada eğitim ve test verisi olarak toplam 1189 adet grid hücresi kullanılmıştır. Bu grid hücreleri içerisinden rasgele seçilen 200 grid hücresi ile regresyon ağacı sonuçları test edilmiştir.



Şekil 4.2. Orjinal ve Sınıflanmış IKONOS Verisi (Bir No'lu Alan)



Şekil 4.3. Orjinal ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüleri (İki No'lu Alan)



Şekil 4.4. Orjinal ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüleri (3 No'lu Alan)

4.2.2. Metriklerin Oluşturulması

Regresyon ağacı modeli ile yapılan ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde MERIS standart bant düzenine eklenmek üzere, MERIS verileri kullanılarak beş adet metrik üretilmiştir. Metriklerin üretilmesi ve MERIS verileri üzerine ilave edilmesiyle, regresyon ağacı modeli doğruluğunun arttırılması amaçlanmıştır.

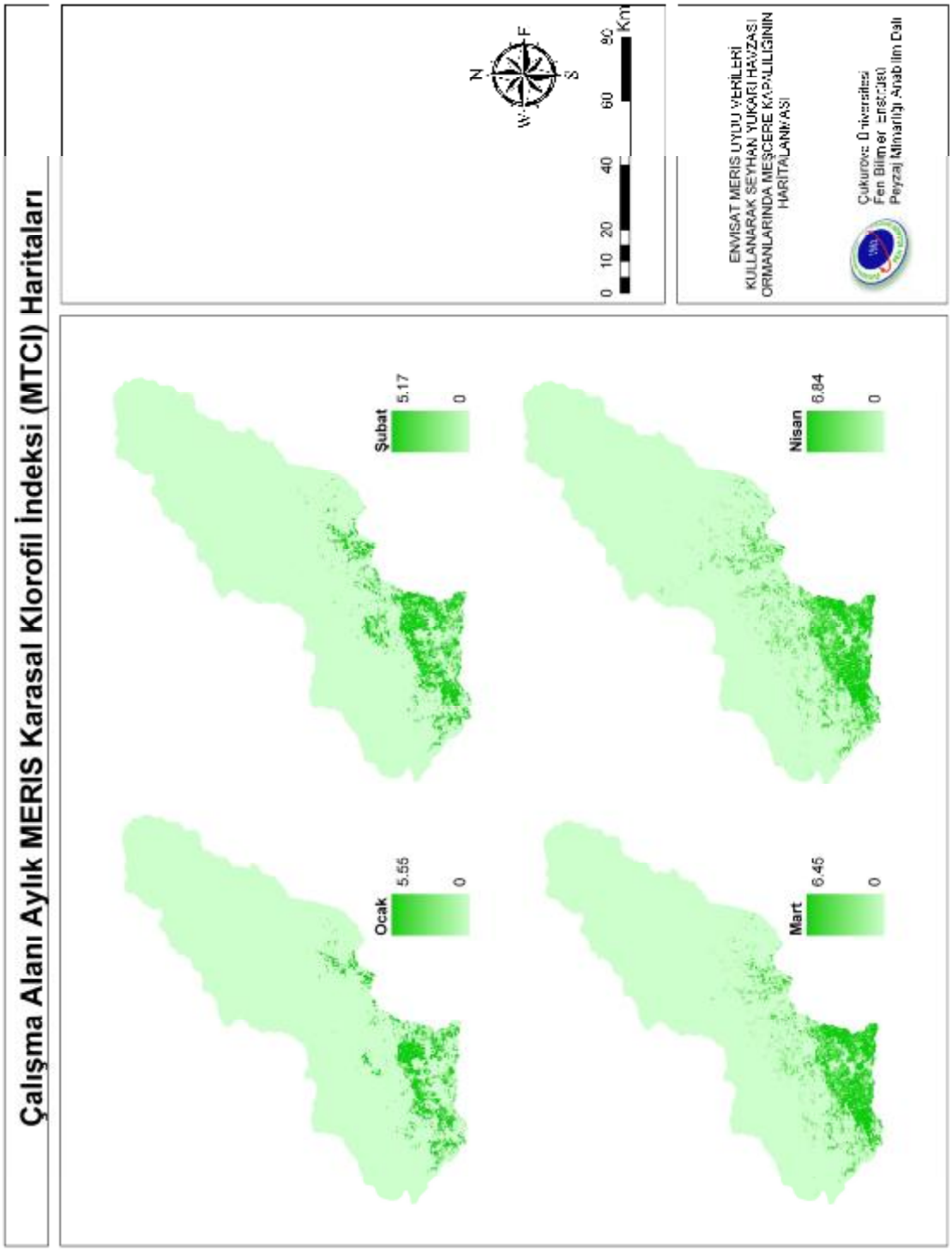
4.2.2.1. Meris Karasal Klorofil İndeksi

Ağaç kapalılığının tahmini için hazırlanan veri seti içinde, MERIS standart bant düzenine ilave edilen metriklerden birisi MERIS Karasal Klorofil İndeksi‘dir (MTCI).

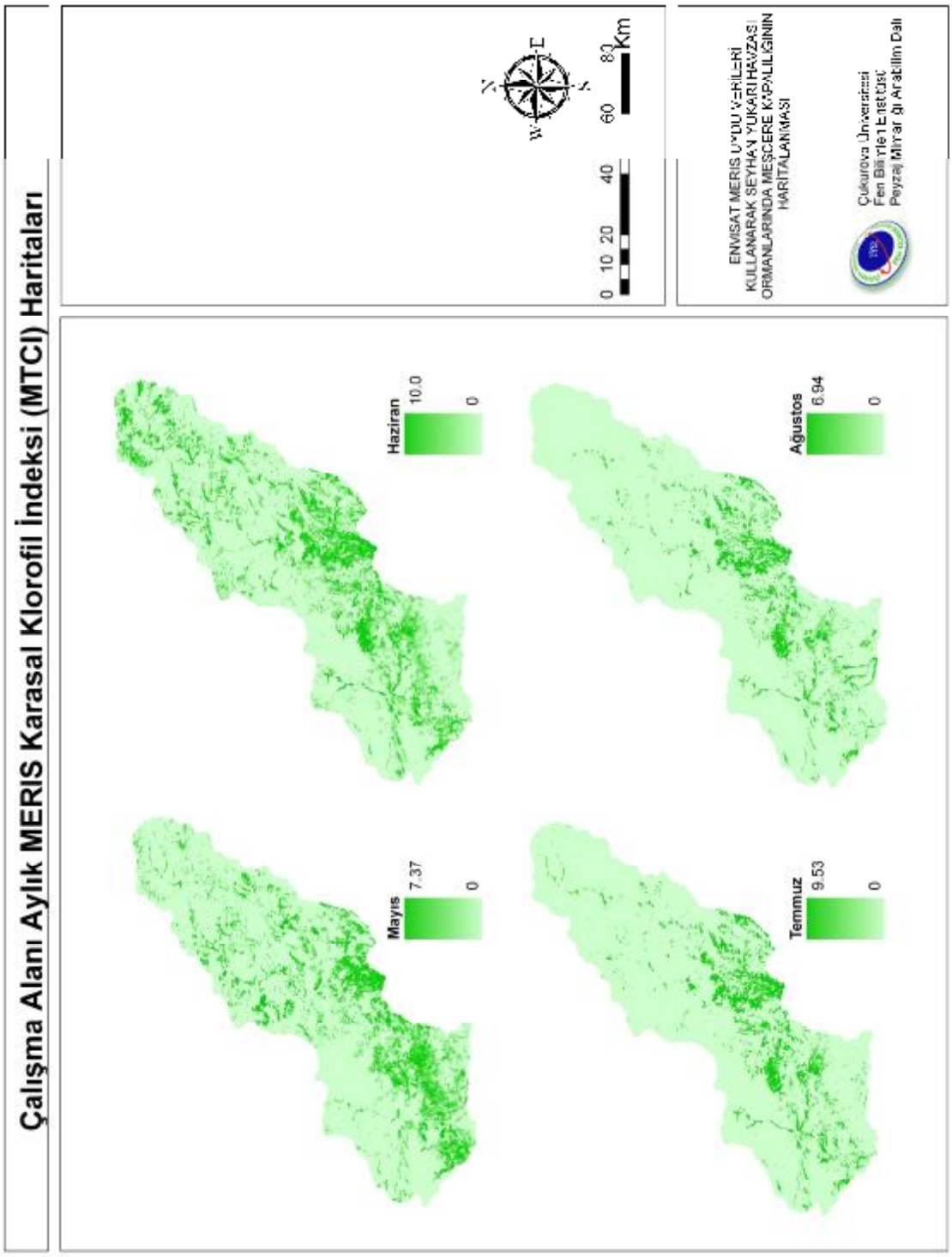
Özellikle görünür / yakın görünür dalga boylarında kaydedilmiş uzaktan algılama verileri, yerel ve bölgesel ölçekte sağlıklı vejetasyondaki yapraklara ait biyokimyasal içeriğin tahmininde kullanılabilir. Bu içeriklerin bilinmesi ile birim alandaki vejetasyon miktarının belirlenmesi ve yönetimi sağlanabilir.

Uzaktan algılanmış MERIS verileri üzerinden üretilen MERIS Karasal Klorofil İndeksi, birim alanda sağlıklı vejetasyonda bulunan klorofil miktarının bulunmasını sağlar (Dash ve Curran, 2004). Klorofil, bitki yapraklarında bulunan en önemli biyokimyasallardan biridir. Yapraklardaki klorofilin sahip olduğu yansıma değerleri, o alanda bulunan vejetasyonun dağılımı hakkında bilgi sağlar ve bu bilgilerin kullanılmasıyla, ağaç kapalılık tahmininin doğruluğunu artırabilir.

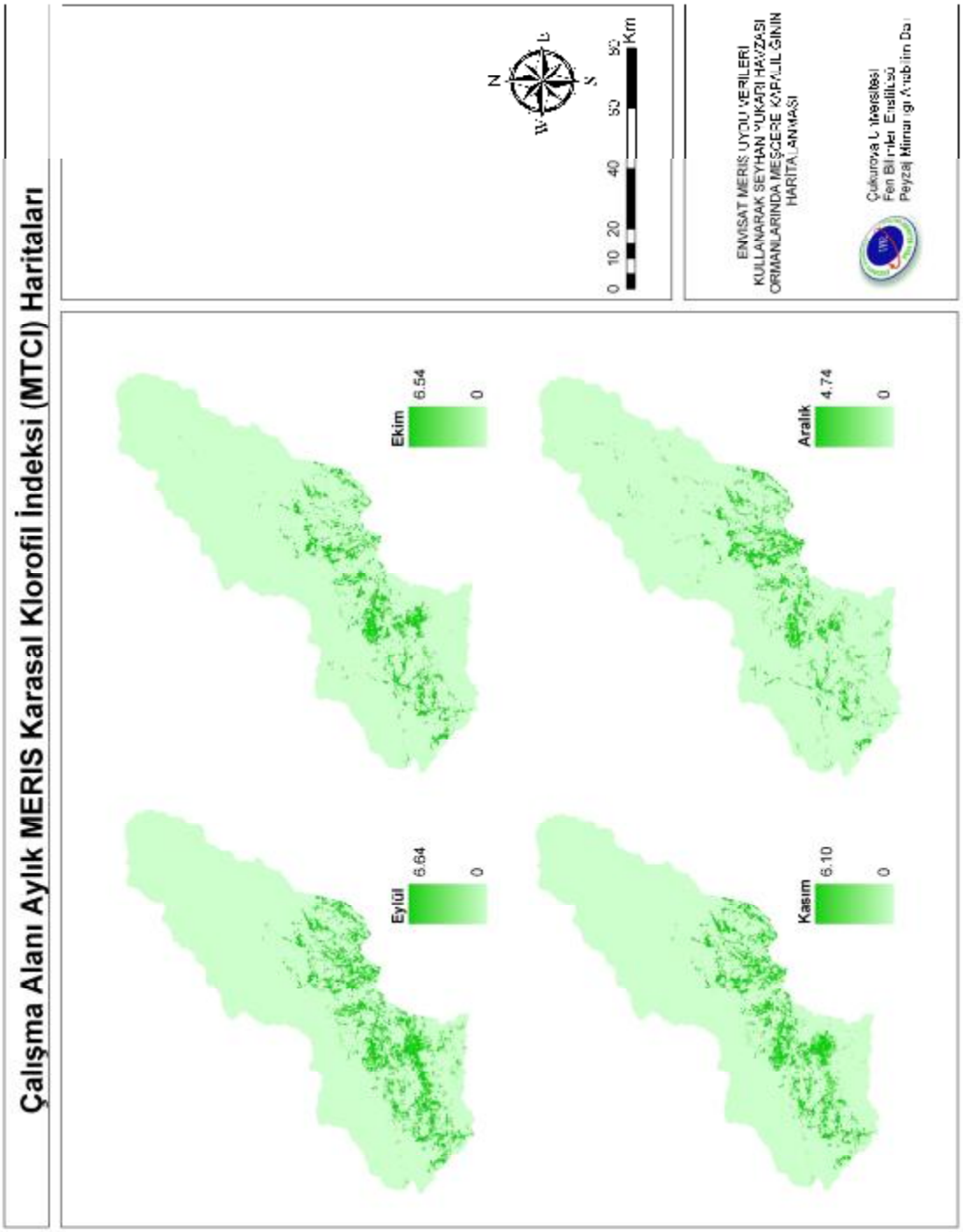
Bu çalışmada MTCI verileri, aylık olarak hesaplanmıştır. Elde edilen ocak – nisan aylarına ait MTCI verileri Şekil 4.5’de, mayıs – ağustos aylarına ait MTCI verileri Şekil 4.6‘da, eylül – aralık ayına ait MTCI verileri ise Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.5. Ocak – Nisan Ayları Arasındaki MTCI Verileri

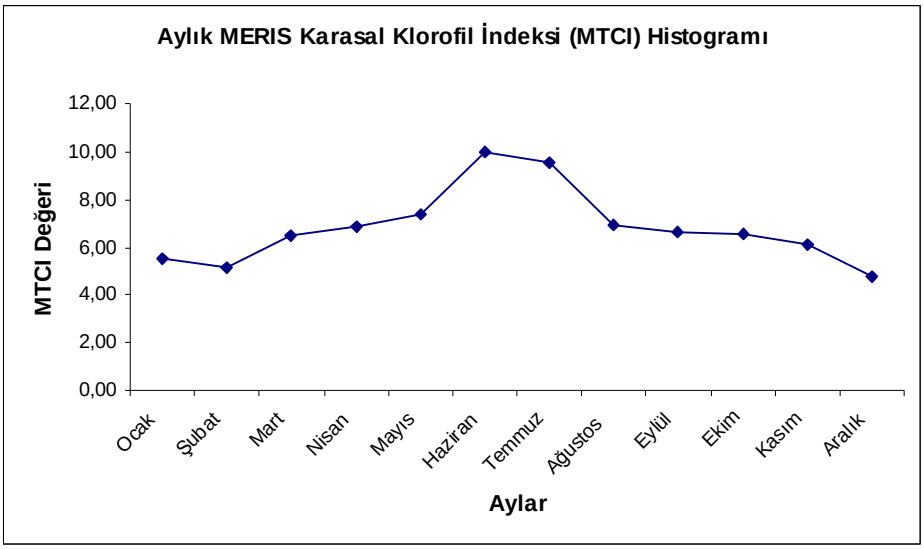


Şekil 4.6. Mayıs- Ağustos Ayları Arasındaki MTCI Verileri



Şekil 4.7. Eylül - Aralık ayları arasındaki MTCI verileri

Seyhan Havzası için üretilen MERIS Karasal Klorofil İndeksi verilerinde, havzada bulunan vejetasyondaki klorofil miktarının alan içindeki aylık oransal dağılımı görülmektedir. Burada MTCI oranları 0 ile 10 arasında değişmektedir. Şekil 4.8'de MTCI verilerinin aylık dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.8. Seyhan Havzası MTCI maksimum değerlerinin aylık dağılımları

Şekil değerlendirildiğinde, MERIS verileri kullanılarak Seyhan Havzası için üretilen MTCI değerleri yılın ilk ve son iki ayında kar örtüsü nedeniyle düşük oranlarda olmakla birlikte, Haziran ayında 10 değeri ile en yüksek orana ulaşmaktadır.

4.2.2.2. Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR)

Araştırmada, regresyon ağacı modeli ile ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanmasında kullanılan bir diğer metrik, Fotosentetik Aktif Radyasyon'dur (PAR).

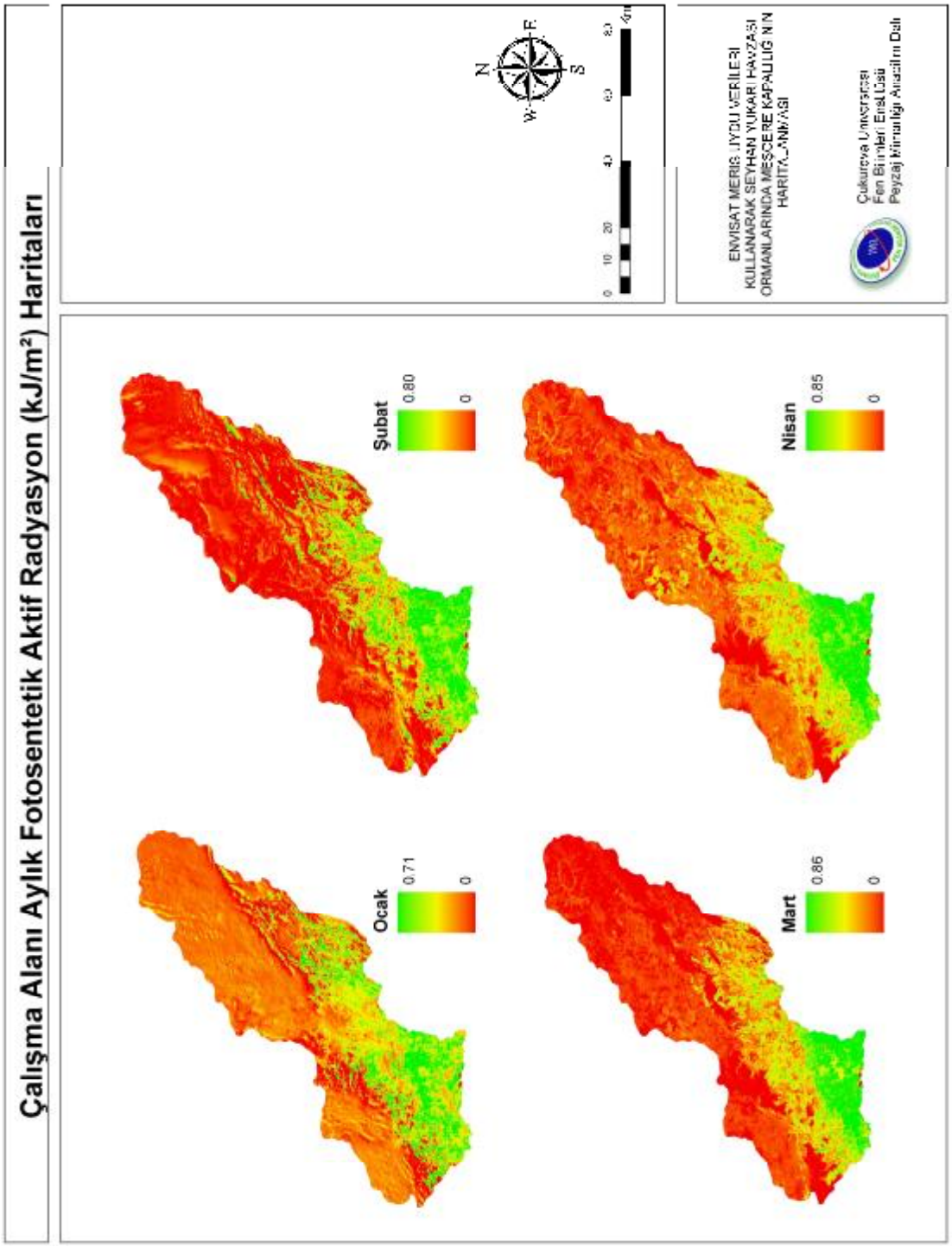
Fotosentetik yönden aktif radyasyon, bitkilerin görünür elektromanyetik bölgede (0,4-0,7 µ dalga boyu aralığında) fotosentez için kullanmak için absorbe ettiği ışınlardır.

Bu biyofiziksel değişken, doğrudan bitkilerin birincil üretim miktarını etkiler. Fotosentetik aktif radyasyonun fazla olması bitkilerin fotosentezden sağladığı ürünleri de artıracağından, net birincil üretimin de artmasını sağlar. Bununla birlikte fotosentetik aktif radyasyon bitki örtüsündeki karbondioksit döngülerinin tahmin edildiği modeller için de önemli bir değişkendir.

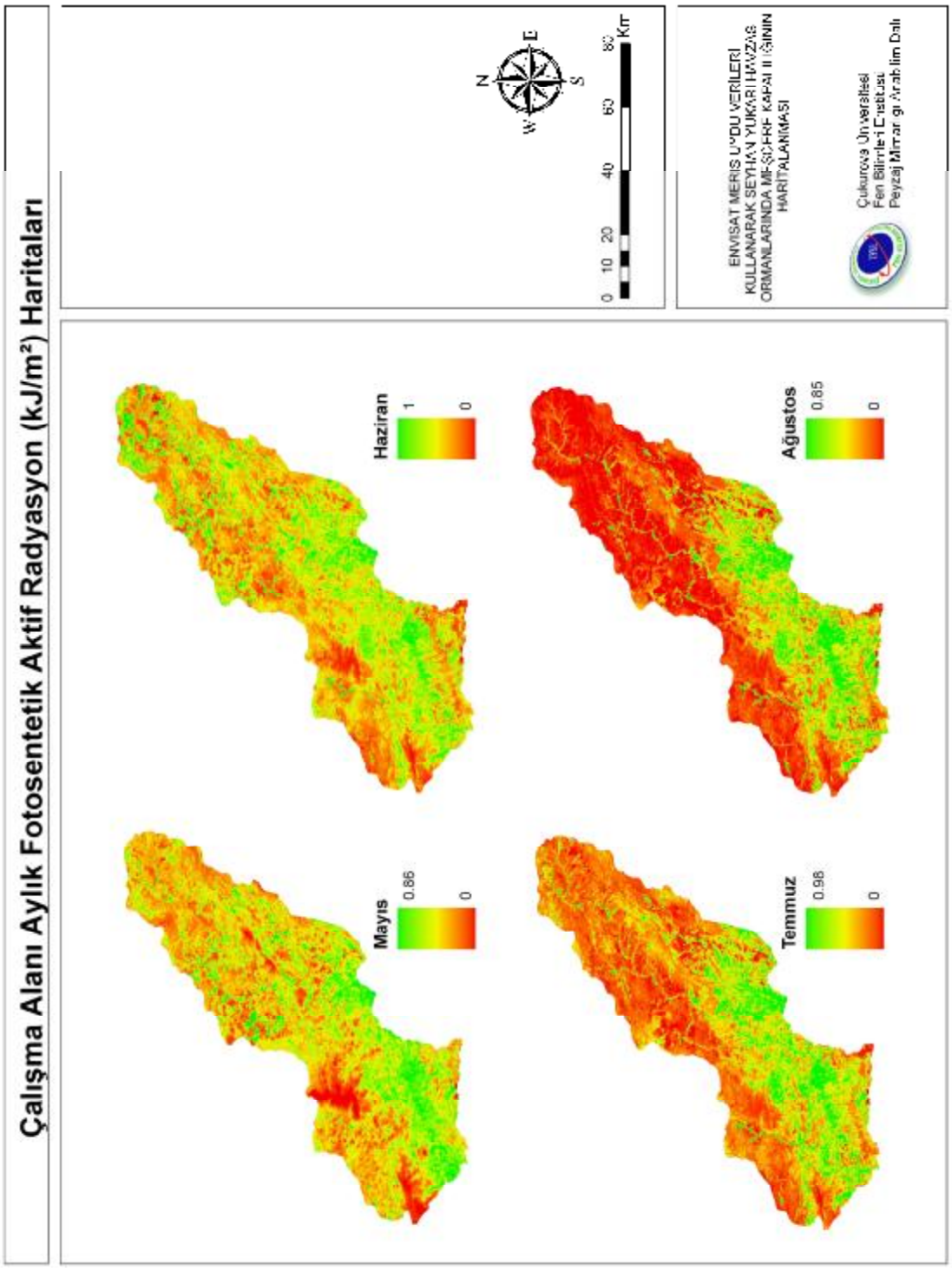
Ağaç kapalılık yüzdesi, karbon tahmininde kullanılan önemli bir değişken olduğundan, fotosentetik yönden aktif radyasyonun bir değişken olarak ağaç kapalılık yüzdesinin tahmininde kullanılması, ağaç kapalılığının yüksek doğrulukta hesaplanabilmesine katkı sağlar.

Bu çalışmada PAR verileri, ağaç kapalılığının tahmini için kullanılan değişkenlerden birisidir. Her ay için PAR değerleri hesaplanmış ve MERIS standart bant düzeni üzerine, çalışmanın doğruluğunu artırmak için ilave metrik olarak eklenmiştir. ocak – nisan ayları arası üretilmiş PAR görüntüleri Şekil 4.9'da, mayıs – ağustos verileri Şekil 4.10'da ve yılın son 4 ayı için üretilmiş PAR verileri Şekil 4.11'de görülmektedir.

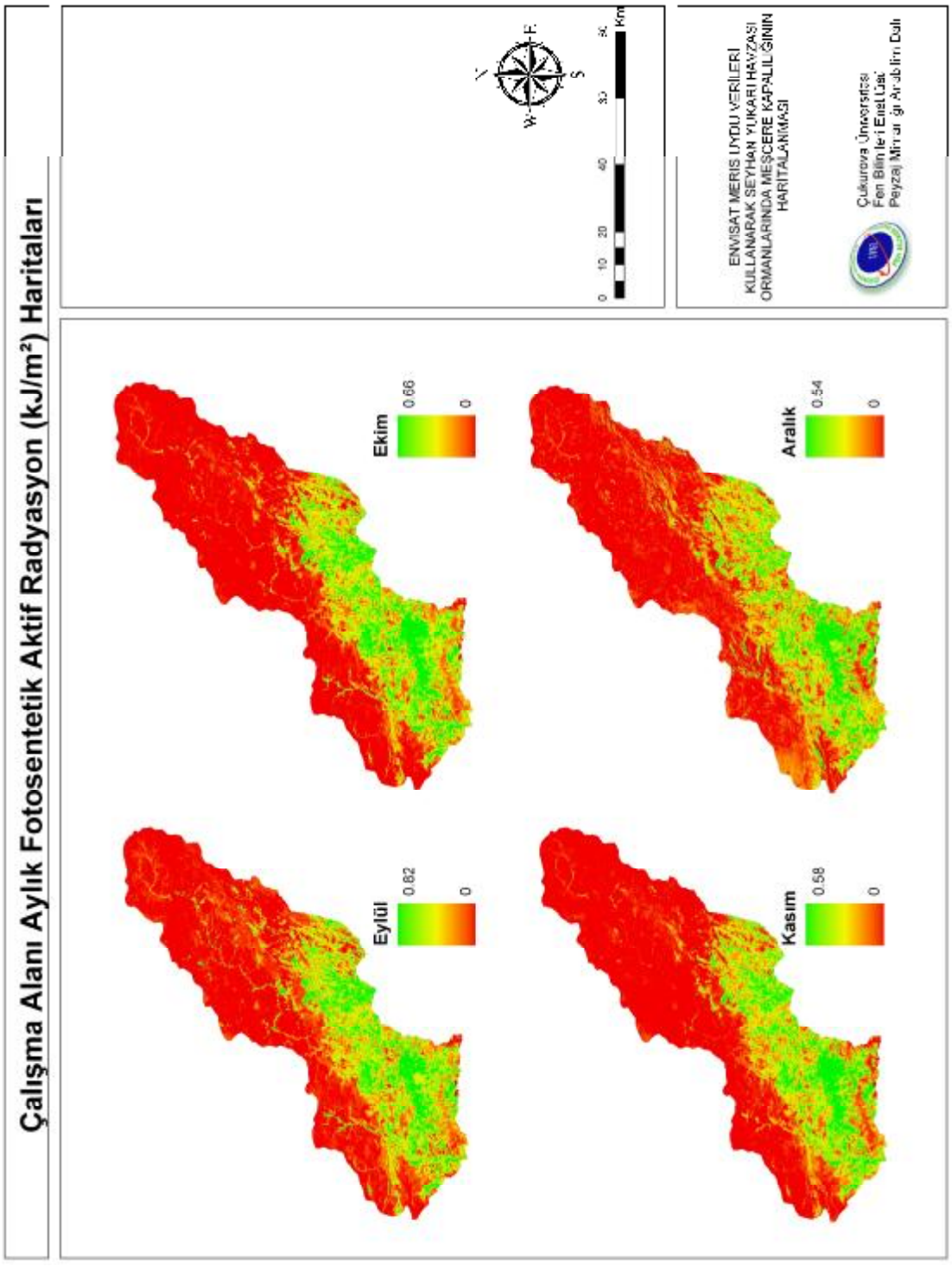
Ağaç Kapalılık Yüzdesinin hesaplanmasında regresyon ağacı modelinin doğruluğunu artırmak için hesaplanan PAR oranı sıfır ile bir arasında değişmektedir. Burada değerlerin bire doğru yaklaşması, alan içerisinde PAR değerlerindeki artışını göstermektedir.



Şekil 4.9. Ocak – Nisan Ayları Arasındaki PAR Verileri

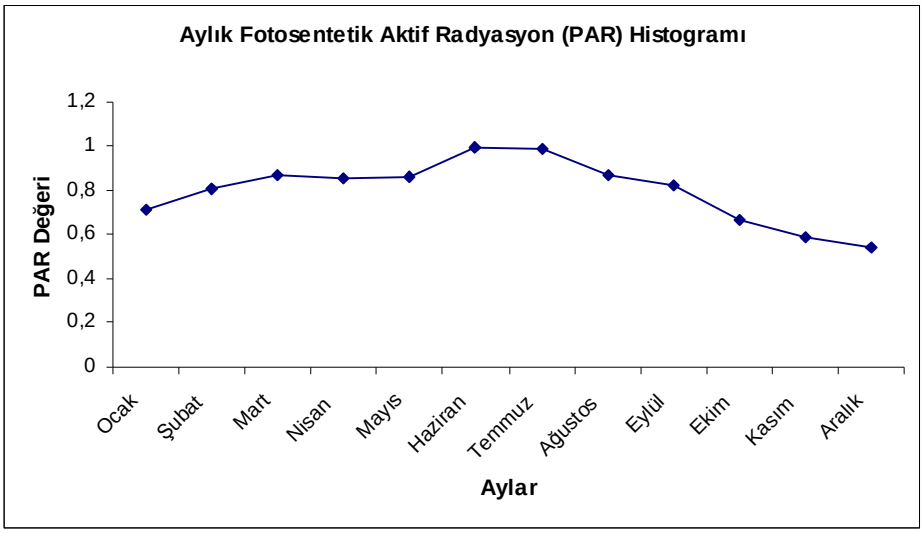


Şekil 4.10. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki PAR Verileri



Şekil 4.11. Eylül - Aralık Ayları Arasındaki PAR Verileri

Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde kullanılan PAR verilerinin aylık dağılımları Şekil 4.12'de görülmektedir.



Şekil 4.12. Seyhan Havzası PAR Değerlerinin Aylık Dağılımları

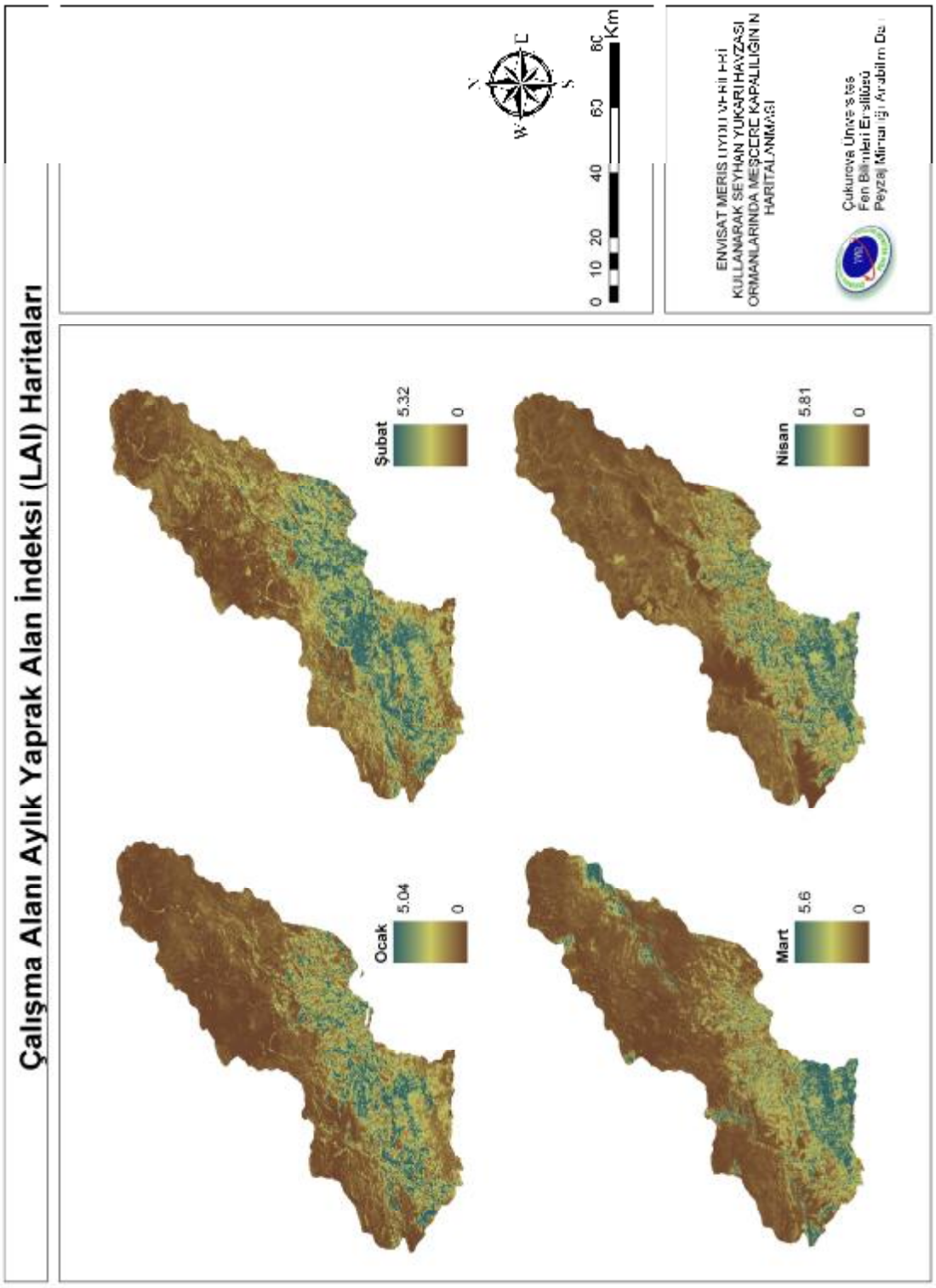
Çalışmada kullanılan PAR değerleri, yılın ilk iki ayından sonra artmakta, haziran ve temmuz ayı için 0.98 değeri ile en yüksek seviyelerine ulaşmaktadır. Ağaç kapalılığının tahmini için hesaplanan PAR verileri, aralık ayında 0.51 oranı ile en düşük değerini almaktadır.

4.2.2.3. Yaprak Alan İndeksi

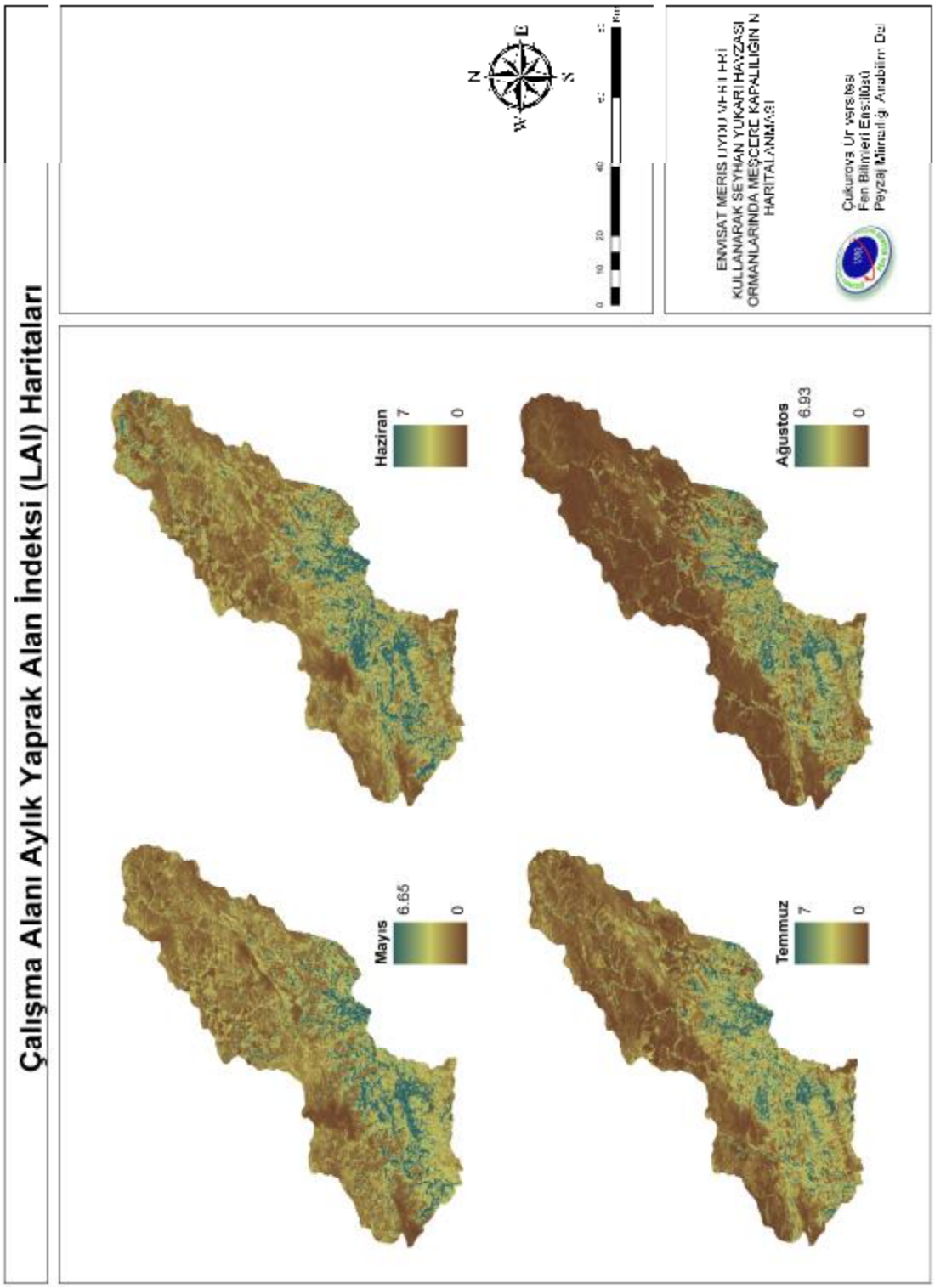
Yaprak Alan İndeksi, iklim modelleri, net birincil üretim ve ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için oluşturulan modeller, tarımsal verimliliğin hesaplanmasında kullanılan modeller ve benzer birçok çalışmanın oluşturulmasında kullanılan önemli bir değişkendir (Gitelson ve ark., 2003). Bu indeks, alan içindeki her bitkinin sağlıklı yeşil yapraklarının bir yüzeyi ve toprak yüzeyinin birim alanına karşılık gelen yaprak alanını ifade etmektedir. Kısaca özetlenecek olursa LAI, havza içerisinde birim alana düşen yaprakların kapladığı alan olarak da nitelenebilir.

Çalışmada kullanılan Envisat MERIS verileri, sahip oldukları bantların kombine edilmesiyle LAI'nin bölgesel ölçekli tahminine olanak sağlamaktadır. Bu

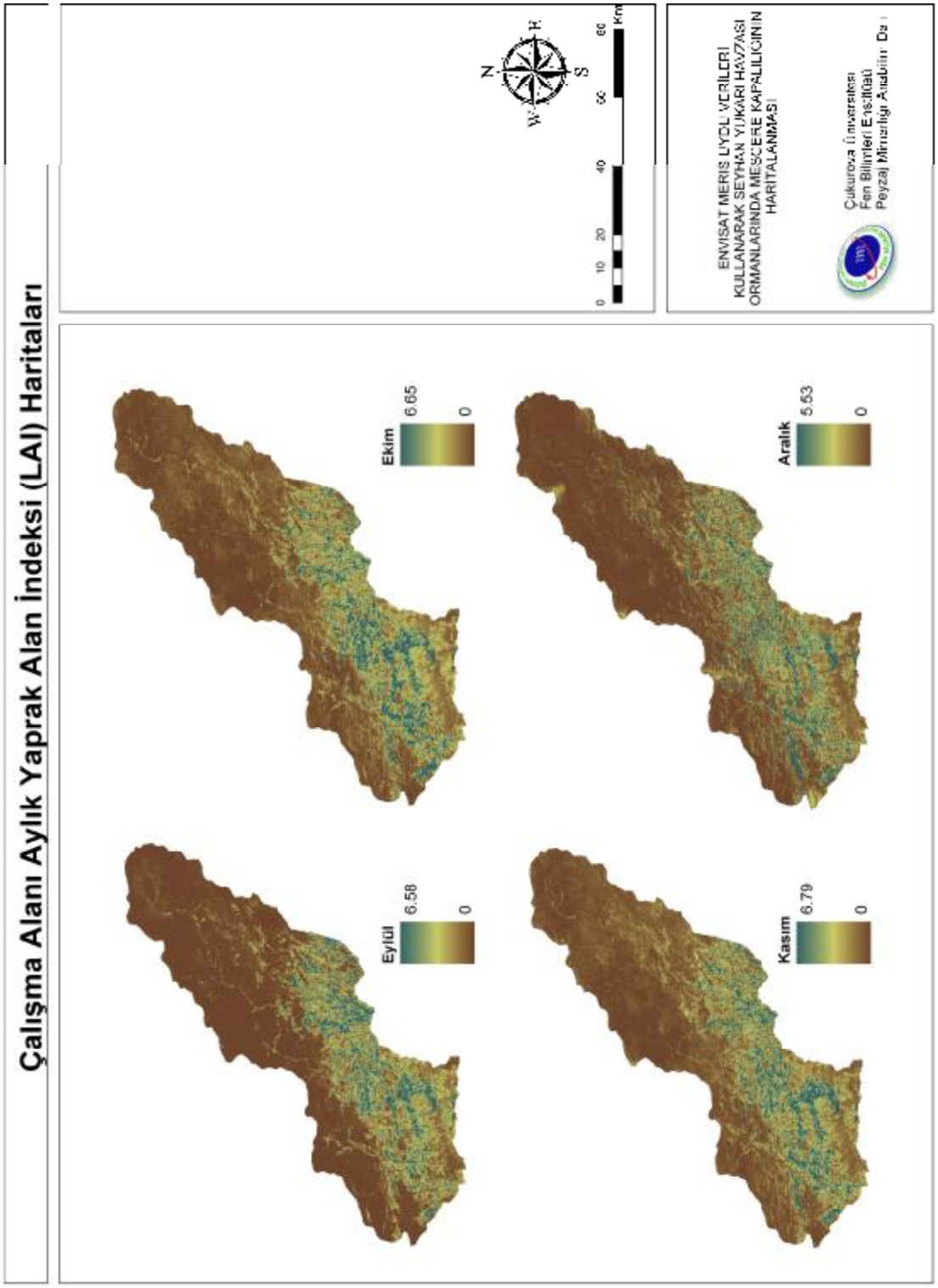
çalışmada Seyhan Yukarı Havzasına ait MERIS verileri kullanılarak Ekim 2003 ve Mart 2005 tarihlerinde arasındaki her ay için Yaprak Alan İndeksi değerleri hesaplanmıştır. Her aya ait LAI görüntüleri, temel bileşenler analizi ile her aya ait verilerden birer adet üretilecek biçimde sıkıştırılmış ve on iki adede indirilmiştir. Oluşturulan bu indeks görüntüleri MERIS standart bantlarına eklenmiştir. Böylece, her ay için hesaplanan indeks değeri, regresyon ağacı modelinde bir değişken olarak kullanılmıştır. Ocak – nisan ayları arası üretilmiş LAI görüntüleri Şekil 4.13'da, mayıs – ağustos verileri Şekil 4.14'de ve yılın son dört ayı için üretilmiş Yaprak Alan İndeksi verileri Şekil 4.15'de görülmektedir.



Şekil 4.13. Ocak - Nisan Ayları Arasındaki LAI Verileri

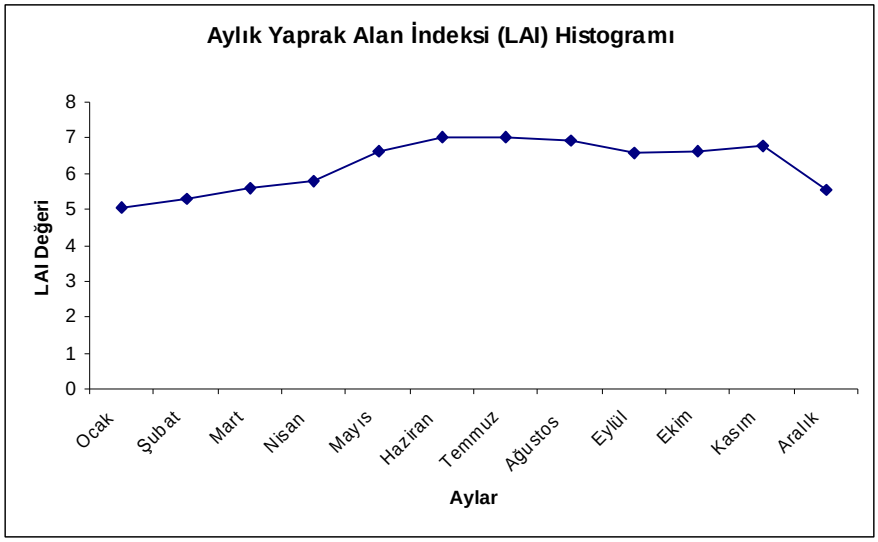


Şekil 4.14. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki LAI Verileri



Şekil 4.15. Eylül - Aralık Ayları Arasındaki LAI Verileri

Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde kullanılan Yaprak Alan İndeksi verilerinin aylık dağılımları Şekil 4.16'de görülmektedir.



Şekil 4.16. Seyhan Havzası LAI değerlerinin aylık dağılımları

Regresyon Ağacı Modelinde kullanılmak için üretilen Yaprak Alan İndeksi verilerinde ocak ayı en yüksek LAI değeri 5.04, şubat ayı 5.32, mart ayı 5.6, nisan ayı 5.81 olarak tahmin edilmiştir.

Şekil 4.16 incelendiğinde mayıs ayı en yüksek LAI değeri mayıs ayı için 6.65, haziran ayı 7.0, temmuz ayı için 7 ve ağustos ayı için 6.83 hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, ilkbahar mevsimi ile sıcaklık değerlerinin artmasıyla birlikte Seyhan Havzası için Yaprak Alan İndeksi değerleri artmakta, haziran ve temmuz aylarında en yüksek değere ulaşmaktadır.

Yılın son dört aylık periyoduna bakıldığında, eylül ayı için en yüksek LAI değeri 6.58, ekim ayı için 6.65, kasım ayı için 6.79, aralık için 5.53 olarak hesaplanmıştır.

4.2.2.4. Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi

Çalışmada modelin doğruluğunu artırmak için kullanılan metrikleriden diğeri Normalleştrilmiş Fark Vejetasyon İndeksi‘dir (NDVI). NDVI, karasal vejetasyonların güncel durumunu ve alandaki vejetasyonun bolluğunu göstermektedir. Bu sebeple indeks, ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için oluşturulan çalışmalarda büyük avantajlar sağlamaktadır.

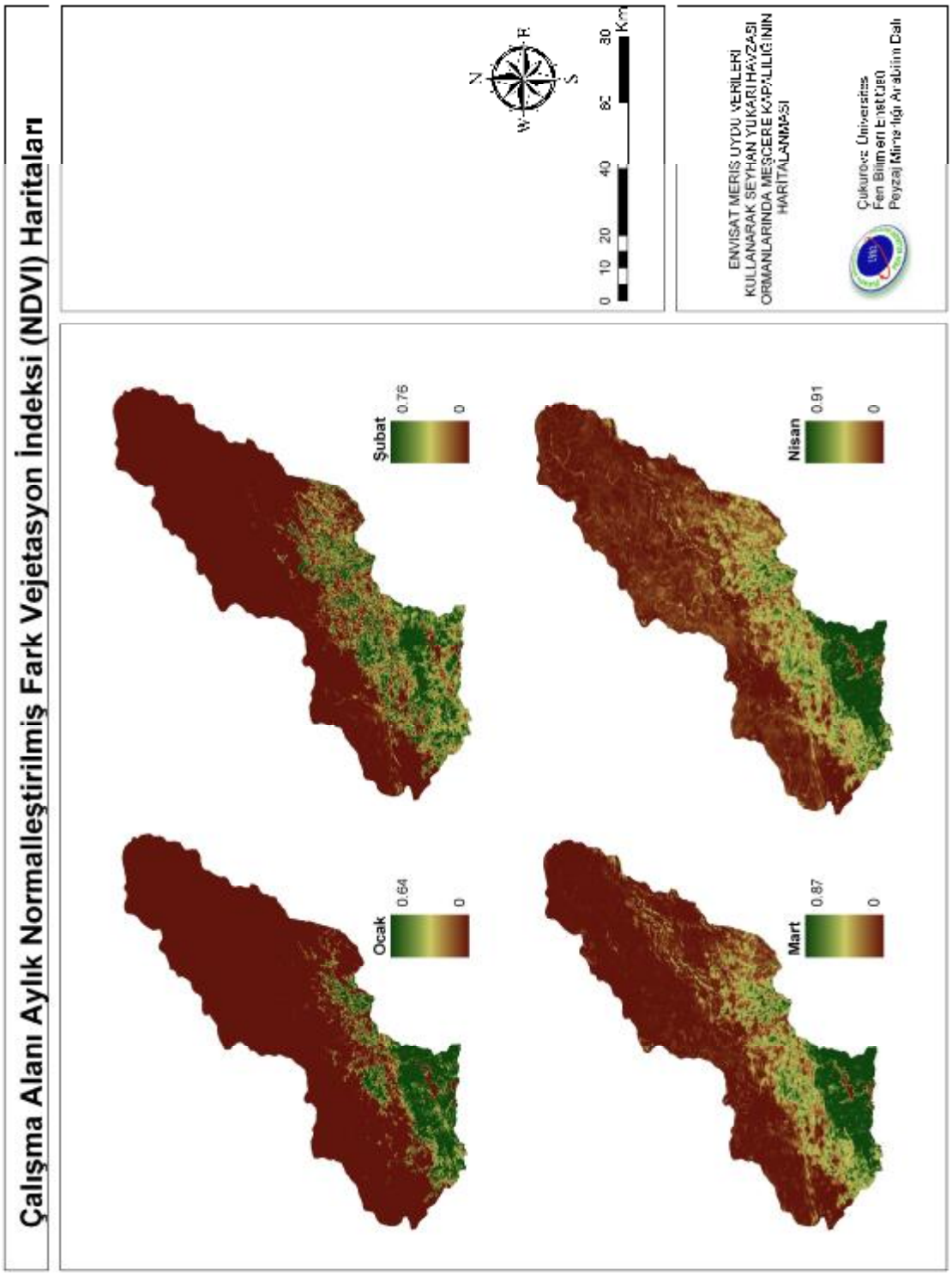
Bu çalışmada NDVI, MERIS verisinin standart bant düzeni içerisinde bant 10’un bant 6’dan çıkarılması ile bant 10‘un bant 6 ile toplanmasının birbirine oranı ile hesaplanmıştır.

$$NDVI = \text{Bant } 10 - \text{Bant } 6 \,/\, \text{Bant } 10 + \text{Bant } 6$$

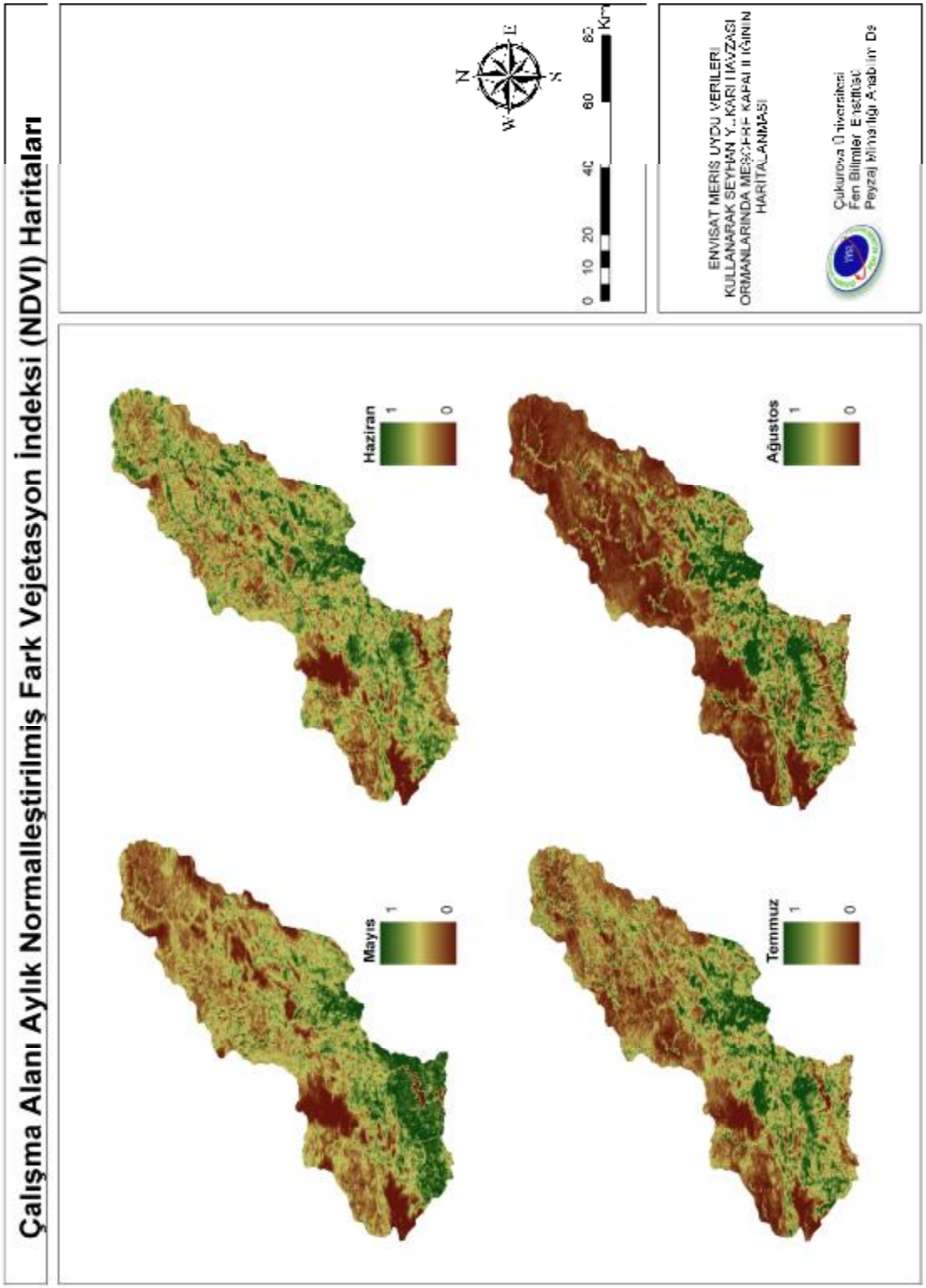
$$\text{Bant } (753.75) - \text{Bant } (620.00) \,/\, \text{Bant } (753.75) + \text{Bant } (620.00)$$

Araştırmada, MERIS verileri üzerinden üretilen NDVI verilerinde, alandaki vejetasyon bolluğu 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Burada, NDVI’ın bire yakın değerleri, alanın kapalı bir örtülülüğe ve sağlıklı bir vejetasyona sahip olduğunu gösterirken, sıfıra doğru inen değerler ise, vejetasyon örtüsündeki azalışı göstermektedir.

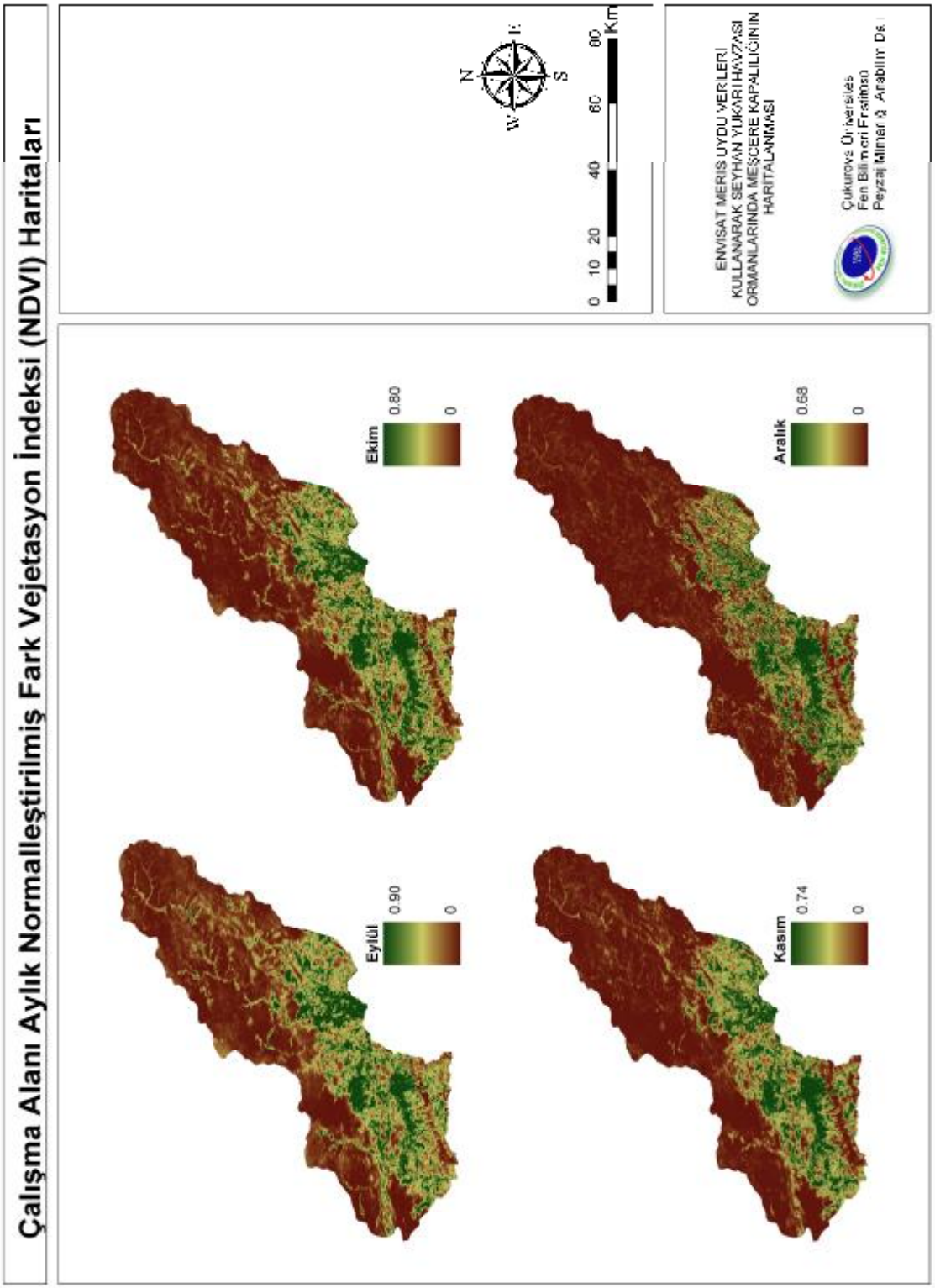
Araştırmada NDVI verileri, 2003 ve 2005 yılları arasında kaydedilmiş MERIS verileri kullanılarak üretilmiş ve temel bileşenler analizi yöntemi ile veri sayısı azaltılmıştır. Bu sıkıştırma yöntemi ile Seyhan Yukarı Havzasının her ay için NDVI görüntüleri elde edilmiştir. Şekil 4.17‘de ocak, şubat, mart, nisan, Şekil 4.18‘de mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve Şekil 4.19‘da eylül, ekim, kasım, aralık ayları için üretilen NDVI görüntüleri görülmektedir.



Şekil 4.17. Ocak - Nisan Ayları Arasındaki NDVI Verileri

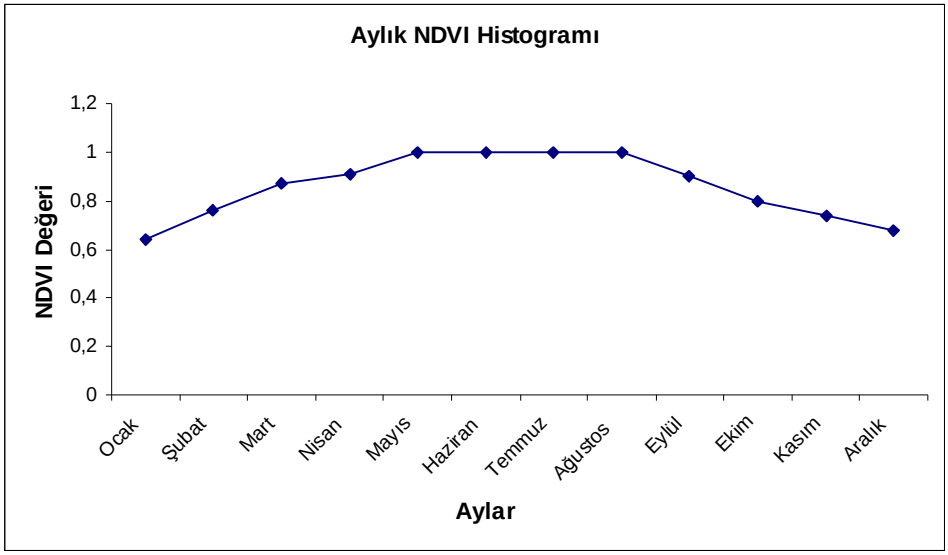


Şekil 4.18. Mayıs - Ağustos ayları arasındaki NDVI verileri



Şekil 4.19. Eylül - Aralık ayları arasındaki NDVI verileri

Seyhan Yukarı Havzası için hesaplanan NDVI verilerinin maksimum değerlerinin aylık dağılımları Şekil 4.20‘de görülmektedir.



Şekil 4.20. Seyhan Havzası NDVI Değerlerinin Aylık Dağılımları

Şekil 4.17 incelendiğinde, ocak ayının en yüksek NDVI değeri, 0.64 ve şubat ayının en yüksek değeri 0.76, mart ayı 0.87 ve nisan ayı 0.91 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Bu değerler değerlendirildiğinde, vejetasyon dinamiklerinin yılın ilk aylarından itibaren arttığı görülmektedir.

Şekil 4.18 incelendiğinde, mayıs, haziran, temmuz, ağustos ayları NDVI değerleri en yüksek düzeydedir. İlkbaharla birlikte vejetasyon dinamikleri artmakta ve arazideki olumsuz koşulların ortadan kalkmasıyla maksimum verimlilikle algılama yapılabilmektedir.

Şekil 4.19‘de bulunan NDVI verileri incelendiğinde, eylül ayı en yüksek NDVI değeri 0.90, ekim ayı 0.80, kasım ayı 0.74 ve aralık ayı 0.68 olarak tahmin edilmiştir. Bu 4 ay ele alındığında NDVI değerlerinin giderek azalmaya başladığı ve Aralık ayında en düşük değerine indiği görülmektedir. Tüm yıla ait NDVI verilerine bakıldığında ise, NDVI değerleri ocak ayında en düşük değerini aldığı saptanmıştır.

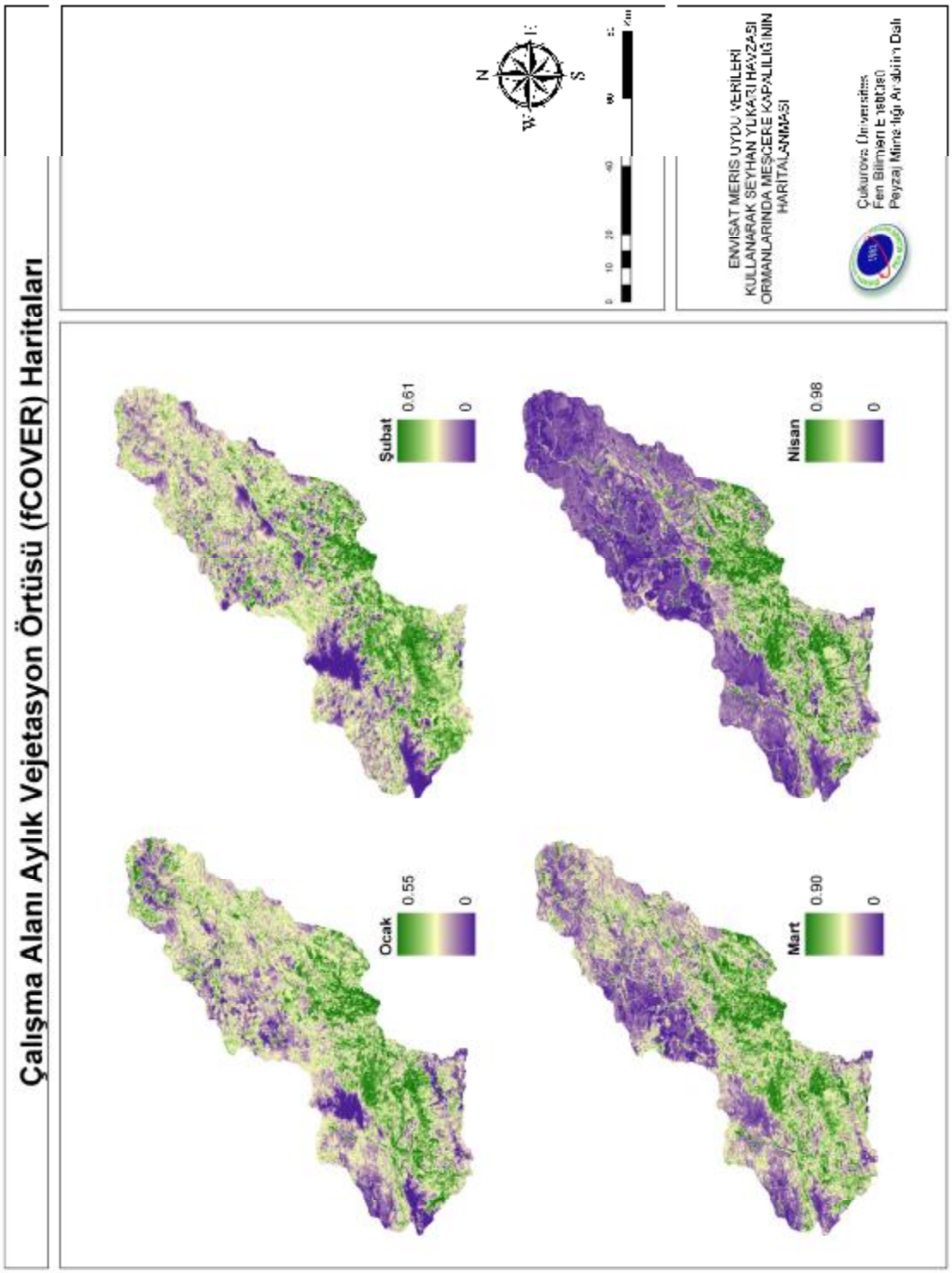
4.2.2.5. Vejetasyon Örtülülük İndeksi

Vejetasyon Örtülülük İndeksi (fCOVER), havzadaki sağlıklı vejetasyonun yaptığı yansıma değerlerine dayalı olarak vejetasyonun yapısal bileşenleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Örtülülük İndeksi bu özelliyle, ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için oluşturulan modellerde, doğruluğu artırmak amacıyla kullanılmaktadır.

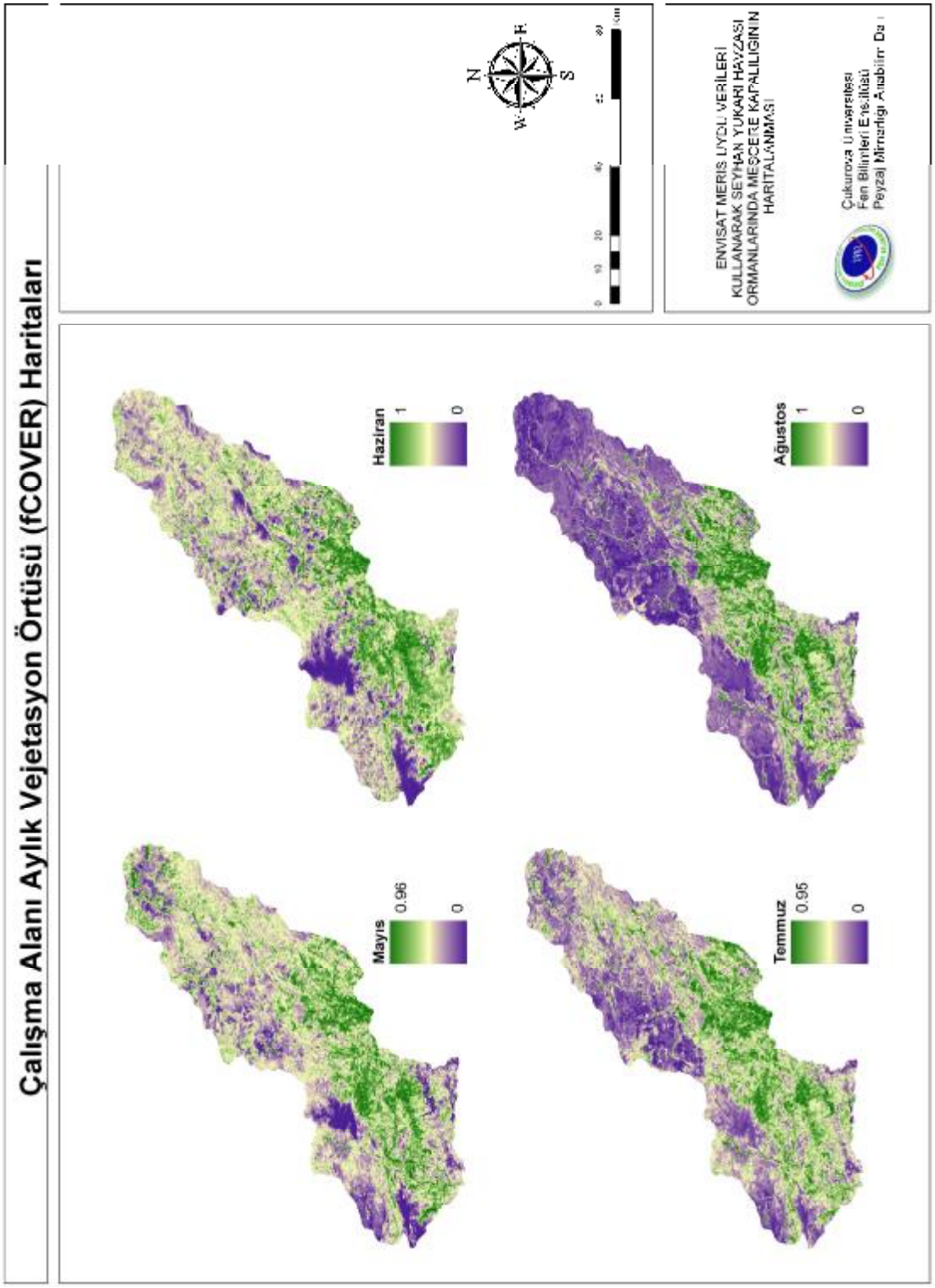
Çalışmada, ağaç kapalılığının tahmininde kullanılan regresyon ağacı modelinin doğruluğunu artırmak için, MERIS standart bant düzeni üzerine eklenmek üzere yıl içerisindeki her aya ait Vejetasyon Örtülülük İndeksi verileri üretilmiştir.

Çalışmada MERIS verileri kullanılarak üretilen fCOVER oranı, sıfır ile bire arasında değişmektedir. Burada, fCOVER değerleri bire doğru yaklaşması, vejetasyonun yapısal bileşenlerindeki artışı nitelemektedir.

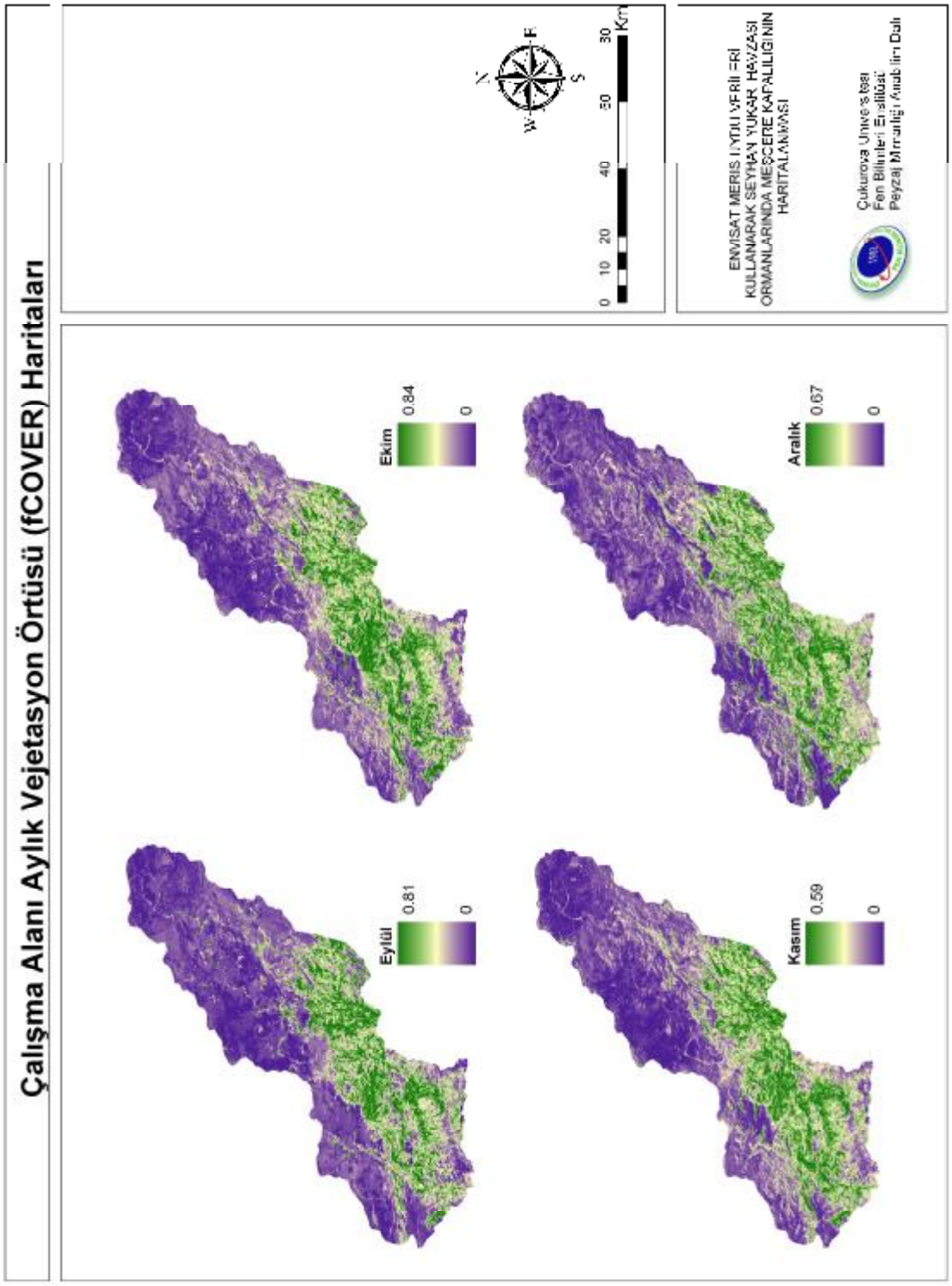
Şekil 4.21'de ocak, şubat, mart, nisan, Şekil 4.22'de mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve Şekil 4.23'te eylül, ekim, kasım, aralık ayları için üretilen fCOVER görüntüleri görülmektedir.



Şekil 4.21. Ocak - Nisan Ayları Arasındaki fCOVER Verileri

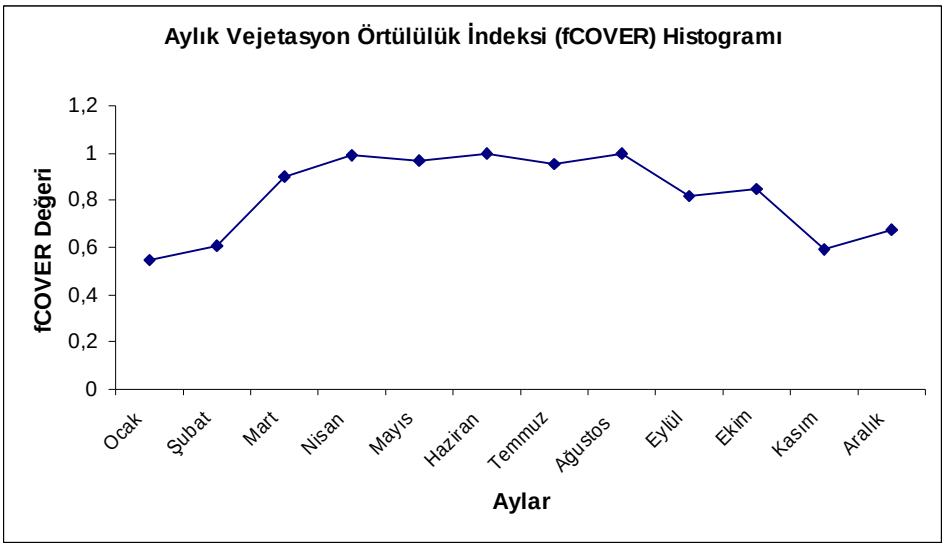


Şekil 4.22. Mayıs - Ağustos Ayları Arasındaki fCOVER Verileri



Şekil 4.23. Eylül - Aralık ayları arasındaki fCOVER verileri

Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde kullanılan Vejetasyon Örtülülük İndeksi verilerinin aylık dağılımları Şekil 4.24'te görülmektedir.

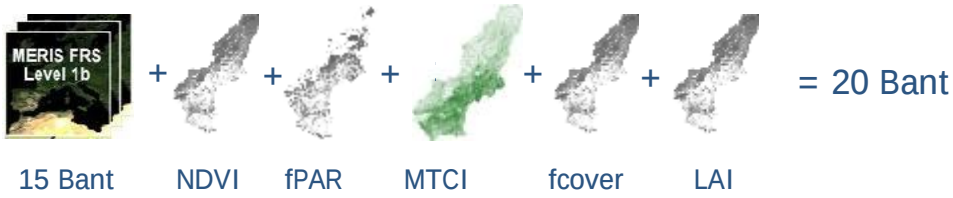


Şekil 4.24. Seyhan Havzası fCOVER değerlerinin aylık dağılımları

Regresyon ağacı modelinde kullanılmak üzere tahmin edici değişkenlerin hazırlanmasında MERIS verileri kullanılarak her bir görüntü için üretilen metrikler, MERIS bantları ile birlikte kullanılmıştır. Metriklerin eklenmesiyle her bir MERIS verisi için 20 bant elde edilmiştir.

Çalışmada 47 adet MERIS verisi kullanılmaktadır. Metrikler ile birlikte tüm veri seti, toplam 940 adet banttan oluşmaktadır (47 görüntü x 20 bant). Elde edilen 940 adet bantın tümünü, bir veri seti içerisinde kullanmak boyutunun fazla olması nedeniyle ümkün olmamaktadır. Bu sorunun giderilmesi için, Temel Bileşenler Analizi (PCA) kullanılarak veri seti küçültülmüştür.

Boyutun küçültülmesi için kullanılan PCA yönteminde, mart 2003 ve ekim 2005 yılları içerisindeki görüntüler her ay için sıkıştırılmış ve her bir ay için, o aydaki tüm görüntülerin sıkıştırıldığı 20 bantlı bir görüntü oluşturulmuştur. Her bir ay için oluşturulan görüntüdeki değişkenler Şekil 4.25'te görülmektedir.



Şekil 4.25. MERIS verileri kullanılarak üretilen metrikler

Metriklerin eklenmesi ile 940 adet olan bant sayısı, PCA yönteminin uygulanmasıyla 240 adete (12 ay x 20 bant) düşürülmüştür. 240 adet değişken, model içerisinde kullanılabilir boyuta sahiptir.

Görüntülerdeki bulut kirliliği, alandaki kar ve sis örtüsü, metrik değerlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Mevsimsel özelliklerden dolayı Seyhan Yukarı Havzası'nda ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında kar ve bulutluluk oranının fazla olması sebebiyle, ağaç kapalılığının tahmini için yeryüzeyi hakkında detaylı bilgiler sağlanamamaktadır. Bu nedenle, sürekli zaman serili (continuous time series) haftalık metrik görüntüleri, büyüme sezonunda vejetasyonun durumunu tam doğrulukta temsil etmemektedir. Bu olumsuz durumun regresyon ağacı modelinin doğruluğunu etkileyeceği açıktır. Bu sorunun azaltılması için Seyhan Yukarı Havzasında kar ve sis örtüsünün fazla olduğu yılın ilk ve son iki ayı çıkarılmış ve model sekiz aylık verilere uygulanmıştır. Bu ayların çıkarılmasıyla birlikte veri setindeki bantların sayısı 240 adetten 160 adete düşürülmüştür.

Veri setinin azaltılmasıyla birlikte, elde edilen 160 adet bant, Seyhan Yukarı Havzası'nda ağaç kapalılık yüzdesi tahmini için regresyon ağacı modelinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

4.2.3. Tahmin Edici Değişkenlerin Seçilmesi

Regresyon Ağacı Modeli ile ağaç kapalılığının tahmin edilmesi için hazırlanan veri seti içerisinde bulunan değişkenlerin her biri, sonucun oluşturulması için modele farklı oranda katkıda bulunur. Model için hazırlanan tüm veri seti içerisinde, modele daha fazla katkıda bulunan değişkenlerin seçilmesi ve model

içerisinde bu değişkenlerin kullanılması, üretilen sonucun doğruluğununun artırılması bakımından önemlidir.

Bu çalışmada, tüm veri seti içerisinden yararlı değişkenlerin seçilmesi için Geri-Adım Doğrusal Regresyon (SLR) yöntemi kullanılmıştır. Geri-adım modelinde, regresyon ağacı için en yararlı değişkenler, tahmin edici değişkenlerin bir önceki adımda tekrarlı olarak eklendiği ya da kaldırıldığı bir algoritma içerisinde seçilir. Bu nedenle bu yönteme Geri-Adım Regresyon denilmektedir.

Envisat MERIS verileri ve metrikler ile birlikte hazırlanan 160 bantın içerisinden, regresyon ağacı modeli için en yararlı değişkenlerin seçilmesi işlemi için uygulanan geri-adım doğrusal regresyon yönteminin algoritmasında girdi verilerinin sıralanması Şekil 4.26'da görülmektedir.

```
        *** Stepwise Regression ***

        *** Stepwise Model Comparisons ***
Start:  AIC= 416769.1
 pertree ~ B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 + B7 + B8 + B9 + B10 + B11 + B12 + B13 +
159 + B160

Single term deletions

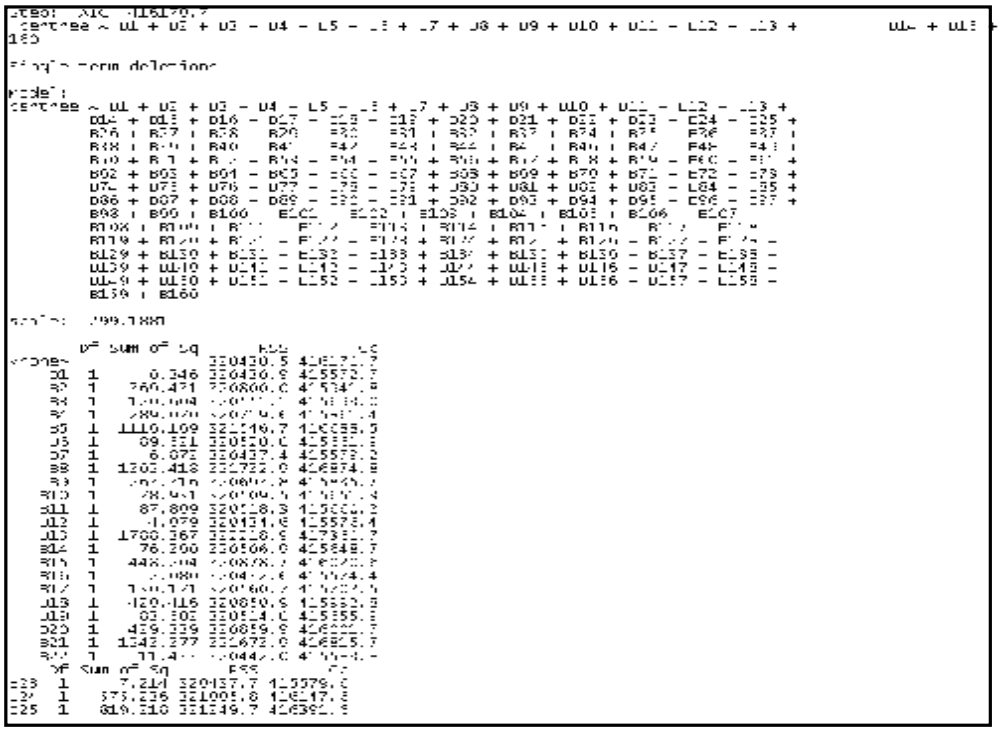
Model:
pertree ~ B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 + B7 + B8 + B9 + B10 + B11 + B12 + B13 +
          B14 + B15 + B16 + B17 + B18 + B19 + B20 + B21 + B22 + B23 + B24 + B25 +
          B26 + B27 + B28 + B29 + B30 + B31 + B32 + B33 + B34 + B35 + B36 + B37 +
          B38 + B39 + B40 + B41 + B42 + B43 + B44 + B45 + B46 + B47 + B48 + B49 +
          B50 + B51 + B52 + B53 + B54 + B55 + B56 + B57 + B58 + B59 + B60 + B61 +
          B62 + B63 + B64 + B65 + B66 + B67 + B68 + B69 + B70 + B71 + B72 + B73 +
          B74 + B75 + B76 + B77 + B78 + B79 + B80 + B81 + B82 + B83 + B84 + B85 +
          B86 + B87 + B88 + B89 + B90 + B91 + B92 + B93 + B94 + B95 + B96 + B97 +
          B98 + B99 + B100 + B101 + B102 + B103 + B104 + B105 + B106 + B107 +
          B108 + B109 + B110 + B111 + B112 + B113 + B114 + B115 + B116 + B117 +
          B118 + B119 + B120 + B121 + B122 + B123 + B124 + B125 + B126 + B127 +
          B128 + B129 + B130 + B131 + B132 + B133 + B134 + B135 + B136 + B137 +
          B138 + B139 + B140 + B141 + B142 + B143 + B144 + B145 + B146 + B147 +
          B148 + B149 + B150 + B151 + B152 + B153 + B154 + B155 + B156 + B157 +
          B158 + B159 + B160

scale:  299.1881

       Df Sum of Sq      RSS      Cp
<none>              320430.5 416769.1
    B1  1     0.352 320430.9 416171.1
    B2  1   369.334 320799.8 416540.0
    B3  1   120.608 320551.1 416291.3
    B4  1   288.353 320718.9 416459.1
    B5  1  1116.065 321546.6 417286.8
    B6  1    89.309 320519.8 416260.0
    B7  1     6.875 320437.4 416177.6
    B8  1  1301.245 321731.8 417472.0
    B9  1   262.579 320693.1 416433.3
   B10  1    78.915 320509.4 416249.6
   B11  1    87.673 320518.2 416258.4
   B12  1     4.046 320434.6 416174.8
   B13  1  1788.060 322218.6 417958.8
   B14  1    76.176 320506.7 416246.9
   B15  1   448.212 320878.7 416618.9
   B16  1     2.087 320432.6 416172.8
   B17  1   130.092 320560.6 416300.8
   B18  1   420.329 320850.8 416591.0
   B19  1    83.494 320514.0 416254.2
   B20  1   428.799 320859.3 416599.5
```

Şekil 4.26. SLR Algoritmasında Girdi Verilerinin Sıralanması (160 bant)

Geri-Adım Regresyon yönteminde, her adımda değişkenler elenir ve modelin oluşturulması için minimum gerekli sayıda değişken kaldığında, SLR sonlanır. Şekil 4.27'de yöntem içerisinde verilerin tekil olarak elenmesinde değişkenlerin sahip olduğu istatistiksel değerlerin bir bölümü görülmektedir.



Şekil 4.27. SLR yönteminde Verilerin Çıkarılmasındaki İstatistiksel Değerler.

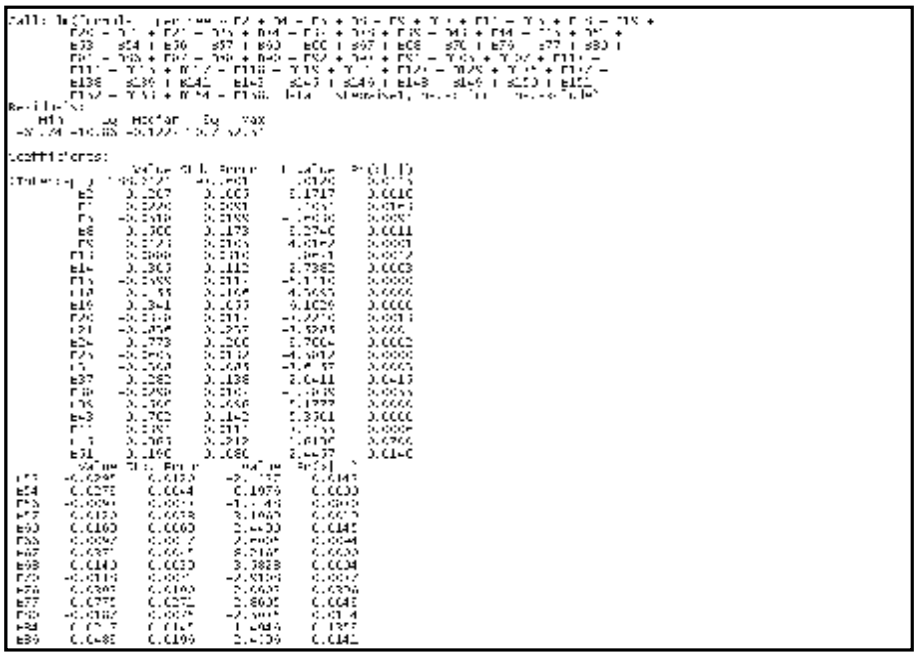
SLR yönteminin sonucunda, yararlı değişkenlerin seçiminin doğruluğu r2 değeriyle ölçülür. Burada yöntemin çoklu r2'si % 71 olarak hesaplanmıştır. Çoklu r2, SLR yönteminin doğruluğunu ifade etmektedir. Burada, seçilen en yararlı değişkenlerle, modelin % 71 doğrulukla oluşturulduğu ifade edilmektedir.

Regresyon Ağacı Modeli için hazırlanan veri setindeki 160 banta, SLR yönteminin uygulanmasıyla, bu veri seti içerisinden 69 adet en yararlı tahmin edici değişken seçilmiştir. SLR yöntemi ile 160 bant içerisinden seçilen 69 değişken Çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.2. Geri – Adım Yöntemi ile Seçilen 69 Bantın Aylara Göre Dağılımları

Tahmin Edici Değişken	Aylar
Yüzey Yansımaları	*Mart (b2, b4, b5, b8, b9, b13, b14, b15, b18, b19, b20), Nisan (b1, b4, b5, b14, b17, b18, b19), Mayıs (b3, b4, b5, b11, b13, b14, b16, b17, b20), Haziran (b6, b7, b8, b10, b16, b17, b20), Temmuz(b4, b6, b7, b8, b10, b12, b13, b14), Ağustos (b5, b7, b13, b14, b15, b17, b18, b19), Eylül (b1, b3, b9, b15, b17, b18, b19), Ekim (b1, b3, b5, b6, b8, b9, b10, b11, b12, b13, b14, b18)*

Seçilen 69 değişken, ağaç kapalılık tahmini için regresyon ağacı modelinin oluşturulmasında kullanılmıştır. SLR yöntemi ile regresyon ağacında kullanılacak değişkenlerin algoritma içerisindeki istatistiksel değerleri Şekil 4.28'de görülmektedir.



Şekil 4.28. SLR Algoritmasıyla Seçilen Değişkenlerin Katsayıları

SLR ile seçilen en yararlı değişkenler incelendiğinde, seçilen değişkenlerin büyük bir kısmını, MERIS verileri kullanılarak oluşturulan metriklerin oluşturduğu görülmektedir. Bu sayede, oluşturulan metriklerin, ağaç kapalılığını tahmin etmek için etkili olduğunu kanıtlanmaktadır.

4.2.4 Regresyon Ağacı Modeli ile Ağaç Kapalılığının Modellenmesi ve Doğruluk Analizi

Çalışmada, geri-adım yöntemiyle seçilen 69 adet bant, regresyon ağacı modeli algoritması içerisinde tahmin edici değişken olarak kullanılmış ve Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi tahmin edilmiştir. Ağaç kapalılığının tahmininde kullanılan regresyon ağacı algoritması, aşağıda görülmektedir.

Target attribute `dep'
Read 1109 cases (16 attributes) from tr10per_str.data
Model:
Rule 1: [424 cases, mean 26.6, range 0 to 89, est err 15.1]
if
bant03 > 4448
bant12 <= 31650
then
dep = 66.2 - 0.1033 bant02 + 0.0509 bant03 + 0.0388 bant01
+ 0.0014 bant07 - 0.0009 bant06 + 0.0012 bant04 - 0.0014 bant08
+ 0.00012 bant12 - 0.0007 bant09 + 0.002 bant05
Rule 2: [672 cases, mean 55.1, range 0 to 96, est err 16.5]
if
bant03 <= 4448
then
dep = -96.3 - 0.2479 bant02 + 0.1819 bant01 + 0.0672 bant07
+ 0.0883 bant03 - 0.04 bant06 - 0.0459 bant08 - 0.0414 bant09
+ 0.00472 bant12 + 0.095 bant05 - 0.00379 bant10 + 0.0101 bant04

Rule 3: [13 cases, mean 58.3, range 19 to 80, est err 10.9]

if

bant03 > 4448

bant12 > 31650

then

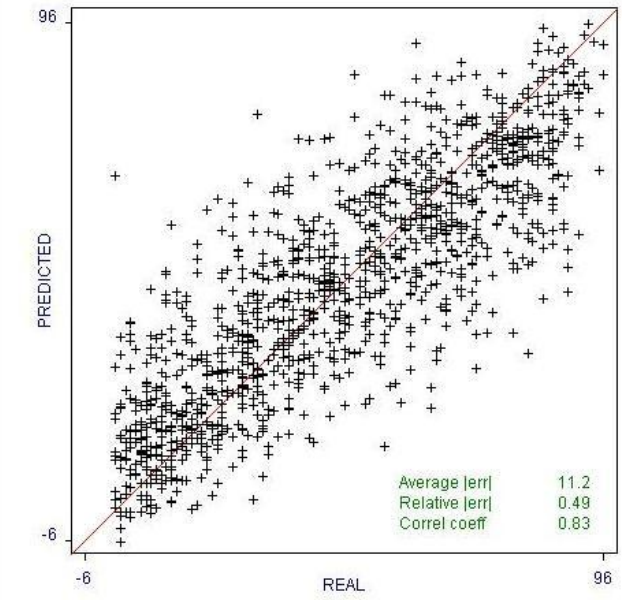
dep = -95.5 + 0.00571 bant10

Ağaç kapalılığının belirlenebilmesi için geri-adım regresyonu ile seçilen en yararlı tahmin edici değişkenler ile hazırlanan regresyon ağacında, aşamalı olarak 11 farklı kural seti uygulanmıştır. Model, bağımsız değişkenler kullanılarak oluşturulmuştur.

Kullanılan algoritma, test değişkenlerini her bir kuralda rasgele seçmiş, bu seçilen grid hücrelerinin sahip olduğu yansıma değerlerine göre ortalamalarını ve kapalılık tahmin hatasını hesaplamıştır.

Regresyon ağacı içerisinde verilerin bölünerek ilerlemesi, değerlerdeki sapmaları en aza indirgeyerek iki yeni bölüm oluşmasını sağlamış ve böylece ağacın diğer dallarının oluşturulması sağlanmıştır. Modeldeki bu dallanma, girdi verisi homojen gruplara ayrılana kadar devam etmiştir. Regresyon ağacının dallarının oluşması, 11. kural sonunda sağ ve sol dallar üretilerek son homojen grup oluşturulduğunda, sonuç verisinin oluşmasıyla tamamlanmıştır. Böylece, çalışma alanı olan Seyhan Yukarı Havzası sınırları içerisinde bulunan her bir grid hücresi için, ağaç kapalılık yüzdesi değeri hesaplanmıştır.

Seyhan Yukarı Havzası için gerçek ve regresyon ağacı modeli ile tahmin edilen ağaç kapalılık yüzdesi değerlerinin dağılımı Şekil 4.29‘da görülmektedir.



Şekil 4.29. Geri-Adım Yöntemi İle Seçilen Değişkenlerin Tahmini Dağılımı

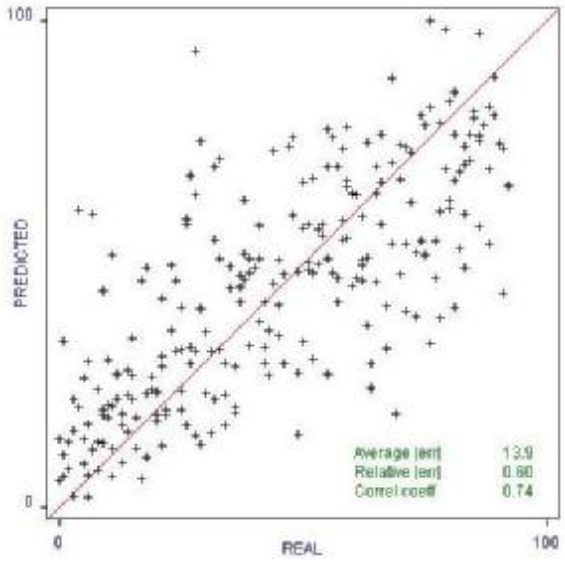
Ağaç Kapalılık Yüzdesinin tahmini yapılırken, Seyhan Yukarı Havzasında tür çeşitliliğinin fazla olduğu 1232 adet piksel kullanılmıştır. Bu piksellerin 986 adedi modelin eğitimi (% 80), 236 (% 20) adedi ise modelin doğruluğunun test edilmesi için kullanılmıştır.

Geri-adım yöntemi ile seçilen 69 değişken kullanılarak oluşturulan regresyon ağacı modelinde ağaç kapalılık yüzdesi 0.83 korelasyon katsayısı ile tahmin edilmiştir. Burada korelasyon katsayısı, regresyon ağacı modelinin doğruluğunu ifade etmektedir

Çalışmada ağaç kapalılık yüzdesinin oluşturulmasında regresyon ağacı yöntemi, geri-adım ile seçilen 69 adet bant dışında, geri-adım yöntemi uygulanmadan oluşturulmuş 160 bant ve metriklerin eklenmediği sadece MERIS standart bantlarını içeren 120 bantı içeren veri setleri için de uygulanmıştır. Regresyon ağacı yönteminin farklı veri setleri ile ayrı ayrı uygulanmasının amacı, ağaç kapalılığının oluşturulmasında geri-adım regresyon ve MERIS bantları üzerinden elde edilen metriklerin etkinliğinin saptanabilmesidir.

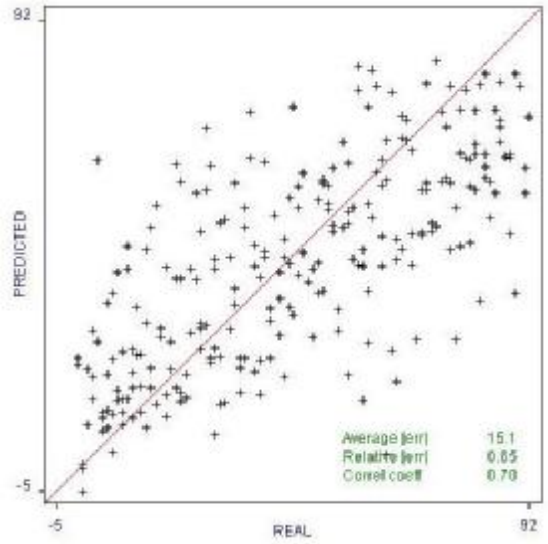
Çalışmada, regresyon ağacı modeli için geri-adım regresyon yöntemi ile yararlı tahmin edici değişkenler seçilmeden 160 bantlı veri seti kullanıldığında, ağaç

kapalılık yüzdesinin tahmininde korelasyon katsayısı 0.74 olarak bulunmuştur. Gerçek ve tahmin edilen ağaç kapalılık yüzdesi değerlerinin dağılımı Şekil 4.30'da görülmektedir.



Şekil 4.30. Tüm Veri Seti (160 Band) İle Gerçek ve Tahmin Edilmiş Ağaç Kapalılık Yüzdesi Değerlerinin Dağılımı

Çalışmada geri-adım regresyon ile seçilen yararlı değişkenler ile birlikte MERIS bantları üzerinden oluşturulan metriklerin de etkinliği test edilmiştir. Bunun için veri setine geri-adım regresyonu uygulanmadan ve veri seti içerisinde metrikler kullanılmadan, yalnızca MERIS bantları kullanılarak regresyon ağacı modeli oluşturulmuştur. Bu veri setinde 120 bant bulunmaktadır. Yalnızca MERIS bantları kullanıldığında, modelin korelasyon katsayısı 0.70 olmaktadır. Şekil 4.31'de Yalnızca MERIS değişkenleri kullanılarak tahmin edilmiş ağaç kapalılık yüzdesi değerlerinin dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.31. MERIS Değişkenleri (120 Bant) İle Üretilen Ağaç Kapalılık Yüzdesi Dağılımları

Tahmin edici ve test değişkenleri kullanılarak oluşturulan regresyon ağacı modelinin tahmin hata ve korelasyon katsayıları Çizelge 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.3. Model Değişkenleri Tahmin Hata ve Korelasyon Katsayıları

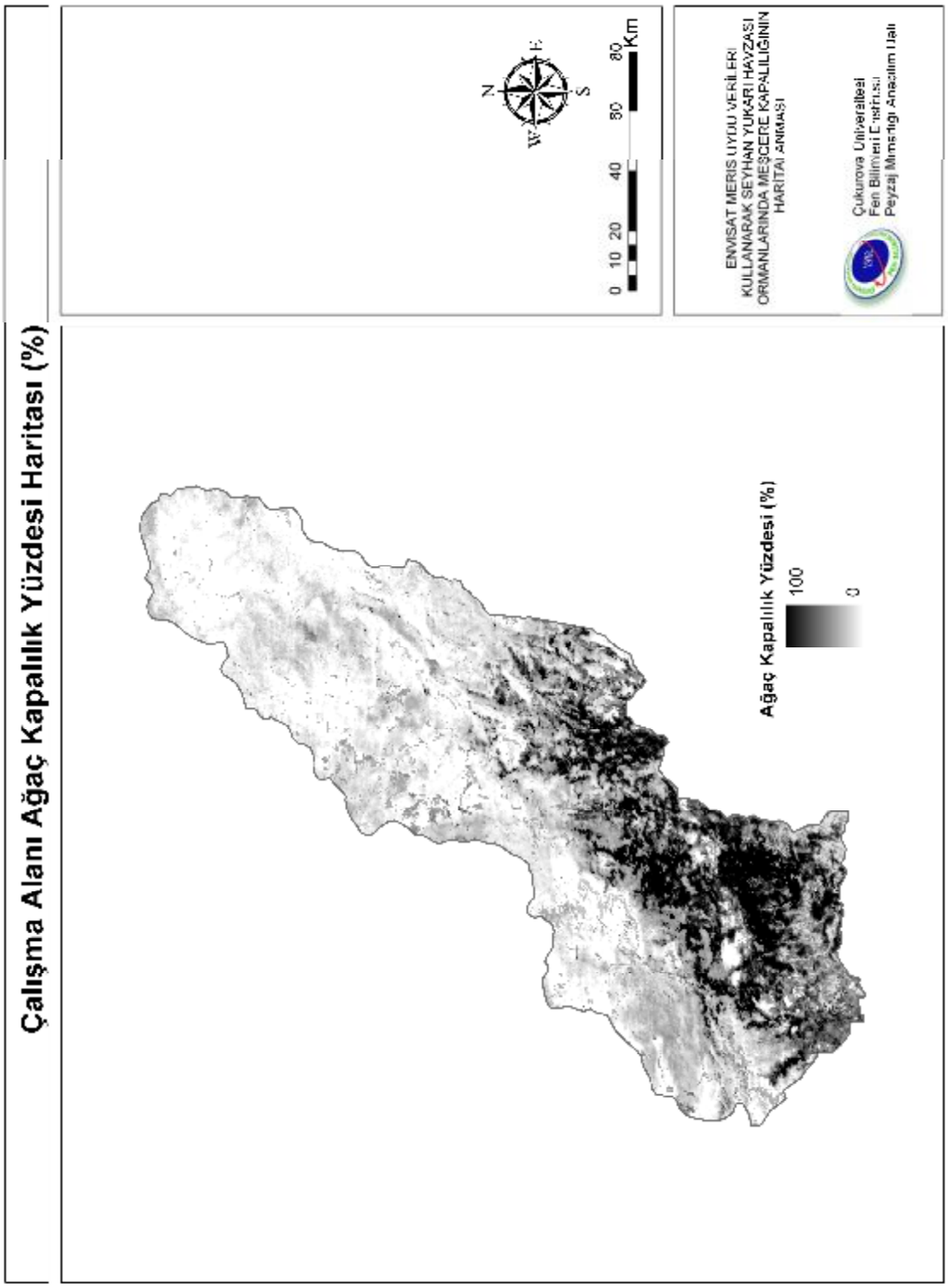
Değişkenler	**Ortalama Tahmin Hatası (%)**	**Korelasyon Katsayısı (r2)**
SLR ile seçilen tahmin edici değişkenler (69 Bant)	**11.2**	**0.83**
MERIS Bantları + Metrikler (160 bant) (SLR uygulanmamış tüm veri seti)	**13.9**	**0.74**
Yalnızca MERIS bantları	**15.1**	**0.70**

Çalışma bulgularında, farklı bant sayılarına sahip veri setleri ile oluşturulan regresyon ağacı modelleri sonuçları incelendiğinde, modelin doğruluk yüzdesinin kullanılan SLR yöntemi ve metriklerle olumlu yönde arttığı görülmektedir.

4.2.5. Ağaç Kapalılık Haritasının Oluşturulması

Çalışmada sonuç verisi olarak, Seyhan Yukarı Havzası için regresyon ağacı modeli kullanılarak ağaç kapalılık yüzdesi elde edilmiştir.

Sonuç verisi olarak üretilen Seyhan Yukarı Havzası'nın 300 m çözünürlü ağaç kapalılık yüzdesi haritası Şekil 4.32'de görülmektedir.



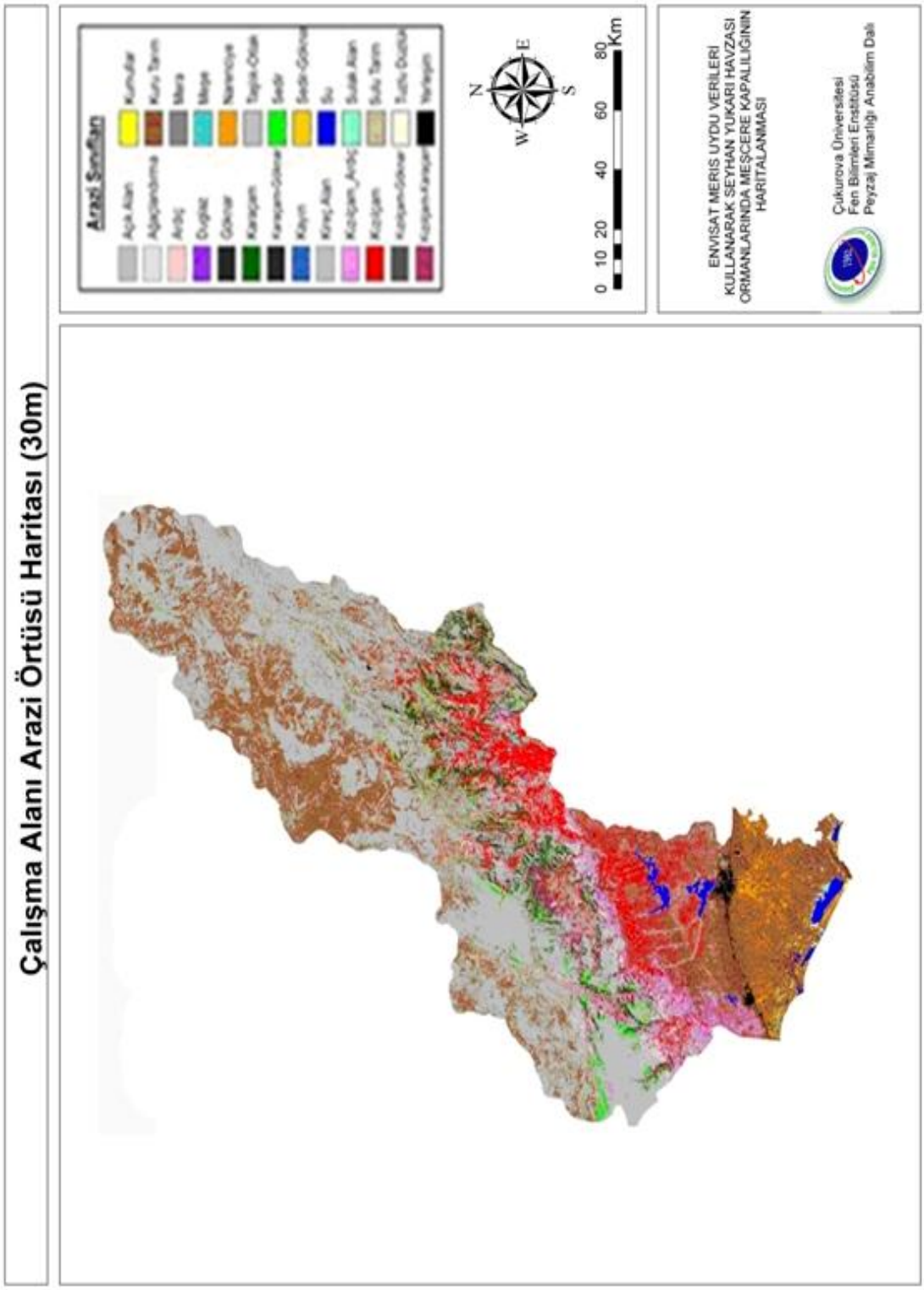
Şekil 4.32. Seyhan Yukarı Havzası Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası

4.3. Orman Meşcereleri için Kapalılık Yüzdelerinin Belirlenmesi

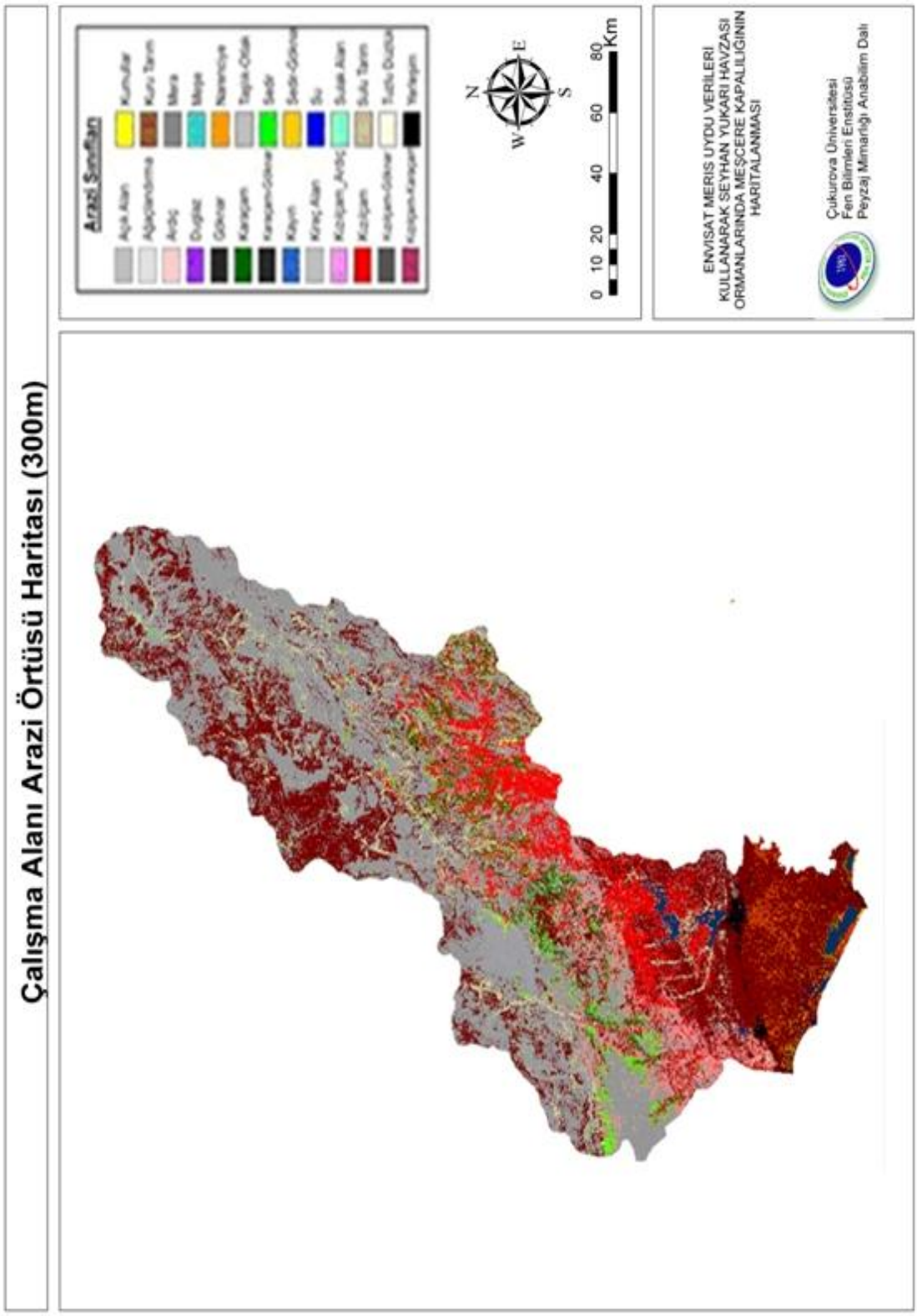
Çalışmada regresyon ağacı modeli ile Seyhan Yukarı Havzası için üretilen ağaç kapalılık yüzdesi haritası kullanılarak havzadaki meşcere tiplerinin de kapalılık yüzde değerleri haritalanmıştır.

Çalışmada, 30 m yersel çözünürlü Landsat ETM görüntüsü, materyal ve yöntem bölümünde anlatılan eğitimli sınıflama tekniği ile sınıflanmış ve havzanın 30 m çözünürlü arazi örtüsü haritası elde edilmiştir. Bu haritada, yersel gözlemler ve Seyhan Havzası'nda tür çeşitliliğinin fazla olduğu alanlara ait orman meşcere haritaları kullanılarak belirlenen 27 arazi sınıfı yer almaktadır (Şekil 4.33).

Seyhan Havzası için tür bazında kapalılık yüzdelerinin hesaplanabilmesi için eğitimli sınıflama ile elde edilen 27 sınıflı arazi örtüsü haritası, MERIS verileri ile uyumlu hale getirilmek üzere 300 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. 300 m çözünürlü arazi örtüsü haritası Şekil 4.34'te görülmektedir.



Şekil 4.33. Seyhan Yukarı Havzası Arazi Örtüsü Haritası (30 m)

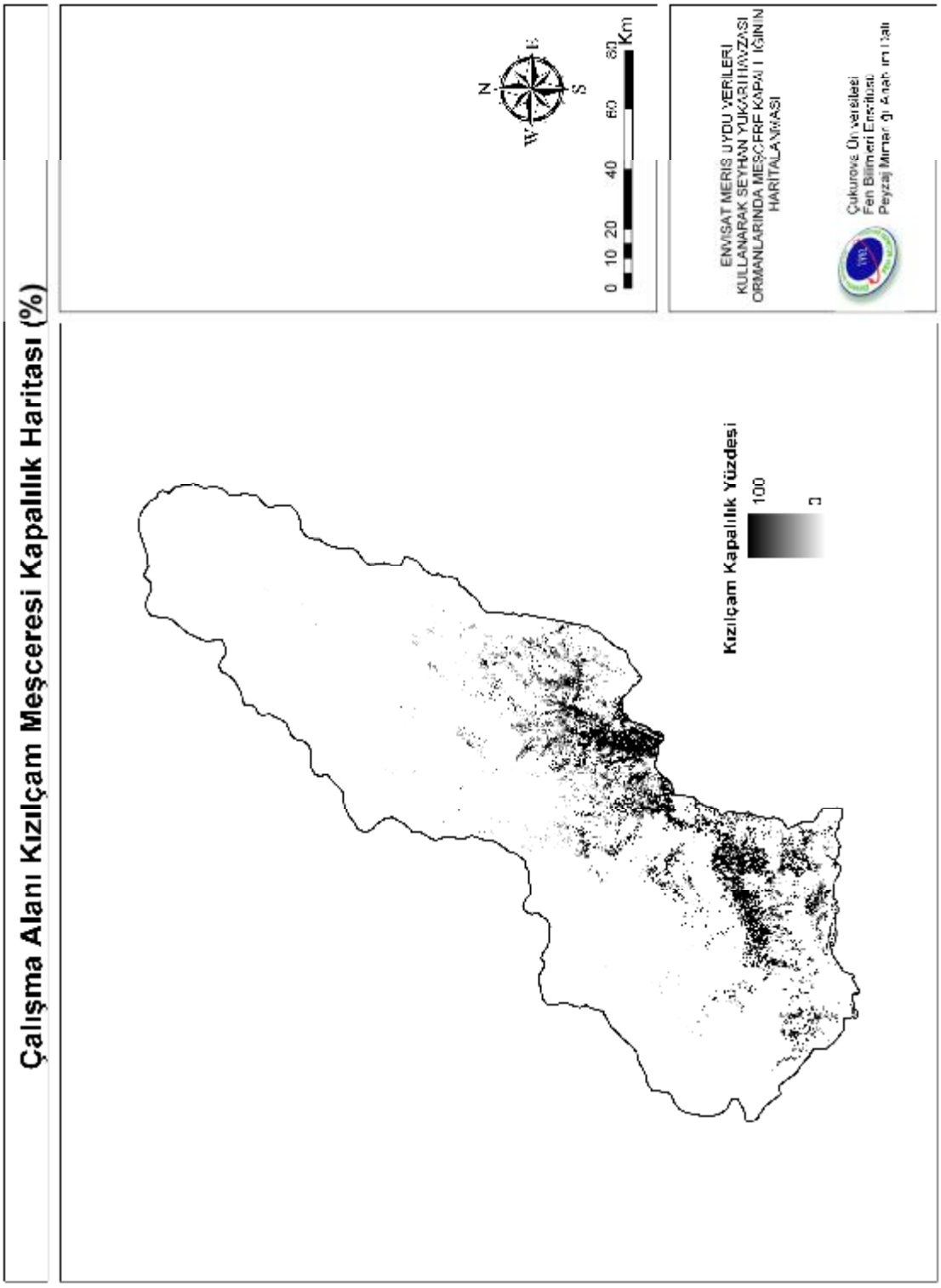


Şekil 4.34. Seyhan Yukarı Havzası Arazi Örtüsü Haritası (300 m)

Çalışmada kullanılan arazi örtüsü içerisinde bulunan 27 sınıfın 13 tanesi, Seyhan Havzasındaki meşcere türlerinin temsil etmektedir. Bu sınıflar içerisinde bulunan kızılçam, karaçam, sedir, ardıç, göknar türleri iğne yapraklı herdemyeşil orman grubunda gösterilmektedir. Havzadaki kayın ve meşe türleri ise karışık geniş yapraklı ve iğne yapraklı orman grubuna girmektedir.

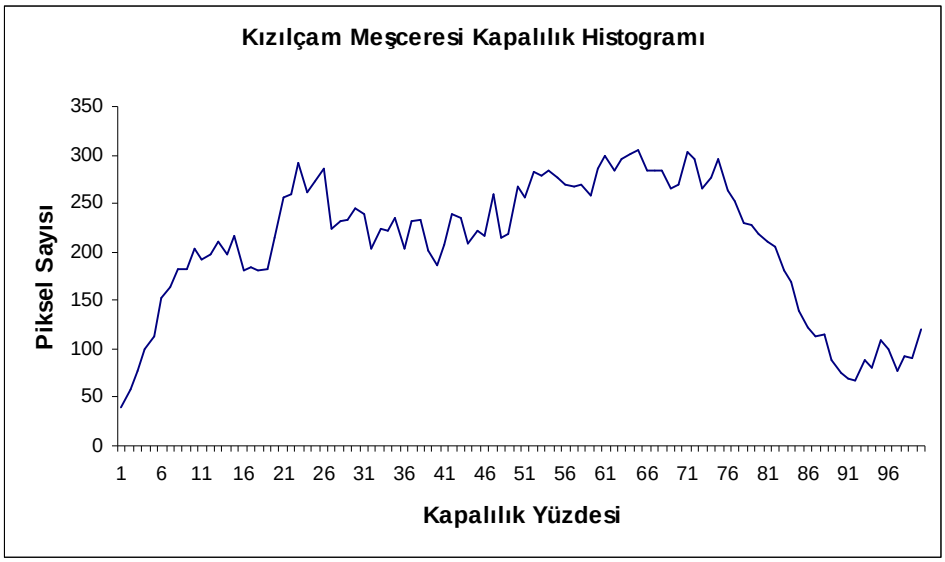
Seyhan Havzası için üretilen arazi örtüsü haritasındaki sınıfların alana yayılımı incelendiğinde, kızılçam, karaçam, ardıç ve meşcere türlerinin, diğer arazi sınıflarına oranla daha baskın oldukları görülmektedir. Ayrıca, Göknar türleri alanda baskın tür olarak bulunmadığından dolayı kapalılık değerleri, karışık meşcere sınıfları içerisinde hesaplanmıştır.

Seyhan Yukarı Havzasına ait ağaç kapalılık yüzdesi haritasının oluşturulması ile birlikte, alanda bulunan kızılçam ormanlarının da alan içerisindeki dağılımı ve kapalılık değerleri hesaplanmıştır. Seyhan Havzasındaki kızılçam ormanlarına ait dağılım ve kapalılık haritası Şekil 4.35‘te görülmektedir.



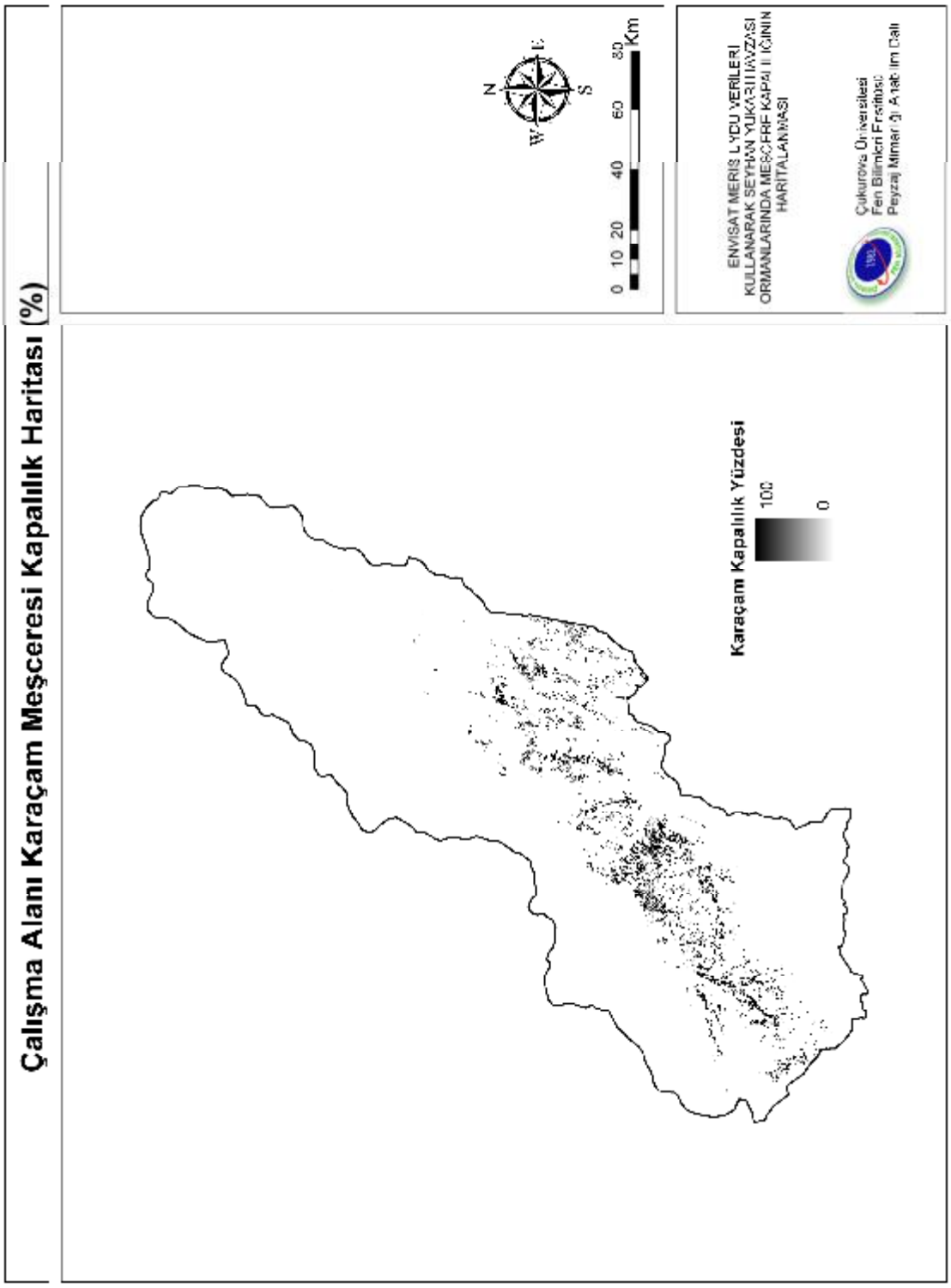
Şekil 4.35. Kızılçam Meşceresine ait Kapalılık Haritası

Kızılçam Meşceresine ait 300 m çözünürlü kapalılık haritasında yaklaşık 300 adet kızılçam pikseli bulunmaktadır. Kızılçam piksellerinin alan içerisindeki kapalılık yüzdeleri Şekil 4.36'da görülmektedir.



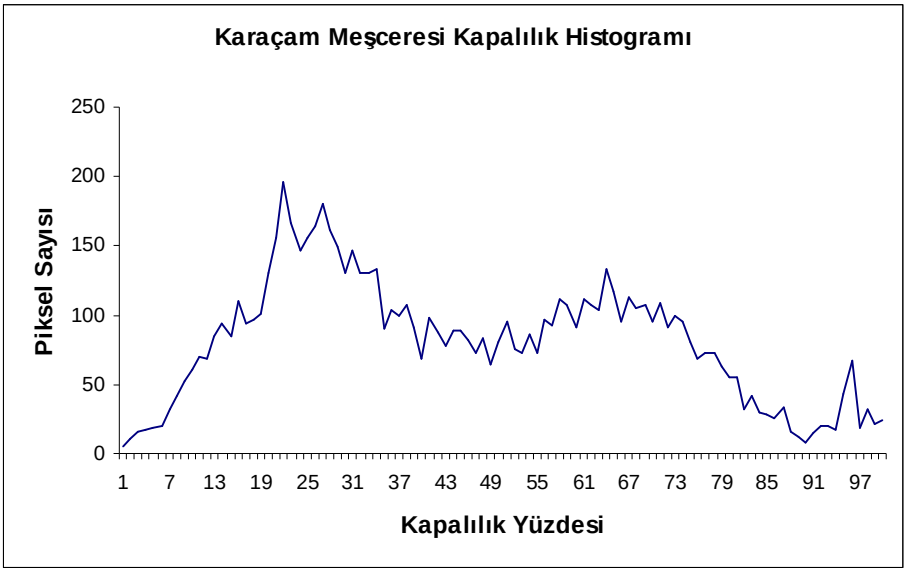
Şekil 4.36. Kızılçam Meşceresi Kapalılık Histogramı

Seyhan Yukarı Havzası'na ait orman meşcereleri içerisinde karaçam ormanlarının alana yayılımı ve kapalılık yüzdeleri Şekil 4.37'de görülmektedir.



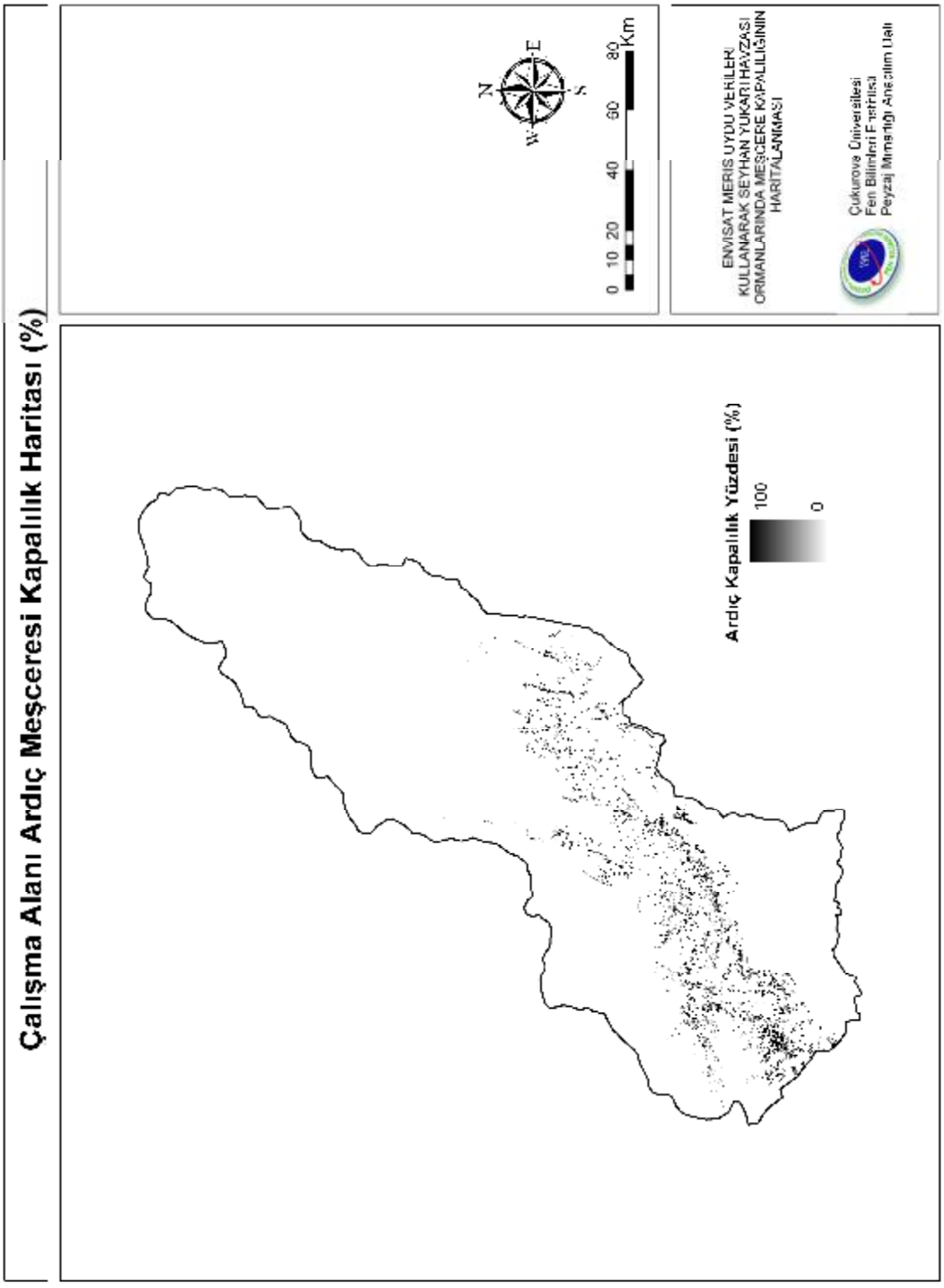
Şekil 4.37. Karaçam Meşceresi Kapalılık Haritası

Seyhan Yukarı Havzasında bulunan karaçam meşceresine ait 300 m çözünürlü kapalılık haritasında yaklaşık 190 adet kızılçam pikseli bulunmaktadır. Karaçam piksellerinin alan içerisindeki kapalılık yüzdeleri Şekil 4.38'de görülmektedir.



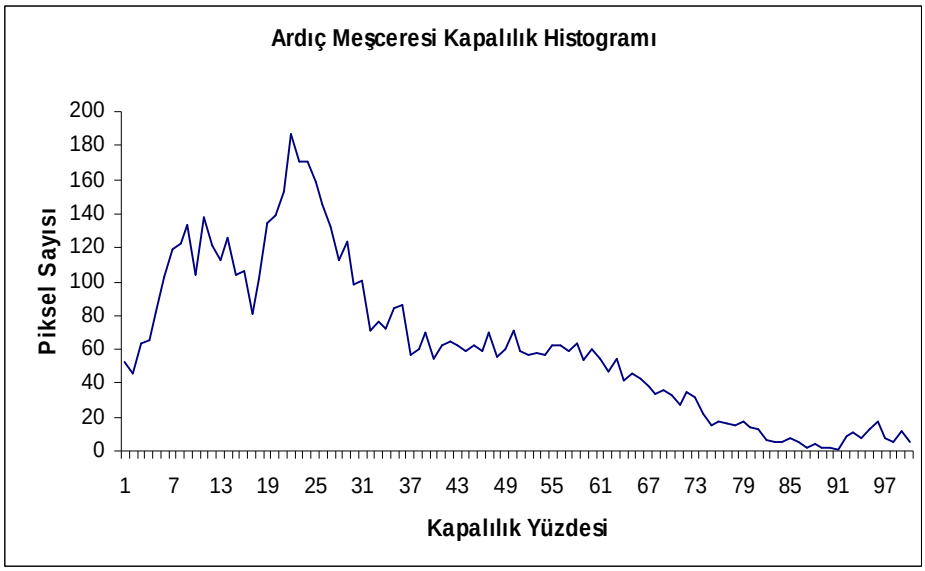
Şekil 4.38. Karaçam Meşceresi Kapalılık Histogramı

Havzadaki kızılçam ve karaçam türlerinin yanında ardıç meşceresinin de kapalılık değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.39'deki kapalılık haritasında, çalışma alanındaki ardıç meşceresinin alan içindeki dağılımı görülmektedir.



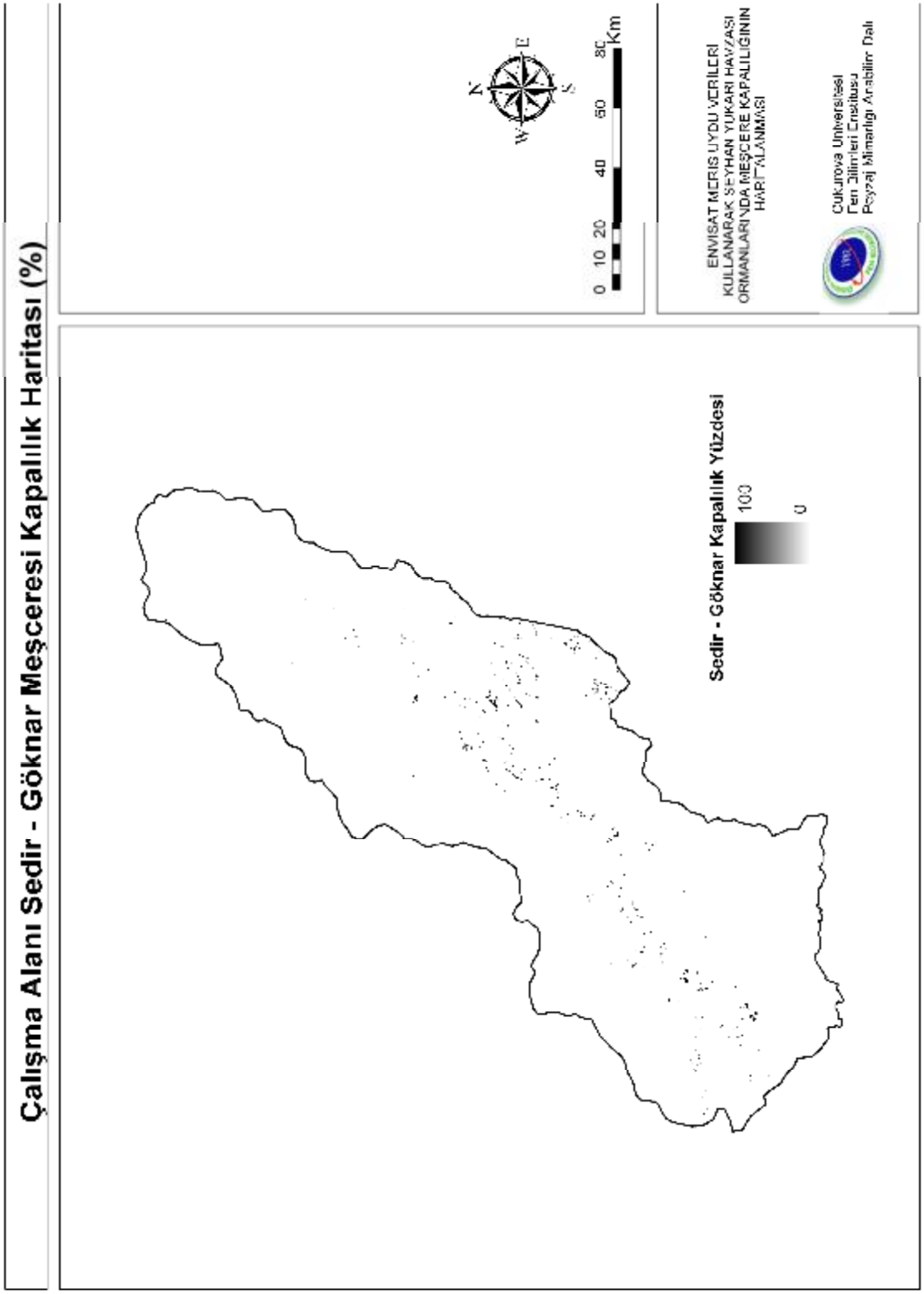
Şekil 4.39. Ardıç Meşceresine ait Kapalılık Haritası

Ardıç meşceresine ait 300 m çözünürlü kapalılık haritasında 185 adet ardıç pikseli bulunmaktadır. Ardıç piksellerinin alan içerisindeki kapalılık yüzdeleri Şekil 4.40'de görülmektedir.



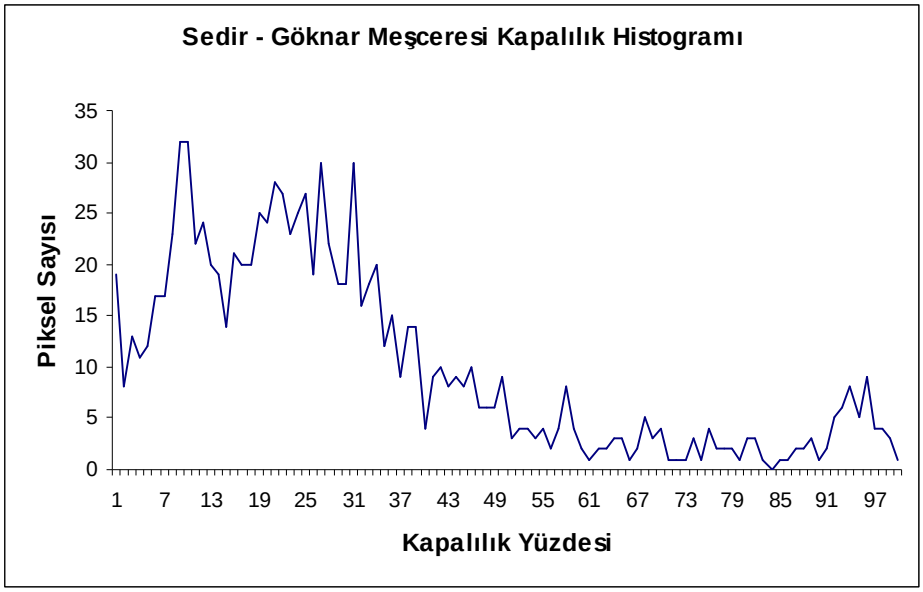
Şekil 4.40. Ardıç Meşceresi Kapalılık Histogramı

Seyhan Yukarı Havzası'ndaki tür çeşitliliği içerisinde kızılçam, karaçam ve ardıç türleri, baskın olarak bulunmaktadır. Havzada göknar (*Abies cilicica*) ve sedir (*Cedrus libani*) meşcereleri ise, büyük orman grupları içerisinde dağınık olarak yer almaktadır. Bu nedenle havza için yapılan ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde, göknar ve sedir türlerinin kapalılık yüzde değerleri karışık meşcere tipi içerisinde birarada hesaplanmıştır. Şekil 4.41'deki kapalılık haritasında, sedir ve göknar meşceresinin alan içerisindeki dağılımları görülmektedir.



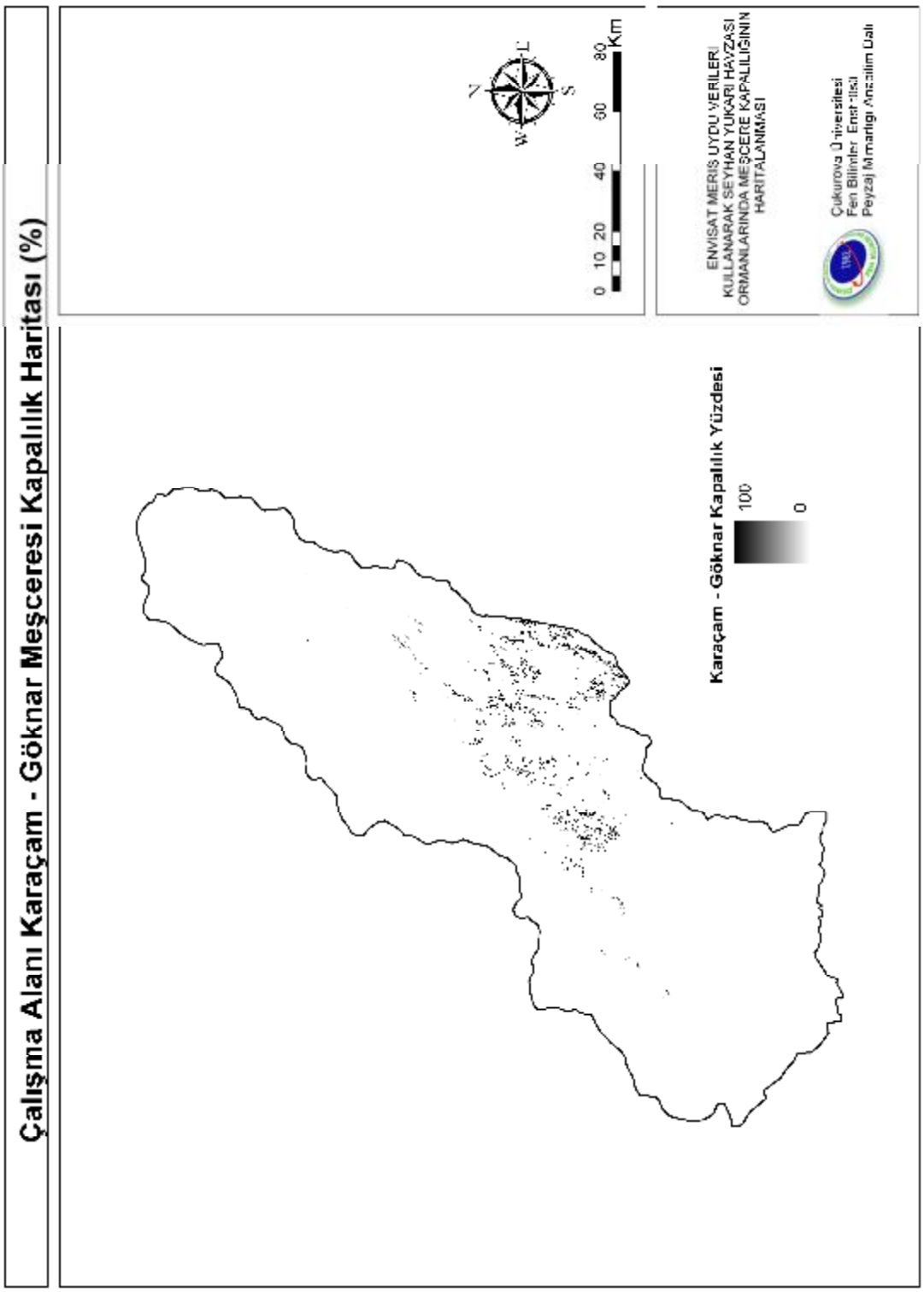
Şekil 4.41. Sedir – Göknar Karışık Meşcere Kapalılık Haritası

Seyhan Yukarı Havzasında bulunan sedir - göknar meşceresine ait 300 m çözünürlü kapalılık haritasında 40 adet sedir – göknar karışık meşcere pikseli bulunmaktadır. Sedir- Göknar piksellerinin alan içerisindeki kapalılık yüzdeleri Şekil 4.42'de görülmektedir.



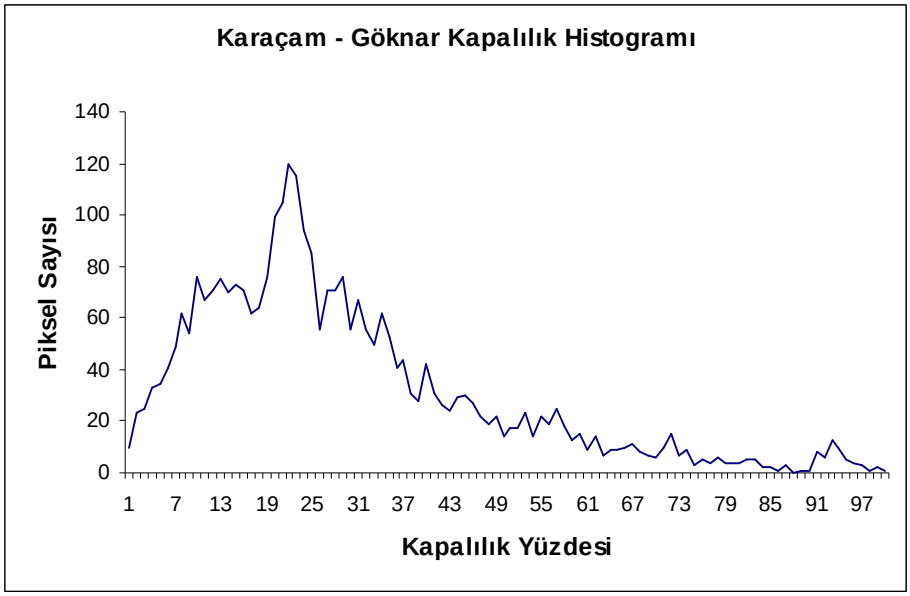
Şekil 4.42. Sedir - Göknar Meşceresi Kapalılık Histogramı

Seyhan Yukarı Havzası için üretilen arazi örtüsü haritası değerlendirildiğinde, göknar türünün karışık meşcere grupları içerisinde, karaçam türü ile birlikte de bulunduğu görülmüştür. Karaçam ve göknar türleri havza içerisinde çeşitli bölgelerde bir arada bulunmaktadır. Karaçam ve göknar türlerinin kapalılığı ve alan içerisindeki dağılımları Şekil 4.43'te görülmektedir.



Şekil 4.43. Karaçam – Göknar Karışık Meşcere Kapalılık Haritası

Seyhan Yukarı Havzasında bulunan karaçam - göknar karışık meşceresine ait 300 m çözünürlü kapalılık haritasında 120 adet karışık meşcere pikseli bulunmaktadır. Meşcere piksellerinin alan içerisindeki kapalılık yüzdeleri Şekil 4.44'de görülmektedir.



Şekil 4.44. Karaçam - Göknar Meşceresi Kapalılık Histogramı

Regresyon Ağacı modeli ile üretilen ağaç kapalılık yüzdesi haritası değerlendirildiğinde, Seyhan Yukarı Havzası'nda tür çeşitliliğinin havzanın güney kesimlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Yukarı Havzanın üst kesimlerinde yoğun olarak sulamanın yapıldığı tarım alanları ve meralar bulunduğundan orman örtülüğü düşük değerlerdedir. Yukarı Havzadaki orman örtüsü tipleri incelendiğinde, tüm türler içerisinde en fazla kapalılık yüzdesine sahip olan türün kızılçam olduğu belirlenmiştir. Havza içerisindeki tüm türlerin havza içerisinde kapladığı alan yüzdeleri Çizelge 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.4. Orman Tiplerinin Seyhan Yukarı Havzasında Kapladığı Alan Yüzdeleri

Tür Adı	Kapalılık Yüzdesi (%)
Kızılçam	15.7
Ardıç	2.1
Karaçam	3.2
Karaçam - Göknar	1.6
Sedir - Göknar	1.0

Yukarı Havza sınırları içerisinde kızılçam türünden sonra karaçam, en fazla yayılım gösteren tür olarak göze çarpmaktadır. Karaçam türü havza içerisinde % 3.2 lik bir alanı kaplamaktadır. Arazi örtüsü haritası incelendiğinde havza içerisinde bulunan göknar türü dağılımı, diğer türlere oranla daha az olduğundan, göknar türünün alandandaki dağılımı karaçam ve sedir türleri ile birlikte karışık meşcere olarak hesaplanmıştır. Yukarı Havzadaki karaçam – göknar meşceresinin dağılımı % 1.6, sedir – göknar meşceresinin dağılımı % 1 olarak hesaplanmıştır.

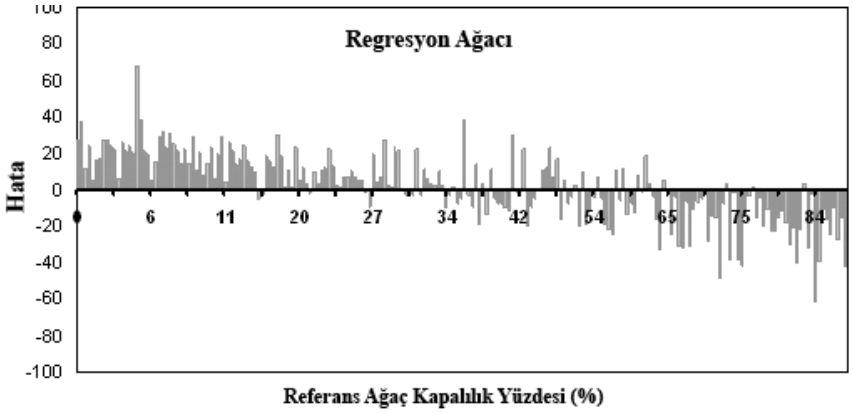
Çalışmada elde edilen ağaç kapalılık yüzdesi haritasının doğruluğu IKONOS verileriyle test edilmiştir. IKONOS verilerine ek olarak, çalışmanın güvenilirliğinin artırılması amacıyla ağaç kapalılık yüzdesi haritası, arazi gözlemlerinden elde edilmiş yer verileri ile de test edilmiştir. Burada, çalışma alanının farklı dört noktasından alınmış kapalılık yüzde değerleri ile aynı noktaların ağaç kapalılık yüzdesi haritasındaki değerleri karşılaştırılmıştır. Arazi gözlemlerinden elde edilmiş kapalılık değerleri ile ağaç kapalılık yüzdesi haritasındaki değerler Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.5. Ağaç Kapalılık Yüzdesi Değerlerinin Karşılaştırılması

Nokta No.	Ağaç Kapalılık Haritası	Arazi Ölçümü
1	% 29	% 25 - 50
2	% 54	% 50 - 75
3	% 79	% 50 - 75
4	% 53	% 50 - 75

Seyhan Yukarı Havzası'nda birinci noktada arazide gözlenen kapalılık yüzdesi değeri % 25 ile % 50 arasındadır. Regresyon Ağacı Modeli ile elde edilmiş ağaç kapalılık yüzdesi haritasında birinci noktanın değeri % 29 olarak tahmin edilmiştir. Havzadaki ikinci noktanın arazi gözleminde elde edilmiş kapalılık yüzde değeri % 50 - % 75 arasındadır. İkinci noktanın regresyon ağacı ile tahmin edilen kapalılık değeri % 54'tür. Üçüncü noktanın arazi gözlemi % 50 ile % 75 arasında iken, model ile bu değer % 79 olarak tahmin edilmiştir. Havzadaki dördüncü noktanın arazi gözleminde kapalılık yüzdesi % 50 - % 75, aynı nokta için model ile tahmin edilen değer % 53'tür. Arazi gözlemleri ve regresyon ağacı modeli ile tahmin edilmiş ağaç kapalılık yüzdesi değerleri karşılaştırıldığında, tahmin edilen kapalılık yüzde değerlerinin, arazide gözlenen kapalılık yüzde değerleri ile yüksek oranda örtüştüğü görülmektedir. Arazi gözlemleri ve regresyon ağacı modeli ile yapılan ağaç kapalılık yüzde tahmin değerleri karşılaştırıldığında, değerlerin birbirine yakın aralıkta olduğu görülmektedir. Bu karşılaştırmada elde edilen sonuçlar ile regresyon ağacı modeli ile üretilen ağaç kapalılık yüzdesi haritasının güvenilir bir yersel veri olduğu ortaya konulmuştur.

Çalışmada, ayrıca regresyon ağacı modelinin ağaç kapalılık yüzdesi tahmin hata dağılımları hesaplanmıştır (Şekil 4.45). Hata dağılımları hesaplanırken referans ağaç kapalılık yüzdesi verileri kullanılmıştır.



Şekil 4.45. Referans Verisinden Uzaklaşmayı Gösteren Hata Dağılım Örnekleri

Şekil 4.45 incelendiğinde, tahmin hatasının, ağaç kapalılık yüzdesinin düşük olduğu alanlarda fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, ağaç kapalılık yüzdesinin düşük olduğu karışık alanlarda, ağaç kapalılığının homojen olarak seçilmesinin zorlaşmasıdır. Özellikle ağaç kapalılığının % 30 ile % 60 arasında olduğu aralıkta tahmin hatası yüksek değerlerde bulunmakta, % 10'un altında ise maksimum değere ulaşmaktadır. Havzada ağaç kapalılık yüzdesinin fazla olduğu alanlarda tahmin hatası azalmaktadır. Bunun nedeni, homojen ağaç gruplarının regresyon ağacı modeli tarafından daha iyi algılananabilmesi ve bu nedenle yüksek doğrulukta tahmin yapılabilmesidir. Ağaç kapalılık yüzdesinin % 65 ve üzerinde olduğu alanlar için tahmin hatasının azaldığı görülmektedir.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, regresyon ağacı modeli kullanılarak Seyhan Yukarı Havzası için ağaç kapalılık yüzdesi haritası başarıyla üretilmiştir. Bununla birlikte, yukarı havza içerisindeki orman tiplerinin alana yayılışı ve kapladığı alan yüzdeleri de tür bazında ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, regresyon ağacı modelinin bölgesel ölçekte ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanmasında başarılı sonuçlar verdiği açıkça görülmüştür.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine taraf olan ülkemiz için, karbondioksitin doğa içerisindeki döngüsü ve dinamiklerinin belirlenmesi, sera etkisinin azaltılması için yapılması gereken öncelikli çalışmalardan birisidir. Bu konuda envanter çalışmalarının yapılması ve sera etkisine neden olan karbondioksit gazı miktarlarının azaltılması için önlemler alınması; küresel ısınmanın büyük tehdit oluşturduğu dünyamızda, doğal sistemlerdeki dengenin korunması adına, geleceğe yönelik senaryoların oluşturulabilmesi için, özellikle İÇDS ile birlikte resmi bir yükümlülük haline gelmiştir.

Artan fosil yakıt kullanımına paralel olarak artan sera etkisinin azaltılması için en olası strateji, atmosferdeki karbondioksit miktarının azaltılmasıdır. Atmosfordeki bu karbondioksit miktarının doğal yollardan azaltılması, ağaçlar tarafından atmosferdeki karbondioksitin emilmesi ile mümkün olmaktadır. Atmosferdeki karbondioksitin ağaçlar tarafından emilmesi, fotosentez süreci ile karbonun bitki bünyesinde depolanmasıdır.

Bölgesel ve küresel ölçekteki karbon dinamiklerinin, doğru olarak belirlenebilmesi için karbon modellerinde, ormanların bölgesel yayılışlarını temsil eden ağaç kapalılık yüzdesinin kullanılması, modellerde güvenilir sonuçlara ulaşılması için en etkin yollardan birisidir.

Ülkemizdeki bölgeler değerlendirildiğinde, orman alanları yoğunlukla Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'i çevreleyen dağlarda konumlanmaktadır.

Akdeniz Bölgesi, Anadoluda binlerce yıl varlığını sürdürmüş bir çok medeniyete ev sahipliği yapmış önemli bir kültür merkezidir. Bununla birlikte Akdeniz Bölgesi, bünyesinde bulundurduğu doğal potansiyel ile ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Akdeniz Bölgesi için çevresel bileşenler ve vejetasyon örtülülüğü göz önüne alındığında, sahip olduğu doğal peyzaj değerleri ve tür çeşitliliği bakımından en önemli potansiyele sahip merkez Seyhan Havzası’dır. Sahip olduğu doğal kaynak potansiyeli ile Seyhan Havzası, bölgesel ölçekte yapılan planlama çalışmaları için önemli bir araştırma alanı niteliğindedir.

Seyhan Havzası gibi tür çeşitliliğinin fazla olduğu bölgelerin karmaşık yapılarının izlenmesi ve analizinde doğru ve etkin sonuçlara ulaşılabilmesi için, güncel verilerin ve tekniklerin kullanılması gerekliliği bulunmaktadır. Günümüzde bu sistemlerin izlenmesi ve değerlendirilmesinde, güncel bilgiler sağlayan uzaktan algılama yöntemleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Yeryüzü hakkında periyodik bilgi akışı sağlayan uydu platformlarından elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan uzaktan algılama yöntemleri, doğal sistemlerin dinamik yapılarının incelenmesi ve modellenebilmesi için önemli bir potansiyel yaratmaktadır.

Bu çalışmada, uzaktan algılama verileri ve bir karar ağacı yöntemi olan regresyon ağacı modeli kullanılarak Yukarı – Seyhan Havzası'ndaki ağaç kapalılık yüzdesi modellenmiş ve haritalanmıştır. Havza bazında ağaç kapalılık yüzdesinin tahminiyle birlikte araştırmada, Yukarı – Seyhan Havzası'ndaki iğne yapraklı herdemyeşil bitki türlerinin de yüzdeleri ve havzadaki dağılımları haritalanmıştır.

Özellikle, güncel uydu verileri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplandığı bu çalışma, sahip olduğu doğal potansiyel bakımından ülkemizde önemli bir yere sahip olan Yukarı – Seyhan Havzası'nda, orman alanlarının güncel olarak haritalanabilmesi açısından önemlidir.

Seyhan Havzası ormanları için ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanması, ülkemizdeki karbon potansiyelinin belirlenebilmesi için oluşturalacak modeller için önemli bir altlık veri oluşturacaktır. İÇDS ile birlikte ülke bazında karbon varlığının hesaplanması gerekli hale gelmiştir. Bu çalışma, ülkemizdeki karbon potansiyeli konusunda yapılacak envanter çalışmaları için, önemli bir değişken olan ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanması ve haritalanması bakımından önem taşımaktadır.

Ağaç kapalılık yüzdesi ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda, bu çalışmada kullanılan regresyon ağacı modelinin, ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanmasında kullanılan diğer tekniklere (doğrusal karışım modeli, çoklu doğrusal regresyon vb.) oranla, doğanın dinamik yapılarının çözümlenmesinde daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Havza bazında yapılmış bir pilot çalışma özelliğini taşıyan bu araştırma içerisinde kullanılan modelin sonuçlarının doğruluğu göz önüne alındığında, regresyon ağacı modeli, ülke genelinde Ağaç Kapalılık Yüzdesinin hesaplanması için

de kullanılabilir niteliktedir. Uygun çözünürlü yersel verilerin Regresyon Ağacı modeli içerisinde kullanılmasıyla ülke bazında ağaç kapalılık yüzdesi hesaplanabilir.

Çalışmada kullanılan regresyon ağacı modeli ile ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için geniş bir veri seti hazırlanmıştır. Bu geniş veri setinde tahmin edici değişken olarak Mart 2003 – Ekim 2005 yılları arasında Envisat MERIS algılayıcısı tarafından kaydedilen uydu verileri oluşturmaktadır. Envisat MERIS verileri 300 m piksel çözünürlüğündedir. Havzadaki vejetasyon hakkında daha fazla bilgi alınabilmesi, vejetasyonun karmaşık yapısı için daha deyatlı bilgi sağlayacaktır. Bu nedenle, ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanmasında fazla miktarda uydu verisi ile regresyon ağacı modeli için oluşturulan veri setinin geniş tutulması, modelin doğruluğunu artırmıştır.

Çalışma sonucunda regresyon ağacı modeli ile elde edilen ağaç kapalılık yüzdesi haritasının doğruluk oranları değerlendirildiğinde, Envisat MERIS verilerinin sahip olduğu yansıma ve yersel çözünürlük değerleri bakımından, bölgesel ölçekli modelleme ve haritalama çalışmaları için uygun olduğu saptanmıştır.

Yüksek çözünürlü IKONOS (4m) görüntüleri, ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanmasında eğitim ve test verisi olarak kullanılmıştır. Modelin doğruluk değerlendirilmesinde, test verileri olarak kullanılan IKONOS görüntüleri düşük tahmin hata değeri vermiştir. Tahmin hatasının düşük değerlerde olması, modelin doğruluğunun fazla olduğunu da göstermektedir.

Yukarı – Seyhan Havzası ormanlarının büyük bir kısmı yıl içerisinde ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında kar ve bulut örtüsü ile kaplı olduğundan, tahmin edici değişkenlerin seçiminde, bu aylara ait veriler ihmal edilmiş ve regresyon ağacı modeli için yıl içerisindeki sekiz aylık periyoda ait veri seti kullanılmıştır. Çalışmada regresyon ağacı modeli, MERIS standart bantları, tahmin edici değişken olarak kullanılarak oluşturulduğunda, test verileri ile yapılan doğruluk değerlendirilmesinde sonuç haritalarının doğruluğu % 70 olarak ölçülmüştür.

Ağaç Kapalılık Yüzdesinin tahmini için kullanılan veri setinde, regresyon ağacı modelinin doğruluğunun artırılması için MERIS verileri üzerinden beş adet ilave metrik oluşturulmuş ve bu metrikler veri seti üzerine eklenmiştir.

Çalışmada regresyon ağacı modelinde kullanılan MERIS verileri ile birlikte ilave metriklerin de doğruluğu test edilmiştir. Burada kullanılan her bir MERIS verisine ilave metriklerin eklenmesiyle her ay için 20 bantlı görüntüler elde edilmiştir. Metriklerin ilave edilmesiyle tüm veri seti için 160 bant elde edilmiş ve regresyon ağacı modeli bu veri setiyle oluşturulmuştur. Metriklerin eklendiği bu veri seti ile ağaç kapalılık yüzdesi haritası % 76 doğrulukla elde edilmiştir. MERIS standart bant düzenine ilave metriklerin eklenmesiyle modelin doğruluğunun arttığı görülmektedir.

Regresyon ağacı modeli, metriklerin ilave edildiği yüzaltmış bantlı veri seti içerisinden geri – adım doğrusal regresyon modeli ile en yararlı tahmin edici değişkenlerin seçilmesiyle oluşturulmuştur. Regresyon ağacı modelinin oluşturulması için tüm veri setine geri – adım yöntemi uygulandığında, 160 bant içerisinden 69 bant seçilmiştir. Geri – adım ile seçilen bu 69 band ile oluşturulan regresyon ağacı modeli sonuçları incelendiğinde, doğruluk yüzdesinin % 83‘e yükseldiği görülmüştür.

Model sonuçlarının doğruluk yüzdeleri değerlendirildiğinde, tüm veri seti içerisinden geri – adım doğrusal regresyon yöntemiyle seçilen yararlı değişkenler ile oluşturulan regresyon ağacı modelinin en doğru sonuçları verdiği görülmüştür.

Farklı veri setleri ile oluşturulan modelin sonuçlarına bakıldığında, MERIS standart bantlarına metriklerin ilave edilmesiyle model sonuçlarının doğruluğu artmaktadır. Bununla birlikte tüm veri seti içerisinden geri – adım doğrusal regresyon yöntemi ile model için yararlı değişkenlerin seçilmesi ile oluşturulan yeni veri seti kullanıldığında, modelin doğruluğunun en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Bu sonuçlar, regresyon ağacı modelinde ilave metriklerin ve geri – adım yöntemi ile yararlı değişken seçiminin etkinliğini göstermektedir.

Regresyon Ağacı Modelinin doğruluğunu artırmak için kullanılan metrikler içerisinde, Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon ve MERIS Karasal Klorofil İndeksleri (MTCI), alanda bulunan sağlıklı vejetasyon hakkında bilgi sağlamakta ve bir girdi değişkeni olarak diğer metriklere oranla regresyon ağacı modelininin doğruluğunun artmasına daha fazla katkıda bulunmaktadır. Geri –Adım Yöntemi ile seçilen

değişkenler incelendiğinde, NDVI ve MTCI değişkenlerinin, metrikler içerisinde en fazla seçilme oranına sahip olduğu görülmüştür.

Günümüzde, ağaç kapalılık yüzdesinin özellikle ülkemiz için yeni bir bilim dalı olan uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak haritalanması ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Havza bazında yapılan bu çalışma, ülkemizin karbon bütçelerinin uzaktan algılama yöntemleri ile hesaplanabilmesi için oluşturulacak modellerde kullanılacak en önemli değişken olan ağaç kapalılık yüzdesinin güncel olarak hesaplanması bakımından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

AKMAN, Y., 1990. İklim ve Biyoiklim, Palme Yayın Dağıtım, Ankara.

ALTAN, T., ARTAR M., ATIK M., ÇETİNKAYA G., 2004. Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Yönetim Planı. Life Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Planlama Projesi.Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 372 Sf., Adana ISBN: 975–487–118–3.

ALTAN, T., AKTOKLU, E., ATMACA, M., KAPLAN, K., ATİK, M., ARTAR, M., GÜZELMANSUR, A., ÇİNÇİNOĞLU, A., BÜYÜKAŞIK, Y., 2007. Seyhan Havzası Bitki Örtüsünün Florıstık ve Vejetasyon Açısından Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG-JPN-07 Sonuç Raporu.

ANONİM, 2006. İstanbul Bilgi İletişim Sistemleri Resmi İnternet Sitesi A.Ş. Regresyon Analizi Modeli. http://analiz.ibsyazilim.com/egitim/koran.html.

ANONİM, 2007a. Çevre ve Orman Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi (http://www.cevreorman.gov.tr/or_2007.htm).

ANONİM 2007b, Uludağ Üniversitesi Uzaktan Algılama Laboratuarı Resmi İnternet Sitesi, http://www.uludag.edu.tr/rsgis/UAnedir.html

ANONİM, 2007c. Avrupa Uzay Ajansı Resmi İnternet Sitesi.http://envisat.esa.int/instruments/meris/.

ANONİM, 2007d. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama & Coğrafi Bilgi Sistemleri Merkezi Resmi İnternet Sitesi (http://www20.uludag.edu.tr/~rsgis/UYDUbilgi.html).

ANONİM, 2007e. Dünya Sağlık Örgütü Resmi İnternet Sitesi, http://www.who.int/en/.

ANONİM, 2007f. İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi (UHUZAM) Resmi İnternet Sitesi, http://www.cscrs.itu.edu.tr, 2007.

ANONYMOUS, 2007g. Odellion Research Şirketi İnternet Sitesi, Austin, Texas, ABD. http://www.odellion.com/assets/financialmodels/decisiontree.gif.

ANONYMOUS, 2007h. Vikipedi Özgür Ansiklopedi Resmi İnternet Sitesi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Harita_projeksiyonu 2007.

ASNER, P.G., TOWNSEND, A.R., BRASWELL, B.H., 2000. Satellite Observation of El Nino Effects on Amazon Forest Pheonology and Productivity. Geophysical Research Letters, Vol.27. No.7, 981-984.

BAEZ-GONZALEZ, A.D., CHEN, P., TİSCARENO-LOPEZ, M., SRİNİVASAN, R., 2002. Using Satellite and Field Data with Crop Growth Modelling to Monitor and Esimate Corn Yield in Mexico.Crop Science, Vol:42. 1943-1949.

BARET F., HAGOLLE O., GEIGER B., BICHERON P., MIRAS B., HUC M., BERTHELOT B., NINO F., WEISS M., SAMAIN O., ROUJEAN J., LEROY M., 2007. LAI, fAPAR and fCover CYCLOPES Global Products Derived from VEGETATION Part 1: Principles of the Algorithm A Remote Sensing of Environment RSE-06837; sayfa sayısı 12.

BERBEROĞLU, S., 2001. Akdeniz Kıyı Peyzajının Uzaktan Algılama ile Sınıflaması. Türkiye Kıyıları 01. Kıyı Alanları Yönetimi Türk Milli Komitesi, ODTÜ, Ankara.

BERBEROĞLU S., DÖNMEZ C., CURRAN, P.J., 2007a. Quantifying Forest Ecosystem Productivity of Eastern Mediterrenean Using Envisat MERIS Data, European Space Agency Environment Satellite Symposium, Montreux / Switzerland.

BERBEROĞLU S., DÖNMEZ C., ÖZKAN C., 2007b. Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti kullanarak Modellenmesi, 1. Türkiye İklim Değişikliği Sempozyumu, İstanbul, CD üzerinde.

BOREL C. C., GERSTL S. A. W., 1994. Nonlinear Spectral Mixing Models for Vegetative and Soil Surfaces, Remote Sensing of Environment, Vol. 47, No. 3, sf. 403-417.

CURRAN, P.J., WILLIAMSON, H.D., 1987. Estimating the Green Leaf Area İndex Of Grassland with Airborne Multispectral Scanner Data. Oikos; 49: 141-148.

DASH, J., CURRAN P.J., 2004., The MERIS Terrestrial Chlorophyll İndex, International Journal of Remote Sensing, 25: 5403–5413, 8.

DEFRIES R. S., HANSEN M. C., AND TOWNSHEND J. R. G., 2000. Global Continuous Fields Of Vegetation Characteristics: A Linear Mixture Model

Applied to Multi-Year 8 km AVHRR Data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No. 6/7, sf. 1389-1414.

DEFRIES R., HANSEN, M., STEININGER, M., DUBAYAH, R., SOHLBERG, R. AND TOWNSHEND, J., 1997. Subpixel Forest Cover İn Central Africa From Multisensor, Multitemporal Data. Remote Sensing of Environment, Vol. 60, sf., 228–246.

EASTMAN, R. J., 2001. Idrisi 32 Release 2 Guide to GIS and Image Processing Volume 2. Clark Labs. United States of America.

ERDAS YAZILIM REHBERİ, 2003. İkinci Basım, Erdas Inc., Atlanta, USA.

ERDOĞAN M.A., 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Habitat Modelleme: Akça Cılıbıt Populasyonu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.

FIELD, C.B., RANDERSON J., MALMSTROM C., 1995. Global Net Primary Production: Combining Ecology and Remote Sensing, Remote Sensing and Environment. 51:74-88.

FOODY, G., CURRAN, P.J., 1994, Environmental Remote Sensing from Regional to Global Scales (Chichester: John Wiley & Sons), pp. 149–166.

FRANKLIN, J., MC CULLOUGH, P. AND GRAY, C., 2000. Terrain Variables for Predictive Mapping of Vegetation Communities in Southern California. Terrain Analysis: Principals and Applications. Wilson, J., Gallant, J. (Ed.), John Wiley and Sons, New York, 381.

GALLANT A. R., 1987. Nonlinear Statistical Models, John Wiley & Sons, New York, sf. 610.

GITELSON A., VIN A., ARKEBAUER T.J., RUNDQUIST D.C., KEYDAN G., LEAVITT B., 2003. Remote Estimation Of Leaf Area İndex And Green Leaf Biomass İn Maize Canopies, Geophysical Research Letters, VOL. 30, NO. 5, 1248, doi:10.1029/2002GL016450.

GÜZELMANSUR A., SALICI A., ALTAN T., 2007. Olası İklim Değişikliğinin Yukarı Seyhan Havzası Turizmine Etkileri, 1. Türkiye İklim Değişikliği Sempozyumu, İstanbul.

HANSEN M., TOWNSHEND R., DEFRIES S., CARROLL M. 2003. Estimation of Tree Cover Using MODIS Data at Global, Continental and Regional/Local Scales, International Journal of Remote Sensing, Vol. 26, sf., 4359–4380

HANSEN M.C., DEFRIES R.S., 2004. Detecting Long-term Global Forest Change Using Continuous Fields of Tree-Cover Maps from 8-km Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Data for the Years 1982–99 Ecosystems 7: 695–716 DOI: 10.1007/s10021-004-0243-3.

HANSEN M.C., DEFRIES R.S., TOWNSHEND J.R.G., SOHLBERG R., DIMICELI C., CARROLL M., 2002. Towards an operational MODIS Continuous Field of Percent Tree Cover Algorithm: Examples Using AVHRR and MODIS Data Remote Sensing of Environment Vol. 83, sf. 303–319.

HANSEN M.C., DEFRIES R.S., TOWNSHEND J., CARROLL M., DIMICELI C., SOHLBERG R.A., 2003, Global Percent Tree Cover at a Spatial Resolution of 500 Meters: First Results of the MODIS Vegetation Continuous Fields Algorithm, Earth Interactions, Volume 7, Paper No. 10, Page 1.

HANSEN M.C., TOWNSHEND J., DEFRIES R.S., CARROLL M., 2005. Estimation of tree cover using MODIS data at global, continental and regional/local scales, International Journal of Remote Sensing Vol. 26, No. 19, sf. 4359–4380.

HANSEN, M.C., DEFRIES R.S., TOWNSHEND, J.R.G., SOHLBERG, R.A., DIMICELI, C. VE CARROLL, M., 2002, Towards an Operational MODIS Continuous Field of Percent Tree Cover Algorithm: Examples using AVHRR and MODIS data. Remote Sensing of Environment, 83, sf. 303–319.

HUANG C., TOWNSHEND J. R. G., 2007. A Stepwise Regression Tree For Nonlinear Approximation: Applications to Estimating Subpixel Land Cover, International Journal of Remote Sensing.

HUANG, C., YANG L., WYLIE B., HOMER C., 2001. A Strategy For Estimating Tree Canopy Density Using Landsat 7 Etm+ And High Resolution Images Over Large Areas. Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Denver, Colorado, CD-ROM, 1 disk.

IVERSON L. R., COOK E. A., AND GRAHAM R. L., 1989. A Technique For Extrapolating and Validating Forest Cover Across Large Regions: Calibrating AVHRR Data with TM data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 10, No.11, sf. 1805-1812.

LEWIS R.J., 2000. An Introduction to Classification and Regression Tree (CART) Analysis Annual Meeting of the Society for Academic Emergency Medicine in San Francisco, California.

LOBELL D., IVAN ORTIZ B., - MONASTERIO J., ASNER G.P., NAYLOR R., FALCON W.P., 2005. Combining Field Surveys, Remote Sensing, and Regression Trees to Understand Yield Variations in an Irrigated Wheat Landscape, American Society of Agronomy Agron. J. 97:241–249.

LOH W.Y., 2002. Regression Trees With Unbiased Variable Selection And Interaction Detection Statistica Sinica 12(2002), 361-386.

MICHEALSEN J., SCHIMEL D., FRIEDL M., DAVIS F., DUBAYAH R., 1994. Regression Tree Analysis of Satellite and Terrain Data To Guide Vegetation Sampling and Surveys, Journal of Vegetation Science 5:-673-686.

MILLER, J., FRANKLIN, J., 2002. Modeling The Distribution of Four Vegetation Alliances Using Generalized Linear Models and Classification Trees With Spatial Dependence. Ecological Modelling, 157: 227-247.

ODUM, E.P., 1971, Fundamentals of Ecology, 3rd (Philadelphia, PA: W.B. Saunders) of El Nino Effects on Amazon Forest Pheonology and Productivity. Geophysical Research Letters, Vol.27. No.7, 981-984.

ÖZTÜRK K., 2002. 'Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri', Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 1, sf. 47-65.

POTTER, C.S., RANDERSON, J.T., FIELD, C.B., 1993. Terrestrial Ecosystem Production: a Process Model Based on Global Satellite and Surface Data. Global Biogeochemical Cycles, 7: 811-841.

POTTER, C., S. KLOOSTER, M. STEINBACH, P. TAN, V. KUMAR, S. SHEKHAR, AND C. CARVALHO, 2004. Understanding global Teleconnections of Climate To Regional Model Estimates of Amazon Ecosystem Carbon Fluxes, Global Change Biology, 10: 693-703.

RAY T. W., AND MURRAY B. C., 1996. Nonlinear Spectral Mixing in Desert Vegetation, Remote Sensing of Environment, Vol. 55, No. 1, sf. 59-64.

RICHARDS, J.A., 1993, Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, 2nd ed. (Heidelberg: Springer-Verlag).

ROKHMATULOH H., AL-BILBISI K., ARIHARA T., KOBAYASHI D., NITTO B., ERDENE K., HIRABAYASHI T.A., JAVZANDULAM S.A., LEE E., MİGİTA N., SOLIMAN Y., OUMA M., TATEISHI R. 2005a. Application of Regression Tree Method for Estimating Percent Tree Cover of Asia with QuickBird images as training data.

ROKHMATULOH, NITTO D., BILBISI H.A., TATEISHI R., 2005b. Percent Tree Cover Estimation Using Regression Tree Method - A Case Study Of Africa with Very-High Resolution Quickbird İmages As Training Data, 0-7803-9050-4/05 IEEE.

RUNNING, S.W., COUGHLAN, J.C., 1988, A General Model Of Forest Ecosystem Processes For Regional Applications. I. Hydrologic Balance, Canopy Gas Exchange and Primary Production Processes. Ecological Modelling, 42, pp. 125–154. Forest productivity estimation 71.

SCHWARZ M., ZIMMERMANN, N.E., 2007. A New GLM-Based Method for Mapping Tree Cover Continuous Fields Using Regional MODIS Reflectance Data Remote Sensing of Environment, Vol. 95, 425-448.

SELLERS, P. J., DICKINSON, R. E., RANDALL, D. A., BETTS, A. K., HALL, F. G., MOONEY, H. A., NOBRE, A., SATO, N., FİELD, C. B., HENDERSON-SELLERS, A., 1997. Modeling The Exchanges Of Energy, Water and Carbon Between Continents and The Atmosphere. Science, sf. 275, 502– 509.

ŞATIR O., 2006. Uygun Bulanık (Fuzzy) Sınıflama Yöntemleri İle Aladağ Örneğinde Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana 2006.

TOTTRUP C., RASMUSSEN M.S., EKLUNDH L., JÖNSSON P. 2007. Mapping Fractional Forest Cover Across The Highlands Of Mainland Southeast Asia

Using MODIS Data and Regression Tree Modelling International Journal of Remote Sensing Vol. 28, No. 1, 23–46.

TOWNSHEND, J.R.G., JUSTICE, C.O., 1995. Spatial Variability of İmages Monitoring Changes in The Normalized Difference Vegetation İndex. International Journal of Remote Sensing, 16: 2187-2195.

TOWNSHEND, J.R.G., JUSTICE, C. O., SKOLE, D., MALINGREAU, J.-P., CIHLAR, J., TEILLET, P., SADOWSKI, F., & RUTTENBERG, S., 1994. The 1 km Resolution Global Data Set: Needs of The International Geosphere – Biosphere Programme. International Journal of Remote Sensing, 17, 231–255.

TUCKER, C.J., SELLERS, P.J., 1986. Satellite Remote Sensing of Primary Production, International Journal of Remote Sensing; 7: 1395-1416.

TÜRKEŞ, M. 2001. Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, sf. 61, İstanbul.

UZUN, G., ALTUNKASA M. F., ALTAN T., YÜCEL M., GÜLTEKİN E, DÜZENLİ A., AVŞAR N., YILMAZ K.T., KARACA İ., 2000. Aladağlar Milli Parkı Uzun Devreli Gelişme Planı, Çukurova Üniversitesi, Target Ltd. Şti., Adana.

WARING, H.R., RUNNING, S.W., 1998, Forest Ecosystems. Analysis at Multiples Scales, 2nd edn (San Diego: Academic Press).

WOODCOCK, C.E. AND STRAHLER, A.H., 1987. The Factor of Scale in Remote Sensing. Remote Sensing of Environment, 21, sf. 311–332.

YANG L., HUANG C., HOMER C.G., WYLİE B.K., COAN M.J. 2005. An Approach For Mapping Large-Area İmpervious Surfaces: Synergistic Use of Landsat 7 ETM+ and High Spatial Resolution İmagery, Canadian Journal of Remote Sensing (Research Paper) Raytheon Corporation, U.S. Geological Survey EROS Data Center, Sioux Falls, SD 57198 USA.

YILDIRIM Ü., KILIÇ F., 2006. Monitoring Urban Growth of Afyonkarahisar with Remote Sensing Methods, 4. Cografi Bilgi Sistemleri Bilisim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul-Türkiye.

ZHU Z. VE EVANS D. L., 1994. US Forest Types and Predicted Percent Forest Cover From AVHRR Data, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 60, No. 5, sf. 525-531.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Bursa'da doğdum. İlköğrenimimi Demirtaşpaşa İlköğretimokulu'nda, orta öğrenimimi Bursa Emirsultan Süper Lisesi, Fen – Matematik bölümünde tamamladım. Lisans öğrenimime Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünde 2001 yılında başladım ve lisans eğitimimi 2005 yılında tamamladım. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. Yüksek lisans öğrenimim içerisinde, 2006 yılı Aralık ayında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalına araştırma görevlisi olarak atandım. Halen aynı bölümde bu görevime devam etmekteyim.