EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİNDE NDVI DEĞERLERİ İLE DOĞAL BİTKİ ÖRTÜSÜ TÜR DAĞILIMI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Egemen KANDEMİR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ümit ERDEM

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 615.01.00

Sunuş Tarihi: 14.09.2010

Bornova-İZMİR

2010

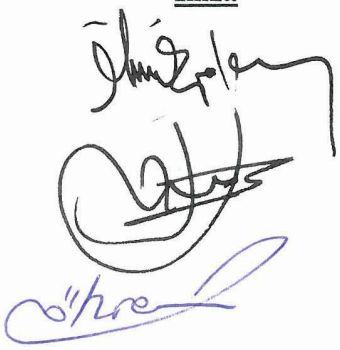
Egemen Kandemir tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan "Uzaktan Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri İle Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar" başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 14.09.2010 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oy birliği/ ~~oy çokluğu~~ ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri: **İmza**

Tez Danışmanı: Prof. Dr.Ümit ERDEM

Üye: Prof. Dr. Yusuf KURUCU (Raportör)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Zöhre POLAT



ÖZET

UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİNDE NDVI DEĞERLERİ İLE DOĞAL BİTKİ ÖRTÜSÜ TÜR DAĞILIMI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

KANDEMİR, Egemen

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Bilimleri

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Ümit ERDEM

Eylül 2010, 60 sayfa

Doğal bitki örtüsü tür dağılımının uydu görüntüleri yakın kızılötesi bandını temel alarak belirlenmesi olanaklarını araştıran bu çalışma için tür çeşitliliği bakımından zengin Karaburun Yarımadası araştırma alanı olarak seçilmiştir. Yarımada sınırları içinden seçilen örnek alanlarda yapılan arazi gözlem çalışmalarında 111 alana ait bitki türü kompozisyonu, bitkilerin toprağı örtme oranı kaydedilmiş ve bu veriler bilgisayar ortamına aktarılarak ASTER uydusu görüntülerinden oluşturulan NDVI (normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi) görüntüsü ile ilişkilendirilmiştir.

Gözlem alanları baskın tür birlikteliklerine göre 13 sınıfa ayrılmıştır. Sınıfların ortalama NDVI değerine yakınlık kriteri vasıtasıyla gerçekleştirilen tür tahmini yöntemi 40 kontrol alanında test edilmiştir. Sonuç olarak, bitki indeksinin tek başına tür tahmininde kullanılmasının hatalı sonuçlar doğuracağı kanaatine varılmıştır. Yaprak yoğunluğu ile bitki indeksi arasında pozitif korelasyon gözlenmiştir.

Gözlem alanları mensup oldukları bitki örtüsüne göre üç sınıfa (frigana, maki, orman) ayrılmış ve aynı yöntem bitki örtüsü tahmini için de uygulanmıştır. Yöntemin bitki örtüsü tahmini için de yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yöntemin geliştirilmesi durumunda doğal bitki örtüsü tür dağılımına ilişkin bilginin görece az insan emeği ile elde edilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Karaburun Yarımadası, ASTER uydusu, NDVI, bitki tür dağılımı.

ABSTRACT

RESEARCH ON DETERMINING THE RELATIONSHIPS BETWEEN NDVI VALUES IN REMOTE SENSING AND SPECIES DISTRIBUTION IN NATURAL VEGETATION

KANDEMİR, Egemen

MSc in Environmental Science

Supervisor: Prof. Dr. Ümit ERDEM

September 2010, 60 pages

Karaburun Peninsula with its broad species diversity is chosen as the research area for this research project which aims to determine species distribution in natural vegetation by use of satellite images. Species composition and cover ratio data of 111 fields are recorded during survey work. These data are associated with normalized difference vegetation index (NDVI) data derived from ASTER satellite images.

Fields are separated into 13 classes according to dominant species composition. Species prediction method which is performed according to the criteria of distance between field NDVI value and class average NDVI value is tested in 40 ground control points. As a result, it has been concluded that usage of NDVI alone to predict species composition produces inaccurate results. Strong positive correlation has been observed between cover ratio and NDVI values.

Fields are separated again into 3 land cover classes. The same method is applied in order to predict land cover type. The method has again been found inadequate.

It has been thought that information about species distribution could be achieved with lesser field work if improvement in the method can be obtained.

Key Words: Karaburun Peninsula, ASTER satellite, NDVI, plant species distribution.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesi ve araştırma aşamalarında yapmış oldukları katkılardan dolayı ve bilgi ve deneyimlerini benimle paylaştıkları için danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Ümit ERDEM'e ve Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Yusuf KURUCU'ya teşekkür ederim.

Ayrıca Sayın Prof. Dr. Aydın GÜNEY'e, Ege Üniversitesi Botanik Bahçesi'ne, Ege Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (EBİLTEM) Uydu Laboratuarı çalışanlarına ve Ege Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezine katkıları için teşekkür ederim.

Teşekkürlerin en büyüğü, hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmamın her aşamasında da yardımlarını cömertçe sunan müstakbel eşim Meltem GÜNEŞ'e gitmelidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET v
ABSTRACT vii
TEŞEKKÜR ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ xvii
KISALTMALAR DİZİNİ xix
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 4
2.1 Uzaktan Algılama 4
2.2 Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) 4
2.3 Konu ile İlgili Yapılmış Araştırmalar 5
3. MATERYAL VE YÖNTEM 14
3.1 Materyal 14
3.1.1 Araştırma alanı 14
3.1.2 Uydu görüntüleri 31
3.1.3 Yazılımlar ve diğer materyaller 32
3.2 Yöntem 32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME 35
5.SONUÇ VE ÖNERİLER 55
KAYNAKLAR DİZİNİ 57
ÖZGEÇMİŞ 60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil Sayfa

3.1 Karaburun Yarımadası 15

3.2 Pinus brutia (Kızılçam) 17

3.3 Olea europa var. sylvestris (Delice zeytin) 18

3.4 Quercus coccifera (Kermes meşesi) 19

3.5 Quercus infectoria var. boissieri (Mazı meşesi) 20

3.6 Juniperus phoenicea (Finike ardıcı) 21

3.7 Juniperus oxycedrus var. macrocarpa (Katran ardıcı) 22

3.8 Arbutus unedo (Kocayemiş, Dağ çileği) 23

3.9 Arbutus andrachne (Sandal ağacı, Kız bacağı) 24

3.10 Phillyrea latifolia (Akçakesme) 25

3.11 Pistecia lentiscus (Sakız ağacı) 26

3.12 Genista acanthoclada (Bakla güzeli) 27

3.13 Sarcopoterium spinosum (Abdestbozan) 28

3.14 Cistus creticus (Pembe çiçekli laden) 29

3.15 Origanum onites (İzmir kekiği) 30

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

Şekil Sayfa

3.16 Karaburun Yarımadası'nın ASTER uydusu bantları ile üretilmiş NDVI görüntüsü.....31

4.1 Gözlem alanlarının Karaburun Yarımadası'na dağılımı 37

4.2 Cistus sp. (Laden türleri) NDVI değerleri 38

4.3 Origanum onites & Sarcopoterium spinosum (İzmir kekiği ve abdestbozan) NDVI değerleri 38

4.4 Sarcopoterium spinosum & Cistus sp. (Abdestbozan ve laden türleri) NDVI değerleri.....39

4.5 Sarcopoterium spinosum (Abdestbozan) NDVI değerleri.....40

4.6 Quercus coccifera & Cistus sp. (Kermes meşesi ve laden türleri) NDVI değerleri 40

4.7 Quercus coccifera & Phillyrea latifolia (Kermes meşesi ve akçakesme) NDVI değerleri 41

4.8 Juniperus phoenicea veya Juniperus oxycedrus (Finike ardıcı veya katran ardıcı) NDVI değerleri 41

4.9 Quercus coccifera (Kermes meşesi) NDVI değerleri.....42

4.10 Pistacia lentiscus & Olea europaea (Sakız ağacı ve delice zeytin) NDVI değerleri.....43

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

Şekil Sayfa

4.11 Arbutus sp. & Quercus coccifera (Kocayemiş / sandal ağacı ve kermes meşesi) NDVI değerleri 43

4.12 Pinus brutia & Quercus coccifera (Kızılçam ve kermes meşesi) NDVI değerleri 44

4.13 Pinus brutia & Arbutus sp. (Kızılçam ve kocayemiş / sandal ağacı) NDVI değerleri 44

4.14 Pinus brutia (Kızılçam) NDVI değeri 45

4.15 Kontrol alanlarının Karaburun Yarımadası'na dağılımı 50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge Sayfa

4.1 Araştırma kapsamına alınan bitki türleri 35

4.2 Alanlara ait tür bilgisi, toprağı örtme oranı ve NDVI değerleri 47

4.3 Test alanlarının NDVI değerleri, tür tahmini ve doğruluk 52

4.4 Test alanlarının NDVI değerleri, bitki örtüsü tahmini ve doğruluk..... 54

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi.
EVI	Enhanced Vegetation Index.
GLCM	Gray Level Cooccurance Matrix.
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System).
GVI	Global Vegetation Index.
IPVI	Infrared Percentage Vegetation Index.
LAI	Yaprak Alan İndeksi (Leaf Area Index).
ML	Maximum Likelihood.
MSAVI	Modified Soil-Adjusted Vegetation Index.
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index).
NDVIg	NDVI green.
NIR	Yakın Kızıl Ötesi (Near Infra Red).
OSAVI	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index.
SAVI	Soil-Adjusted Vegetation Index.
SR	Simple Ratio.
RSR	Reduced Simple Ratio.
TM	Thematic Mapper.
TNDVI	Transformed Normalized Difference Vegetation Index.
TVI	Transformed Vegetation Index.

1. GİRİŞ

Doğal alanlar ile ilgili koruma, üretim ve imar amaçlı yönetsel kararların temel dayanaklarından biri bitki örtüsünün güncel durumu olmalıdır. Ne var ki, doğal bitki örtüsünün kapladığı alanın büyüklüğü, erişim engelleri, geniş alanlarda kapsamlı bir araştırma yapmanın yüksek işgücü ve bütçe gereksinimleri, bitki örtüsünün haritalanmasını zorlaştırmaktadır. Haritalama yapılsa dahi, bitki örtüsünün dinamik hali, arazi kullanım durumunun güncel olarak aktarıldığı bir veritabanının eksikliği, bu haritaların geçerliliğini zamanla azaltacaktır.

Geleneksel yöntemlerle elde etmesi güç gözüken güncel bitki örtüsü haritası, uzaktan algılama teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde erişilebilir bir hedef olmuştur. Dünya yörüngesine konumlandırılmış görüntüleme uydularınca toplanan güncel yeryüzü fotoğrafları, yeryüzü araştırmaları için değerli veriler ortaya koymuştur. Uydularca toplanıp bilgisayar ortamına sayısal olarak aktarılan bu fotoğraflar, yeryüzünün genişçe bir bölümü hakkında aynı anda toplanmış veriler bütünüdür. Uzaktan algılama tekniği, bu özellikleri sayesinde salt geleneksel yöntemler ile elde edilemeyecek kadar geniş bir alana ait veriyi elde edebildiği gibi, bu verinin anlık ve güncel olmasını da sağlamaktadır. Bunun yanında uyduların yeryüzü parçası görüntüleme zaman aralıklarının düzeni sayesinde bu verilerin sürekliliği de sağlanmış olur.

Uzaktan algılama tekniğinin yeryüzü araştırmacılarına sunduğu veri, bilgisayar ortamındaki sayısal görüntüden ibarettir. Araştırma alanında araştırmacı tarafından yapılacak arazi çalışması ile toplanacak veri olmaksızın görüntünün çözümlenmesi ve yorumlanması olanaksızdır. Dolayısıyla, uzaktan algılama tekniği geleneksel yöntemlere bir alternatif değil, bir yardımcıdır.

Bitki örtüsünün güncel durumu hakkında elde edilebilecek önemli bir bilgi, tür dağılımıdır. Tür dağılımı haritasının oluşturulabilmesi halinde, endemik veya ekonomik değere sahip bitki türlerinin yaşam alanları, biyosfer rezerv alanı kimliğine sahip alanlar, korunması gereken hassas alanlar gibi flora hakkındaki

bilgiler elde edileceği gibi, çalışma alanındaki fauna hakkında yürütülecek araştırmalar için de önemli veriler sağlanmış olacaktır.

Uzaktan algılama tekniği, yeryüzündeki nesne veya nesne gruplarının elektromanyetik spektrumun çeşitli bölgelerinde yer alan enerjiye verdiği tepkileri ölçmektedir. İnsan gözünün algılayabildiği görünür elektromanyetik enerjiyi (ışık) ölçen alıcılardan başka, insan gözü için fark edilmez olan diğer dalga boylarındaki enerjiye karşı hassas olan alıcılar da aynı yeryüzü parçasına ait verileri ortaya koyar. Bitki türleri arasındaki boy, yaprak biyokimyası, yaprakların fiziksel durumu, yaprak yoğunluğu farkları uydu alıcılarının biri veya birkaçı tarafından algılanabildiği ölçüde tür ayrımı yapılabilecektir. Öte yandan, yapısal özellikler bakımından benzer kimi türlerin benzer elektromanyetik tepkiler vermesi de olasıdır.

Her sayısal görüntü gibi uydu görüntüleri de doğal sayı girdili birer matristir. Girdilerin her biri ile bir resim birim öğesi (piksel) eşleşir. Bir piksele atanacak sayıyı, alıcının hassas olduğu elektromanyetik enerjinin, o piksele karşılık gelen yeryüzü parçasındaki nesneler tarafından yansıtılma oranı belirler. Piksellere ait sayıların yalnız başlarına, bitkilerin yapısal özellikleri ile ilişkilendirilmesinin yetersiz olduğu açığa çıktıkça, araştırmacılar yardımcı araçlar geliştirmişlerdir. Bunların başında, yaprak yoğunluğu fazla olan alanların, klorofilin yakın kızılötesi enerjiyi yansıtma ve kırmızı ışığı soğurma özellikleri sayesinde görece az yaprak barındıran alanlardan ayrılmasını sağlayan NDVI (normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi) gelmektedir. NDVI, bitki örtüsü ile kaplı alanları çıplak alanlardan ayırt etmek amacı ile araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmıştır. Yaprak yoğunluğunu ölçen LAI (yaprak alan indeksi) gibi indeksler ile güçlü ilişkileri ortaya konsa da NDVI bitki indeksinin tür ayrımı konusundaki başarısı ile ilgili yeterince araştırma yapılmamıştır.

Karaburun Yarımadası, engebeli arazi yapısı sayesinde yoğun yerleşimden ve buna bağlı olarak insan baskısından uzak kalmıştır. Yarımadada yer alan az sayıdaki köy ve kasabalar genelde kıyı kesiminde konumlanmaktadır. Tarım olanakları çeşitli olsa da yarımadanın bütünü değerlendirildiğinde tarıma elverişli

arazinin az olduğu, oldukça geniş bir alanın insan kullanımından tümüyle uzak kalabildiği görülmektedir. Bu özellikleri ile doğal bitki örtüsünün korunabildiği yörelerden biridir.

Bu çalışma kapsamında, Karaburun Yarımadası'ndan seçilen alanların NDVI değerleri ile bu alanların arazi gözlem çalışmalarında toplanan tür kompozisyonu verileri eşleştirilmiştir. Bu sayede, İzmir ili Karaburun ilçe sınırları içerisindeki doğal alanlar üzerinde tür kompozisyonu ile NDVI değerleri arasındaki ilişkilerin ortaya konması amaçlanmıştır. NDVI değerlerine dayanarak yapılacak tür kompozisyonu tahmininin başarısının ölçülmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, cisimlere fiziksel temasta bulunmadan cisimlerin yansıttığı elektromanyetik enerjinin ölçülmesi yoluyla onlar hakkında bilgi elde etme yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Bu teknik, cisimler tarafından yansıtılan elektromanyetik enerjinin kaynağının algılayıcı platformun kendisi olması durumunda aktif uzaktan algılama, kaynağın Güneş gibi doğal bir enerji kaynağı olması durumunda ise pasif uzaktan algılama olarak adlandırılır. Bu araştırma kapsamında sözü geçen uzaktan algılama tekniği pasif uzaktan algılama olup, Dünya yörüngesine konumlandırılmış görüntüleme uyduları üzerindeki algılayıcılar tarafından Güneş'ten gelen ve yeryüzünden yansıyan enerjinin ölçülmesi yoluyla yeryüzünün bir parçası hakkında bilgi elde etme yöntemidir.

Yeryüzü hakkında uydularca toplanan ve yer istasyonlarına aktarılan bilgi yeryüzü parçasına ait görüntülerdir. Alıcılar yeryüzü parçasının elektromanyetik enerjiyi yansıtma oranını ölçerler. İnsan gözünün algılayabildiği 0,4 µm – 0,7 µm dalga boyundaki ışık dediğimiz elektromanyetik enerjiyi ölçebilen alıcılar olduğu gibi, elektromanyetik spektrumun bir diğer bölgesine duyarlı olan alıcılar da vardır. Her alıcı yalnızca elektromanyetik spektrumun küçük bir bölgesindeki enerjiye duyarlıdır ve alıcılar duyarlı olmadığı dalga boylarındaki enerjiler tarafından etkilenmezler.

2.2. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Bitkiler, yapraklarında bulunan klorofil maddesini ve gün ışığını inorganik maddeden organik madde üretmek için kullanırlar. Fotosentez diye anılan bu işlem esnasında Güneş'ten gelen elektromanyetik enerjinin 0,63 µm – 0,69 µm dalga boyunda olan ve kırmızı ışığa karşılık gelen kısmı kullanılır. Bu yüzden, kırmızı ışığın yansımasını ölçen bir uydu görüntüsü, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda düşük sayısal değerlere sahip olacaktır. Öte yandan bitkiler 0,7 µm ve daha yüksek dalga boyuna sahip elektromanyetik enerjiyi bünyelerine

almaz, geri yansıtırlar. Dolayısıyla, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar, yakın kızılötesi elektromanyetik enerjinin yansımasını ölçen bir uydu görüntüsünde yüksek sayısal değerlere sahip olacaktır.

İngilizce *normalized difference vegetation index* ismi verilen ve bu ismin baş harfleri ile NDVI olarak anılan normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, kırmızı ve yakın kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak üretilir. Her piksel için o piksele ait yakın kızılötesi bant sayısal değerinden aynı piksele ait kırmızı bant sayısal değeri çıkartılır. Bu fark, bitki örtüsü yoğun alanlar için bitki örtüsü seyrek alanlara göre daha fazla olacaktır. Farkları alınan bu iki sayının toplanması ve farkın toplama bölünmesi ile [-1,+1] aralığında bir değer elde edilir. Yeni bir 8-bitlik görüntü oluşturmak için bu aralığın [0,255] aralığına genişletilmesi gerekir, bu işleme de normalize etme denir.

Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin, üretilen NDVI görüntüsünde yüksek sayısal değerlere; bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin ise aynı görüntüde düşük sayısal değerlere sahip olması beklenir. NDVI indeksinin birim alana düşen yaprak yüzeyi alanını ifade eden ve İngilizce *Leaf Area Indez* isminin baş harfleri ile anılan LAI indeksi ile yakın ilişki sergilediği birçok araştırma ile ortaya konmuştur.

2.3. Konu ile İlgili Yapılmış Araştırmalar

Tong et al. (2004) Çin'de 3 adet CHRIS (Compact High Resolution Imaging Spectrometer) görüntüsü kullanarak orman ağaç türlerini sınıflandırmaya çalışmışlardır. Hiperspektral görüntüler Haziran, Eylül ve Kasım aylarına ait olup 17 metre yersel çözünürlük ve 18 banda sahiptirler. Sınıflandırmanın bu görüntülerden sağlanan 5 bitki indeksi üzerinden yapılması, veri hacmini azaltmış ve türler arasındaki mevsimsel farklılıkların tanımlanmasını sağlamıştır. Kullanılan bitki indeksleri şunlardır: NDVI, EVI, OSAVI, TCARI, TVI. İndeksler arasından tür ayrımını en başarılı biçimde yapan kombinasyon (NDVI, OSAVI ve TVI) elde edilmiştir. Ormanın mevsimsel gelişiminde tür bazında görülen farklılıklar Haziran, Eylül ve Kasım aylarına ait görüntülerin kullanılması

sayesinde sınıflandırmada hesaba katılabilmiştir. En başarılı üç indeksin üç aya ait görüntüleri üzerinden yapılan ML sınıflandırma sonucunda 7 baskın tür belirlenebilmiş ve doğruluk oranı %81'in üzerindedir. Çalışma sonucunda, farklı zamanlara ait hiperspektral görüntüler mevcut olduğunda bitki indekslerinin tür sınıflandırmasında kullanılabileceği yargısına varılmıştır.

Kong et al. (2008) Amerika Birleşik Devletleri'nin Kentucky eyaletinde yaptıkları bir çam türünü (Tsuga canadensis Carriere) haritalandırma amaçlı araştırmalarında 1999 Eylülüne ait Landsat görüntüsü ile 2006 Kasımına ait ASTER görüntüsü kullanmışlardır. Kasım görüntüsünden elde edilen NDVI görüntüsünde yalnızca pozitif NDVI değerine sahip piksellerin yaprak dökmeyen ağaçlarla kaplı olabileceği öngörüsüyle diğer pikseller maskelenmiş, bu maskelenmiş görüntü ML yöntemiyle üç temel sınıfa (tarım arazisi ve çayır, yaprak döken, yaprak dökmeyen) ayrılmıştır. Yalnızca 'yaprak dökmeyen' sınıfına ait pikseller sonraki aşamada Eylül ayı görüntüsü üzerinden yapılacak tür bazında sınıflandırmada kullanılmıştır. Bu aşamada, Landsat görüntüsünün spektral ve yersel çözünürlüğünün tek başına tür bazında sınıflandırma için yetersiz olduğu ve bitki dağılımının çevresel değişkenlere büyük ölçüde bağımlılık gösterdiği yargılarından hareketle çevresel değişkenler (yükseklik, eğim, bakı, yersel konum, akıntı birikimi, en yakın akarsuya uzaklık, nem, toprak bünyesi, vb.) sınıflandırmaya dahil edilmiştir. Yaprak dökmeyen ağaçların belirlenmesi %94, hedef türün ayırt edilmesi %72 doğrulukla yapılabilmiştir. Yöntemin benzer alanlarda veya başka türler için de uygulanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Knight et al. (2004) Amerika Birleşik Devletleri'nin Mississippi eyaletinde ormandaki bazı ağaç türlerinin (çam, meşe, karaağaç ve sakız) yalnızca spektral özelliklerine dayanarak ayırt edilebilirliklerini araştırmak amacıyla türlerin yeşil, kırmızı, kırmızı-kenar (red-edge) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlardaki yansımalarını, el spektroradyometresi ile Kasım, Nisan, Ağustos aylarında ölçmüşlerdir. Bu bantlardan üretilen NDVI, NDVIg, RVI, DVI indekslerini de yeni bantlar olarak varsayarak türlerin sekiz bantta verdikleri spektral tepkilerin istatistiksel çözümlemesi sonucunda tür ayrımını etkin biçimde yapabilecek en az

sayıda bant içeren kombinasyonu araştırmışlardır. İstatistiksel çözümleme diskriminant analizi ile yapılmış ve her ay için ayrım gücü en yüksek bant kombinasyonu belirlenmiştir. Bunlar; ağustos ayı için kırmızı-NIR-NDVI, nisan ayı için yeşil-kırmızı-DVI, kasım ayı için yeşil-NIR-RVI. Kasım ve Nisan ayları verileri kendi aralarında pek fark göstermemekle birlikte (%82-%83), ağustos ayı verisine (%51) kıyasla tür ayrımında daha başarılı olmuşlardır. Nisan ayı verisi, en yüksek sınıflandırma doğruluğu üretmesi yanında çam ve meşe ağacının belirlenmesinde, Kasım ayı verisi ise sakız ağacı ve karaağaç belirlenmesinde %100 başarı sağlamıştır.

Riquene (2002) Botswana'nın kurak Serowe bölgesinde bitki haritalama amacıyla LANDSAT ve ASTER görüntülerini, tür topluluklarına göre ve bitki örtüsüne göre iki farklı yaklaşımla sınıflandırmış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışmanın bir amacı da bitki dağılımının yükseklik, yer altı su yatağı derinliği, toprak tipi ve bünyesi ile olan ilişkisini ortaya koymaktır. LANDSAT görüntüsü bitki örtüsünün heterojen olduğu bölgelerde yetersiz kalmış, ASTER görüntüsü ise bazı türlerin yapraksız olmasına karşın zemin yansımasından çok etkilenmemiş ve oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Ayrıca ASTER görüntüsü tür toplulukları temelli sınıflandırmada bitki örtüsü temelli sınıflandırmaya kıyasla daha başarılı olmuştur. Her ne kadar iki görüntü farklı mevsimlerde alınmış olsa da ASTER algılayıcısı LANDSAT TM algılayıcısına kıyasla yersel çözünürlükteki üstünlüğün de yardımıyla her iki yaklaşımda daha başarılı olmuştur. Bitki örtüsü temelli sınıflandırmada çalılar LANDSAT TM, ağaçlar ise ASTER tarafından iyi ayırt edilebilmiştir. Görünür bantların sınıflandırma için kullanılabilir olduğu, ama yakın ve orta kızılötesi bantların (ASTER için 3, 4 ve 5'inci bantların) bitki örtüsü ile daha iyi korelasyon gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Çevresel değişkenler arasında toprak özelliklerinin yükseklik ve yer altı su yatağı derinliğine kıyasla bitki dağılımında daha belirleyici olduğu ortaya çıkmıştır.

Tsai ve Chou (2006) Tayvan'da yabancıl bir ağaç türünü haritalama amacıyla QuickBird görüntülerini doku analizi yardımıyla sınıflandırmışlardır. Öncelikle NDVI değeri 0.6'dan düşük olan alanları maskeleyerek yoğun bitki

örtüsü ile kaplı alanları elde etmişlerdir. Bu alanın pankromatik görüntüsü üzerinde GLCM yöntemiyle oluşturulan 24 doku görüntüsünün Temel Bileşenler Analizi ile elde edilen ilk 6 ana bileşeninin orijinal pankromatik görüntü ile birlikte ML sınıflandırılması sonucu alan, biri yabancıl iki yaygın ağaç türü ve çiftlik-otlak olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Yabancıl türün yoğunluğuna göre alanın dört farklı bölgeye ayrılması sonucu yapılan değerlendirmede yabancıl türün, en yoğun ve en seyrek olduğu bölgelerde diğer bölgelere kıyasla daha başarılı belirlendiği gözlenmiştir. Doku analizi yardımıyla yapılan sınıflandırma yalnızca multispektral görüntü üzerinden yapılan sınıflandırmayla karşılaştırıldığında, yabancıl türü (özellikle kıyılarda) belirlemede daha başarılı olmuştur, fakat genel sınıflandırmada eşit derecede başarılı olmuştur. Yalnızca pankromatik görüntü ile yapılan sınıflandırmayla karşılaştırıldığında, doku yardımlı sınıflandırma her bakımdan üstündür. Çalışma sonucunda, doku verilerinin analize dahil edilmesiyle hedef bitki türünün belirlenme doğruluğunun arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Nagendra (2000) tür çeşitliliğinin belirlenmesi için uzaktan algılamanın potansiyelini incelediği raporunda, türleri en iyi ayırt edecek spektral bantların hangileri olduğu sorusuna verilecek cevabın söz konusu türlerin yaprak biyokimyalarına bağlı olduğunu; çok sayıda türün varlığı durumunda ideal bandı belirlemenin olanaksız olduğunu ortaya koymuştur. Görünür bantlardan termal kızılötesine kadar her bandın farklı araştırmalarda tür ayrımı için diğerlerinden daha başarılı sonuçlar vermesi de uygun bandın alana ve türlere göre değişeceği sonucunu desteklemektedir. Zamansal çözünürlüğün artırılması ile, başka bir deyişle türlerin spektral tepkilerinin birbirlerinden farklılaştığı dönemlerde alınan görüntülerin beraber değerlendirilmesi ile sınıflandırma doğruluğunun arttığı pek çok araştırmada doğrulanmıştır. Yersel çözünürlük ise her durumda en problemli konudur. Çalışmada, yüksek yersel çözünürlüğün tercih edilmesi, sınıflandırma öncesi piksellerin gruplanmasını zorunlu hale getirirken, düşük yersel çözünürlük bir piksele karşılık gelen alanın birden fazla türü barındırması, dolayısıyla yansıma değerinin farklı türlerin yansıma değerlerinin ağırlıklı ortalamasını ifade etmesi sorununu doğurduğu vurgulanmıştır.

Domaç ve Süzen (2005) Amanos Dağları'nda tür seviyesinde sınıflandırmanın çevresel değişkenlerin katılımıyla geliştirilebilirliğini araştırmışlardır. Orman yönetim haritalarındaki 26 sınıf benzer spektral tepkilere sahip sınıfların birleştirilmesi ile ekolojik açıdan daha anlamlı 9 yeni sınıfa ayrılmış ve gözlem alanları bazısı farklı türlerin birleşimi olan bu 9 sınıfa göre seçilmiştir. Alanın kaya haritası, sayısal yükseklik modeli ve bu modelden elde edilen eğim ve bakı (kuzeylilik, doğululuk) bileşenleri 6 adet LANDSAT bandıyla birlikte veri kümelerini oluşturmaktadır. Ham uydu görüntüleri üzerinden yapılan ML sınıflandırma %44 doğruluk oranındadır. Bu düşük doğruluğun yetersiz yersel ve spektral çözünürlük kadar sınıfların heterojenliğine ve esnemezliğine de bağlı olduğu kanısına varılmıştır. Çevresel değişkenler ile ham görüntülerin oluşturduğu tüm veri kümeleri üzerinden Diskriminant (Ayırt Etme) Analizi ile yapılan sınıflandırma ile doğruluk %20 kadar artmıştır. Çevresel değişkenlerin katılımının farklı türlerin bir araya geldiği sınıfların değil nispeten homojen sınıfların ayırt edilme doğruluğunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Domaç vd. (2004) Antalya'da tür seviyesinde sınıflandırmanın bitki indeksleri ve temel bileşenler analizi yardımıyla geliştirilebilirliğini araştırmışlardır. Araştırmada LANDSAT uydusunun görünür ve kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak iki ayrı bitki indeksi seti oluşturulmuştur. Birinci set NDVI, GVI, Greenness, IPVI, TVI bitki indekslerinden, ikinci set toprak tipinin yansımaya etkilerini minimize eden SAVI, MSAVI1, MSAVI2 indekslerinden oluşmuştur. Birinci set üzerinde uygulanan temel bileşenler analizi sonucu ilk iki temel bileşenin; ikinci set üzerinde uygulanan temel bileşenler analizi sonucu ise ilk temel bileşenin indekslerin barındırdığı bilgiyi özetlemede yeterli olduğu görülmüştür. Orijinal bantlar üzerinde de temel bileşenler analizi uygulanmış, ikinci ve üçüncü temel bileşenin bitki ayrımında değerli bilgileri barındırdığı görülmüştür. Temel bileşenler üzerinden yapılan sınıflandırmanın başarısını ölçebilmek için öncelikle orijinal bantlar üzerinden ML sınıflandırma uygulanmış, %63 oranında doğruluğa ulaşılmıştır. Bitki indeksleri ve orijinal bantlardan elde edilen temel bileşen bantları üzerinden yapılan sınıflandırma ise %77 doğruluk oranına ulaşılmıştır. Bu kolay ve hızlı yöntem ile sınıflandırma doğruluğunun önemli ölçüde artırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Greenberg et al. (2006) California-Nevada sınırında Ikonos görüntüleri kullanarak yaptıkları tür temelli sınıflandırma çalışmasında şu yolu izlemişlerdir: (a) piksellerin tür seviyesinde sınıflandırılması, (b) piksellerin birleştirilmesi ile bitki poligonlarının oluşturulması, (c) birbirinden bağımsız bu iki işlemin sonuçlarının birleştirilmesi ile bitki sınıflarının oluşturulması. Sınıflandırmaya destek amacıyla, fusion yöntemiyle 1 m yersel çözünürlüğe indirgenen yakın kızılötesi bant üzerinde GLCM yöntemiyle 8 adet doku görüntüsü oluşturulmuştur. Bu doku görüntüleri ve dört pansharpened multispektral görüntü üzerinde temel bileşenler dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Piksellerin sınıflandırılmasına, NDVI değeri 0.25'in altında olanların bitkisiz, üstünde olanların bitkili olarak ayrılmasıyla başlanmıştır. Bitkili pikseller arasında kırmızı bant yansıması bir eşiğin altında kalan pikseller gölge, gölgelere güneş ışınlarının geliş yönünde komşu olan pikseller ağaç, yakınında gölge bulunmayan piksellerse çalı veya ot olarak ayrılmıştır. Bu ön sınıflandırma temel alınmak üzere, pikseller 12 temel bileşen görüntüsü üzerinden ML sınıflandırmaya tabi tutulmuş ve 19 tür sınıfına dağıtılmışlardır. Türlerin belirlenme doğrulukları büyük farklılıklar göstermiş (%9 - %99) ve ortalama doğruluk %53 civarında hesaplanmıştır.

Maki et al. (2005) Japonya'da yaprak döken ağaçlarla kaplı orman alanında NDVI ile LAI arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. MODIS uydu görüntülerinin kullanıldığı araştırmada, doğrudan uydudan elde edilen LAI değerleri ve yine aynı uydudan elde edilen NDVI değerleri ayrı ayrı yer ölçümü LAI değerleri (fotosentezde kullanılan ışınım; *photosynthetically active radiation* ölçümlerinin dönüştürülmesi ile oluşturulan LAI) ile karşılaştırılmıştır. Uydu görüntülerinin yersel çözünürlüğü ile yer ölçümleri arasındaki ölçek farkı sebebiyle kıyaslama zaman içindeki değişim üzerinden yapılmıştır. Bir yıl boyunca düzenli aralıklarla yapılan ölçümler sonucu uydu kaynaklı LAI ve NDVI değerlerinin yer ölçümü LAI değerlerine göre mevsimsel değişikliklere daha erken tepki verdiği görülmüştür. Ayrıca LAI değerleri düşük iken çalı ve otların LAI değerlerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. NDVI-LAI ilişkisinin yaz ve güz mevsimlerinde farklılık göstermesi ise yaprak rengindeki değişime bağlanmıştır. Yıl içinde NDVI değerlerindeki ani değişimlerin ağaç yapraklarının yapısal dönüşümleri ile çalı ve otlardaki mevsimsel değişimlere bağlı olduğu görülmüştür.

Araştırma sonucunda NDVI değerlerinin LAI tahmininde başarılı olabilmesi için yaprakların yaşlılık dönemindeki renk değişimlerinin ve yaprakların yeşerdiği ve yaşlandığı dönemlerde çalı ve otların NDVI üzerindeki etkilerinin göz önünde bulundurulması gerektiği kanısına varılmıştır.

Stenberg et al. (2004) Finlandiya'da Landsat görüntüleri kullanarak NDVI, SR (simple ratio) ve RSR (reduced simple ratio) bitki indekslerinin LAI tahminindeki başarılarını araştırmışlardır. Baskın tür bakımından farklı iki ormana ait iki görüntü üzerinde birer km²'lik alan üzerinde düzenli aralıklarla (50 m) ölçüm noktaları işaretlenmiştir. LAI ölçümleri bu noktalar ile bu noktalara dört ana yönde (kuzey, güney, doğu, batı) 6 m uzaklıktaki noktalarda üçer kez yapılmış ve bu 15 değerin ortalaması merkezdeki noktanın LAI değeri olarak atanmıştır. Bitki indeksleri ile LAI arasındaki ilişkiler 70 m yarıçapındaki dairesel alanlarda incelenmiştir. Orta noktası bir ölçüm noktasına en fazla 70 m uzaklıkta olan piksellerin yansıma değerlerinin ortalaması dairesel alanın yansıması olarak kabul edilmiştir. Dairesel alana ait LAI değeri ise merkezdeki ölçüm noktasının ağırlığı %60, komşu dört noktanın her birinin ağırlığı %10 olacak şekilde bu beş noktadaki LAI ölçümlerinin ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanmıştır. Kırmızı, yakın kızılötesi ve orta kızılötesi bantlar LAI değeri arttıkça daha düşük yansıma göstermişlerdir. NDVI, geniş LAI aralığına rağmen dar bir aralığa (0.64-0.89) sıkışmıştır. RSR diğer iki bitki indeksine kıyasla LAI ile daha iyi korelasyon göstermiş, LAI tahmininde daha az hata yapmış ve LAI değişimine daha hassas olmuştur. RSR kullanarak tahmin edilen LAI haritası ölçüm sonucu oluşturulan LAI haritası ile uyum göstermiştir. Tür kompozisyonu bakımından homojenliğe yakın alanlarda RSR-LAI ilişkisinin daha güçlü olduğu görülmüştür. RSR bitki indeksinin LAI tahminindeki başarısı orta kızılötesi bant yansımalarının hesaba katılmasına bağlanmıştır.

Eklundh et al. (2001) İsveç'te iğne yapraklı ağaçlarla kaplı ormanda LANDSAT uydu görüntülerinin LAI tahmininde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yer LAI ölçümleri Li-Cor LAI-2000 aleti ile yapılmış ve iğne yaprakların örtme gücünü ölçecek şekilde düzeltilmiştir. Tahrip edici yöntemlerle yapılan doğrudan LAI tahmini yoğun işgücü gerekmektedir ve birkaç örnek ağaç

ile sınırlı kalmaktadır. Genellikle, engellenmeden yaprakların arasından sızan güneş ışığı miktarını (Li-Cor LAI-2000 gibi aletler ile) ölçerek yapılan dolaylı LAI tahmini ise yaprakların gelişigüzel dağıldığını varsayması; üst üste binen yapraklar; gövde, dal ve ölü dokuyu da hesaba katması sebepleriyle sorunludur. Bu sorunları, LAI tahminini düzelterek giderecek çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kanopi yansıma modelleri uydu tarafından algılanan yansımayı etkileyen faktörleri inceler ve model tersten çalıştırıldığında yansımayı kullanarak LAI gibi kanopi parametrelerinin tahmininde kullanılabilir. Araştırmada dolaylı LAI tahmini yanında kanopi yansıma modeli de kullanılmıştır. Dolaylı LAI tahmini yapılırken Li-Cor LAI-2000 ham ölçümlerinin yanında, literatürde öne sürülen iki LAI düzeltme yöntemi kullanılmıştır. Bu düzeltmelerin amacı, ham ölçümlerin canlı yaprak dışı dokuyu ölçmek gibi doğal hatalarını gidermektir. Düzeltmeler, arazi çalışmasından ve benzer vejetasyonda yapılmış araştırmalardan edinilen kanopi parametrelerinin ham ölçümlere literatürde öne sürülen formüllerle eklemlenmesinden ibarettir. Böylece ham LAI ölçümlerinin yanında iki düzeltilmiş LAI değeri elde edilmiştir. Literatürde öne sürülen ve bu araştırma için düzenlenip geliştirilen kanopi yansıma modeli, yine arazi çalışmasından ve benzer vejetasyonda yapılmış araştırmalardan edinilen kanopi parametrelerini kullanarak yansıma değerlerini tahmin etmektedir. Bu model içindeki parametrelerden biri olan LAI değerlerindeki değişimin spektral bantlar ile NDVI ve SR (simple ratio) indekslerinde meydana getirdiği değişim diğer parametreler sabit tutularak incelenmiştir. LAI değerlerindeki değişime hem yoğun hem de seyrek bitki örtüsü ile kaplı alanlarda benzer tepki vermesi açısından en olumlu sonuçları bitki indeksleri (özellikle SR) vermiş fakat LAI değişimine hassasiyeti açısından bitki indekslerinin LANDSAT 3. ve 7. bantlar kadar başarılı olmadıkları görülmüştür. Yoğunluk bilgisi içermesi dolayısıyla LAI ile ilişkili olan parametrelerin de LAI değerleri ile birlikte değiştirilmesi modelin verdiği yansımaları etkilemiş, bu durumda 3. bant yine değişime en hassas bant olurken bitki indeksleri LAI değişimine en az tepkiyi vermişlerdir. Bitki indekslerinin LAI tahminindeki bu başarısızlığının en önemli nedeni olarak modelin verdiği yakın kızılötesi yansımaların LAI ile yetersiz korelasyonu gösterilmiştir. Uydudan edinilen yansımalar ve bitki indeksleri arasında, düzeltilmiş LAI değerleri ile en iyi korelasyonu sırasıyla 7. bant, NDVI ve SR vermişlerdir. Orta kızılötesi bandın

LAI değişimine hassasiyeti yaprakların su içeriğini ölçebilmesine bağlanmıştır. Bitki indekslerine orta kızılötesi yansımanın eklemlenmesi ile LAI tahmininin iyileştirilebileceği yönündeki genel kanı ışığında literatürden iki yöntem denenmiş fakat kayda değer bir korelasyon artışı gözlenmemiştir. Araştırma sonucunda, kanopi yansıma modelinin verdiği yansımalar ile uydudan edinilen yansımalar arasında yeterince güçlü korelasyon bulunmadığı, dolayısıyla modeli tersten işleterek yapılacak LAI tahmininin iğne yapraklıların hakim olduğu bitki örtüsünde başarılı olmayabileceği kanısına varılsa da orta kızılötesi yansımayı ölçen LANDSAT 7. bandın LAI tahmini için umut verdiği belirtilmiştir.

Flores et al. (2006) ABD'de çam ağaçlarının LAI ölçümleri ile LANDSAT görüntülerinden elde edilen *simple ratio* (SR) bitki indeksi görüntüsü arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. LAI tahmini LAI-2000 aleti ile yapılan 20 noktasal ölçümün ortalaması alınarak stand (meşçere) ölçeğinde belirlenmiştir. SR, literatürden alınan bir formülle atmosfer dışındaki ışımayı ölçecek şekilde düzeltilen yansıma değerleri üzerinden hesaplanmıştır. LAI ile SR arasında oldukça güçlü bir korelasyon (0.98) tespit edilmiştir.

Katoh (2004) Japonya'da IKONOS görüntüsü kullanarak türlerin belirlenebilirliğini araştırmıştır. Çalışma alanı, içinde iğne yapraklı ağaçların da bulunduğu doğal ormandır. Alandaki 2 iğne yapraklı, 19 geniş yapraklı toplam 21 ağaç türü incelenmiştir. Füzyon yöntemiyle 1m yersel çözünürlüğe getirilen multispektral görüntüler kullanılarak SR, parlaklık (brightness), NDVI, TNDVI (transformed NDVI) bitki indeksleri üretilmiştir. Bitki indeksleri, vejetasyon sınıfları arasındaki küçük farklılıkları ortaya çıkarmak, gölge ve atmosfer etkilerini en aza indirgemek ve LAI tahmini için kullanılmıştır.

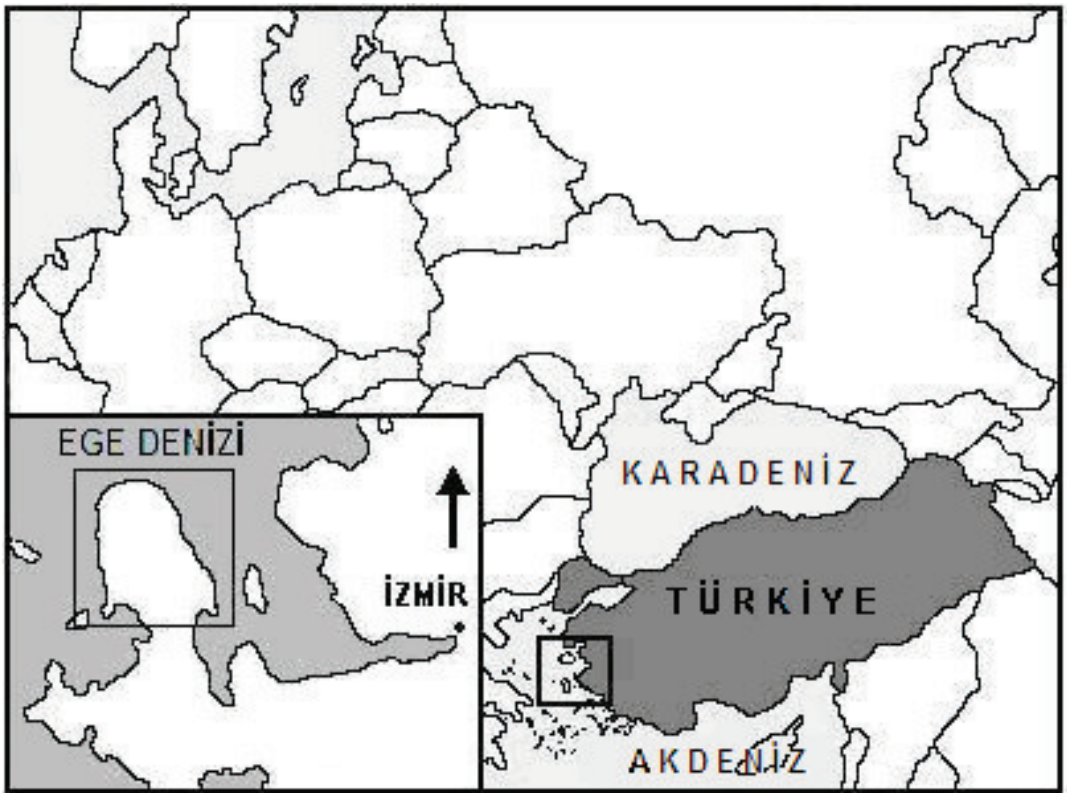
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, başlıca araştırma materyali Karaburun Yarımadası'dır. Karaburun Yarımadası'nın araştırma alanı olarak seçilmesinde alanın doğal bitki örtüsü varlığı ve tür çeşitliliği bakımlarından zenginliği, daha önce alan ile ilgili yapılmış çalışmalara erişim kolaylığı ve maddi olanaklar da düşünülerek İzmir kent merkezine yakınlığı nedeni ile kolay ulaşılabilirliği etkili olmuştur. Araştırma, arazi gözlem çalışmaları yapılarak ve bilgisayar ortamında veriler değerlendirilerek yürütülmüştür. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve uzaktan algılama yazılımları, uydu görüntüleri, alana ve yönteme ilişkin bilimsel araştırmalar, sayısal ortama aktarılmış haritalar ve GPS (Global Positioning System) aleti araştırmanın yardımcı materyalleri olarak kullanılmıştır.

3.1.1. Araştırma alanı

Karaburun Yarımadası, Türkiye'nin batı kıyılarında, Ege Denizi içlerine uzanan, Urla Yarımadası olarak isimlendirilen bölgenin kuzey batısında yer almaktadır. İzmir il sınırları içerisinde İzmir kent merkezinin 100 km kuzeybatısında, 26°21′ - 26º38′ boylamları ile 38º25′ - 38°40′ enlemleri arasında bulunmaktadır. Harita üzerindeki alanı 436 km^2 olan yarımadada Karaburun ilçe merkezi, Mordoğan Beldesi ve 13 köy bulunmaktadır. Araştırma alanı kuzey, doğu ve batı yönlerinde deniz ile çevrili olup güney sınırını doğuda Balıklıova Köyü belirlemektedir (Karaburun Kaymakamlığı, 2010) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Karaburun Yarımadası (Nurlu ve ark., 2009).

Yarımadanın orta kesiminde kuzey-güney doğrultusunda uzanan ve 1218 metreye kadar yükselen Bozdağ yer almaktadır. Yarımada genelinde gözlenen toprak çeşitleri kireçsiz kahverengi topraklar ile kırmızımsı kahverengi Akdeniz topraklarıdır.

Akdeniz makro klima alanı içinde bulunan Karaburun Yarımadası, *Sezer yağış etkenliği ve karasallık indislerine göre*, yıllık ortalamada "yarı nemli denizel iklim" sınıfında yer almaktadır. Yıl içinde Haziran-Ağustos arasındaki 3 aylık devre "kurak", Eylül "yarı kurak", Mayıs "az yarı nemli", Nisan ve Ekim ayları "yarı nemli", Kasım "nemli", Aralık-Mart arasındaki 4 aylık devre ise "çok nemli" koşullar altında geçmektedir (Sezer, 1988 ve Sezer, 1993).

Karaburun Yarımadası'nda, orman, maki ve frigana olmak üzere üç farklı bitki örtüsü tipi bulunmaktadır. Orman vejetasyonunun baskın bitki türünü *Pinus brutia* (Pinaceae) (kızılçam) oluşturmaktadır.

Sıklıkla gözlenen maki türleri şunlardır: *Olea europaea* var. s*ylvestris* (Oleaceae) (delice zeytin), *Quercus coccifera* (Fagaceae) (kermes meşesi), *Quercus infectoria* var. *boissieri* (Fagaceae) (mazı meşesi), *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) (finike ardıcı), *Juniperus oxycedrus* var. *macrocarpa* (Cupressaceae) (katran ardıcı), *Arbutus unedo* (Ericaceae) (kocayemiş), *Arbutus andrachne* (Ericaceae) (sandal), *Phillyrea latifolia* (Oleaceae) (akçakesme), *Pistacia terebinthus* (Anacardiaceae) (menengiç), *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae) (sakız ağacı), *spartium junceum* (Leguminosae) (katırtırnağı), *Genista acanthoclada* (Fabaceae) (bakla güzeli), *Calycotome villosa* (Fabaceae) (keçiboğan), *Pyrus amygdaliformis* (Rosaceae) (badem yapraklı ahlat), *Myrtus communis* (Myrtaceae) (mersin), *(Crataegus monogyna* (Rosaceae) (adi alıç), *Rosa canina* (Rosaceae) (kuşburnu), *Rubus canescens* (Rosaceae) (böğürtlen) (Bekat ve Seçmen, 2002; Nurlu ve Ark., 2003).

Friganayı temsil eden bitki türlerini ise *Origanum onites* (Lamiaceae) (İzmir kekiği), *Erica* sp. (funda), *Lavandula stoechas* (Lamiaceae) (karabaş otu), *Anthyllis hermanniae* (Fabaceae) (yara otu), *Sarcopoterium spinosum* (Rosaceae) (abdestbozan), *Cistus creticus* (Cistaceae) (pembe çiçekli laden), *Cistus salvifolius* (Cistaceae) (adaçayı yapraklı laden), *Cistus parviflorus* (Cistaceae) (küçük çiçekli laden) oluşturmaktadır (Bekat ve Seçmen, 2002; Nurlu ve Ark., 2003).

Bunlardan başka *Pinus pinea* (Pinaceae) (fıstık çamı), *Cupressus* sp. (Cupressaceae) (servi) ve meyve ağaçları nadiren, zeytin ağaçları (Olea sp.) ise kayda değer büyüklükte alanda görülür.

Karaburun Yarımadası'nda yapılan arazi gözlem çalışmaları sırasında sıklıkla karşılaşılan bitki türleri ve bu türlerin yapısal özellikleri aşağıda sunulmuştur:

Pinus brutia (Kızılçam) (Pinaceae)

Herdem yeşil, iğne yapraklı, dağınık tepeli, 20-25 metre boylanabilen bir ağaçtır. Parlak yeşil, narin ince yaprakları, kızıla çalan gövde ve dalları vardır. Deniz seviyesinden yükseldikçe boyu uzar, gövdesi düzgünleşir, odunu daha kaliteli hale gelir. Sıcağa ve kurağa dayanıklıdır, sert kışlara dayanamaz. Toprağı verimli olmayan alanlarda da yetişir. 12-18 cm uzunluğundaki parlak yeşil iğne yapraklar dipten ikili gruplar halinde bağlanmıştır (Şekil 3.2) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.2 Pinus brutia (Kızılçam) (Özgün, 2009).

Olea europaea (Delice zeytin) (Oleaceae)

Kışın yaprağını döken, ince dallı, sürgünleri birkaç metre boylanabilen bir çalıdır. Bazen 8-10 metre boyunda bir ağaç olabilir. 1-4 cm boyunda ters yumurta biçiminde ya da 4-6 cm boyunda mızraksı yapraklar kalın ve serttir (Şekil 3.3) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.3 Olea europa var. sylvestris (Delice zeytin) (Özgün, 2009).

Quercus coccifera (Kermes meşesi) (Fagaceae)

Herdem yeşil, sık dallı, çoğunlukla 2-3 metre boylanabilen çalı ya da ender olarak 8-10 metreye kadar boylanabilen küçük bir ağaçtır. Maki topluluğu içinde yer alır. 2-3 cm boyunda, 1-3 cm genişliğinde, deri gibi sert, eliptik yaprakların kenarları sert sivri dişli, batıcıdır. Üst yüzü parlak yeşil, alt yüzü mat, her iki yüzü de çıplak, çok kısa saplıdır. Yaprak ayası düz ya da dalgalı olabilir, bazen taze yapraklar koyu pembe, kırmızı renktedir (Şekil 3.4) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.4 Quercus coccifera (Kermes meşesi) (Özgün, 2009).

Quercus infectoria var. boissieri (Mazı meşesi) (Fagaceae)

Fazla soğuk olmayan kışlarda yaprağını tamamen dökmez. 10 metreye kadar boylanabilen, geniş tepeli küçük ağaç ya da çalı görünümündedir. Yaprakları mavi yeşil, çok kısa saplı, deri gibi kalın, oval birkaç lopludur (Şekil 3.5) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.5 Quercus infectoria var. boissieri (Mazı meşesi) (Özgün, 2009).

Juniperus phoenicea (Finike ardıcı) (Cupressaceae)

Herdem yeşil, pul yapraklı, çalı ya da 5-6 metre boylanabilen küçük bir ağaçtır. Genç ağaçlardaki ve yaşlı ağaçların alt dallarındaki sürgünler üzerinde bulunan yapraklar iğne yaprak, yaşlı ağaçların üst sürgünleri üzerindeki yapraklar pul yaprak şeklindedir. Açık yeşil yapraklar dört sıra üzerinde karşılıklı olarak yerleşmiştir. Sırtlarında yağ bezesi taşırlar (Şekil 3.6) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.6 Juniperus phoenicea (Finike ardıcı) (Özgün, 2009).

Juniperus oxycedrus var. macrocarpa (Katran ardıcı) (Cupressaceae)

Herdem yeşil, iğne yapraklı, gençken piramidal, yaşlanınca dağınık tepeli bir ağaçtır. 5-6 metre boylanabilir.5-20 mm boyunda, 3-5 mm genişliğindeki iğne yaprak sivri uçlu ve batıcıdır. Alt yüzü soluk yeşil renkte olup üst yüzünde iki adet açık mavimsi gri renkte stoma bandı yer alır (Şekil 3.7) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.7 Juniperus oxycedrus var. macrocarpa (Katran ardıcı) (Özgün, 2009).

Arbutus unedo (Kocayemiş, Dağ çileği) (Ericaceae)

Herdem yeşil, boylu bir çalı, bazen de 6-7 metre boylanabilen küçük bir ağaçtır. Akdeniz kıyılarında maki formasyonu içerisinde ve seyrek kızılçam toplulukları altında yayılmıştır. 5-8 cm uzunluğunda, 2-5 cm genişliğinde kalın eliptik yaprakların üst yüzü koyu yeşil, alt yüzü soluk yeşil, her iki yüzü de tüysüzdür. Uçları sivri ve kenarları dişlidir (Şekil 3.8) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.8 Arbutus unedo (Kocayemiş, Dağ çileği) (Özgün, 2010).

Arbutus andrachne (Sandal ağacı, Kız bacağı) (Ericaceae)

Herdem yeşil, boylu bir çalı, bazen de 5-6 metre boylanabilen kalın dalla küçük bir ağaçtır. Kalın, koyu yeşil renkli, eliptik biçimli yapraklar 7-10 cm boyunda, 4-6 cm genişliğindedir. 3-4 cm uzunluğunda, dallarla aynı renkte bir sapı vardır. Kenarları düzdür (Şekil 3.9) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.9 Arbutus andrachne (Sandal ağacı, Kız bacağı) (Özgün, 2010).

Phillyrea latifolia (Akçakesme) (Oleaceae)

Herdem yeşil, çalı ya da 10 metreye kadar boylanabilen geniş tepeli bir ağaçtır. 1-4 cm boyunda, 6-15 mm genişliğindeki kalın, sert, yumurta biçimli yapraklar tazeyken açık yeşil, daha sonra koyu yeşil renktedir. Kenarları çoğu kez hafif batıcı dişli, bazen düzdür. Uçları küt veya sivri olabilir, sürgünlere karşılıklı dizilidir. Yaprak sapı çok kısadır (Şekil 3.10) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.10 Phillyrea latifolia (Akçakesme) (Özgün, 2010).

Pistacia lentiscus (Sakız ağacı) (Anacardiaceae)

Herdem yeşil, genellikle 1-3 metre boyunda bir çalı, bazen de 5-6 metre boylanabilen yaygın tepeli bir ağaçtır. Yaprakçıklarının 4-10 adedi çift bileşik yapraklar oluşturur. Tüm yaprakçıklar karşılıklı yerleşmiştir, terminal yaprak yoktur. Uzun yumurta, mızraksı biçimdeki kalın, sert yaprakçıklar 1.5-3 cm boyunda, 5-15 mm genişliğindedir. Üst yüzü parlak yeşil, alt yüzü mattır, keskin kokuludur. Yaprak sapı bazen kanatlıdır (Şekil 3.11) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.11 Pistecia lentiscus (Sakız ağacı) (Özgün, 2010).

Genista acanthoclada (Bakla güzeli) (Fabaceae)

Çalı şeklinde en fazla 1 metre boylanır. Legümen 1 tohumlu ve tüylü yapraklar üç yaprakçıklıdır (Şekil 3.12) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.12 Genista acanthoclada (Bakla güzeli) (Özgün, 2009).

Sarcopoterium spinosum (Abdestbozan) (Rosaceae)

Gülgiller familyasından olup siyah ve yeşil boya çıkartılan yaklaşık 70 santim boyunda olan bir bitkidir (Şekil 3.13) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.13 Sarcopoterium spinosum (Abdestbozan) (Özgün, 2010).

Cistus creticus (Pembe çiçekli laden) (Cistaceae)

Herdem yeşil, en çok 50 cm boylanabilen bir çalıdır. 4-5 çapındaki eflatun çiçek beş taç yapraklıdır. Taç yapraklar tazeyken kırışık bir görünümdedir. Çiçek sapı ve çanak yapraklar tüylüdür (Şekil 3.14) (Mamıkoğlu, 2007).

Cistus salvifolius (Adaçayı yapraklı laden) (Cistaceae)

Herdem yeşil, 50-60 cm boylanabilen, bodur bir çalıdır. Kısa saplı, tüylü, oval yapraklar 1.5 - 2 cm boyundadır. Kenarları hafif dalgalı ve alta doğru bükük durumdadır. Üst yüzü gri yeşil, alt yüzü soluk yeşildir (Şekil 3.14) (Mamıkoğlu, 2007).



Şekil 3.14 Cistus creticus (Pembe çiçekli laden) (Özgün, 2010).

Origanum onites *(*İzmir kekiği) (Lamiaceae)

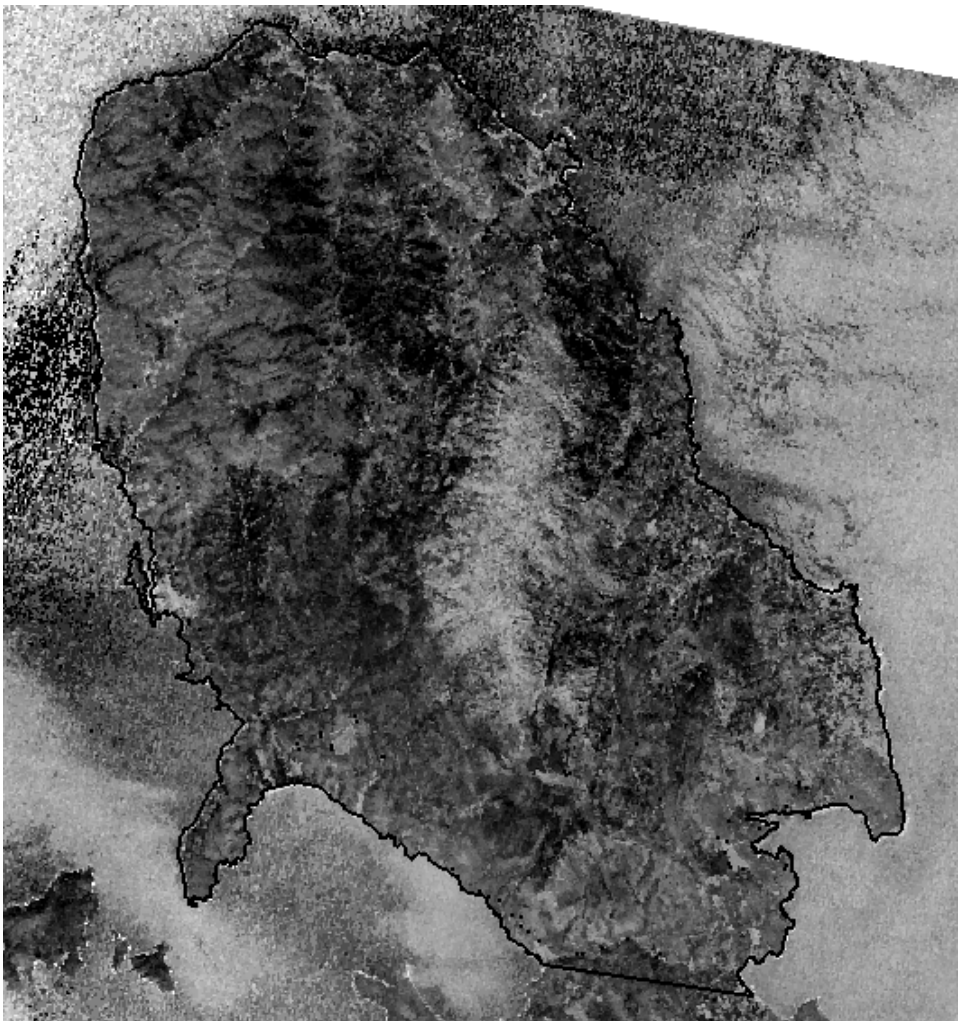
Çok yıllık çalı formunda her zaman yeşil kalabilen bir bitkidir. 30-50 cm boylanabilen, beyaz çiçekli bir çalıdır. Yaprakları kalp şeklindedir ve üzerinde bol miktarda salgı tüyleri bulunmaktadır. Yaprak kenarları hafif dişlidir. Kurak yaz aylarında küçük kısa yapraklar, ilkbahar ve sonbaharda büyük yapraklar oluşmaktadır (Şekil 3.15) (www.bahcesel.com).



Şekil 3.15 Origanum onites (İzmir kekiği) (Özgün, 2009).

3.1.2. Uydu görüntüleri

Araştırmada Karaburun Yarımadasını da içine alan Urla Yarımadası'nın ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) algılayıcısı tarafından 2005 yılı Mayıs ayında alınan yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlardaki görüntüler kullanılmıştır (Şekil 3.16). ASTER görüntülerinin yersel çözünürlüğü 15 metredir. Kırmızı ve yakın kızılötesi bantlardaki görüntüler kullanarak oluşturulan NDVI görüntüsü Şekil 3.16'da sunulmuştur. Bu görüntü, NDVI veri setini oluştururken kullanıldığı gibi arazi gözlem çalışması aşamasında GoogleEarth görüntüleri ile birlikte örnek alanların seçiminde yardımcı materyal olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.16 Karaburun Yarımadası'nın ASTER uydusu bantları ile üretilmiş NDVI görüntüsü (Özgün, 2009).

3.1.3. Yazılımlar ve diğer materyaller

Araştırma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı ve Intergraph GeoMedia Professional 4.0 ile uydu görüntüsü işleme yazılımı Intergraph ImageAnalyst kullanılmıştır. Ayrıca Bentley- Microstation 95 Cad yazılımı ve Microsoft Word ve Excel 2007 programları kullanılmıştır.

Arazi gözlem çalışmaları boyunca Karaburun Yarımadası doğal bitki varlığı üzerine yapılmış bilimsel araştırmalardan ve bitki türlerini tanıtan yayınlardan alandaki bitki türlerinin tanınması amacıyla faydalanılmıştır. Araştırma alanındaki bitki türlerinin fotoğrafları *Fujifilm* marka *8.3* megapiksel çözünürlüklü fotoğraf makinesi ile 2009 yılı eylül-ekim-kasım aylarında ve 2010 yılı şubat-haziran aylarında çekilmiştir. Bu fotoğraflar hem bitki türlerinin tanınması için kullanılmış hem de tez çalışması içinde türlerin tanıtıldığı bölümde kullanılmıştır.

Örnek alan koordinatlarının kaydedilmesinde Magellan marka GPS aleti kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Ege Üniversitesi EBİLTEM Uydu Laboratuarı tarafından bir başka çalışma kapsamında hazırlanan Urla Yarımadası'na ait harita sayısal olarak alınmıştır. Bu haritanın Karaburun Yarımadası'nı gösteren bölümü GeoMedia 4.0 programı kullanılarak kesilmiş, tez çalışmasında altlık harita olarak kullanılmıştır. ASTER görüntüleri bu altlık harita esas alınarak rektifiye edilmiştir. Araştırmanın görüntü üzerinde yürütülen aşamalarında ImageAnalyst programı kullanılmıştır.

Rektifiye edilmiş ASTER yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı bant (RED) görüntüleri kullanılarak ImageAnalyst programında NDVI görüntüsü üretilmiştir. Bu işlem sırasında NDVI bitki indeksinin yaygın tanımına uygun olarak NIR-RED/NIR+RED formülü uygulanmıştır.

2009 yılının Haziran, Eylül, Ekim ve Kasım ayları ile 2010 yılının Şubat ve Nisan aylarında arazi gözlem çalışmaları yapılmıştır. Her gözlem gününden önce

Karaburun Yarımadası'nın 2005 yılı Mayıs ayına ait 15 metre yersel çözünürlüklü ASTER NDVI görüntüsü ve güncel GoogleEarth görüntüleri rehberliğinde örnek alanlar belirlenmiştir. Bu rehber görüntüler eşliğinde alanda yapılan çalışmada her örnek alanın baskın bitki türleri, türlerin kapladığı alan oranları, yeşil dokunun toprağı örtme oranı ve GPS aleti ile elde edilen koordinat verileri kaydedilmiştir. Bu veriler Microsoft Excel 2007 programı ortamına aktarılmıştır.

Türlerin kapladıkları alan oranları gözlem çalışmaları boyunca yüzde cinsinden ifade edilmiştir. Bir türün %80 veya daha fazla oranda alan kapladığı bölgeler bu türün baskın olduğu alanlar olarak kaydedilmiştir. Türlerin %80'den daha az oranda alan kapladıkları bölgeler ise en baskın iki türün birlikteliğini ifade edecek biçimde bu iki türü barındıran alanlar olarak kaydedilmiştir. Baskın iki tür içeren sınıflar bu iki türün adı ile ve en baskın türün adı ilk olarak yazılacak şekilde belirtilmiştir. Bu yolla bir baskın tür içeren ve iki baskın tür içeren sınıflar oluşturulmuştur.

Sınıflara isim verilirken genellikle tür isimleri kullanılmış olsa da, yapısal olarak birbirine benzeyen aynı cinse ait türler ait oldukları cinsin ismi ile anılarak sınıflara isim vermişlerdir.

Microsoft Excel 2007 programında kaydedilen örnek alanlara ait koordinat bilgilerinin Coğrafi Bilgi Sistemi ortamına aktarılması işi için GeoMedia 4.0 kullanılmıştır. Koordinat bilgileri altlık haritaya yeni bir katman olarak eklenmiştir. Bu katmanda her örnek alan bir nokta ile gösterilmiştir.

ImageAnalyst programında oluşturulan ASTER NDVI görüntüsü alan koordinatlarını da barındıran altlık harita üzerinde açılmıştır. Bir örnek alana karşılık gelen bir nokta çoğunlukla bir pikselin sınırları içine düşmektedir. Noktanın içinde yer aldığı piksel değeri, çevre piksel değerlerinden net bir biçimde farklı olduğu durumlarda o örnek alana (noktaya) ait NDVI değeri olarak kaydedilmiştir. Bu, örnek alanın çevresinden net bir biçimde ayrılabildiği durumdur. Örnek alanlar çoğunlukla bir piksele karşılık gelen 15 metre kenar uzunluğuna sahip karesel alandan daha geniş bir alanı ifade etmektedirler. Ayrıca,

piksel yansıma değerleri çoğunlukla çevre piksellerin yansıma değerlerinden etkilenmektedir. Bu sebeplerle, örnek alanları ifade eden her bir nokta çevresinde yer alan pikseller o alana ilişkin NDVI değerlerini içeren pikseller olarak görülerek piksel sayısal değer ortalamaları alana ait bitki indeksi değeri olarak kaydedilmiştir.

Piksel sayısal değer ortalamaları alınırken çoğunlukla 3x3'lük karesel alan oluşturan 9 pikselin sayısal değer ortalaması alınmıştır. Örnek alanın 9 pikselden daha az bir alan kapsadığı durumlarda ise daha az sayıda ve sayısal değerleri birbirine yakın olan piksellerin sayısal değer ortalaması alınmıştır.

Analiz aşamasında her sınıfa ait en düşük, en yüksek ve ortalama bitki indeksi değerleri ile NDVI değerleri arasındaki standart sapma belirlenmiştir. Böylece, her sınıfın NDVI karakteristikleri kaydedilmiştir. Bu değerler yardımı ile diğer sınıflardan kolaylıkla ayrılabilecek sınıflar ve birbirlerine yakın bitki indeksi değerine sahip sınıfların belirlenebileceği varsayılmıştır.

Sınıfların ortalama NDVI değerine yakınlık kriteri göz önüne alınarak (her alanın, o alanın NDVI değerine en yakın ortalama NDVI değerine sahip sınıfa atanması ile) NDVI değerleri ile tür dağılımı arasındaki ilişkiler 40 adet test noktasında kontrol edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME

Araştırma alanında yapılan arazi gözlem çalışmaları boyunca 10 cinste 14 bitki türü baskın tür olarak kaydedilmiştir. Bu türler ve cinsler şunlardır: Arbutus unedo ve Arbutus andrachne (kocayemiş ve sandal ağacı), Quercus coccifera (kermes meşesi), Cistus salvifolius, Cistus parviflorus ve Cistus creticus (laden türleri), Juniperus phoenicea (finike ardıcı), Juniperus oxycedrus (katran ardıcı), Pistacia lentiscus (sakız), Pinus brutia (kızılçam), Olea europaea (delice zeytin), Phillyrea latifolia (akçakesme), Sarcopoterium spinosum (abdestbozan), Origanum onites (İzmir kekiği). Bu türler, latince isimleri ve yerel isimleri ile Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1: Araştırma kapsamına alınan bitki türleri (Özgün, 2010).

Latince isimler	**Yerel isimler**
Pinus brutia	Kızılçam
Arbutus unedo	Kocayemiş, Dağ çileği
Arbutus andrachne	Sandal ağacı, Kız bacağı
Olea europaea	Delice zeytin
Juniperus phoenicea	Finike ardıcı
Juniperus oxycedrus	Katran ardıcı
Quercus coccifera	Kermes meşesi
Pistacia lentiscus	Sakız ağacı
Phillyrea latifolia	Akçakesme
Sarcopoterium spinosum	Abdestbozan
Cistus sp.	Laden
Origanum onites	İzmir kekiği

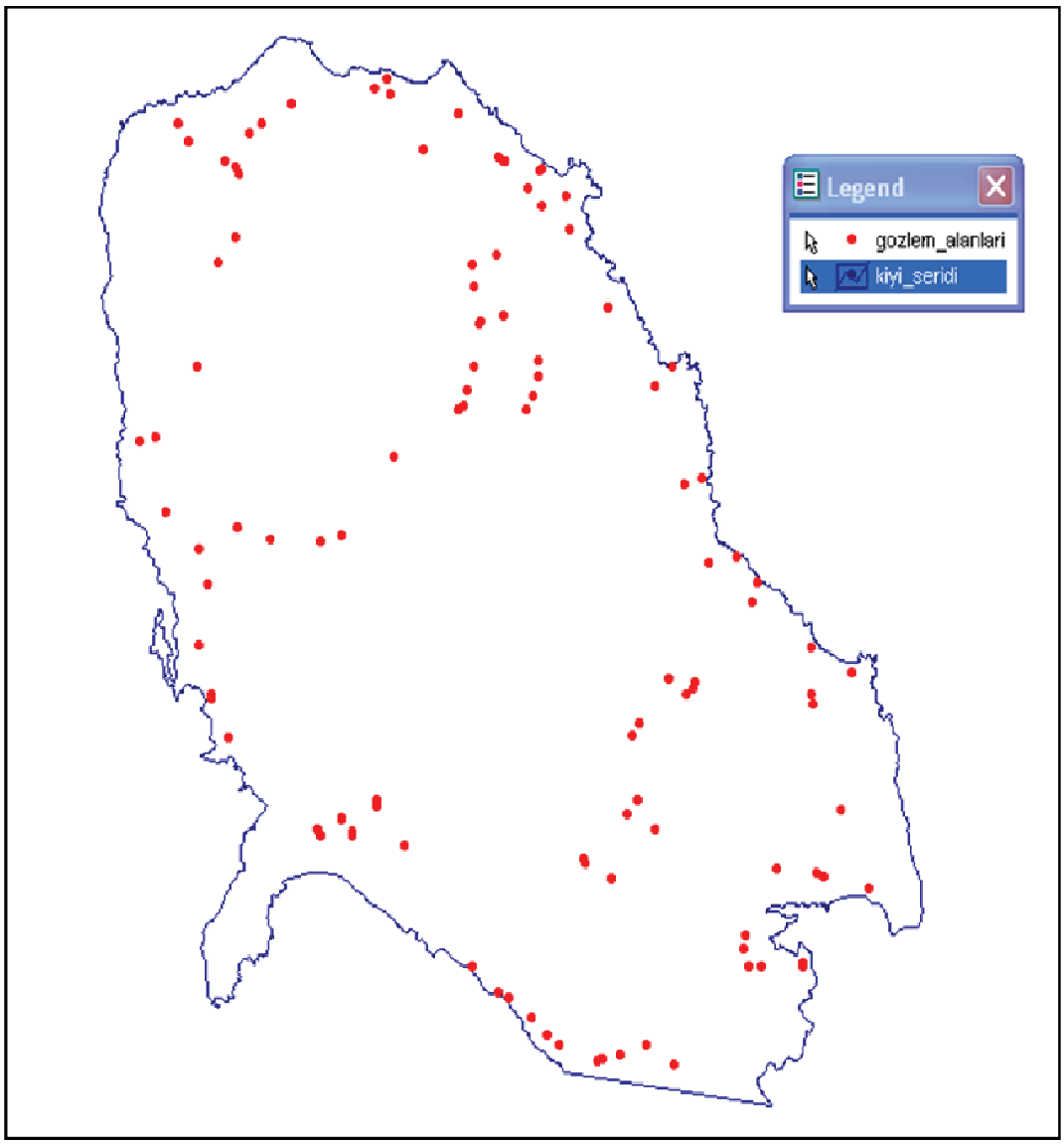
Arazi gözlem çalışmaları sırasında, bir alanda baskın olarak kaydedilecek kadar yoğun olamamakla birlikte Karaburun Yarımadası'nda sıklıkla karşılaşılan başka doğal türler de mevcuttur. Bunlara örnek vermek gerekirse *Genista* türlerinden (*Genista acanthoclada* ve *Genista tinctoria*) bahsedilebilir. Bu türler çoğunlukla frigana baskın alanlarda diğer frigana türleri ile birlikte bulunmakta, fakat alandaki en baskın iki türden biri oldukları duruma rastlanmamaktadır. Hiçbir alanda baskın olarak kaydedilmemiş olmasına rağmen mazı meşesi (*Quercus infectoria*) bitkisine Karaburun Yarımadası'nın kuzeybatı kesiminde Karaburun ilçe merkezi yakınlarında rastlanmıştır.

Arbutus türleri (*Arbutus unedo* ve *Arbutus andrachne*) gözle kolaylıkla ayırt edilebilmelerine rağmen yapısal özellikleri bakımından birbirlerine oldukça benzemektedirler. Bu nedenle bu iki tür çalışmada ortak cinslerinin adı ile sınıflandırılmıştır. Türkçe isim ile anmak adına bu iki türden birinin veya ikisinin bulunduğu alanlar kocayemiş/sandal ağacı olarak anılacaktır.

Benzer şekilde laden ismi ile anılan sınıflarda *Cistus salvifolius, Cistus parviflorus* ve *Cistus creticus* türlerinden en az biri olduğu anlaşılmalıdır. Gözle birbirinden ayırt edilmesi zor olan bu türlerin ayrımı arazi gözlem çalışmaları esnasında da yapılmamıştır.

Aynı cinse mensup iki tür olan finike ardıcı ve katran ardıcının yapısal özelliklerindeki benzerlikler sebebiyle bu iki türden birini barındıran alanların ait olduğu sınıf ardıç ismi ile anılacaktır.

Böylece, 10 adet cins veya tür sınıflara isim verilirken kullanılmıştır. Bu 10 tür veya cins bazı durumlarda tek başlarına, bazı durumlarda ikili anılarak 13 adet sınıfı oluşturmaktadır. 13 sınıftan birinin adını alan 111 adet alan, NDVI değerleri ile tür belirleme yöntemi geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu 111 gözlem alanının Karaburun Yarımadası'na dağılımı Şekil 4.1'de sunulmuştur.



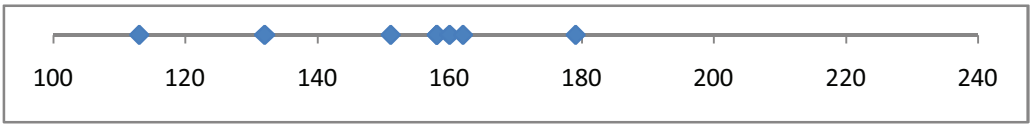
Şekil 4.1 Gözlem alanlarının Karaburun Yarımadası'na dağılımı (Özgün, 2009).

Böylece Karaburun Yarımadası'nda 111 alanda yapılan arazi gözlem çalışması kapsamında kaydedilen tür birliktelikleri 13 sınıfta toplanmıştır. Bu 13 sınıfın NDVI karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

Cistus sp. (Laden türleri)

En az bir laden türünün baskın olduğu alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 113 ile 179 arasında değişmektedir. Laden türlerinin baskın olduğu

durum 151,6 ortalama NDVI değerine sahip 8 alanda gözlemlenmiştir. Bu 8 NDVI değeri 20,3 standart sapma ile 67 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.2).

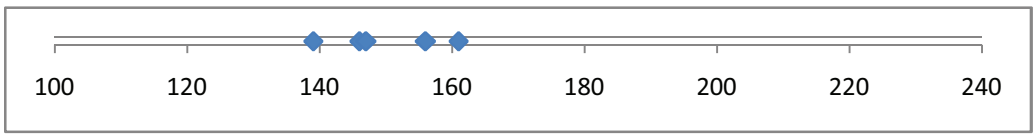


Şekil 4.2 Cistus sp. (laden türleri) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Laden türlerinin baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile güçlü pozitif korelasyon[1] göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,9 olduğu belirlenmiştir.

Origanum onites & Sarcopoterium spinosum (İzmir kekiği ve abdestbozan)

Birinci baskın türün Origanum onites (izmir kekiği), ikinci baskın türün Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 139 ile 161 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 149,8 ortalama NDVI değerine sahip 5 alanda gözlemlenmiştir. Bu 5 alanın NDVI değerleri 8,7 standart sapma ile 23 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.3).



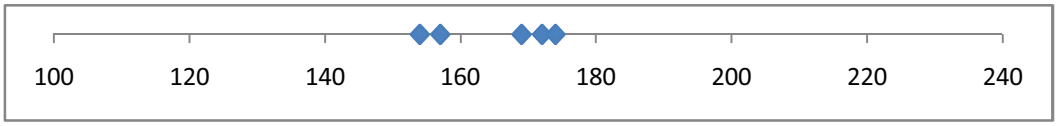
Şekil 4.3 Origanum onites & Sarcopoterium spinosum (izmir kekiği ve abdestbozan) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

[1] Korelasyon: İki sayı kümesi arasındaki bağlılık. Korelasyon 1'e yakın ise sayılar beraber artıp beraber azalmaktadır. Korelasyonun -1'e yakın olduğu durumda bir grup sayının artışı, diğer kümedeki sayıların azalışı görülmektedir. Korelasyon 0'a yakın ise kümelerdeki sayılar ilişkisizdir.

Birinci baskın türün Origanum onites (izmir kekiği), ikinci baskın türün Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile negatif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun -0,7 olduğu belirlenmiştir.

Sarcopoterium spinosum & Cistus sp. (Abdestbozan ve laden türleri)

Birinci baskın türün Sarcopoterium spinosum (abdestbozan), ikinci baskın türün Cistus (laden) türlerinden birinin olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 154 ile 174 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 165,2 ortalama NDVI değerine sahip 5 alanda gözlemlenmiştir. Bu 5 alanın NDVI değerleri 9,1 standart sapma ile 21 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.4).

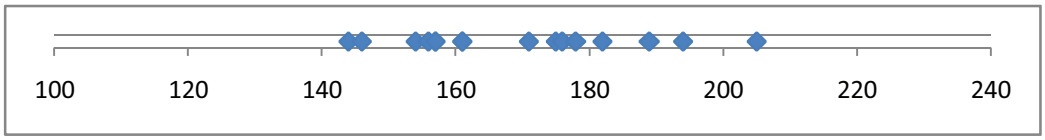


Şekil 4.4 Sarcopoterium spinosum & Cistus sp. (abdestbozan ve laden türleri) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Birinci baskın türün Sarcopoterium spinosum (abdestbozan), ikinci baskın türün Cistus (laden) türlerinden birinin olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,8 olduğu belirlenmiştir.

Sarcopoterium spinosum (Abdestbozan)

Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) türünün baskın olduğu alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 144 ile 205 arasında değişmektedir. Abdestbozanın baskın olduğu durum 169,1 ortalama NDVI değerine sahip 16 alanda gözlemlenmiştir. Bu 16 alanın NDVI değerleri 17,6 standart sapma ile 62 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.5).

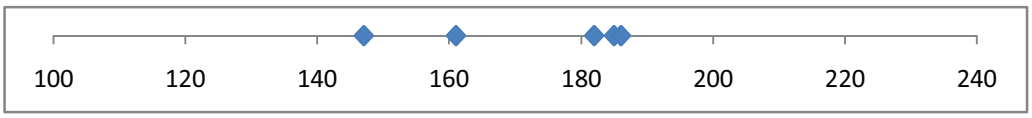


Şekil 4.5 Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) türünün baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile zayıf bir korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,3 olduğu belirlenmiştir.

Quercus coccifera & Cistus sp. (Kermes meşesi ve laden türleri)

Birinci baskın türün Quercus coccifera (kermes meşesi), ikinci baskın türün Cistus (laden) türlerinden birinin olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 147 ile 186 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 172,2 ortalama NDVI değerine sahip 5 alanda gözlemlenmiştir. Bu 5 alanın NDVI değerleri 17,4 standart sapma ile 40 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.6).



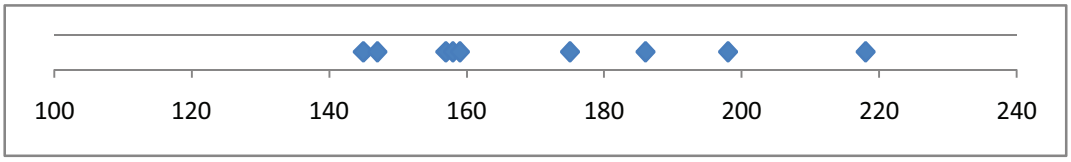
Şekil 4.6 Quercus coccifera & Cistus sp. (kermes meşesi ve laden türleri) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Quercus coccifera (kermes meşesi) ve Cistus (laden) türleri birlikteliğinin oluşturduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile pozitif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,7 olduğu belirlenmiştir.

Quercus coccifera & Phillyrea latifolia (Kermes meşesi ve akçakesme)

Birinci baskın türün Quercus coccifera (kermes meşesi), ikinci baskın türün Phillyrea latifolia (akçakesme) olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların

oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 145 ile 218 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 171,4 ortalama NDVI değerine sahip 9 alanda gözlemlenmiştir. Bu 9 alanın NDVI değerleri 24,8 standart sapma ile 74 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.7).

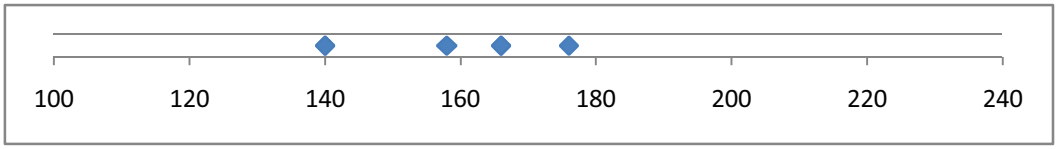


Şekil 4.7 Quercus coccifera & Phillyrea latifolia (kermes meşesi ve akçakesme) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Quercus coccifera (kermes meşesi) ve Phillyrea latifolia (akçakesme) birlikteliğinin oluşturduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile pozitif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,7 olduğu belirlenmiştir.

Juniperus phoenicea veya Juniperus oxycedrus (Finike ardıcı veya katran ardıcı)

Juniperus phoenicea (finike ardıcı) veya Juniperus oxycedrus (katran ardıcı) türlerinden birinin baskın olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 140 ile 176 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 157,7 ortalama NDVI değerine sahip 6 alanda gözlemlenmiştir. Bu 6 alanın NDVI değerleri 14,8 standart sapma ile 37 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.8).

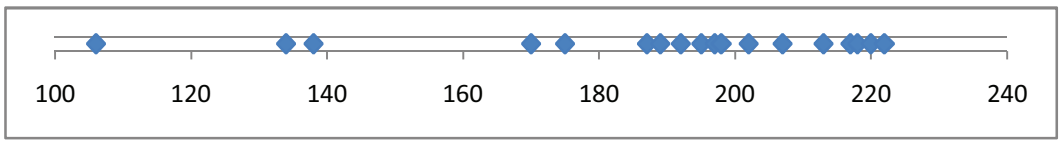


Şekil 4.8 Juniperus phoenicea veya Juniperus oxycedrus (finike ardıcı veya katran ardıcı) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Juniperus phoenicea (finike ardıcı) veya Juniperus oxycedrus (katran ardıcı) türlerinden birinin baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile pozitif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,8 olduğu belirlenmiştir.

Quercus coccifera (Kermes meşesi)

Quercus coccifera (kermes meşesi) türünün baskın olduğu alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 106 ile 222 arasında değişmektedir. Kermes meşesinin baskın olduğu durum 187,8 ortalama NDVI değerine sahip 18 alanda gözlemlenmiştir. Bu 18 alanın NDVI değerleri 32,5 standart sapma ile 117 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.9).

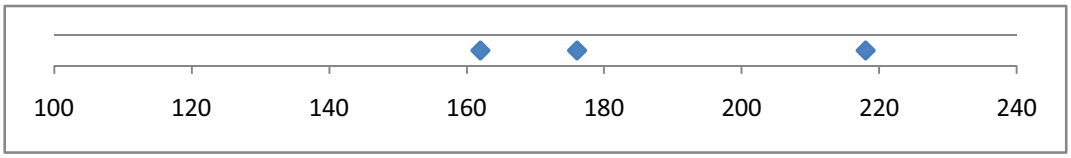


Şekil 4.9 Quercus coccifera (kermes meşesi) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Quercus coccifera (kermes meşesi) baskın alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,9 olduğu belirlenmiştir.

Pistacia lentiscus & Olea europaea (Sakız ağacı ve delice zeytin)

Birinci baskın türün Pistacia lentiscus (sakız), ikinci baskın türün Olea europaea (delice zeytin) olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 162 ile 218 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 185,3 ortalama NDVI değerine sahip 3 alanda gözlemlenmiştir. Bu 3 alanın NDVI değerleri 29,1 standart sapma ile 57 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.10).

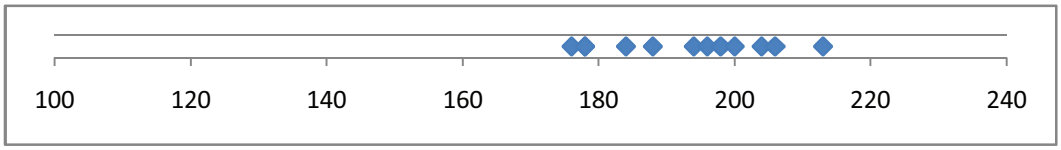


Şekil 4.10 Pistacia lentiscus & Olea europaea (sakız ağacı ve delice zeytin) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Pistacia lentiscus (sakız) ve Olea europaea (delice zeytin) türlerinin baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,8 olduğu belirlenmiştir.

Arbutus sp. & Quercus coccifera (Kocayemiş / sandal ağacı ve kermes meşesi)

Birinci baskın türün Arbutus sp. (kocayemiş veya sandal), ikinci baskın türün Quercus coccifera (kermes meşesi) olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 176 ile 213 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 192,9 ortalama NDVI değerine sahip 12 alanda gözlemlenmiştir. Bu 12 alanın NDVI değerleri 12,1 standart sapma ile 38 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.11).

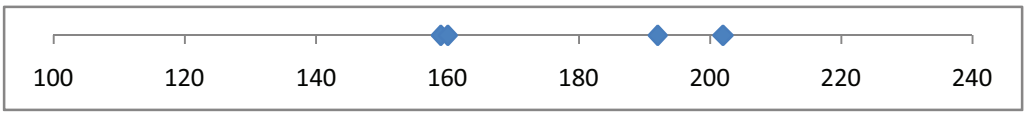


Şekil 4.11 Arbutus sp. & Quercus coccifera (kocayemiş / sandal ağacı ve kermes meşesi) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Arbutus sp. (kocayemiş veya sandal) ve Quercus coccifera (kermes meşesi) türlerinin baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,8 olduğu belirlenmiştir.

Pinus brutia & Quercus coccifera (Kızılçam ve kermes meşesi)

Birinci baskın türün Pinus brutia (kızılçam), ikinci baskın türün Quercus coccifera (kermes meşesi) olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 159 ile 202 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 178,3 ortalama NDVI değerine sahip 4 alanda gözlemlenmiştir. Bu 4 alanın NDVI değerleri 22 standart sapma ile 44 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.12).

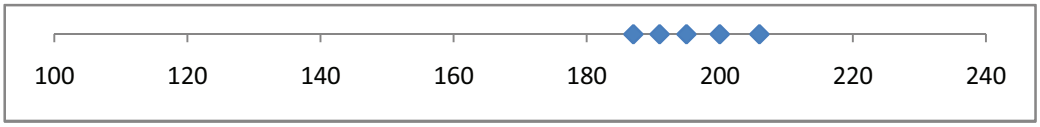


Şekil 4.12 Pinus brutia & Quercus coccifera (kızılçam ve kermes meşesi) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Pinus brutia (kızılçam) ve Quercus coccifera (kermes meşesi) türlerinin baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile zayıf korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,2 olduğu belirlenmiştir.

Pinus brutia & Arbutus sp. (Kızılçam ve kocayemiş / sandal ağacı)

Birinci baskın türün Pinus brutia (kızılçam), ikinci baskın türün Arbutus sp. (kocayemiş veya sandal ağacı) olduğu tür birlikteliğinin gözlendiği alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 187 ile 206 arasında değişmektedir. Bu birliktelik 195,8 ortalama NDVI değerine sahip 5 alanda gözlemlenmiştir. Bu 5 alanın NDVI değerleri 7,5 standart sapma ile 20 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.13).

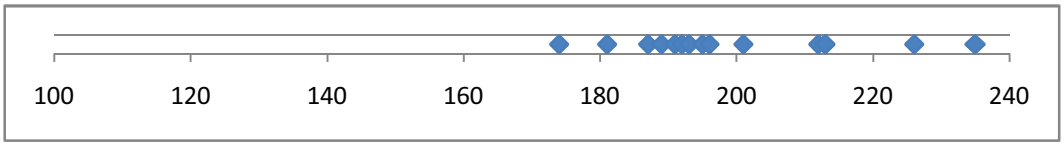


Şekil 4.13 Pinus brutia & Arbutus sp. (kızılçam ve kocayemiş / sandal ağacı) NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Pinus brutia (kızılçam) yanında Arbutus sp. (kocayemiş veya sandal ağacı) baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile negatif korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun -0,8 olduğu belirlenmiştir.

Pinus brutia (Kızılçam)

Pinus brutia (kızılçam) türünün baskın olduğu alanların oluşturduğu sınıfın NDVI değerleri 174 ile 235 arasında değişmektedir. Kızılçamın baskın olduğu durum 199,9 ortalama NDVI değerine sahip 15 alanda gözlemlenmiştir. Bu 15 alanın NDVI değerleri 16,8 standart sapma ile 62 tamsayılık bir aralığa yayılmaktadır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Pinus brutia (kızılçam) NDVI değeri (Özgün, 2010).

Pinus brutia (kızılçam) türünün baskın olduğu alanların NDVI değerleri, yaprakların toprağı örtme oranı ile zayıf korelasyon göstermektedir. Bu iki değer kümesi arasında korelasyonun 0,4 olduğu belirlenmiştir.

En yüksek ortalama NDVI değerinin kızılçam sınıfında, en düşük ortalama NDVI değerinin ise frigana türlerinin baskın olduğu alanlarda kaydedildiği görülmektedir. Ayrıca, birim alandaki yaprak yoğunluğu ile ilişkili olan yaprakların toprağı örtme oranı ile NDVI değerleri, sınıflar içinde çoğunlukla pozitif korelasyon göstermektedir. Bu sonuç, bitki indekslerinin sıklıkla ilişkilendirildiği birim alandaki yaprak yoğunluğu (LAI) ile NDVI değerlerinin pozitif korelasyon gösterdikleri yargısını desteklemektedir.

NDVI karakteristikleri yukarıda verilen 13 sınıftan bazılarının NDVI ortalama değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir. Örneğin, frigana bitki örtüsünün üyeleri olan türlerin oluşturduğu Cistus (laden) sınıfı ile Origanum onites (izmir kekiği) ve Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) birlikteliği sınıfı NDVI değerleri benzer sayı aralıklarına yayılmıştır. Bu iki sınıfa mensup alanların ortalama NDVI değerleri arasındaki fark yalnızca 1,8'dir (sırasıyla 151,6 ve 149,8). Bu durum, iki sınıfın NDVI değerleri aracılığıyla ayırt edilmesini olanaksız kılmaktadır. Benzer şekilde, Quercus coccifera (kermes meşesi) ve Cistus (laden) sınıfı ile Quercus coccifera (kermes meşesi) ve Phillyrea latifolia (akçakesme) sınıfı ortalama NDVI değerleri birbirine oldukça yakındır.

Ortalama NDVI değerleri farklı olsa da alanlara ait NDVI değerlerinin benzer sayı aralıklarına yayıldığı sınıflar mevcuttur. 147-186 sayı aralığına yayılmış NDVI değerlerine sahip kermes meşesi ve laden sınıfı ile 140-176 sayı aralığına yayılmış NDVI değerlerine sahip ardıç sınıfı bu sınıflara örnek olarak verilebilir.

Sınıflara ait alanların toprağı örtme oranı, NDVI değerleri, bu değerlerin standart sapması ile sınıfların ortalama NDVI değerleri Çizelge 4.2'de sunulmuştur. 13 sınıfın NDVI değerleri 20 ile 117 arasında tamsayı aralıklarına dağılan bir yayılım sergilemektedirler. NDVI değerleri ortalama 51 tamsayı aralığına yayılmaktadır. Sınıfların NDVI değerlerinin ortalama standart sapması 18'dir. Aynı sınıfa ait alanların NDVI değerlerinin bu denli dağınık olması ve farklı sınıflara ait alanların yakın NDVI değerine sahip olmaları, salt NDVI değerlerini kullanarak yapılacak tür tahmininin doğruluk oranının düşük olacağı fikrini uyandırmaktadır.

Çizelge 4.2: Alanlara ait tür bilgisi, toprağı örtme oranı ve NDVI değerleri (Özgün, 2010).

Sınıf	Toprağı Örtme Oranı (%)	NDVI	Ortalama NDVI	NDVI Standart Sapma
Cistus sp.	50	113	151,6	20,3
Cistus sp.	50	132		
Cistus sp.	70	151		
Cistus sp.	80	158		
Cistus sp.	60	158		
Cistus sp.	70	160		
Cistus sp.	80	162		
Cistus sp.	100	179		
Origanum onites&Sarc. spinosum	80	139	149,8	8,7
Origanum onites & Sarc. spinosum	60	146		
Origanum onites & Sarc. spinosum	80	147		
Origanum onites & Sarc. spinosum	70	156		
Origanum onites & Sarc. spinosum	50	161		
Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.	70	154	165,2	9,1
Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.	60	157		
Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.	80	169		
Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.	80	172		
Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.	80	174		
Sarcopoterium spinosum	20	144	169,1	17,6
Sarcopoterium spinosum	40	146		
Sarcopoterium spinosum	80	154		
Sarcopoterium spinosum	30	156		
Sarcopoterium spinosum	80	157		
Sarcopoterium spinosum	30	157		
Sarcopoterium spinosum	60	161		
Sarcopoterium spinosum	60	161		
Sarcopoterium spinosum	60	171		
Sarcopoterium spinosum	70	175		
Sarcopoterium spinosum	80	176		
Sarcopoterium spinosum	80	178		
Sarcopoterium spinosum	50	182		
Sarcopoterium spinosum	70	189		
Sarcopoterium spinosum	60	194		
Sarcopoterium spinosum	40	205		
Quercus coccifera & Cistus sp.	75	147	172,2	17,4
Quercus coccifera & Cistus sp.	65	161		
Quercus coccifera & Cistus sp.	80	182		
Quercus coccifera & Cistus sp.	100	185		
Quercus coccifera & Cistus sp.	90	186		

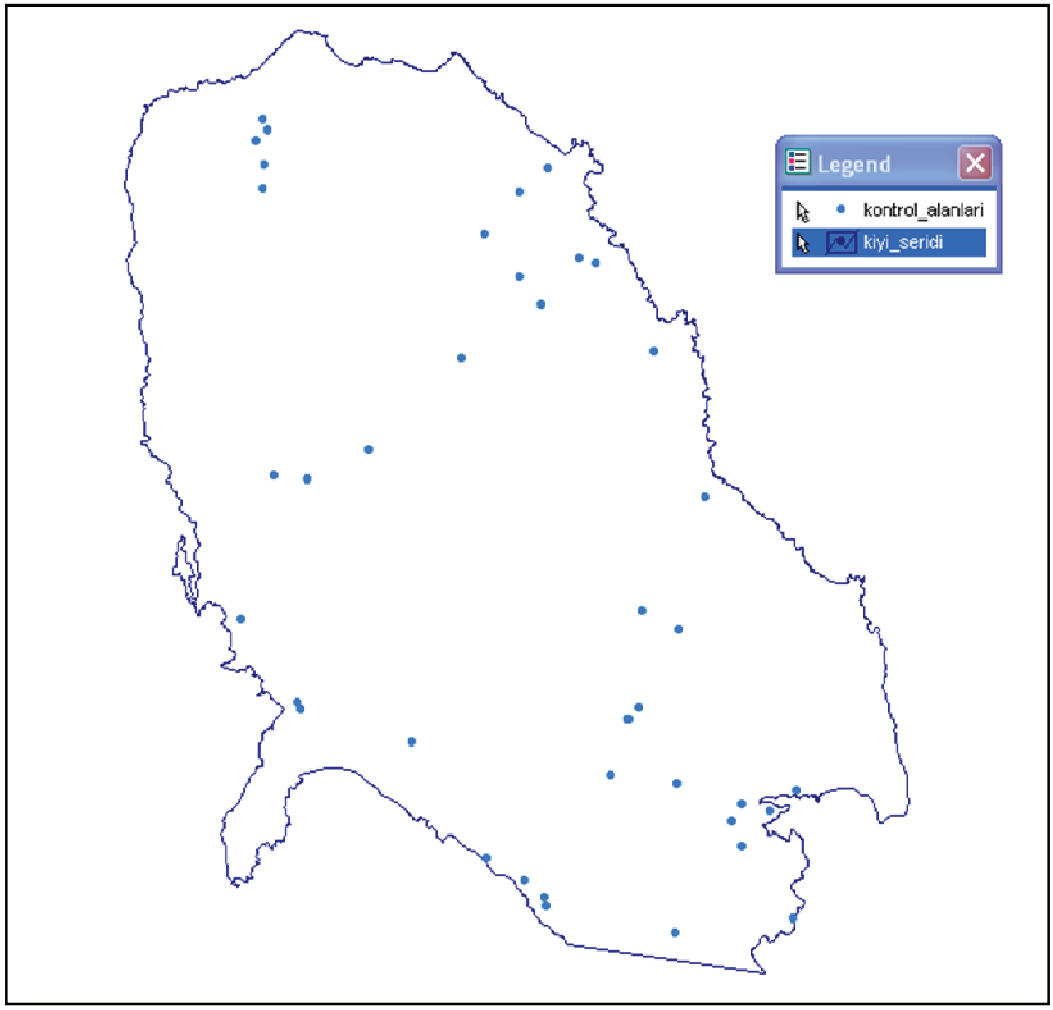
Çizelge 4.2: Alanlara ait tür bilgisi, toprağı örtme oranı ve NDVI değerleri (devam) (Özgün, 2010).

Sınıf	Toprağı Örtme Oranı (%)	NDVI	Ortalama NDVI	NDVI Standart Sapma
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	50	145	171,4	24,8
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	70	147		
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	30	157		
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	80	158		
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	70	159		
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	95	175		
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	90	186		
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	90	198		
Quercus coccifera & Phillyrea latifolia	90	218		
Juniperus sp.	40	140	157,7	14,8
Juniperus sp.	50	140		
Juniperus sp.	60	158		
Juniperus sp.	65	166		
Juniperus sp.	50	166		
Juniperus sp.	90	176		
Quercus coccifera	20	106	187,8	32,5
Quercus coccifera	50	134		
Quercus coccifera	65	138		
Quercus coccifera	70	170		
Quercus coccifera	70	175		
Quercus coccifera	100	187		
Quercus coccifera	80	189		
Quercus coccifera	70	192		
Quercus coccifera	90	195		
Quercus coccifera	85	197		
Quercus coccifera	100	198		
Quercus coccifera	95	202		
Quercus coccifera	100	207		
Quercus coccifera	80	213		
Quercus coccifera	90	217		
Quercus coccifera	100	218		
Quercus coccifera	100	220		
Quercus coccifera	90	222		
Pistacia lentiscus & Olea europaea	50	162	185,3	29,1
Pistacia lentiscus & Olea europaea	90	176		
Pistacia lentiscus & Olea europaea	100	218		

Çizelge 4.2: Alanlara ait tür bilgisi, toprağı örtme oranı ve NDVI değerleri (devam) (Özgün, 2010).

Sınıf	Toprağı Örtme Oranı (%)	NDVI	Ortalama NDVI	NDVI Standart Sapma
Arbutus sp. & Quercus coccifera	70	176	192,9	12,1
Arbutus sp. & Quercus coccifera	90	178		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	70	178		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	80	184		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	80	188		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	100	194		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	80	196		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	100	198		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	95	200		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	90	204		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	100	206		
Arbutus sp. & Quercus coccifera	100	213		
Pinus brutia & Quercus coccifera	70	159	178,3	22,0
Pinus brutia & Quercus coccifera	80	160		
Pinus brutia & Quercus coccifera	80	192		
Pinus brutia & Quercus coccifera	75	202		
Pinus brutia & Arbutus sp.	100	187	195,8	7,5
Pinus brutia & Arbutus sp.	90	191		
Pinus brutia & Arbutus sp.	100	195		
Pinus brutia & Arbutus sp.	90	200		
Pinus brutia & Arbutus sp.	80	206		
Pinus brutia	80	174	199,9	16,8
Pinus brutia	80	181		
Pinus brutia	90	187		
Pinus brutia	90	189		
Pinus brutia	80	191		
Pinus brutia	90	192		
Pinus brutia	80	193		
Pinus brutia	100	195		
Pinus brutia	80	196		
Pinus brutia	70	201		
Pinus brutia	95	212		
Pinus brutia	80	213		
Pinus brutia	90	213		
Pinus brutia	100	226		
Pinus brutia	90	235		

Karaburun Yarımadası'na mekansal olarak ve 0-255 sayı aralığına sayısal olarak dengeli biçimde dağılacak şekilde seçilen 40 adet kontrol alanında sınıfların ortalama NDVI değerine yakınlık kriteri vasıtasıyla tür belirleme yöntemi uygulanmıştır. Bu 40 alanın Karaburun Yarımadası'na dağılımı Şekil 4.15'te gösterilmektedir.



Şekil 4.15 Kontrol alanlarının Karaburun Yarımadası'na dağılımı (Özgün, 2009).

Seçilen 40 test alanının her biri, alanın NDVI değerinin 13 sınıfın ortalama NDVI değerleri arasında en yakın olduğu sınıfa atanarak tür tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle yapılan tür tahmini sonucu 40 alanın 9 adedinde (% 23 doğruluk ile) gerçekte var olan tür veya birliktelik doğru tahmin edilmiştir.

Sınıfları oluşturan türlerin yapısal benzerlikleri nedeniyle, yukarıda bahsedildiği gibi, NDVI değerlerinin birbirleri ile iç içe geçmiş olması düşük doğruluk oranının temel nedenidir. Tahmin doğruluğunun düşük olmasının bir nedeni de çalışma alanındaki bitki türü çeşitliliği nedeniyle 13 adet sınıfın belirlenmiş olmasıdır.

Türü doğru tahmin edilen 9 alanın 5 tanesi Pinus brutia (kızılçam) sınıfına aittir. Doğru tahmin edilen diğer 4 alan ise Arbutus sp. (kocayemiş/sandal ağacı) ve Quercus coccifera (kermes meşesi), Sarcopoterium spinosum (abdestbozan), Cistus sp. (laden), Origanum onites (izmir kekiği) ve Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) sınıflarına ait alanlardır.

Pinus brutia (kızılçam) sınıfına mensup olacağı tahmin edilen 10 alandan 5 tanesinin alanda yapılan test amaçlı gözlemler sonucunda gerçekten Pinus brutia (kızılçam) sınıfına ait oldukları belirlenmiştir. Öte yandan, alanda yapılan test amaçlı gözlemler sonucunda Pinus brutia (kızılçam) sınıfına ait olduğu belirlenen 7 alandan 3 tanesi doğru tahmin edilmiştir. Pinus brutia (kızılçam) tahminindeki görece başarı, Pinus brutia (kızılçam) türünün Karaburun Yarımadası'ndaki tek baskın orman türü olması ile ilgilidir. Tek başına bu göreceli başarı bile, ortalama NDVI değerine yakınlık kriteri ile tür tahmini yönteminin başarısızlığına kanıttır.

Yöntemin uygulandığı 40 kontrol alanına ilişkin veriler Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3: Test alanlarının NDVI değerleri, tür tahmini ve doğruluk (Özgün, 2010).

NDVI	NDVI Değerine Göre Tür Tahmini	Alanda Gözlenen Tür	Doğruluk
139	*Origanum onites & Sarc. spinosum*	*Quercus coccifera*	
142	*Origanum onites & Sarc. spinosum*	*Origanum onites & Sarc. spinosum*	DOĞRU
144	*Origanum onites & Sarc. spinosum*	*Quercus coccifera & Phillyrea latifolia*	
144	*Origanum onites & Sarc. spinosum*	*Quercus coccifera*	
145	*Origanum onites & Sarc. spinosum*	*Sarcopoterium spinosum*	
146	*Origanum onites & Sarc. spinosum*	*Cistus sp.*	
151	*Cistus sp.*	*Cistus sp.*	DOĞRU
152	*Cistus sp.*	*Quercus coccifera & Phillyrea latifolia*	
154	*Cistus sp.*	*Arbutus sp. & Quercus coccifera*	
156	*Juniperus sp.*	*Quercus coccifera & Phillyrea latifolia*	
157	*Juniperus sp.*	*Quercus coccifera & Cistus sp.*	
158	*Juniperus sp.*	*Cistus sp.*	
160	*Juniperus sp.*	*Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.*	
161	*Juniperus sp.*	*Sarcopoterium spinosum*	
162	*Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.*	*Quercus coccifera & Cistus sp.*	
166	*Sarcopoterium spinosum & Cistus sp.*	*Sarcopoterium spinosum*	
168	*Sarcopoterium spinosum*	*Sarcopoterium spinosum*	DOĞRU
173	*Quercus coccifera & Cistus sp.*	*Quercus coccifera*	
175	*Quercus coccifera & Cistus sp.*	*Sarcopoterium spinosum*	
176	*Pinus brutia & Quercus coccifera*	*Juniperus sp.*	
178	*Pinus brutia & Quercus coccifera*	*Quercus coccifera*	
181	*Pinus brutia & Quercus coccifera*	*Quercus coccifera & Phillyrea latifolia*	
186	*Pistacia lentiscus & Olea europaea*	*Pinus brutia & Quercus coccifera*	
187	*Quercus coccifera*	*Pinus brutia*	
188	*Quercus coccifera*	*Sarcopoterium spinosum*	
191	*Arbutus sp. & Quercus coccifera*	*Pinus brutia*	
192	*Arbutus sp. & Quercus coccifera*	*Quercus coccifera*	
193	*Arbutus sp. & Quercus coccifera*	*Arbutus sp. & Quercus coccifera*	DOĞRU
194	*Arbutus sp. & Quercus coccifera*	*Pinus brutia*	
196	*Pinus brutia & Arbutus sp.*	*Pinus brutia*	
201	*Pinus brutia*	*Pinus brutia & Arbutus sp.*	
202	*Pinus brutia*	*Sarcopoterium spinosum*	
203	*Pinus brutia*	*Pinus brutia*	DOĞRU
208	*Pinus brutia*	*Pinus brutia*	DOĞRU
212	*Pinus brutia*	*Arbutus sp. & Quercus coccifera*	
213	*Pinus brutia*	*Pinus brutia*	DOĞRU
216	*Pinus brutia*	*Pinus brutia*	DOĞRU
219	*Pinus brutia*	*Quercus coccifera & Phillyrea latifolia*	
222	*Pinus brutia*	*Quercus coccifera*	
231	*Pinus brutia*	*Pinus brutia*	DOĞRU
		DOĞRULUK ORANI	**9/40**

Ortalama NDVI değeri vasıtasıyla tür tahmini yöntemi, 111 alanı üç bitki örtüsü grubunda (frigana, maki, orman) sınıflayarak yeniden uygulanmıştır. Her bir alan, baskın bitki türünün mensup olduğu bitki örtüsü sınıfına atanmıştır. Bu şekilde oluşturulan üç bitki örtüsü sınıfına ait alanların ortalama NDVI değerleri sınıfın ortalama NDVI değeri olarak kaydedilmiştir. Frigana sınıfı 162, maki sınıfı 181, orman sınıfı ise 195 ortalama NDVI değerine sahiptir.

Tür tahmininde kullanılan yöntem bitki örtüsü tahmini için de aynen uygulanmıştır (Çizelge 4.4). 40 test alanının her biri, alanın NDVI değerinin üç bitki örtüsü sınıfının ortalama NDVI değerleri arasında en yakın olduğu sınıfa atanmıştır. Bu yöntemle, 40 test alanından 22 adedinde (% 55 doğruluk ile) bitki örtüsü doğru tahmin edilmiştir. Görülmektedir ki, sınıfların ortalama NDVI değerine yakınlık kriteri ile yapılan bitki örtüsü tahmini de tür tahmini gibi yeterli doğruluk oranına ulaşamamıştır. Bitki örtüsü doğru tahmin edilen 22 alanın 9 adedi frigana, 4 adedi maki, 9 adedi orman sınıfına mensup alanlardır.

Alanda yapılan test amaçlı gözlemler sonucunda frigana bitki örtüsüne sahip oldukları belirlenen 12 alandan 9 tanesi (% 75) doğru tahmin edilmiştir. Bu 12 frigana örtülü alan arasında yanlış tahmin edilen 3 alanın NDVI değeri 175 ve üzeridir. Bu alanlardan ikisi kermes meşesi ile kermes meşesi ve laden sınıflarına mensup alanlardır. Quercus coccifera (kermes meşesi) baskın alanlarının NDVI değerlerinin bitkinin gelişmişliğine bağlı olarak oldukça geniş bir sayı aralığına yayıldığı bilinmektedir. Öte yandan, 202 NDVI değerine sahip alanda Sarcopoterium spinosum (abdestbozan) türünün baskın olduğuna rastlanması ise uç bir durumdur. Dolayısıyla, frigana tahmininde elde edilen % 75 doğruluk oranı tatmin edicidir.

Alanda yapılan test amaçlı gözlemler sonucunda maki bitki örtüsüne sahip oldukları belirlenen 17 alandan 4 tanesi (% 24) doğru tahmin edilmiştir. Maki bitki örtüsünün baskın olduğu alanlardaki tür çeşitliliği NDVI değerlerinin geniş bir aralığa (106-222) yayılmasına neden olmaktadır. Ayrıca, uygulanan yöntem dar bir NDVI değer aralığındaki (173-188) alanları maki olarak tahmin etmiştir. Bu iki olgu, maki tahminindeki hata payını açıklamaktadır.

Alanda yapılan test amaçlı gözlemler sonucunda orman bitki örtüsüne sahip oldukları belirlenen 11 alandan 9 tanesi (% 82) doğru tahmin edilmiştir. Yüksek doğruluk oranı, çalışma alanında orman bitki örtüsünü oluşturan tek bir tür Pinus brutia (kızılçam) bulunması ile ilgilidir.

Çizelge 4.4: Test alanlarının NDVI değerleri, bitki örtüsü tahmini ve doğruluk (Özgün, 2010).

NDVI	NDVI Değerine Göre Bitki Örtüsü Tahmini	Alanda Gözlenen Bitki Örtüsü	Doğruluk
139	frigana	maki	
142	frigana	frigana	DOĞRU
144	frigana	maki	
144	frigana	maki	
145	frigana	frigana	DOĞRU
146	frigana	frigana	DOĞRU
151	frigana	frigana	DOĞRU
152	frigana	maki	
154	frigana	maki	
156	frigana	maki	
157	frigana	maki	
158	frigana	frigana	DOĞRU
160	frigana	frigana	DOĞRU
161	frigana	frigana	DOĞRU
162	frigana	maki	
166	frigana	frigana	DOĞRU
168	frigana	frigana	DOĞRU
173	maki	maki	DOĞRU
175	maki	frigana	
176	maki	maki	DOĞRU
178	maki	maki	DOĞRU
181	maki	maki	DOĞRU
186	maki	orman	
187	maki	orman	
188	maki	frigana	
191	orman	orman	DOĞRU
192	orman	maki	
193	orman	maki	
194	orman	orman	DOĞRU
196	orman	orman	DOĞRU
201	orman	orman	DOĞRU
202	orman	frigana	
203	orman	orman	DOĞRU
208	orman	orman	DOĞRU
212	orman	maki	
213	orman	orman	DOĞRU
216	orman	orman	DOĞRU
219	orman	maki	
222	orman	maki	
231	orman	orman	DOĞRU
		DOĞRULUK ORANI	**22/40**

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonucunda, Karaburun Yarımadası gibi bitki türü çeşitliliğinin fazla olduğu alanlarda yalnız başına NDVI değerlerinin doğal bitki örtüsündeki tür dağılımı ile ilişkilendirilmesinin hatalı sonuçlara neden olacağı belirlenmiştir. Sınıfın ortalama NDVI değerine yakınlık kriteri vasıtasıyla oldukça düşük doğruluk oranında (% 23) tür tahmini yapılabileceği ortaya çıkmıştır. Yalnızca NDVI değerlerini kullanarak geliştirilebilecek daha karmaşık bir yöntemin de doğruluk oranını yukarıya çekecek bir başarı sağlayamayacağı öngörülmektedir.

Aynı yöntemle yapılan bitki örtüsü tahmini, elbette tür tahmininden daha iyi doğruluk oranına (% 55) sahiptir. Ne var ki, bitki örtüsü NDVI ortalamalarına yakınlık kriteri ile yapılacak bitki örtüsü tahmininin uygulanması hatalı sonuçlara yol açacaktır.

Ortalama NDVI değerine yakınlık kriterinin yanına yine alan NDVI değerleri kullanılarak oluşturulacak diğer kriterler eklenmesinin bitki örtüsü tahmininde doğruluk oranına yapacağı katkının sınırlı olacağı beklenmektedir. Bunun sebebi, alan NDVI değerlerinin geniş sayı aralıklarına yayılması; bir başka deyişle, uç NDVI değerine sahip alanların sıklıkla gözlemlenmesidir.

Tür veya bitki örtüsü tahmininde doğruluk oranını artırmak amacı ile tahmin yöntemine NDVI değeri dışında bir kriterin eklenmesi uygun olacaktır. Bu kriterin uydu görüntülerinden elde edilecek yakın kızılötesi ve kırmızı bant yansıma değerleri veya bu değerlerin bir fonksiyonu olması durumunda elde edilecek iyileşme sınırlı olacaktır. Dolayısıyla, elektromanyetik tayfın diğer bölümlerindeki enerjilere hassas bantlardan (örneğin yeşil bant veya diğer kızılötesi bantlar) elde edilecek yansıma değerlerinin faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ham yansıma değerlerinin kriter olarak eklenmesi veri setini artıracağı için tercih edilmeyebilir. Böyle bir durumda, temel bileşenler gibi çok değişkenli analiz yöntemlerinin uygulanması düşünülebilir.

Ham bantları kullanarak veya temel bileşenler gibi yöntemlerle oluşturulacak veri setlerinin de yalnız başlarına NDVI veri setinin verdiği sonuçtan daha iyi sonuçlar üretmesi beklenmemelidir. Yaprakların toprağı örtme oranı veya literatürde sıklıkla karşılaşılan birim alandaki yaprak yoğunluğu (LAI) bilgisini düşük bir hata payı ile barındıran NDVI değerleri tür tahmini için geliştirilecek yöntemin temel kriterini, diğer veri setlerinin içerdiği bilgi yardımcı kriterleri oluşturmalıdır.

Bu tip karma bir yöntemin geliştirilmesi, sınıfların veri setlerindeki ortalama değerlerinin tümüne birden yakınlık gibi kriteriler ile sağlanabileceği gibi, bulanık mantık yöntemleri ile de sağlanabilir.

Araştırma alanının engebeli topografik yapısı, bitki çeşitliliği ve yoğunluğu yöntemin başarısını olumsuz etkilemiştir. Topografik yapının daha düz ve/veya bitki örtüsünün homojen olduğu alanlarda NDVI değerleri ile bitki örtüsü tür dağılımı arasındaki ilişkilerin araştırılması, bu çalışmada elde edilen sonuçların gözden geçirilmesi bakımından önem taşımaktadır.

Bitki türleri arasındaki yapısal farklılıkların ortaya çıkarılması için farklı görüntüleme zamanlarına sahip birden fazla görüntünün kullanılması etkili olacaktır. Bu yolla, bitkilerin mevsimsel değişimlere verdikleri tepkilerin farklı olması sayesinde kimi türlerin ayırt edilmesi olanaklı olabilir.

Yöntemin geliştirilmesi durumunda doğal bitki örtüsü tür dağılımına ilişkin bilginin görece az insan emeği ile elde edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Bahçe peyzaj tarım orman çevre, 2009, ‘’Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Organik Olarak Yetiştirilmesi’’, http://www.bahcesel.com/forumsel/organik-tarim-bilgileri/21463-tibbi-ve-aromatik-bitkilerin-organik-olarak (Erişim tarihi: 30.07.2010).

Bekat, L. ve Seçmen, Ö., 2002, Karaburun Akdağ florası, *Doğa Bilim Dergisi, Temel Bilimler*, 6(3), 49-66 s.

Domaç, A. and Süzen, M.L., 2005, Integration of environmental variables with satellite images in regional scale vegetation classification, *International Journal of Remote Sensing*, 27(7), 1329–1350 pp.

Domaç, A., Zeydanlı, U., Yesilnacar, E. and Süzen, M.L., 2004, Integration and usage of indices, feature components and topography in vegetation classification for regional biodiversity assessment, *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, İstanbul, 12–23 pp.

Eklundh, L., Harrieb, L. and Kuuskc, A., 2001, Investigating relationships between Landsat ETM+ sensor data and leaf area index in a boreal conifer forest, *Remote Sensing of Environment*, 78, 239-251 pp.

Flores, J., Allen, H.L., Cheshire, H.M., Davis, J.M., Fuentes, M. and Kelting, D., 2006, Using multispectral satellite imagery to estimate leaf area and response to silvicultural treatments in loblolly pine stands, *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 1587–1596 pp.

Greenberg, J.A., Dobrowski, S.Z., Ramirez, C.M., Tuil, J.L. and Ustin, S.L., 2006, A bottom-up approach to vegetation mapping of the Lake Tahoe Basin using hyperspatial image analysis, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(5), 581–589 pp.

Karaburun Kaymakamlığı, 2010, Karaburun Kaymakamlığı Resmi Web Sitesi, Karaburun Coğrafyası, (http://www.karaburun.gov.tr) (Erişim tarihi: 23.04.2010).

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Katoh M., 2004, Classifying tree species in a northern mixed forest using high-resolution IKONOS data, *The Japanese Forestry Society and Springer-Verlag*, 2004(9), Tokyo, 7–14 pp.

Knight, T.C., Ezell, A.W., Shaw, D.R., Byrd, J.D. and Evans, D.L, 2004, Identifying loblolly pine and four common competing hardwood species using multispectral reflectance analysis, *Gen. Tech. Rep. SRS71*, Asheville, North Carolina, 336-342 pp.

Kong, N., Fei, S., Rieske-Kinney, L. and Obrycki, J., 2008, Mapping hemlock forests in Harlan County, Kentucky, *In Proceedings of the 6th Southern Forestry and Natural Resources GIS Conference*, Athens, Georgia, United States.

Maki, M., Nishida, K., Saigusa, N. and Akiyama, T., 2005, Evaluation of the relationship between NDVI and LAI in cool-temperate deciduous forest, *26th Asian Conference of Remote Sensing*, Hanoi, Vietnam, 1-6 pp.

Mamıkoğlu, N.G., 2007, Türkiye'nin Ağaçları ve Çalıları, İstanbul.

Nagendra, H., 2000, Using remote sensing to assess biodiversity, *International Journal of Remote Sensing*, 22(12), 2377–2400 pp.

Nurlu, E., Erdem, Ü., Güvensen, A. and Erdoğan, N., 2009, Corine standartlarına göre Karaburun Yarımadası örneğinde alan kullanımı / arazi örtüsü değişiminin saptanması üzerine araştırma.

Nurlu, E., Erdem, Ü., Gökçekuş, H. and Yılmaz, O., 2003, Sustainable development and land use changes in Karaburun Peninsula, '*Agriculture and Urbanisation in the Mediterranean Region', Enabling–Policies for Sustainable Use of Soil and Water,* Rabat, Morocco, 221-230 pp.

Riquene, A. H., 2002, Mapping of woody vegetation in arid zones: a multi-sensor analysis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Sezer, İ. L., 1988, İklim ve vejetasyon sınıflandırması konusunda yeni bir indis denemesi, *Ege Coğrafya Dergisi*, 4, İzmir, 161-202 s.

Sezer, İ. L., 1993, Karaburun Yarımadası'nın Fizikî Coğrafyası, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Stenberg, P., Rautiainen, M., Manninen, T., Voipio, P. and Smolander, H., 2004, Reduced simple ratio better than NDVI for estimating LAI in Finnish pine and spruce stands, *Silva Fennica*, 38(1), 3–14 pp.

Tong, O., Jiao, Q. and Zhang, X., 2004, Forest species classification based on hyperspectral and multitemporal CHRIS images, Beijing.

Tsai, F. and Chou, M.J., 2006, Texture augmented analysis of high resolution satellite imagery in detecting invasive plant species, *Journal of The Chinese Institute of Engineers*, 29(4), 581-592 pp.

ÖZGEÇMİŞ

5 Ekim 1981'de İzmir kentinde doğdu. Orta ve lise öğrenimini, Bornova Anadolu Lisesi'nde okuduğu bir sene İngilizce hazırlık sınıfından sonra bu okulda tamamladı.

1999 yılı güzünde Boğaziçi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'nde lisans eğitimine, 2006 Güzü'nde Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

Kasım 2006 ile Kasım 2007 arasında İzmir'de Doruk Dershanesi'nde, Aralık 2009 ile Nisan 2010 arasında İzmir'de Uğur Dershanesi'nde matematik öğretmeni olarak çalıştı. Nisan 2010'da Serhat Kalkınma Ajansı'nda uzman olarak göreve başladı. Ekim 2010'a kadar Araştırma, Strateji Geliştirme ve Planlama Birimi'nde çalıştı. TRA2 Düzey 2 Bölgesi Kalkınma Planı hazırlanması çalışmalarında görev aldı.

Ortaokuldan yüksek lisansa kadar eğitimini İngilizce almıştır ve bu dile anadile yakın derecede hâkimdir.