T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOK ZAMANLI LANDSAT VERİLERİYLE ORMAN DEĞİŞİMLERİNİN İZLENMESİ: KIBRIS ÖRNEĞİ

Burcu KURTOĞLU ERKMEN

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hakan YENER

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 13.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Hakan YENER(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Ayhan KOÇ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 2565 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Programı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada Kıbrıs adasının kuzey bölümünde yer alan Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki arazi örtüsü / arazi kullanımı değişimlerinin uzaktan algılama ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmam sırasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile çalışmamı yönlendiren danışmanım ve değerli hocam Prof. Dr. Hakan YENER'e teşekkürlerimi sunarım. Yüksek Lisans tez çalışmama bilimsel katkı sağlayan sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin YURTSEVEN hocama, öneri ve yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Ayhan KOÇ ve Dr. Öğr. Üyesi Muhittin İNAN hocalarıma müteşekkirim.

Amenajman planlarının elde edilmesindeki katkılarından dolayı Orman Mühendisi Can CONKBAYIR nezdinde K.K.T.C. Orman Dairesi Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca manevi desteklerini üzerimde hissettiğim Dr. Öğr. Üyesi Betül UYGUR ERDOĞAN, Arş. Gör. Gizem ŞAHİN ve Arş. Gör. Merve EMİNEL KUTAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde desteklerini üzerimde hissettiğim annem Bengül KURTOĞLU, babam Teoman KURTOĞLU ve kardeşim Bengin KURTOĞLU'na şükranlarımı sunarım. Yaptığım her işte, aldığım her kararda yanımda olduğu gibi tez çalışmam sırasında da destek olan kıymetli eşim Doğan ERKMEN'e teşekkür ederim.

Son olarak çalışmama maddi destek sağlayan İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Mayıs 2019 Burcu KURTOĞLU ERKMEN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **viii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **ix**
ÖZET ..... **x**
SUMMARY ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **2**
2.1. UZAKTAN ALGILAMA VE ORMANCILIKTA KULLANIMI 2
2.2. UZAKTAN ALGILAMADA DEĞİŞİM BELİRLEME YÖNTEMLERİ 5
3. MALZEME VE YÖNTEM **11**
3.1. MALZEME 11
3.1.1. Araştırma Alanının Özellikleri 11
3.1.1.1. Coğrafi Konum ve Topoğrafik Özellikler *12*
3.1.1.2. İklim Özellikleri *12*
3.1.1.3. Bitki Örtüsü *13*
3.1.2. Kullanılan Veriler 13
3.1.2.1. Uydu Görüntüleri *13*
3.1.2.2. Orman Amenajman Planları *16*
3.1.2.3. Yüksek Çözünürlüklü Baz Harita *18*
3.1.3. Kullanılan Yazılım ve Donanım 18
3.2. YÖNTEM 19
3.2.1. Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri 19
3.2.1.1. Ön İşleme *20*
3.2.1.2. Görüntülerin Sınıflandırılması *21*
3.2.1.3. Sınıflandırılmış Görüntülerin Doğruluğunun Değerlendirilmesi *22*
3.2.2. Kullanılan Değişim Belirleme Yöntemi 24

4. BULGULAR **26**
4.1. GÖRÜNTÜLERE UYGULANAN ÖN İŞLEMLER 26
4.2. GÖRÜNTÜLERİN SINIFLANDIRILMASI (1990 – 2014) 27
4.3. SINIFLANDIRILMIŞ GÖRÜNTÜLERİN DOĞRULUĞUNUN BELİRLENMESİ (1990 – 2014) 32
4.4. DEĞİŞİM ANALİZİ (SINIFLANDIRMA SONRASI KARŞILAŞTIRMA YÖNTEMİ) 34
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **37**
KAYNAKLAR **39**
ÖZGEÇMİŞ **44**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Uzaktan algılamanın aşamaları. 2

Şekil 3.1: Çalışma alanı. 11

Şekil 3.2: K.K.T.C.'nin ortalama sıcaklık değerleri (URL-3). 12

Şekil 3.3: Görüntü sınıflandırma adımları (Janssen ve Gorte, 2001). 19

Şekil 3.4: Hata Matrisi örneği (Congalton ve Green, 1999). 22

Şekil 4.1: 1990 görüntüsü spektral yansıma eğrileri. 28

Şekil 4.2: 2014 görüntüsü spektral yansıma eğrileri. 29

Şekil 4.3: 1990 yılı sınıflandırılmış Landsat görüntüsü. 31

Şekil 4.4: 2014 yılı sınıflandırılmış Landsat görüntüsü. 31

Şekil 4.5: Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim sınıfları. 34

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Kullanılan uydu verilerinin çerçeve numaraları ve alım tarih – saatleri.....13

Tablo 3.2: Landsat 5 uydusu TM algılayıcısının özellikleri.....14

Tablo 3.3: Landsat 8 uydusu OLI ve TIRS algılayıcılarının özellikleri…….....….15

Tablo 3.4: Ağaç türleri ve simgeleri……...…….....16

Tablo 3.5: Meşcere gelişme çağları ve Meşcere kapalılıkları……..…….....17

Tablo 3.6: Ormansız alanlar ve simgeleri…….....…17

Tablo 4.1: 1990 tarihli uydu verilerinin birleştirilen spektral bantları…….....….26

Tablo 4.2: 2014 tarihli uydu verilerinin birleştirilen spektral bantları…….....…….26

Tablo 4.3: Oluşturulan vejetasyon indeksleri ve formülleri…….....…….27

Tablo 4.4: Alt bilgi sınıflarının birleştirildikleri ana bilgi sınıfları ve kodları.....…….30

Tablo 4.5: 1990 ve 2014 yılları arazi kullanım sınıflarının alansal dağılımı…….....…...32

Tablo 4.6: 1990 tarihli görüntüye ait hata matrisi…….....….32

Tablo 4.7: 2014 tarihli görüntüye ait hata matrisi…….....….33

Tablo 4.8: Hesaplanan kappa değerleri…….....……33

Tablo 4.9: 1990 – 2014 yılları arasında arazi kullanımında meydana gelen değişimler.....35

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
EME	: Electromagnetic energy (Elektromanyetik enerji)
EMR	: Electromagnetic radiation (Elektromanyetik radyasyon)
K.K.T.C.	: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
Landsat	: Land Satellite (Arazi Uydusu)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
OAP	: Orman Amenajman Planları
OLI	: Operational Land Imager (Operasyonel Arazi Görüntüleyici)
TIRS	: Thermal Infrared Sensor (Termal Kızılötesi Algılayıcı)
TM	: Thematic Mapper (Tematik Haritalayıcı)

ÖZET

ÇOK ZAMANLI LANDSAT VERİLERİYLE ORMAN DEĞİŞİMLERİNİN İZLENMESİ: KIBRIS ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burcu KURTOĞLU ERKMEN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hakan YENER

Sürdürülebilir orman planlaması için orman kaynaklarının ve dolayısı ile arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimlerinin belirlenmesi önemli bir husustur.

Bu amaçla yapılan bu tez çalışmasında Kıbrıs'ın kuzey bölümünde yer alan Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde 1990-2014 yılları arasında arazi kullanım sınıflarında meydana gelen değişimleri belirlemek için ilgili yıllara ait Landsat uydu verilerinden faydalanılmış ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemiyle değişim analizi yapılmıştır.

Uydu verilerine gerekli görülen ön işlemler uygulanmış ve sınıflandırmaya hazır hale getirilmiştir. Görüntülere önce kontrolsüz sınıflandırma uygulanmış ve ayrılabilen alt bilgi sınıfları sayısı denetlenmiştir. Sonrasında ise eğitim alanları verilerek en yüksek benzerlik algoritması ile kontrollü sınıflandırma uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırma sonrası elde edilen alt bilgi sınıfları daha önce kararlaştırılan 5 ana bilgi sınıfında (Orman Alanları, Ziraat Alanları, Yerleşim Alanları, Açık Alanlar, Su Alanları) birleştirilmiştir.

Sınıflandırma işleminin ardından her bir görüntünün sınıflandırma doğruluğu belirlenmiştir. Buna göre; 1990 Landsat 5 TM uydu görüntüsüne ait sınıflandırmanın doğruluğu %92 (Overall Classification Accuracy: %92, Overall Kappa Statistics: 0.9000), 2014 Landsat 8 OLI uydu

görüntüsüne ait sınıflandırmanın doğruluğu ise %89.20 (Overall Classification Accuracy: %89.20, Overall Kappa Statistics: 0.8650) olarak elde edilmiştir. Yeterli doğruluğun elde edilmesiyle görüntülere değişim matrisi uygulanmıştır.

Sınıflandırılmış görüntülerden yararlanılarak arazi kullanım sınıfları alansal olarak incelendiğinde 1990 yılında 342599 ha'lık çalışma alanının %17'si Orman Alanı, %65.99'u Ziraat Alanı, %0.77'si Yerleşim Alanı, %13.26'sı Açık Alan ve %2.98'i Su Alanı'ndan oluşmaktadır. 2014 yılında ise çalışma alanının %20.48'i Orman Alanı, %59.12'si Ziraat Alanı, %5.15'i Yerleşim Alanı, %12.23'ü Açık Alan ve %3.02'si Su Alanı'ndan oluşmaktadır.

Çalışma alanında 1990-2014 yılları arasında arazi kullanım sınıflarında meydana gelen değişimlerin konumsal olarak değerlendirilmesi amacıyla değişim matrisi oluşturulmuş ve değişimlerin yönü belirlenmiştir. Buna göre; çalışma alanındaki en büyük değişimin, toplam alanın %7.47'si ile Ziraat Alanları ana bilgi sınıfından Açık Alanlar ana bilgi sınıfına geçiş şeklinde oluştuğu tespit edilmiştir. Ziraat Alanları ve Açık Alanlar ana bilgi sınıflarından geçişlerle Orman Alanları'nın %3.41 oranında arttığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak 1990-2014 yılları arasında Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki arazi kullanım değişimleri belirlenmiştir.

Mayıs 2019, 44 sayfa.

Anahtar kelimeler: Uzaktan algılama, değişim analizi, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi, görüntü sınıflandırma, ormancılık

SUMMARY

FOREST CHANGE MONİTORİNG USİNG MULTİ-TEMPORAL LANDSAT DATA: A CASE STUDY OF CYPRUS

M.Sc. THESIS

Burcu KURTOGLU ERKMEN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Hakan YENER

Determining forest resources and thus land cover / land use changes is an important issue for sustainable forest planning.

In this thesis study, Landsat satellite data belonging to the years of 1990 and 2014 were used to determine the changes in land use classes in the Turkish Republic of Northern Cyprus in the northern part of Cyprus between in the related years, and a change analysis was performed by means of post class classification comparison method.

The pre-processing which necessary for satellite data have been applied and prepared for classification. Firstly, unsupervised classification process was applied to images and the number of sub-classes that could be separated was checked. Then, supervised classification process was applied with the maximum likelihood method by giving training areas. The sub-classes obtained after the supervised classification process were combined into 5 main classes of knowledge previously agreed. These are Forest Areas, Agricultural Areas, Urban Areas, Open Areas and Water Bodies.

After the classification process, the classification accuracy of each image was determined. Accordingly, the accuracy of the classification of the 1990 Landsat 5 TM classified image was 92% (Overall Classification Accuracy: %92, Overall Kappa Statistics: 0.9000) and the accuracy of the classification of the 2014 Landsat 8 OLI classified image was 89.20% (Overall Classification Accuracy: %89.20, Overall Kappa Statistics: 0.8650). By obtaining sufficient accuracy, a change matrix was applied to the images.

By using the classified images, land use classes were analyzed areally. According to the results, in 1990, the 342599 ha study area consists of 17% Forest Area, 65.99% Agricultural Area, 0.77% Urban Area, 13.26% Open Area and 2.98% Water Body. In 2014, the 342599 ha study area consists of 20.48% Forest Area, 59.12% Agricultural Area, 5.15% Urban Area, 12.23% Open Area and 3.02% Water Body.

In the study area, a change matrix has been formed in order to spatially evaluate the changes occurring in the land use classes between the years 1990-2014. According to this; the biggest change in the study area was found as 7.47% of the total area in the form of transition from the main knowledge class of the Agricultural Areas to the Open Areas. It has been determined that Forest Areas have increased by 3.41% through the transition from the main knowledge classes of the Agricultural Areas and Open Areas.

As a result, land use changes in the Turkish Republic of Northern Cyprus were determined between 1990 and 2014.

May 2019, 43 pages.

Keywords: Remote sensing, change detection, post-class classification change detection, image classification, forestry

1. GİRİŞ

Orman ekosistemleri dinamik bir yapıya sahip olup, ormanların konumsal yapı, kuruluş ve fonksiyonları, doğal veya insan odaklı müdahalelere bağlı olarak zamanla değişim göstermektedir. Orman ekosistem yapısındaki bu zamansal ve konumsal değişimin boyutu; doğal olayların türü, yoğunluğu ve etkinliği ile insan faktörünün faydalanma derecesinin şekline göre sürekli değişmektedir (Anlar, 2013).

Ormanların mevcut varlığını ve gelecekteki verimliliğini sürdürebilmesi için yönetime ihtiyacı vardır. Orman kaynaklarının zamansal ve konumsal olarak ölçülerek belirlenmesi sürdürülebilir orman planlanması için önemlidir. Bu amaca hizmet etmek için nesnelerle direkt temas etmeden fiziksel özellikleri hakkında bilgi elde etme bilimi olarak tanımlanan uzaktan algılama tekniği oldukça sık kullanılmaktadır.

Planlama için gereken bilgilerin karar vermede önemli olacağı ve doğru kararın alınabilmesi için doğru ve kesin olması gerekmektedir. Her ne kadar ormancılık çalışmaları için gerekli olan veri ve bilgiler farklı kaynaklardan temin edilebiliyor olsalar da; hızlı, güvenilir ve güncel bilgiler sunması uzaktan algılama yöntemini öne çıkarmaktadır.

Uzaktan algılamanın en önemli uygulama alanlarından birisi uydu görüntüleri yardımıyla arazi örtüsü / arazi kullanımı değişimlerinin belirlenmesidir. Bu çalışmada Kıbrıs adasının kuzey bölümünde yer alan Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin 1990 – 2014 yılları arasındaki arazi örtüsü / arazi kullanımı değişimleri incelenmiştir.

Uydu verileri üzerinden yapılan değişim analizleri ile çalışma alanı üzerinde meydana gelen değişimlerin ortaya konulması söz konusu olmuştur. Bu çalışma ile daha önce arazi kullanımı değişimi çalışması yapılmadığı bilinen Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde 1990-2014 yılları arazi kullanım haritalarının oluşturulması amaçlanmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, orman varlığına yönelik çalışmalarda da kullanılabilecektir.

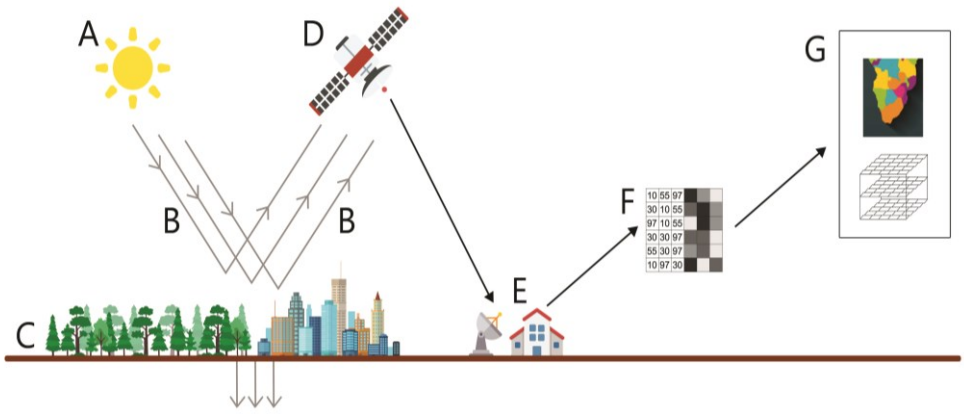
2. GENEL KISIMLAR

2.1.UZAKTAN ALGILAMA VE ORMANCILIKTA KULLANIMI

Uzaktan algılama bilimi, bir hedeften yayılan veya yansıyan, bir gözlem noktasından hedefle temas etmeyen bir gözlemci veya araç tarafından gözlemlenen ya da kaydedilen elektromanyetik radyasyon (EMR) ölçümlerinin analizinden ve yorumlanmasından oluşur. Uzaktan algılanan verilerin kullanımının altında yatan temel ilke, Dünya yüzeyindeki ve atmosferdeki farklı nesnelerin, elektromanyetik spektrum olarak bilinen dalga boyları aralığında farklı oranlarda elektromanyetik enerjiyi (EME) yansıtması, soğurması, iletmesi veya saçmasıdır. Bu farklılıklar, nesnelerin benzersiz bir şekilde tanımlanmasını sağlar (Mather, 1987).

Uzaktan algılama işleminde birkaç aşama vardır ve her biri işlemin başarısı için önemlidir. Bu aşamalar (Şekil 2.1):

- A: Enerji kaynağı veya aydınlatma
- B: Atmosfer ile enerjinin etkileşimi
- C: Enerjinin dünya yüzeyiyle etkileşimi
- D: Algılayıcı tarafından enerjinin kaydedilmesi
- E: Enerjinin yer alım istasyonlarına nakledilmesi, alınması ve işlenmesi
- F: Verilerin yorumlanması ve analizi
- G: Uygulama, olarak listelenebilir (URL-1).



Şekil 2.1: Uzaktan algılamanın aşamaları.

Uzaktan algılama alanının kapsamı, tarihini inceleyerek detaylandırılabilir. Uzaktan algılama uygulaması, Dünya yüzeyi görüntülerinin incelenmesine odaklandığı için kökeni fotoğrafçılık uygulamasının başlangıcına dayanır. 1800'lerin başlarında bir dizi bilim adamı, ışığa duyarlı kimyasallarla deneyler yaparak fotoğraftan görüntüler oluşturmaya yönelik ilk girişimlerde bulundu. 1839'da Louis Daguerre (1789-1851), fotoğrafın doğumunda bir dönüm noktası olan fotoğrafik kimyasallar ile ilgili deneylerinin sonuçlarını kamuoyuna açıkladı (Campbell ve Wynne, 2012).

İlk hava fotoğrafı alımının Nadar takma adıyla da bilinen Gaspard-Felix Tournachon (1829-1910) tarafından gerçekleştirildiğine inanılır (Campbell ve Wynne, 2012). Nadar, 1855'te hava fotoğraflarının haritalama ve ölçme için kullanılması konseptinin patentini aldı, ancak Bievre Vadisi'nin 80 m yüksekliğinde bir balondan fotoğrafını çektiği 1858 yılına kadar başarılı deneme gerçekleştiremedi (URL-2). On dokuzuncu yüzyılın sonlarında ve yirminci yüzyılın başlarında, insanoğlu, balonlardan uçurtmalardan ve hatta kuşlar vasıtasıyla elde edilen hava fotoğraflarının etkili bir harita oluşturma ve araştırma aracı olarak kullanılmasını denetledi (Khorram ve diğ., 2016). Meteorolojik veri elde etmek için kullanılmalarının bir sonucu olara uçurtmalar yaklaşık 1882'den başlayarak hava fotoğrafları elde etmek için kullanıldı. Bir uçurtmadan hava fotoğrafı çekme eyleminin ilk kez İngiliz meteorolog, E. D. Archibald tarafından gerçekleştirildiğine inanılır (Lillesand ve diğ., 2014). Bavyera Güvercin Birliği, mesajlarını taşımak ve havadan keşif yapmaları için güvercinlerini kullandı. 1903 yılında Julius Neubranner, taşıyıcı güvercinler için küçük, göğüs monteli bir kamera tasarladı. Hafif kamera ile 30 saniyelik aralıklarla otomatik pozlar alan güvercinler her zaman beklenen uçuş yollarını takip etmediler (URL-2).

Motorlu uçakların hava fotoğrafçılığı için platform olarak kullanılması dönüm noktası olmuştur. 1909'da Wilbur Wright, Centocelli yakınlarından İtalyan manzarasının hareketli görüntülerini çeken uçağı kullanarak fotoğraflar almıştır; bunların uçaktan çekilen ilk hava fotoğrafları olduğu söylenmektedir. Uçağın manevra kabiliyeti, kameranın sistematik kullanımı için gerekli hız, rakım ve yön kontrolünü sağladı. Kamerayı uçakla birleştirmek için birçok girişim olmasına rağmen, bu çağın araçları birbirleriyle kullanım için uygun değildi. I. Dünya Savaşı (1914-1918) hava fotoğraflarının rutin olarak alınmasının başlangıcı olarak dikkat çekti. Her ne kadar savaş sırasında hava fotoğrafı alımı için kullanılan kameralar uçakla birlikte

kullanılmak üzere tasarlansa da, birbirlerine uygunlukları daha sonraki yılların standartlarına göre oldukça ilkeldi (Campbell ve Wynne, 2012).

Bu başlangıçlardan sayısız gelişme sağlanmıştır. Kamera tasarımları geliştirilmiş ve özellikle uçakta kullanılmak üzere uyarlanmıştır. Fotogrametri bilimi, (fotoğraflardan doğru ölçümler yapma uygulaması) hava fotoğrafları analizi için özel olarak tasarlanmış araçların geliştirilmesi ile hava fotoğrafçılığına uygulanmıştır. Fotogrametrinin temelleri daha önce tanımlanmış olmasına rağmen, özel fotogrametrik araçlarla yapılan uygulamalarla alan 1920'lerde modern biçimine doğru gelişmiştir. II. Dünya Savaşı (1939-1945) yıllarında, elektromanyetik spektrumun kullanımı, görünür spektrumdan diğer bölgelere, özellikle de kızılötesi ve mikrodalga bölgelerine kaymıştır (Campbell ve Wynne, 2012)

Alfred Nobel, roketten hava fotoğrafı çekmek için bir sistem tasarlamıştır. 1940'ların ortalarında fırlatılan V-2 roketleri yörüngeye oturamasa da görüntü elde ederek uzaya uzanmıştır. Sovyetler Birliği'nin, üst atmosfer hakkında bilgi veren ilk yapay Dünya uydusu Sputnik 1'i fırlatmasıyla uzay çağı başlamıştır (Lavender ve Lavender, 2015).

ABD Deniz Kuvvetleri Deniz Araştırma Ofisi için çalışan bir bilim adamı olan Evelyn Pruitt, Hava fotoğrafçılığı teriminin artık spektrumun görünür bölgesi dışındaki ışınım kullanılarak toplanan birçok görüntü biçimini doğru bir şekilde tanımlayamadığını fark ettiğinde uzaktan algılama terimini kullanmıştır (Campbell ve Wynne, 2012).

1972'de Dünya'nın kara alanlarını gözlemlemek için tasarlanan Landsat 1'in fırlatılması, bir başka dönüm noktası olmuş; arazi alanlarının sistematik olarak tekrarlanan bir şekilde gözlemlenmesini sağlamıştır. Landsat görüntüsü, elektromanyetik spektrumun birkaç bölgesinde yeryüzünün geniş alanlarını göstererek, birçok alanda pratik uygulamalar için yeterli ayrıntı seviyeleri sağlamıştır. 1980'lerde Jet Propulsion Laboratuvarı'ndaki bilim adamları, NASA desteğiyle, benzeri görülmemiş düzeyde spektral detaylara sahip görüntüler oluşturabilecek araçlar geliştirmeye başlamıştır. Önceki multispektral algılayıcılar birkaç oldukça geniş tanımlanmış spektral bölgede veri toplarken, bu yeni araçlarla 200 veya daha fazla tam olarak tanımlanmış spektral bölgede veri toplanabilmektedir. Bu araçlar, halen araştırma alanı olarak gelişen hiperspektral uzaktan algılama alanını yaratmıştır. Hiperspektral uzaktan algılama, uzaktan algılamanın analitik güçlerini yeni seviyelere taşıyacak uzaktan

algılama yeteneklerinin en iyi şekilde nasıl geliştirileceğine dair daha kapsamlı bir anlayış için temel oluşturacaktır (Campbell ve Wynne, 2012).

Uzaktan algılama uygulamaları arasında; arkeoloji, tarım, haritacılık, inşaat mühendisliği, meteoroloji ve klimatoloji, kıyı çalışmaları, acil durum müdahalesi, jeoloji, askeri, doğal afetler, oşinografi, su kaynakları, ormancılık, coğrafi bilgi sistemleri, arazi kullanımı ve arazi örtüsü vb. alanlar bulunmaktadır (Weng, 2013).

Ormancılık; ticari üretim, doğal kaynak kullanımı ve habitat koruma için ormanların, orman sistemlerinin ve ağaç plantasyonlarının dikilmesi, izlenmesi, tanımlanması ve yönetilmesi bilimidir. Yakın zamanlarda, ormanların karbon döngüsündeki rolü ile kültürel ve manevi değerleri de kavrama dahil edilmiştir (Roberts, 2014). Orman ekosistemleri, karbon tutumu, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik ile ilgili küresel tartışmaların merkezine yerleştirilmiştir (Gallardo ve ark., 2003). Uzaktan algılama, ormancılık detaylarını incelemek için önemli bir yöntem haline gelmektedir. Uzaktan algılama teknolojileri, farklı çevresel etkenlerin, arazi kullanım değişikliklerinin ve dağılımlarının, orman miktarı, işlevi ve dinamikleri üzerindeki etkilerini büyük mekansal ölçeklerde keşfetme potansiyeli sunmaktadır (Thilagavathi ve Nagendran, 2017).

Orman yönetiminde uzaktan algılamanın en eski uygulamaları, görsel görüntü yorumlamaya odaklanmıştır ve bu özellikle orman envanteri, yönetimi ve orman işletme planlaması olmak üzere birçok ormancılık faaliyetinde merkezi bir rol oynamaya devam etmektedir (Lillesand ve diğ., 2014). Uzaktan algılama, ormanlık arazi özelliklerini hem niteliksel hem de niceliksel olarak tanımlayabilir, ayırt edebilir, sınıflandırabilir, değerlendirebilir ve ölçebilir; ağaç örtü tiplerini niteliksel olarak; iğne yapraklı ve yaprak döken ağaç, mangrov, bataklık vb. olarak gruplandırabilir; orman parametrelerini (göğüs yükseklik çapı, boy uzunluğu, birim alandaki ağaç sayısı, kereste hacmi, odunsu biyokütle vb.), yaşam formlarını ve yapısını ölçebilir (Thilagavathi ve Nagendran, 2017).

2.2.UZAKTAN ALGILAMADA DEĞİŞİM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Değişim belirleme, farklı zamanlarda gözlem yapmak suretiyle bir nesnenin durumundaki farklılıkları tespit etme işlemidir (Singh, 1989). Değişim tespitinin amacı, değişkenlerdeki farklılıkların neden olduğu tüm varyansları kontrol ederek zaman içinde mekansal temsilini

karşılaştırmak ve ilgi değişkenlerindeki farklılıkların neden olduğu değişiklikleri ölçmektir (Green ve ark., 1994). İyi bir değişim belirleme araştırması: alan değişimi ve değişim oranı; değişen türlerin mekânsal dağılımı; arazi örtüsü tiplerinin değişim eğrilerini; ve değişim tespit sonuçlarının doğruluk değerlendirmesi bilgilerini sağlamalıdır (Lu ve diğ., 2004). Değişimin belirlenmesi birçok alanda kullanılabilir. Arazi kullanımındaki değişimlerin belirlenmesi, ormansızlaşmanın tespiti, bitki fenolojisindeki değişimlerin araştırılması, mera üretimindeki değişimlerin takip edilmesi, bitki stresi belirlenmesi, buzulların erimesi gibi doğal afetlerin izlenmesi bunlara verilebilecek örneklerden sadece birkaçıdır (Singh, 1989).

Literatürde tek başına ya da kombine edilerek kullanılabilen birçok değişim belirleme yöntemi geliştirilmiş ve farklı yazarlar tarafından farklı kategorilere ayrılmıştır. Singh (1989)'da değişimin belirlenmesinde iki temel yaklaşım olduğunu savunmuştur. Bunlardan ilki farklı zamanlara ait görüntülerin bağımsız olarak sınıflandırılıp karşılaştırıldığı analizler, ikincisi ise çok zamanlı verilere eşzamanlı olarak uygulanan analizlerdir. Deer (1999)'da değişim belirleme yöntemlerinin; piksel tabanlı değişim belirleme, özellik tabanlı değişim belirleme ve obje tabanlı değişim belirleme olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmasını önermektedir. Lu ve diğ (2004)'de değişim belirleme yöntemlerini; cebirsel işlemler, dönüşümler, sınıflandırmalar, gelişmiş modeller, coğrafi bilgi sistemi (GIS) uygulamaları, görsel analizler ve diğer yaklaşımlar dâhil olmak üzere yedi gruba ayırmaktadır. Jianya ve diğ. (2008)'de Lu ve diğ. (2004)'ten farklı yedi kategori görülmektedir. Bunlar; doğrudan karşılaştırma, sınıflandırmalar, obje tabanlı yöntem, model yöntemi, zaman serileri analizleri, görsel analizler ve hibrit yöntemler şeklindedir.

Bu bağlamda yapılan çalışmalar incelendiğinde birçok yazarın uzaktan algılama ile değişim tespiti yapabilmek için farklı yöntem/yöntemler kullandığı görülmektedir. Bu bölümde farklı yöntemlerin yer aldığı çalışmalara ait örneklere yer verilmiştir.

Fung ve LeDrew (1987) Kanada'da seçilen çalışma alanında arazi örtüsündeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla 10 Ağustos 1981, 10 Nisan 1984, 24 Ağustos 1984 tarihli Landsat MSS verilerine temel bileşen analizi uygulamışlardır. Ağustos (1981 ve 1984) verileri ile değişimi tespit etmeyi; Nisan (1984) ve Ağustos (1984) verileriyle ise temel bileşenlerin değişkenliğini göstermeyi amaçlamışlardır. Görüntülere radyometrik ve geometrik düzeltme işlemleri uygulamışlardır. Temel bileşenlerin hesaplanması aşamasında biri kovaryans diğeri korelasyon matrisinden elde edilen iki vektör kullanmışlardır. Sonuç olarak değişim tespiti için korelasyon

matrisi vektörlerinden hesaplanan temel bileşenlerin kovaryans matrisinden hesaplananlara göre daha doğru bilgi sağladığını tespit etmişlerdir.

Lyon ve diğ. (1998) Chiapas (Meksika) eyaletinin bir bölümünün arazi örtüsü değişimini belirlerken farklı tarihli üç Landsat MSS verisinden faydalanmıştır. Değişimin belirlenmesinde yedi vejetasyon indeksi (DVI, NDVI, PVI, RVI, SARVI, SAVI, TSAVI) değerleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile normalizasyon teknikleri kullanılıyorsa, yedi vejetasyon indeksinin hesaplama işlemlerine göre üç grupta toplanabileceği; farklı gruplardaki vejetasyon indekslerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar sergilediğini ve sadece NDVI'ın normal histogram dağılımı gösterdiği; üç vejetasyon indeksi grubundan NDVI grubunun topoğrafik faktörlerden en az etkilenen grup olduğu, karşılaştırılan teknikler arasında NDVI tekniğinin en iyi bitki örtüsü değişim tespitini gösterdiği ortaya konulmuştur.

Koç ve diğ. (2006)'daki çalışmalarında orman değişimlerini belirlemek için görüntü farkı yönteminden faydalanmışlardır. Gerekli ön işlemlere tabi tuttukları 1987 tarihli Landsat 5 TM ve 2000 tarihli Landsat 7 ETM görüntülerinin karşılıklı gelen bantlarına (7 bant) görüntü farkı yöntemini uygulamışlardır. Görüntülerin eşik değerlerinin belirlenmesi aşamasında amenajman planları ve bu planlara ait sayısallaştırılmış vektör haritalardan yararlanmış, daha sonra görüntülerde değişim alanlarını belirleyip bu sınırlara göre uygulama yapmışlardır. Sonuç olarak yakın kızılötesi bant olan 4. bandın diğer bantlara oranla daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Deng ve diğ. (2007) Çin'deki en gelişmiş bölgelerden biri olan Hangzhou şehrinin arazi kullanımı değişimini belirlemek için iki farklı algılayıcıdan (SPOT, Landsat) elde edilmiş üç farklı tarihe (2000 tarihli Landsat7, 2001 tarihli Landsat7, 2003 tarihli Spot5) ait görüntülerden yararlanmıştır. İki farklı algılayıcıdan alınmış görüntülerin tüm kombinasyonlarını değerlendirdikten sonra 2003 tarihli SPOT5 verisi ile 2000 tarihli Landsat7 kombinasyonunun değişim analizi için daha uygun olduğuna karar vermiş ve Geometrik ve Radyometrik düzeltmeleri yapılan görüntülere temel bileşen analizi uyguladıktan sonra arazi kullanım değişikliklerini belirlemek için kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırmayı birleştiren hibrit sınıflandırma uygulamışlardır. Bu yöntem ile %89,54 genel doğruluğa ulaştıklarını belirtmişlerdir.

Mas (1999), Terminos Lagünü (Meksika) bölgesindeki değişim gösteren alanları tespit etmek için çok zamanlı MSS görüntüleri üzerinde altı değişim belirleme yöntemini test etmiştir. 1973, 1986, 1992 tarihli görüntülere gerekli ön işlemler uygulanmış sonrasında görüntü farkı, vejetasyon indeksi farkı, seçici temel bileşen analizi (SPCA), çok zamanlı kontrolsüz sınıflandırma, sınıflandırma sonrası karşılaştırma ve görüntü zenginleştirme ile sınıflandırma sonrası karşılaştırma kombinasyonu yöntemleri ele alınmıştır. Altı yöntemle elde edilen sonuçların doğruluğu kapa katsayısı ile hava fotoğraflarının kıyaslanmasıyla değerlendirilmiştir. Sonuç olarak değişimin yapısı hakkında bilgi verme avantajına sahip olan sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminin %86.87 genel doğruluk oranı ve 0.6191 kappa değeri ile bu çalışma için en doğru yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Aguirre-Gutierrez ve diğ. (2012) daha yüksek sınıflandırma ve sınıflandırma sonrası değişim saptama hassasiyetleri elde etmek için piksel tabanlı ve obje tabanlı arazi örtüsü sınıflandırmalarının optimal kombinasyonlarını kullanmışlardır. Meksika'da dağlık alanda bulunan çalışma alanlarındaki orman örtüsü değişimlerini belirleyebilmek için çok zamanlı Landsat ETM+ görüntülerini indirmiş ve 30 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli kullanarak rektifiye etmişlerdir. 1999 ve 2006 tarihli görüntülere piksel tabanlı ve obje tabanlı sınıflandırma yöntemini uygulamış ve bu iki yönteme göre belirlenen en yüksek bireysel sınıflandırma doğruluğuna sahip arazi örtüsü kategorileri tespit edilerek kombinasyon arazi örtüsü sınıflandırılmasında birleştirilmiştir. Piksel tabanlı (0.74 ve 0.81), obje tabanlı (0.77 ve 0.71) ve kombinasyon (0.88 ve 0.87) sınıflandırmaların 1999 ve 2006 yıllarındaki genel doğruluk değerlerini karşılaştırmışlar ve kombinasyon yönteminin en iyi sonuçları verdiğini belirtmişlerdir.

Berberoğlu ve Akın (2009), Akdeniz ortamındaki arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimlerini bulmak için 1985, 1993, 2005 yıllarına ait Landsat TM görüntülerini kullanmışlardır. Görüntülere geometrik, atmosferik ve radyometrik düzeltmeler uygulanmıştır. Değişimi belirlemek için görüntü oranlama, görüntü regresyon, değişim vektör analizleri uygulandıktan sonra değişimin yönünün belirlenebilmesi için obje tabanlı kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. 1985-1993 yılları için %75,25 ve 1993-2005 yılları için %75,55 en yüksek toplam doğruluğa ulaşan değişim vektör analizinin Akdeniz bölgesi için en doğru değişim belirleme yöntemi olduğunu belirtmişlerdir.

Shalaby ve Tateishi (2007) Mısır'ın kuzeybatı kıyılarında 14 yılda meydana gelen arazi örtüsü değişikliklerini tespit etmek için iki farklı yıla (1987, 2001) ait Landsat verisini kullanmışlardır. Görüntü ön işleme (geometrik düzeltme) ve görüntü zenginleştirme (kontrast sündürme) işlemleri gerçekleştirildikten sonra görüntülere en yüksek benzerlik (maximum likelihood) algoritması ile kontrollü sınıflandırma (supervised classification) yapılmıştır. Daha sonra görüntülere doğruluk analizi uygulamışlar ve sınıflandırma doğruluğunu arttırmak için CBS aracılığıyla yardımcı veriler ile görsel yorumlama sonuçlarını sınıflandırma sonuçlarıyla birleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; çalışma alanında ciddi derecede arazi örtüsü değişikliği meydana geldiğini; görsel yorumlamanın kontrollü sınıflandırma ile birleştirilmesinin, genel doğruluğun %10 civarında artmasına yol açtığını; uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin birleştirilmesinin arazi örtüsü değişikliğinin niteliği hakkında değerli bilgeler sağladığını bildirmişlerdir.

Elmore ve diğ. (2000) NDVI vejetasyon indeksi ile spektral karışım modeli (SMA)'nin Landsat TM verilerinden anlamlı bitki örtüsü bilgisi çıkarma yeteneklerini değerlendirmiştir. Kaliforniya'daki çalışma alanına ait altı adet bulutsuz Landsat TM görüntüsü ile eşzamanlı olarak elde edilmiş 6 yıllık (1991-1996) arazi verilerini kullanmışlardır. Çalışma alanına 33 sabit izleme noktası kurarak su seviyesi, toprak suyu içeriği ve bitki örtüsü koşullarına ait veriler toplamışlar ve her kesitteki diri örtü yüzdesini (%LC) hesaplamışlardır. Çok zamanlı Landsat verilerine gerekli ön işlemleri uygulayarak alan izleme yerlerinin uzaktan algılanan veriler içerisinde doğru konumlandırılmasını kolaylaştırmışlardır. Görüntülere SMA ve NDVI uyguladıktan sonra örneklerin %87'sinde değişim tespitini doğru şekilde yapan SMA'nın diri örtüyle ilişkili nicel bir ölçüm olmasına rağmen örneklerin %67'sinde doğru değişim tespiti gösteren NDVI'dan daha üstün olduğunu belirtmişlerdir.

Sunar (1998) İkitelli, İstanbul'daki arazi örtüsü değişiminin yanı sıra çevre üzerindeki yoğun gelişme baskısını analiz etmeyi amaçladığı çalışmasında dört faklı değişim belirleme yöntemi kullanmıştır. İki farklı tarihli (1984, 1992) Landsat TM görüntülerine görüntü farkı, görüntü çakıştırma, temel bileşen analizi ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemlerini uygulamıştır. Görüntü çakıştırma ile görünü farkı yöntemlerinin kolay uygulanabilir olduğu bununla birlikte temel bileşen analizi ile sınıflandırılmış görüntülerin değişime atfedilebilecek farklılıkları vurguladığı belirtilmiştir. Kullanılan değişim belirleme yöntemlerinin her birinin

üretim kolaylığı, bilgi içeriği ve yorumlanabilirlik ile ilgili olarak bir takım değerlere sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

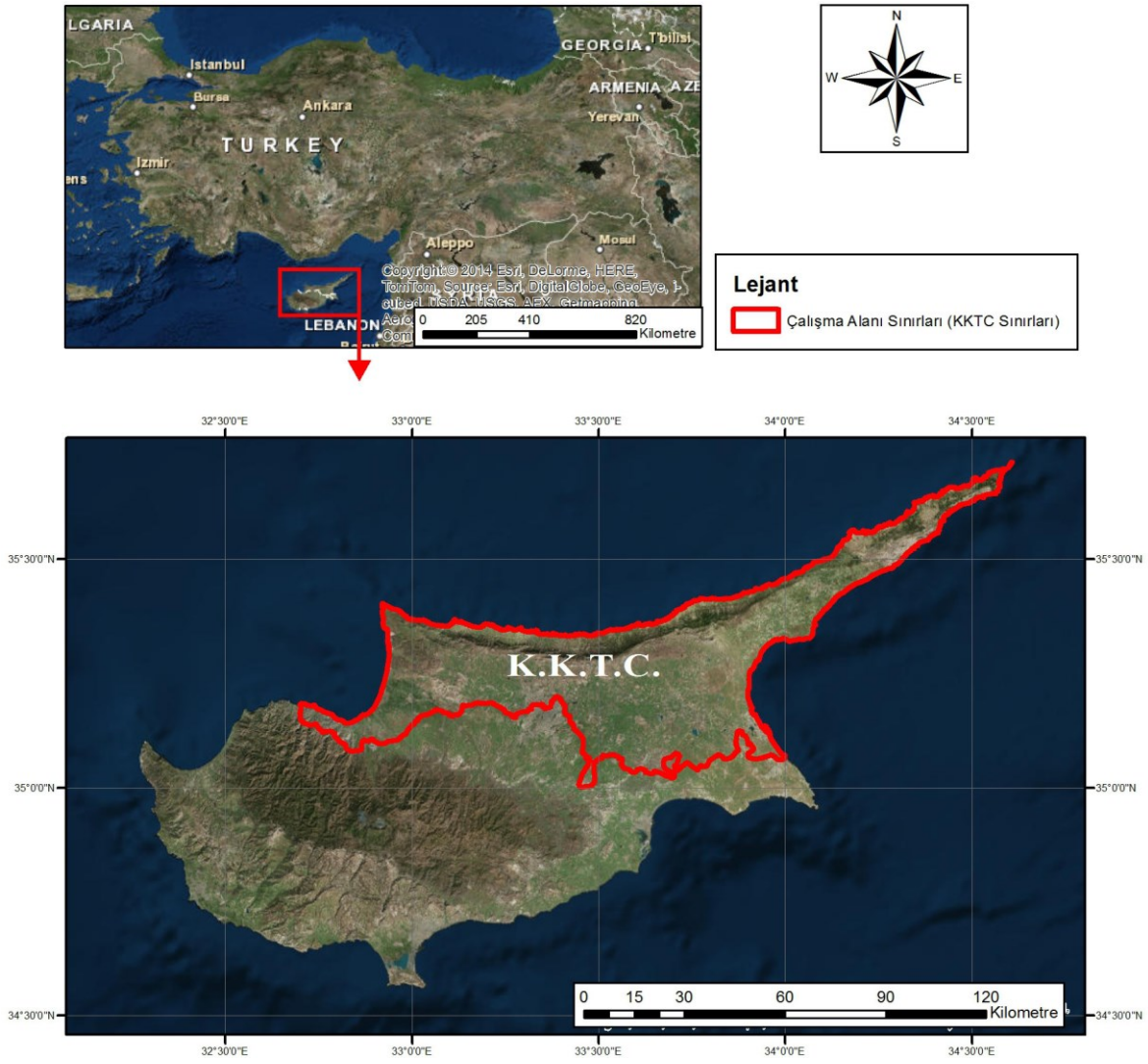
Örneklerde de görüldüğü gibi değişim belirleme yöntemi ve sınıflandırma rutininin kombinasyonu ne olursa olsun geniş bir alternatif çeşitliliğin olduğu ve hepsinin farklı derecelerde esneklik ve geçerliliğe sahip olduğu açıktır (Coppin ve diğ., 2004). Her değişim belirleme yöntemi farklı değerlere sahiptir ve tek bir yaklaşım tüm durumlar için optimal değildir (Lu ve diğ., 2004). Uzaktan algılanmış çok zamanlı veriler kullanılarak orman değişimlerinin belirlenmesi amaçlanan bu tez çalışmasında sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1.MALZEME

3.1.1. Araştırma Alanının Özellikleri

Çalışma alanı olarak 9251 km^2 yüz ölçümüyle Sicilya ve Sardinya'dan sonra Akdeniz'in 3. büyük adası olan, 34^0 33^1-35^0 42^1 kuzey enlemleri ile 32^0 16^1-34^0 36^1 doğu boylamları arasında bulunan Kıbrıs adasının kuzey bölümünde yer alan Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (K.K.T.C.) seçilmiştir (Şekil 3.1).



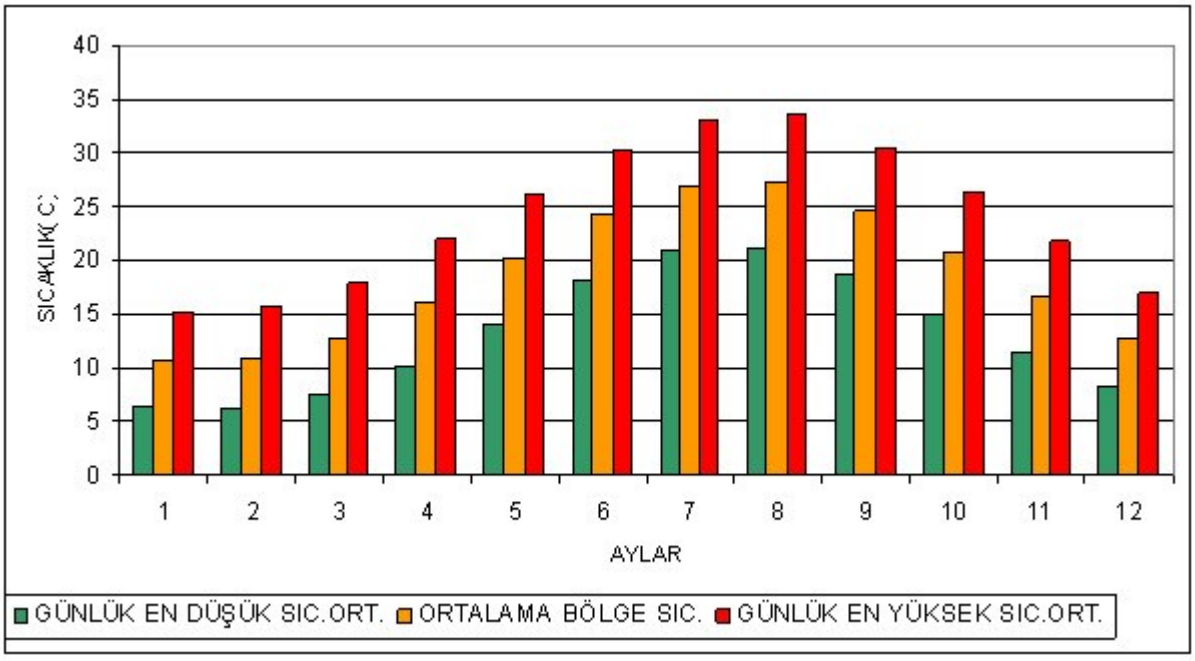
Şekil 3.1: Çalışma alanı.

3.1.1.1.Coğrafi Konum ve Topoğrafik Özellikler

Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Kıbrıs adasının kuzey bölümünde yer alır. Yüzölçümü yaklaşık 3242 km^2'dir. 2011 yılında yapılan nüfus sayımına göre *de-facto* nüfus 294386 kişidir. K.K.T.C Lefkoşa, Gazimağusa, Girne, Güzelyurt ve İskele olmak üzere 5 idari ilçeye ayrılmıştır. Yüzey şekillerinin temelini Beşparmak Dağları olarak da bilinen Girne Dağları oluşturur. Bu dağlar kuzey kıyı boyunca alçalıp yükselerek doğu-batı istikametinde 160 km uzunluğunda tek sıra halinde uzanır (İlseven ve diğ., 2018). Kuzey Kıbrıs'ın en yüksek noktası 1024 m ile Lapta yakınındaki Selvili tepedir (Alptekin ve Ertaş, 1993). İç Ovanın büyük bölümü ile kuzey sahil şeridi başlıca tarım ve yerleşme alanlarıdır (İlseven ve diğ., 2018).

3.1.1.2.İklim Özellikleri

Kıbrıs adası, dört mevsimin belirgin olarak yaşandığı Orta Kuşak içerisinde yer alır (İlseven ve diğ., 2018). Yörenin iklimi; yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı tipik Akdeniz iklimidir (Ayberk, 2000). Kuzey Kıbrıs'ın yıllık ortalama hava sıcaklığı 19.0 °C'dir. Kuzey Kıbrıs'ta yağışlar genellikle Ekim-Mart döneminde görülmekte olup yılın toplam yağış normali (1941-70) 402.8 mm'dir. En yağışlı ay Aralık, en kurak aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır (Şekil 3.2), (URL-3).



Şekil 3.2: K.K.T.C.'nin ortalama sıcaklık değerleri (URL-3).

3.1.1.3.Bitki Örtüsü

Kıbrıs'taki doğal bitki toplulukları yüksek dağlık alanlardan İç Ova'ya ve kıyı ovalarına doğru dört basamak oluşturmaktadır. Bunlar iğne yapraklı ormanlar, bu ormanların altındaki maki ve garigler ile daha alçak iç kısımlarda bozkırlardır. Yapraklarını döken türlerin hemen hemen bulunmadığı coğrafyada (Alagöz, 2014) ibreli ormanlar Girne Dağları'nın özellikle kuzey yamaçlarında yayılım göstermektedir. İbreli ormanlar Kıbrıs'ın en yaygın çam türü olan kızılçamlardan, servilerden ve ardıçlardan oluşmaktadır (İlseven ve diğ., 2018). Alt yamaçlarda ise Keçiboynuzu (Ceratonia siliqua), Sakız (Pistacia lentiscus) ve bunlara karışan Zeytin (Olea europea), Mersin (Myrtus communis), Ardıç (Juniperus ssp.) ve Pırnal Meşesi (Quercus coccifera) görülmektedir (Alptekin ve Ertaş, 1993). Kıbrıs adasının tamamı Akdeniz ikliminin etkisinde kaldığı için hemen her yerde bu iklimin karakteristik bitki topluluğu olan maki elemanlarına rastlamak mümkündür (Koday, 1998). Maki ve çalılıkların en fazla yayılış gösterdiği yer Girne Dağları'nın uzantısı olan engebeli bir topoğrafyaya sahip Karpaz yarım adasıdır (Koday,1995).

3.1.2. Kullanılan Veriler

Araştırmada kullanılan veriler uydu görüntüleri, orman amenajman planı verileri ve yüksek çözünürlüklü baz harita olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır.

3.1.2.1.Uydu Görüntüleri

Çalışma alanındaki zamansal değişimlerinin belirlenmesi amacıyla iki farklı tarihe ait uydu veri seti kullanılmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Kullanılan uydu verilerinin çerçeve numaraları ve alım tarih – saatleri.

Landsat uydusu çerçeve numarası	1990 Verisi Landsat 5 TM	2014 Verisi Landsat 8 OLI TIRS
p175 r35	10.08.1987 - 07:43:25	15.08.2014 - 08:16:09
p176 r35	08.04.1990 - 07:42:16	22.08.2014 - 08:22:20
p176 r36	08.04.1990 - 07:42:40	22.08.2014 - 08:22:44

Yer yüzeyinin izlenmesi için tasarlanan ilk uydu olan ve daha sonra Landsat 1 olarak yeniden adlandırılacak olan Dünya Kaynakları Teknoloji Uydusu (ERTS-1) 23 Temmuz 1972'de NASA tarafından fırlatılmıştır. Landsat programı dünyanın gözlenmesinde, spektral bantlar ile algılayıcı kombinasyonu, fonksiyonel geometrik çözünürlüğü ve iyi alansal örtme yeteneğini

de içeren birkaç faktör nedeniyle başarılı olmuştur. Programın uzun yaşam süresi uzun vadeli izleme, tarihi kayıtlar ve araştırmayı kolaylaştıran bol miktarda dünya kaynak verisi sağlamaktadır (Yener ve diğ., 2006a). Landsat 2, Landsat 3, Landsat 4 uyduları sırasıyla 1975, 1978 ve 1982 yıllarında fırlatılmıştır. Landsat 5 1984'de piyasaya sürüldüğünde, hiç kimse uydunun, 28 yıl ve 10 ay boyunca Dünya'nın toprak yüzeylerine ilişkin yüksek kaliteli, küresel verilerini sunmaya devam edeceğini tahmin etmemiştir. Landsat 6, 1993 yılında fırlatılmış ancak yörüngeye ulaşamadığı için başarısız olmuştur. Landsat 7 1999'da, Landsat 8 2013'te başarıyla fırlatılmış ve iki uydu da veri almaya devam etmektedir (URL-4).

Farklı tarihlerde alımı gerçekleştirilen uydu verilerinde farklı algılayıcı sistemler kullanılmıştır. Tablo 3.1'de de görüldüğü üzere 1990 verilerinin alımında belirtilen tarihte aktif hizmet veren Landsat 5 TM (Thematic Mapper, Tematik Haritalayıcı) algılayıcısına ait veriler kullanılmıştır. 2014 verileri ise Landsat 8 OLI (Operational Land Imager, Operasyonel Arazi Görüntüleyici) algılayıcısı kullanılarak alınmıştır. Bu kapsamda belirtilen algılayıcı sistemlere ait spektral ve mekânsal çözünürlüklerine ait özellikler Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de sunulmuştur.

Tablo 3.2: Landsat 5 uydusu TM algılayıcısının özellikleri (URL-5).

LANDSAT 5 TM			
Bant	**Dalga boyu (µm)**	**Haritalandırmada Kullanımları**	**Mekansal Çözünürlük (m)**
Bant 1 - Mavi	0.45-0.52	Batimetrik haritalama, toprak/vejetasyon ayrımı, ibreli/yaprak döken ayrımı	30
Bant 2 - Yeşil	0.52-0.60	Bitki canlılığını değerlendirmek için yararlıdır; yoğun vejetasyonu vurgular	30
Bant 3 - Kırmızı	0.63-0.69	Vejetasyon sınırı ayrımı	30
Bant 4 - Yakın kızılötesi	0.76-0.90	Biyokütle içeriğini ve kıyı şeritlerini vurgular	120* (30)
Bant 5 - Kısa dalga kızılötesi 1	1.55-1.75	Toprağın ve vejetasyonun nem içeriğini ayırt eder	30
Bant 6 -Termal kızılötesi	10.40-12.50	Termal haritalama ve toprak nemi tahmini	30
Bant 7 - Kısa dalga kızılötesi 2	2.08-2.35	Maden yatakları ile ilişkili hidrotermal olarak değiştirilmiş kayalar	30

*Bant 6, 120 metre çözünürlükte elde edilir, ancak veriler 30 metre piksele yeniden örneklenir.

Tablo 3.3: Landsat 8 uydusu OLI ve TIRS algılayıcılarının özellikleri (URL-5).

LANDSAT 8 OLI VE TIRS			
Bant	**Dalga boyu (μm)**	**Haritalandırmada Kullanımları**	**Mekansal Çözünürlük(m)**
Bant 1 - Kıyı aerosol	0.44-0.45	Kıyı ve aerosol çalışmaları	30
Bant 2 - Mavi	0.45-0.51	Batimetrik haritalama, toprak/vejetasyon ayrımı, ibreli/yaprak döken ayrımı	30
Bant 3 - Yeşil	0.53-0.59	Bitki canlılığını değerlendirmek için yararlıdır; yoğun vejetasyonu vurgular	30
Bant 4 - Kırmızı	0.64-0.67	Vejetasyon sınırı ayrımı	30
Bant 5 - Yakın kızılötesi	0.85-0.88	Biyokütle içeriğini ve kıyı şeritlerini vurgular	30
Bant 6 - Kısa dalga kızılötesi 1	1.57-1.65	Toprağın ve vejetasyonun nem içeriğini ayırt eder	30
Bant 7 - Kısa dalga kızılötesi 2	2.11-2.29	Toprak ve bitki örtüsünün geliştirilmiş nem içeriği ve ince bulut nüfuzu	30
Bant 8 - Pankromatik	0.50-0.68	15 metre çözünürlüklü daha keskin görüntü tanımı	15
Bant 9 - Sirüs	1.36-1.38	Sirüs bulutu kirlenmesinin iyileştirilmiş tespiti	30
Bant 10 - TIRS 1	10.60-11.19	100 metre çözünürlük, termal haritalama ve tahmini toprak nemi	100* (30)
Bant 11 - TIRS 2	11.5-12.51	100 metre çözünürlük, geliştirilmiş termal haritalama ve tahmini toprak nemi	100* (30)

*TIRS bantları 100 metre çözünürlükte elde edilir, ancak 30 metreye kadar yeniden örneklenir.

Yeryüzündeki doğal kaynakların araştırılmasında yoğun bir şekilde kullanılan Landsat 5 TM yeryüzünü 705 km yükseklikten ve 170 km kuzey-güney, 183 km doğu–batı genişliğinde tarar. 7 bantlı algılama yapan TM'in 6. bandı hariç geometrik çözünürlüğü 30 m dir. Isıl bant olan 6. bantta ise 120 m dir ancak o da diğer bantlar ile eşleşmek için 30×30 m olarak yeniden modellenir. Radyometrik çözünürlüğü 8 bit'tir. Yani her piksel 0'dan 255'e kadar veri değerine sahip olabilir. Zamansal çözünürlüğü ise 16 gündür. Yani dünya üzerindeki aynı alanı 16 günde

bir görüntüler. Doğal kaynakların incelenmesi düzenlenmesi rolünü devam ettiren Landsat 8 OLI (Operational Land Imager, Operasyonel Arazi Görüntüleyici) ve TIRS (Thermal Infrared Sensor, Termal Kızılötesi Algılayıcı) yeryüzünü 705 km yükseklikten ve 170 km kuzey-güney, 183 km doğu-batı genişliğinde tarar. Radyometrik çözünürlüğü 12 bit'tir. Yani her piksel 0'dan 4095'e kadar veri değerine sahip olabilir. Bu uydunun da zamansal çözünürlüğü Landsat 5 TM'de olduğu gibi 16 gündür (URL-5).

Landsat uydusundan gönderilen verilerin bir kısmı yer istasyonları tarafından depolanmakta, böylelikle uzaktan algılamada zamansal analizlerin yapılması olanaklı hale gelmektedir. Arşiv görüntülerinin bu şekilde elde edilebilmesi, görüntünün kapladığı alanın genişliği, uydu görüntüsünün nitelikleri ve fiyatının nispeten uygun olması nedenleriyle, bu veriler doğal kaynaklarla ilgili bilimsel araştırmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. (Çoban, 2006).

3.1.2.2.Orman Amenajman Planları

Orman Amenajman Planı (OAP), gelecekte varılmak istenilen hedeflere niçin; nerede, ne zaman, ne kadar, nasıl ve kim (5N1K) tarafından ulaştırılacağını belirten kararlar dizisidir. Plan, gelecekte ulaşılması istenilen hedeflere nasıl ve hangi maliyetler ile ulaşılacağını da göstermektedir (Ün, 2006). Çalışmada 1992-2001 ve 2013-2022 dönemlerine ait sayısal orman amenajman planları kullanılmıştır.

Aynı yaşlı ormanlarda meşcere tiplerinin ayrılmasında (1) Ağaç türleri ve karışımları, (2) Meşcere gelişme çağları, (3) Kapalılık ölçütleri göz önüne alınmıştır. Meşcere tiplerindeki ağaç türleri ve simgeleri Tablo 3.4'de belirtildiği gibi yazılmıştır.

Tablo 3.4: Ağaç türleri ve simgeleri (Anon. 1992, Anon.2013).

Simge	Ağaç Türleri
Çz	Kızılçam
Çf	Fıstık Çamı
Çh	Halep Çamı
Sr	Servi
KA/Kb	Kıbrıs Akasyası
Dy	Diğer yapraklı
Ma	Maki

Herhangi bir ya da birkaç ağaç türünün, meşcere toplam hacmine %10 ya da daha fazla karışması durumunda meşcere karışık olarak kabul edilmiştir. Meşcere tipi rumuzundaki ağaç türleri simgelerinin sıralanmasında da ağaç sayısının çokluğu esas alınmış, en fazla sayıda olan en başa yazılmış, daha sonraki sıraları ise sayı çokluğu belirlemiştir. Meşcerede hacim olarak %90'dan fazlası aynı türden olan meşcereler saf olarak kabul edilmişlerdir (Anon.1992).

Tablo 3.5: Meşcere gelişme çağları ve Meşcere kapalılıkları (Anon. 1992, Anon. 2013).

Sembol	Tanımlama	1.30 m'deki kabuklu çapı (cm)	Tepe Kapalılığı (%)
a	Gençlik ve Sıklık	<8	
b	Sırıklık ve Direklik	8-19.9	
c	İnce ağaçlık	20-35.9	
d	Orta ağaçlık	≥36	
0	Boşluklu kapalı		0-10
1	Gevşek kapalı		Kas.40
2	Orta kapalı		41-70
3	Tam kapalı		≥71

*0: Meşcere gelişim çağlarında 0 sembolü ağaçlandırma ya da gençleştirme amacıyla boşaltılmış alanı tanımlar.

Tablo 3.6: Ormansız alanlar ve simgeleri (Anon. 1992, Anon. 2013).

Simge	Tanımlama
OT	Ağaçsız orman toprağı
OT-T	Kayalık, taşlık, ağaçsız orman toprağı
Z-OT	Orman içi açıklık ile tarım alanlarının ayırımı yapılamayacak kadar iç içe olduğu araziler
Z	Ziraat (Tarım) Arazisi
Ku	Kum, kumul
Ku-T	Kum ve taşlık alanın iç içe olduğu yerler
T	Taşlık, kayalık
İs	Yerleşim alanı, mezarlık
Oc	Ocak
Ts	Askeri tesisler yada benzerleri
ZA	Ziyaret alanı
Su	Bentlerde biriken su

Gelişme çağları ve kapalılık bakımından meşcereler tablo 3.5'te görüldüğü şekilde ayrılmaktadır. Serideki ormansız alanlar ise Tablo 3.6'da görüldüğü gibi simgelenmiştir.

Orman amenajman planları ormandan ne istenildiğini belirleyebilir ve bu hedeflere ulaşmak için etkin bir eylem süreci sağlayabilir; değerini arttırırken kaynağın varlığını ve işlevselliğini de sağlayabilir (örneğin, kaynağın nerede, nasıl ve hangi şartlar altında kullanılabileceğini belirlemek); paydaşların orman yönetimine katılabileceği ve rolleri ve sorumlulukları konusunda netlik sağlayabilecekleri bir yol sağlayabilir; zamandan tasarruf sağlayabilir ve maliyetleri düşürebilir (örneğin yol yapımı ve odun hasadı gibi); riskleri ve etkilerini azaltabilir ve potansiyel olarak pahalı orman yönetimi hatalarından kaçınabilir (örneğin yanlış ağaçları hasat etmek veya yanlış zamanda, yangın yönetimini uygulamada başarısız olmak veya bir böcek istilasını ihmal etmek); idari düzenlemeleri resmileştirerek ve orman faaliyetlerini izlemek için bir temel oluşturarak yönetim operasyonlarında zaman içerisinde süreklilik sağlayabilir; gelecekteki hasat hacimlerini ve kazançlarını tasarlayabilir; verimli bilgi toplanmasına ve iş kayıtlarının düzenlenmesine yardımcı olabilir (URL-6).

3.1.2.3. Yüksek Çözünürlüklü Baz Harita

Sınıflandırılmış 2014 uydu görüntüsünün görsel olarak kontrol edilmesinde ve aynı tarihli görüntünün sınıflandırma sonrası doğruluk değerlendirmesinde atılan kontrol noktalarının referans noktalarına karar verme aşamasında ArcMap programının sunduğu yüksek çözünürlüklü baz haritadan yararlanılmıştır. Bu harita dünya için uydu görüntüsü ve birçok alan için yüksek çözünürlüklü hava görüntüleri sunmaktadır. Dünya Görüntüleri haritası, daha yüksek çözünürlüklerde (mahalle seviyesi ve ötesi) uygun karo konumlandırmasını sağlamak için "WGS84 Geographic, Version 2" geliştirilmiş döşeme şemasını kullanmaktadır. Dünya Görüntüleri (WGS84), dünyanın birçok yerinde bir metre veya daha yüksek çözünürlüğe ulaşabilen uydu ve havadan görüntüler sunmaktadır (URL-7).

3.1.3. Kullanılan Yazılım ve Donanım

Çalışmada uydu verilerinin spektral bantlarının birleştirilmesinde, üç çerçevenin birbirleriyle mozaiklenmesinde, çalışma alanı sınırlarının kesilmesinde, vejetasyon indekslerinin oluşturulmasında, sınıflandırma işleminin uygulanmasında, doğruluk analizinin yapılmasında ve değişim analizinin gerçekleştirilmesinde ERDAS Imagine 2014 yazılımı kullanılmıştır.

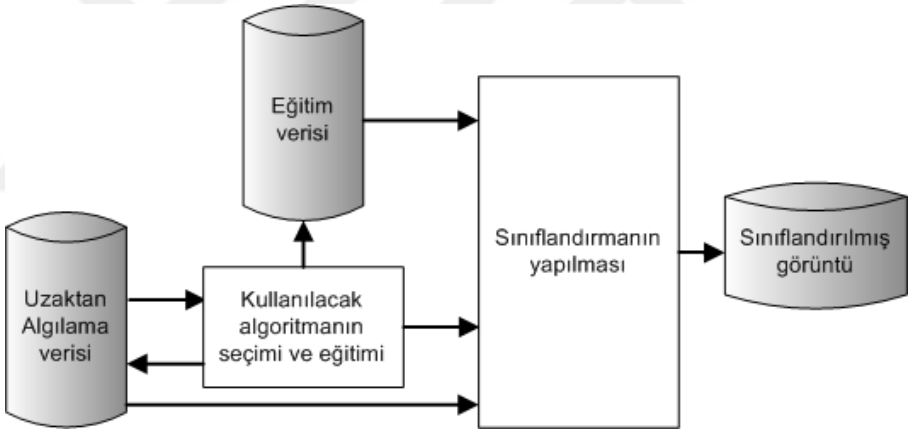
Çalışma alanı sınırlarının kesildiği şablonun oluşturulmasında, eğitim alanlarının verilmesinde ve yüksek çözünürlüklü baz haritanın görüntülenmesinde ArcMap 10.1 yazılımı kullanılmıştır.

Çalışma genel olarak ASUS Intel Core i5 kişisel bilgisayar ve HP desktop yazıcı donanımları ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.YÖNTEM

3.2.1. Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri

Bu çalışmada Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerinin belirlenebilmesi için uydu verilerine piksel tabanlı görüntü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Janssen ve Gorte (2001) geleneksel veya piksel tabanlı görüntü sınıflandırmalarının genel olarak beş adımda yapılabileceğini savunmuştur. Bunlar: (Şekil 3.3);



Şekil 3.3: Görüntü sınıflandırma adımları (Janssen ve Gorte, 2001).

1) Görüntü verisinin seçimi ve hazırlanması (ön işleme),

2) Sınıflandırma tekniğinin seçimi (supervised veya unsupervised sınıflandırma),

3) Sınıflandırma algoritmasının seçimi (Ör: En yüksek benzerlik (maximum likelihood), ortalamaya en az uzaklık (minimum distance to mean) gibi),

4) Sınıflandırmanın yapılması,

5) Sonuçların doğruluğunun saptanması.

Çalışmada uygulanan işlemler ilgili başlıklar altında detaylarıyla anlatılmıştır.

3.2.1.1.Ön İşleme

Ön işleme fonksiyonları normalde bilgi elde etme ve temel veri analizleri öncesinde gerekli olan işlemlerdir (URL-1).

Öncelikle çalışmada kullanılacak uydu verilerinin spektral bantları birleştirilmiş (layer stack), 1990 tarihli uydu veri setinin 6 bandı, 2014 tarihli uydu veri setinin 7 bandı her 3 çerçeve için birleştirilerek görüntüler ön işlemlere hazır hale getirilmişlerdir.

Görüntü verileri, uydu ve uçaktaki algılayıcılar tarafından kaydedildiğinde, geometride ve piksellerin ölçülen parlaklık değerlerinde hatalar içerebilir (Richards, 2013). Bu çalışmada kullanılan uydu görüntüleri orto rektifiye edilmiş halde indirildiği için geometrik düzeltme işleminin uygulanmasına gerek kalmamıştır.

Daha sonra uydu verilerine birkaç çerçeveden oluşan görüntüleri birleştirerek tek bir görüntü oluşturma olanağı sunan mozaikleme işlemi uygulanmıştır. Bu aşamada 1990 verisi için 3 tam Landsat 5 TM görüntüsü, 2014 verisi için ise 3 tam Landsat 8 OLI görüntüsü kullanılarak 2 farklı yıla ait 2 ayrı algılayıcı verisi elde edilmiştir. Mozaik görüntülerinin oluşturulması aşamasında histogram eşleştirme tekniği (histogram matching) uygulanmıştır. Bu yöntemin kullanılmasındaki asıl amaç oluşturulmak istenilen mozaik görüntülerin kalibrasyonudur.

ArcGIS programında çalışma alanına ait orman amenajman planları referans alınarak çalışma alanı sınırları shapefile formatında oluşturulmuş ve daha sonra ERDAS programında aoi formatına dönüştürülmüştür. Sonrasında 1990 ve 2014 mozaik görüntüleri çalışma alanı sınırlarına göre kesilmiştir. Görüntülerde yoğun bulut görülen alanlar poligonla sayısallaştırılıp, görüntüden kesilerek, sınıflandırma üzerindeki etkileri elimine edilmiştir.

Bir sonraki adımda mozaiklenip, çalışma alanı sınırlarının kesildiği görüntülerden vejetasyon indeksleri oluşturulmuştur. Vejetasyon indeksleri, vejetasyon canlılığını gösteren nicel ölçümlerdir (Campbell, 1987). Biyokütlenin tespiti için bireysel spektral bantlardan daha iyi hassasiyet gösterirler (Asrar ve diğ, 1984). Görünür kırmızıdaki ışınlar (0.63-0.69 μm) klorofil tarafından absorbe edilirken, yakın kızıl ötesi radyasyondaki (0.76-0.90 μm) ışınlar yaprak hücresi yapıları tarafından güçlü bir şekilde yansıtılır (Tucker, 1979). Bu iki spektral etki alanının kombinasyonu, bitki örtüsünü topraktan ayırmaya ve vejetatif örtü yoğunluğu ile fotosentetik olarak aktif biyokütleyi belirlemeye izin verir (Bannari ve diğ., 1995). Bu yüzden

her iki yıl için kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantlarının oranlandığı 10 adet vejetasyon indeksi oluşturulmuştur.

1990 görüntüsü için vejetasyon indeksleri 8 bit olarak oluşturulmuş, 2014 görüntüsü için ise float single olarak oluşturulup 16 bit'e sündürme (rescale) işlemi yapılmıştır. Oluşturulan bu indeksler ham verilerle birleştirilerek, 16 bantlı 1990 görüntüsü ve 17 bantlı 2014 görüntüsü elde edilmiştir. Böylelikle ön işlemler tamamlanmış, görüntüler sınıflandırma işlemine hazır hale getirilmiştir.

3.2.1.2.Görüntülerin Sınıflandırılması

Görüntülerin sınıflandırılması, piksellerin veri dosya değerlerine bağlı olarak sınırlı sayıdaki bireysel sınıflara ayrılması işlemidir. Orijinal veriden çıkarmak istediğiniz bilgi türüne bağlı olarak sınıflar, yeryüzündeki bilinen özelliklerle ilişkilendirilebilir veya bilgisayarda ''farklı görünen'' alanları temsil edebilir (Çoban, 2006; ERDAS, 2002).

Görüntülere ilk olarak kontrolsüz sınıflandırma uygulanmıştır. Kontrolsüz sınıflandırmada spektral sınıflar sadece verideki sayısal bilgiye dayalı olarak gruplandırılır ve sonra analizci tarafından bilgi sınıflarına eşlenir (URL-1). Bu uygulamada farklı sayıda kontrolsüz eğitim alanları denetlenerek çalışma bölgesi için spektral olarak ayrılabilir sınıfların belirlenmesi ve daha sonra kontrollü sınıflandırma ile bu spektral sınıflardan bilgi sınıfları elde etmek amaçlanmıştır.

Daha sonra görüntülere kontrollü sınıflandırma uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırmada analizci, görüntü içerisinde homojen olarak temsil edilen ilgili farklı yüzey örtü tiplerinin (bilgi sınıfları) örnek alanlarını belirler. Bu örnek alanlara eğitim alanları (training areas) denilmektedir (URL-1). Çalışmada farklı örtü tipleri (ibreli orman, kum, mera, ziraat, gölet vb) için birçok eğitim alanı verilmiştir. 1990 görüntüsü için 434, 2014 verisi için ise 419 adet eğitim alanı oluşturulmuştur. Her iki yıla ait spektral sınıflar sınıflandırma modülündeki ''signature editor'' bölümüne aktarılarak spektral yansıma eğrileri incelenmiş ve en çok değişimi ortaya koyan vejetasyon indeksleri belirlenmiştir. Kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanırken en yüksek benzerlik (maximum likelihood) algoritması kullanılmıştır. Bu yöntemde öncelikli arazi sınıflarına ilişkin sınıf kontrol noktalarına ait istatistiksel değerler hesaplanmakta, daha sonra görüntü üzerinde bilinmeyen her bir pikselin en çok benzer olduğu sınıfa ataması yapılmaktadır (Bulut, 2012).

Bir sonraki adımda alt bilgi sınıfları 5 ana bilgi sınıfında birleştirilmiştir (recode). Bu ana bilgi sınıfları şu şekildedir:

- Orman Alanları
- Ziraat Alanları
- Yerleşim Alanları
- Açık Alanlar
- Su Alanları

3.2.1.3.Sınıflandırılmış Görüntülerin Doğruluğunun Değerlendirilmesi

Sınıflandırma sonrası elde edilen konusal görüntülere doğruluk analizi yapılmıştır. Bir sınıflandırma çalışmasının tamamlanmasında, elde edilen sonuçların doğruluğunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu, sonuçlara güven duyulmasını sağlamak için gereklidir ve analizin amaçlarına ulaşılıp ulaşılmadığını göstermeye hizmet edecektir (Richards, 2013). Doğruluk değerlendirmesi, geliştirilen sonuçları anlamak ve bu sonuçları karar almak için kullanmak için önemlidir. En yaygın doğruluk değerlendirme öğeleri arasında genel doğruluk, üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu ve kappa katsayısı bulunur (Lu ve diğ., 2004).

Çalışmada konumsal doğruluk değerlendirilmesi yapılmış ve hata matrisleri kullanılarak üretici, kullanıcı ve toplam doğruluklar hesaplanmıştır (Şekil 3.4).

		j = Sütunlar (Referans)			Satır Toplamı
		1	2	k	n_{i+}
i = Satırlar (Sınıflandırma)	1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
	2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
	k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
Sütun Toplamı n_{+j}		n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

Şekil 3.4: Hata Matrisi örneği (Congalton ve Green, 1999).

Üretici doğruluğunun bulunmasında kullanılan formül şu şekildedir (Yener ve diğ, 2006b, Çoban, 2006; Congalton ve Green, 1999):

$$PA_{jj} = \frac{n_{jj}}{n_{+j}}$$

j : hata matrisindeki sütunlar

n_{jj} : j. sütun ve j. satırındaki gözlemlerin sayısı (matris köşegeni üzerinde)

n_{+j} : j. sütundaki gözlemlerin toplamı

Kullanıcı doğruluğunun bulunmasında kullanılan formül şu şekildedir (Yener ve diğ, 2006b, Çoban, 2006; Congalton ve Green, 1999):

$$UA_i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}}$$

i : hata matrisindeki satırlar

n_{ii} : i. satır ve i. sütunundaki gözlemlerin sayısı (matris köşegeni üzerinde)

n_{i+} : i. satırındaki gözlemlerin toplamı

Toplam doğruluğun bulunmasında kullanılan formül ise şu şekildedir (Yener ve diğ, 2006b, Çoban, 2006; Congalton ve Green, 1999):

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_{ii}}{n}$$

n : satır veya sütunların toplamı

k : hata matrisindeki sütun sayısı

Çalışmada hata matrisi analizi yanı sıra Kappa analizi de yapılmıştır. Kappa analizi, bir hata matrisinin diğerinden önemli ölçüde farklı olup olmadığını istatistiksel olarak belirlemek için doğruluk değerlendirmesinde kullanılan çok değişkenli bir tekniktir (Bishop ve diğ., 1975).

Kappa istatistiğinin hesaplanmasında kullanılan formül şudur (Yener ve diğ, 2006b, Çoban, 2006; Congalton ve Green, 1999):

$$\hat{K} = \frac{n \times \sum_{i=1}^{k} n_{ii} - \sum_{i=1}^{k}(n_{i+} \times n_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^{k}(n_{i+} \times n_{+i})}$$

n_{+i} : i. sütunundaki gözlemlerin toplamı

Kappa istatistiği her hata matrisi için hesaplanır ve sınıflandırılmış görüntünün referans verileri ile ne kadar uyumlu olduğunu gösterir (Yener ve diğ, 2006b, Çoban, 2006; Congalton ve Green, 1999).

3.2.2. Kullanılan Değişim Belirleme Yöntemi

Uzaktan algılamada değişimin belirlenmesinde kullanılan yöntemler Bölüm 2.2'de örnekleriyle verilmişti. Bu çalışmada değişimin belirlenmesi için sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi, yoğun olarak kullanılan niceliksel bir değişim belirleme metodudur. Uzaktan algılanan her görüntünün düzeltilmesini ve sınıflandırılmasını gerektiren bu teknikte görüntüler bir değişim matrisi kullanılarak piksel piksel karşılaştırılır (Jensen, 1996). Bazı teknikler yalnızca değişim var / değişim yok bilgisi sunarken sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminin değişim yönlerinin tam bir matrisini sağlayabilmesi en büyük avantajıdır (Lu ve diğ., 2014). Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile araştırmacı t1 ve t2 zamanları için sınıflandırma sonuçlarını doğru bir şekilde kodlayarak değişim haritaları üretebilir. Sınıflandırma sonuçlarının seçilerek gruplandırılması araştırmacının ilgilenebileceği herhangi bir değişim alt kümesini gözlemlemesini sağlar. Ayrıca iki tarih birbirinden ayrı sınıflandırılarak iki görüntü arasındaki atmosferik ve algılayıcı farklılıklarından kaynaklanan sorunlar en aza indirilmiş olur (Singh, 1989). Sınıflandırma sonrası karşılaştırmanın avantajlarından biri de, tarihleri farklı olan görüntülerin ayrı ayrı sınıflandırılmasıyla tarihler arasında radyometrik kalibrasyon sorununu en aza indirilmesi gerçeğinde yatmaktadır. Aynı zamanda bu yöntem uygun sınıflandırma şeması seçilerek ilgi alanında olmayan arazi özelliklerine duyarsız hale getirilebilir (Colwell ve diğ., 1980).

Çalışmada yeterli doğruluğa uğraşılmasının ardından görüntüler matris işlemine tabi tutularak değişim matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Bulgular bölümünde verilmiştir.

4. BULGULAR

4.1.GÖRÜNTÜLERE UYGULANAN ÖN İŞLEMLER

Çalışmada 1990 tarihli uydu veri setinin 6 bandı (Termal bant hariç), 2014 tarihli uydu veri setinin 7 bandı her 3 çerçeve için birleştirilmiştir. 1990 tarihli Landsat 5 TM uydu verileriyle 2014 tarihli Landsat 8 OLI uydu verilerinin birleştirilen bantları sırasıyla Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1: 1990 tarihli uydu verilerinin birleştirilen spektral bantları.

Bant	Dalga boyu (µm)
Bant 1 - Mavi	0.45 - 0.52
Bant 2 - Yeşil	0.52 - 0.60
Bant 3 - Kırmızı	0.63 - 0.69
Bant 4 - Yakın kızılötesi	0.77 - 0.90
Bant 5 - Kısa dalga kızılötesi 1	1.55 - 1.75
Bant 7 – Kısa dalga kızılötesi 2	2.08 - 2.35

Tablo 4.2: 2014 tarihli uydu verilerinin birleştirilen spektral bantları.

Bant	Dalga boyu (µm)
Bant 1 - Kıyı aerosol	0.43 - 0.45
Bant 2 - Mavi	0.45 - 0.51
Bant 3 - Yeşil	0.53 - 0.59
Bant 4 - Kırmızı	0.64 - 0.67
Bant 5 - Yakın kızılötesi	0.85 - 0.88
Bant 6 - Kısa dalga kızılötesi 1	1.57 - 1.65
Bant 7 - Kısa dalga kızılötesi 2	2.11 - 2.29

Çalışmada kullanılan görüntüler orto rektifiye edilmiş halde (URL-9) indirildiği için geometrik düzeltme işlemi yapılmasına gerek kalmamıştır.

Daha sonra görüntülere mozaikleme işlemi uygulanarak 1990 verisi için 3 tam Landsat 5 TM çerçevesi ve 2014 verisi için 3 tam Landsat 8 OLI çerçevesi birleştirilmiş ve histogram eşleştirme (histogram matching) uygulanarak görüntüler kalibre edilmiştir.

İki yıla ait 6 ve 7 bantlı görüntüler çalışma alanı sınırları ile (K.K.T.C. sınırı) kesilmiş ve yeni görüntüler elde edilmiştir. Her iki tarihli görüntü incelenerek yoğun bulut etkisinin gözlemlendiği alanlar da aynı yöntemle kesilerek çalışma alanı sınırlarından çıkarılmıştır.

Bu işlemlerden sonra ekosistemin izlenmesinde oldukça olumlu etki sunduğu bilinen vejetasyon indeksleri oluşturulmuştur. Oluşturulan vejetasyon indeksleri ve bu indekslere ait formüller Tablo 4.3'te verilmiştir.

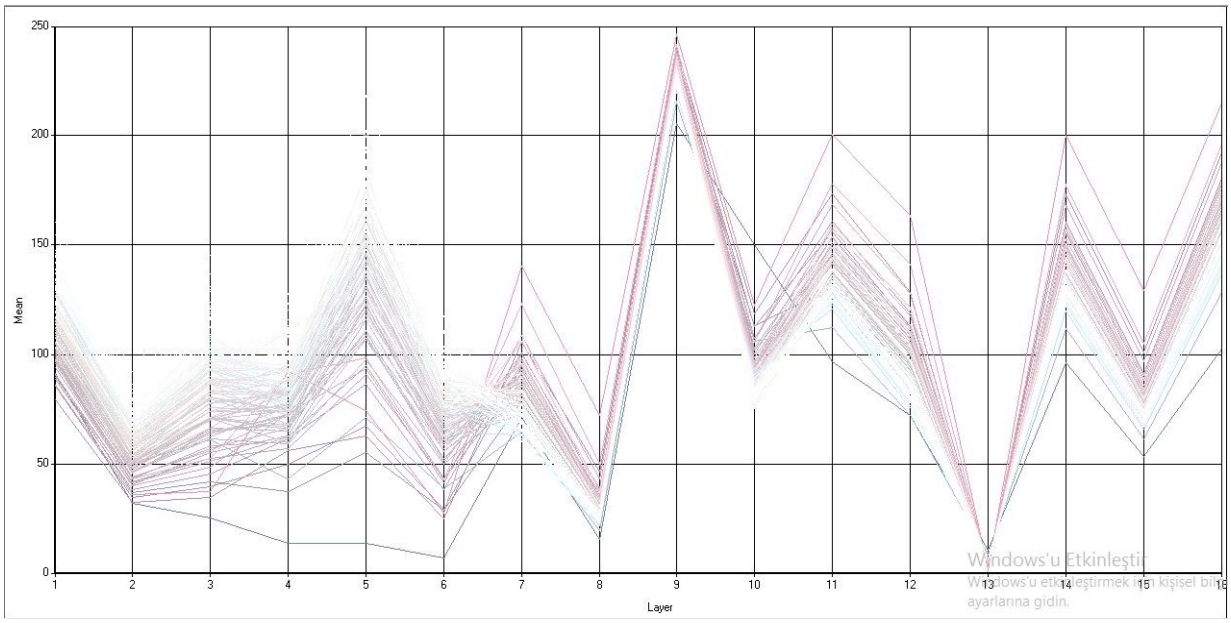
Tablo 4.3: Oluşturulan vejetasyon indeksleri ve formülleri (URL-8).

Bant Simgesi	Bant İsmi	Bant Formülü
DVI	Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$\mathrm{NIR} - \mathrm{Red}$
IR-R	Oran Bitki Örtüsü İndeksi	IR/Red
MSAVI2	Değiştirilmiş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi 2	$((2\mathrm{NIR}+1-\sqrt{(2\mathrm{NIR}+1)^2-8(\mathrm{NIR}-\mathrm{Red})})/2$
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$(\mathrm{NIR}-\mathrm{Red})/(\mathrm{NIR}+\mathrm{Red})$
RDVI	Yeniden Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$(\mathrm{NIR}-\mathrm{Red})/\sqrt{(\mathrm{NIR}+\mathrm{Red}}$
RVI	Oran Bitki Örtüsü İndeksi	$\mathrm{Red}/\mathrm{NIR}$
SAVI	Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi	$(\mathrm{NIR}-\mathrm{Red})(1+\mathrm{L})/(\mathrm{NIR}+\mathrm{Red}+\mathrm{L})$ L=0.5 Vegetation Cover Correction Factor
SQRT(IR/R)	Radyans Oranın Karakökü	$\sqrt{(\mathrm{NIR}/\mathrm{Red}}$
TNDVI	Dönüştürülmüş Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$\sqrt{((\mathrm{NIR}-\mathrm{Red})/(\mathrm{NIR}+\mathrm{Red}))+0.5)}$

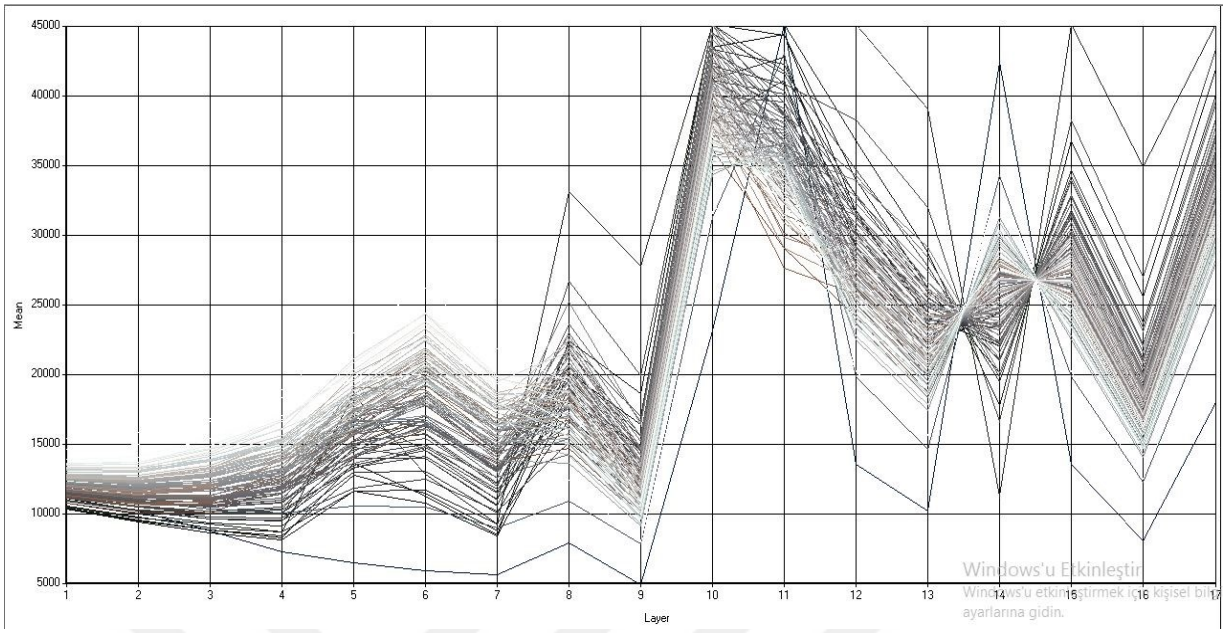
4.2.GÖRÜNTÜLERİN SINIFLANDIRILMASI (1990 – 2014)

Vejetasyon indekslerinin de eklenmesiyle 16 ve 17 bantlı olan 1990 ve 2014 görüntüleri Erdas programında en yüksek benzerlik algoritması kullanılarak kontrolsüz sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Farklı sınıf sayılarında kontrolsüz sınıflandırma yapılarak görüntülerin ayrılabileceği alt bilgi sınıfları denetlenmiştir.

Bir sonraki aşamada öncelikle amenajman verileri uydu verileri ile aynı projeksiyon sisteminde tanımlanmış daha sonra ArcGIS programında eğitim alanları oluşturulmuştur. 1990 görüntüsü için eğitim alanları verirken; 1990 görüntüsüne uygulanan kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan alt bilgi sınıflarından, 1992 tarihli orman amenajman planları içerisinde yer alan meşcere tipleri haritalarından ve 1990 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsünden yararlanılmıştır. 1992 tarihli meşcere tipleri haritası üzerine 1990 tarihli uydu görüntüsü çağırılmış ve ilgili yıla ait kontrolsüz sınıflandırma sonucu elde edilen alt bilgi sınıfları da dikkate alınarak eğitim alanları belirlenmiştir. 2014 görüntüsü için eğitim alanları belirlenirken; 2014 görüntüsüne uygulanan kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan alt bilgi sınıflarından, 2013 tarihli orman amenajman planları içerisinde yer alan meşcere tipleri haritalarından, 2014 tarihli Landsat 8 OLI uydu görüntüsünden ve ArcGIS online servisinin sunduğu yüksek çözünürlüklü baz haritadan yararlanılmıştır. 2013 tarihli meşcere tipleri haritası üzerine 2014 tarihli uydu görüntüsü çağırılmış ve ilgili yıla ait kontrolsüz sınıflandırma sonucu elde edilen alt bilgi sınıfları ile yüksek çözünürlüklü baz harita dikkate alınarak eğitim alanları belirlenmiştir. Bu eğitim alanları Erdas programına aktarılarak alt bilgi sınıfları sınıflandırma modülündeki ‘‘signature editor’’ bölümüne eklenmiş ve vejetasyon indekslerinin spektral yansıma eğrileri oluşturulmuştur. 1990 ve 2014 görüntülerine ait spektral yansıma eğrileri sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1: 1990 görüntüsü spektral yansıma eğrileri.



Şekil 4.2: 2014 görüntüsü spektral yansıma eğrileri.

Spektral yansıma eğrileri incelenerek birbirleriyle benzerlik gösteren spektral sınıflar tespit edilmiş ve hangi spektral sınıflarla karıştığı belirlenmiştir.

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. 'de görülen spektral yansıma eğrileri değerlendirildikten sonra en çok ayrımın DVI, Ir/Red, NDVI vejetasyon indekslerinde görüldüğü belirlenmiştir. Bu aşamada 6 spektral bantlı Landsat 5 uydusu TM algılayıcısı görüntüsü ve 7 spektral bantlı Landsat 8 uydusu OLI algılayıcısı görüntüleriyle karar verilen 3 vejetasyon indeksi birleştirilerek (signature analizi sonucu sınıflandırmada kullanılmasına karar verilen bantlar) 9 bantlı 1990 görüntüsü (Mavi, Yeşil, Kırmızı, Yakın kızılötesi, Kısa dalga kızılötesi 1, Kısa dalga kızılötesi 2, DVI, IR/Red, NDVI) ve 10 bantlı (Kıyı aerosol, Mavi, Yeşil, Kırmızı, Yakın kızılötesi, Kısa dalga kızılötesi 1, Kısa dalga kızılötesi 2, DVI, IR/Red, NDVI) elde edilmiş ve görüntülere en yüksek benzerlik algoritması ile kontrollü sınıflandırma uygulanmıştır.

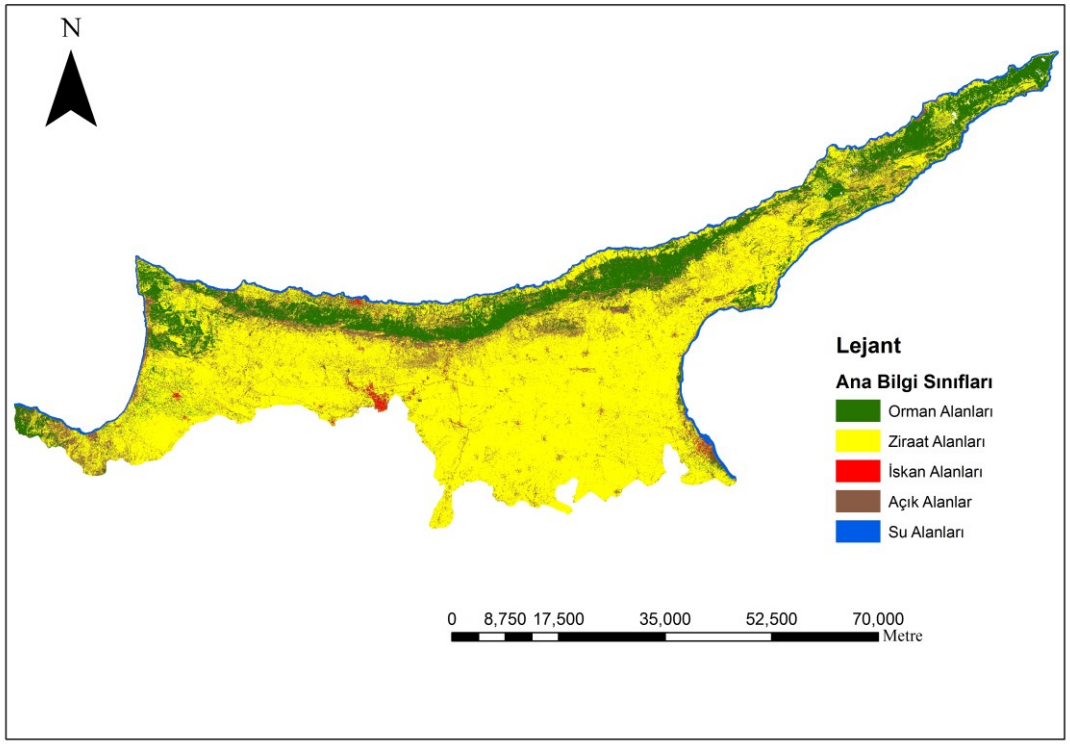
Sınıflandırma işlemi alt bilgi sınıflarının daha önce karar verilen 5 ana bilgi sınıfında birleştirilmesiyle (recode) devam etmiştir. Oluşturulan ana bilgi sınıfları ve bu ana bilgi sınıflarına ait kodlar Tablo 4.4.'te verilmiştir. Birleştirme işlemi aralarında komşuluk bulunan ve sınıflar arası karışım oranının en çok olduğu sınıflar arasında yapılmıştır.

Tablo 4.4: Alt bilgi sınıflarının birleştirildikleri ana bilgi sınıfları ve kodları.

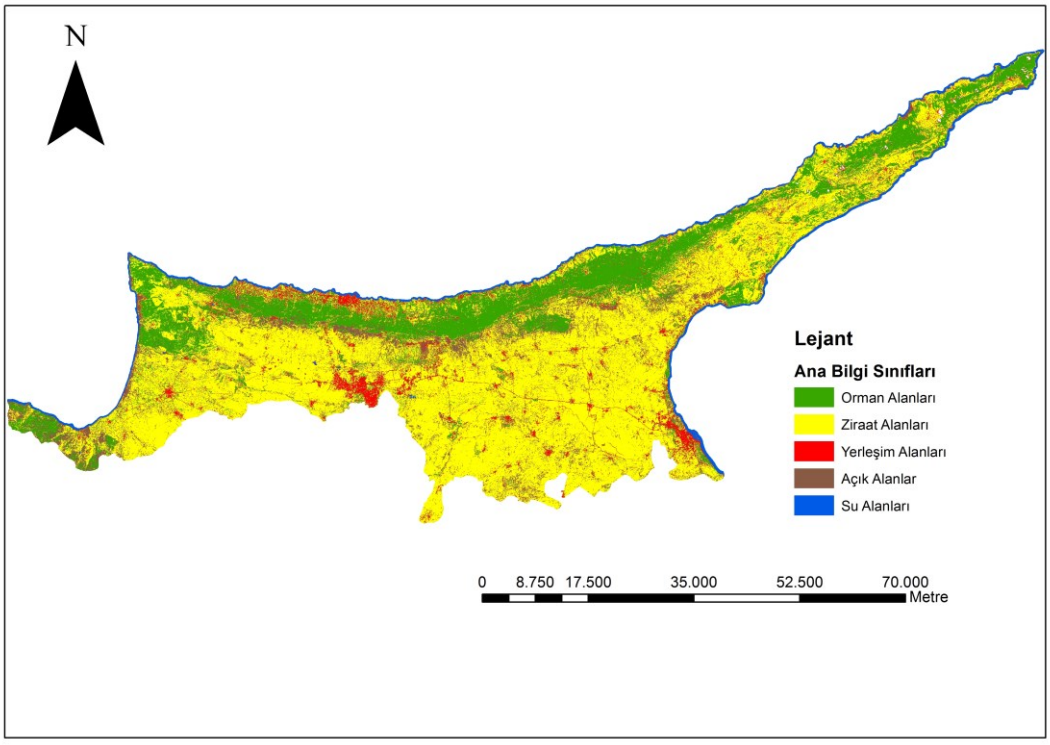
Alt Bilgi Sınıfları	Ana Bilgi Sınıfları	Kodu
İbreli ormanlar Yapraklı ormanlar Ağaçlandırma alanları Baltalık alanlar Makilik alanlar	Orman Alanları	1
Örtülü ziraat alanları Açık ziraat alanları Sulak tarım alanları	Ziraat Alanları	2
İskan alanları Asfalt yollar Hava alanı	Yerleşim Alanları	3
Orman toprağı Mera alanları Kumul alanlar Kayalık alanlar Taşlık alanlar Maden ocakları Toprak yollar	Açık Alanlar	4
Deniz alanları Göletler Barajlar	Su Alanları	5

1990 ve 2014 yılına ait sınıflandırılmış görüntüler sırasıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. 1990 görüntüsü uydu görüntüleri ve meşcere tipi haritalarından yararlanılarak; 2014 görüntüsü ise uydu görüntüleri, meşcere tipi haritalarının yanı sıra yüksek çözünürlüklü baz haritadan yararlanılarak görsel olarak kontrol edilmiştir.

Sınıflandırılmış görüntülerden 1990 ve 2014 yılları için elde edilen alansal değerler, toplam alan içindeki payları ve değişime uğrayan alanlar hesaplanmıştır.



Şekil 4.3: 1990 yılı sınıflandırılmış Landsat görüntüsü.



Şekil 4.4: 2014 yılı sınıflandırılmış Landsat görüntüsü.

Sınıflandırılmış görüntülerden 1990 ve 2014 yılları için elde edilen alansal değerler, toplam alan içindeki payları ve değişime uğrayan alanlar Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: 1990 ve 2014 yılları arazi kullanım sınıflarının alansal dağılımı.

Sınıf kodu	Sınıf İsmi	1990 yılı		2014 yılı		Değişim	
		Alan (ha)	%	Alan (ha)	%	Alan (ha)	%
1	Orman Alanları	58236.91	17,00	69910.67	20.48	+11673.76	+3.41
2	Ziraat Alanları	226084.74	65.99	202551.91	59.12	-23532.83	-6.87
3	Yerleşim Alanları	2627.28	0.77	17891.60	5.15	+15264.32	+4.46
4	Açık Alanlar	45424,00	13.26	41901.21	12.23	-3522.79	-1.03
5	Su Alanları	10226.07	2.98	10343.61	3.02	+117.54	+0.03
	Toplam	342599	100	342599	100		

4.3.SINIFLANDIRILMIŞ GÖRÜNTÜLERİN DOĞRULUĞUNUN BELİRLENMESİ (1990 – 2014)

Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasıyla elde edilen konusal görüntülere doğruluk analizi yapılmıştır. ERDAS programı ile gerçekleştirilen analizde her bir yıl için her ana bilgi sınıfına 50 olmak üzere toplam 250 rasgele nokta atılmıştır. 1990 yılı kontrol noktalarının referans kodları uydu görüntüleri ve orman amenajman planlarından yararlanılarak belirlenmiştir. 2014 yılı kontrol noktalarının referans kodlarının belirlenmesinde ise uydu görüntülerinin ve orman amenajman planlarının yanı sıra yüksek çözünürlüklü baz haritadan yararlanılmıştır.

Tablo 4.6: 1990 tarihli görüntüye ait hata matrisi.

		Referans						
		Orman Alanları	Ziraat Alanları	Yerleşim Alanları	Açık Alanlar	Su Alanları	Toplam	UA (%)
Sınıflandırma	**Orman Alanları**	**47**	1	0	2	0	50	94
	Ziraat Alanları	1	**45**	0	4	0	50	90
	Yerleşim Alanları	3	0	**43**	4	0	50	86
	Açık Alanlar	0	4	1	**45**	0	50	90
	Su Alanları	0	0	0	0	**50**	50	100
	Toplam	51	50	44	55	50	**250**	
	PA (%)	92.16	90.00	97.73	81.82	100		
	OA (%)	92.00						

*UA: Kullanıcı Doğruluğu, PA: Üretici Doğruluğu, OA: Toplam Doğruluk

Tablo 4.7: 2014 tarihli görüntüye ait hata matrisi.

		Referans						
		Orman Alanları	**Ziraat Alanları**	**Yerleşim Alanları**	**Açık Alanlar**	**Su Alanları**	**Toplam**	**UA (%)**
Sınıflandırma	**Orman Alanları**	**46**	0	0	4	0	50	92
	Ziraat Alanları	1	**43**	0	6	0	50	86
	Yerleşim Alanları	0	3	**43**	4	0	50	86
	Açık Alanlar	0	6	1	**42**	1	50	84
	Su Alanları	0	0	0	1	**49**	50	98
	Toplam	47	52	44	57	50	**250**	
	PA (%)	97.87	82.69	97.73	73.68	98		
	OA (%)	89.20						

*UA: Kullanıcı Doğruluğu, PA: Üretici Doğruluğu, OA: Toplam Doğruluk

Daha sonra Erdas programının doğruluk değerlendirme modülü aracılığıyla her iki yıla ait doğruluk raporları ve hata matrisleri elde edilmiştir. Hata matrisiyle elde edilen toplam doğruluk yüzdesi, kullanıcı ve üretici doğrulukları Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'de verilmiştir.

Toplam doğruluk yüzdesi, kullanıcı ve üretici doğruluklarının istatistiksel değerlendirilmesini sağlayan kappa değerleri Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8: Hesaplanan kappa değerleri.

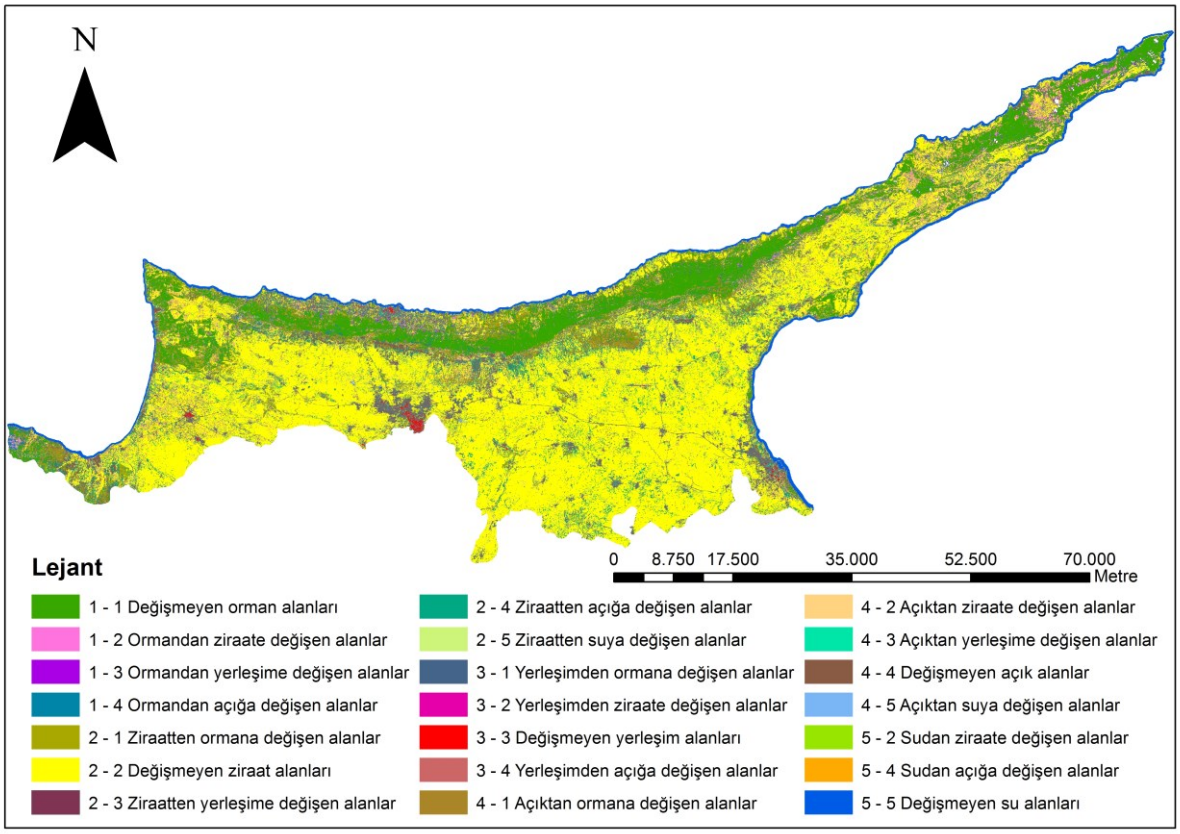
Yılı	**Sınıfı**	**Kappa değeri**	**Yılı**	**Sınıfı**	**Kappa değeri**
1990	Orman Alanları	0.9246	2014	Orman Alanları	0.9015
	Ziraat Alanları	0.8750		Ziraat Alanları	0.8232
	Yerleşim Alanları	0.8301		Yerleşim Alanları	0.8301
	Açık Alanlar	0.8718		Açık Alanlar	0.7927
	Su Alanları	1.000		Su Alanları	0.9750
	Genel	0.9000		Genel	0.8650

Bu analiz neticesinde; 1990 Landsat 5 TM uydu görüntüsüne ait sınıflandırmanın doğruluğu %92 (Overall Classification Accuracy : %92, Overall Kappa Statistics : 0.9000), 2014 Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne ait sınıflandırmanın doğruluğu ise %89.20 (Overall Classification Accuracy : %89.20, Overall Kappa Statistics: 0.8650) olduğu belirlenmiştir. Genel

sınıflandırma doğruluğunun yanı sıra Kappa değerinin de oldukça yüksek değer alması elde edilen doğruluk seviyesinin yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

4.4.DEĞİŞİM ANALİZİ (SINIFLANDIRMA SONRASI KARŞILAŞTIRMA YÖNTEMİ)

1990 ve 2014 yılı sınıflandırılmış uydu görüntüleri kullanılarak sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için sınıflandırılmış görüntülere Erdas yazılımı kullanılarak matris işlemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen görüntü Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5: Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim sınıfları.

Şekil 4.5'te görülen kodlar ve temsil ettikleri ana bilgi sınıflarına ait alansal bilgiler Tablo 4.9'da sunulmuştur.

Tablo 4.9: 1990 - 2014 yılları arasında arazi kullanımında meydana gelen değişimler.

Değişim Kodları	1990 Arazi Kullanım Sınıfları	2014 Arazi Kullanım Sınıfları	Alan (ha)	Alan (%)
1 - 1	Orman Alanları	Orman Alanları	45720,97	13,35
2 - 2	Ziraat Alanları	Ziraat Alanları	176221,00	51,44
3 - 3	Yerleşim Alanları	Yerleşim Alanları	1560,51	0,46
4 - 4	Açık Alanlar	Açık Alanlar	12161,80	3,55
5 - 5	Su Alanları	Su Alanları	10009,98	2,92
1 - 2	Orman Alanları	Ziraat Alanları	7724,07	2,25
1 - 3	Orman Alanları	Yerleşim Alanları	1252,08	0,37
1 - 4	Orman Alanları	Açık Alanlar	3539,79	1,03
1 - 5	Orman Alanları	Su Alanları	0	0
2 - 1	Ziraat Alanları	Orman Alanları	13575,70	3,96
2 - 3	Ziraat Alanları	Yerleşim Alanları	10646,60	3,11
2 - 4	Ziraat Alanları	Açık Alanlar	25595,90	7,47
2 - 5	Ziraat Alanları	Su Alanları	45,54	0,01
3 - 1	Yerleşim Alanları	Orman Alanları	0	0
3 - 2	Yerleşim Alanları	Ziraat Alanları	675,00	0,20
3 - 4	Yerleşim Alanları	Açık Alanlar	391,77	0,11
3 - 5	Yerleşim Alanları	Su Alanları	0	0
4 - 1	Açık Alanlar	Orman Alanları	10614,00	3,10
4 - 2	Açık Alanlar	Ziraat Alanları	17927,70	5,23
4 - 3	Açık Alanlar	Yerleşim Alanları	4432,41	1,29
4 - 5	Açık Alanlar	Su Alanları	288,09	0,08
5 - 1	Su Alanları	Orman Alanları	0	0
5 - 2	Su Alanları	Ziraat Alanları	4,14	0,00
5 - 3	Su Alanları	Yerleşim Alanları	0	0
5 - 4	Su Alanları	Açık Alanlar	211,95	0,06
		Toplam	342599	100

Tablo 4.9 incelendiğinde genel alanın %71.72'sinde konumsal olarak arazi kullanım sınıfları arasında değişim söz konusu olmazken, %28.28'inde değişim oluştuğu görülmektedir. 1990 yılından 2014 yılına değişimlerin belirlenmesi amacıyla yapılan değişim analizi sonuçlarına göre çalışma alanındaki en büyük değişimin, toplam alanın %7.47'si ile Ziraat Alanları ana bilgi sınıfından Açık Alanlar ana bilgi sınıfına geçiş şeklinde oluştuğu tespit edilmiştir. Bir ana bilgi sınıfından diğer ana bilgi sınıflarına geçişlerin toplamı incelendiğinde en büyük değişimin %14.55 ile 1990 yılı Ziraat Alanları ana bilgi sınıfından diğer ana bilgi sınıflarına geçişler şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Diğer ana bilgi sınıflarından bir ana bilgi sınıfına geçişler incelendiğinde ise 1990 yılı ana bilgi sınıflarından %8.67 ile en çok Açık Alanlar ana bilgi sınıfına geçiş olduğu tespit edilmiştir.

Orman Alanları'ndaki zamansal değişim alansal olarak incelendiğinde 1990–2014 yılları arasında büyük orman yangını kategorisinde iki yangın (1995 yılında çıkan Büyük Beşparmak Dağları Yangını ve 1998 yılında çıkan Güzelyurt Bölge Şefliği Hacıbayram I Serisi Yangını) çıkmış olmasına ve bölgede yoğun bir nüfus artışı olmasına rağmen orman niteliği taşıyan alanlar %3.41 oranında artış göstermiştir. Bu artışın nedeni gerçekleştirilen başarılı ağaçlandırma çalışmalarıdır. Tablo 4.9 incelendiğinde 1252.08 ha'lık alanın Orman Alanları'ndan Yerleşim Alanları'na geçiş yaptığı görülmektedir. Bu alanların artık geri dönüşü olmadan orman niteliğini kaybettiği söylenebilir.

Tablo 4.5 incelendiğinde Ziraat Alanları'nda %6.87'lik bir azalma olduğu görülmektedir. Tablo 4.9'u incelendiğinde 25595.90 ha alanın Ziraat Alanları ana bilgi sınıfında Açık alanlar ana bilgi sınıfına geçiş yaptığı görülmektedir. Bu değişimde 1990 yılında ekili olan Ziraat Alanları'nın 2014 yılında hasat edilmiş ya da nadasa bırakılmış durumda olması ihtimalinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

Yine Tablo 4.5 ve Tablo 4.9'u incelediğimizde Yerleşim Alanları'nda %4.46 oranında yoğun bir artış olduğu ve bu ana bilgi sınıfına en çok Ziraat Alanları ve Açık Alanlar ana bilgi sınıflarından geçiş olduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Orman alanlarında zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin alansal ve konumsal olarak belirlenmesi sürdürülebilir orman planlaması için son derece önemli bir faktördür. Bu amaca yönelik hazırlanan bu tez çalışmasında Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde 1990 – 2014 yılları arasında arazi kullanım sınıfları arasındaki değişimlerin belirlenmesi için farklı iki yıla ait, farklı iki algılayıcıdan alınmış uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu yöntemle görüntüler birbirinden bağımsız sınıflandırılıp değerlendirildiği için iki görüntünün radyometrik çözünürlüklerinin farklı olmasından kaynaklanabilecek hataları minimuma indirmiştir.

Çalışmada her iki yıla ait sınıflandırma genel doğruluğu %85'in üzerinde çıkmıştır. Her ne kadar elde edilen doğruluk değerleri yeterli seviyede olsa da çalışma alanının heterojen bir yapıda olması ve bazı sınıfların spektral ayrılabilirliklerinin düşük olması bu doğruluk seviyelerinin daha da yüksek çıkmasını engellemiştir.

Elde edilen değişim matrisine göre 342599 ha'lık çalışma alanının 245674.26 (%71.72) ha'ında değişim söz konusu olmazken, 96924.74 (%28.28) ha'lık alanda değişim oluştuğu gözlenmiştir. 1990 ve 2014 yıllarını kapsayan dönemde, ana bilgi sınıflarının alansal durumunu karşılıklı olarak değerlendirdiğimizde, Ziraat Alanları ve Açık Alanlar ana bilgi sınıflarının alanlarında azalma gerçekleştiği, buna karşın Orman Alanları ile Yerleşim Alanları ana bilgi sınıflarının alanlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Su Alanları ana bilgi sınıfının alanında ise hemen hemen değişim olmadığı belirlenmiştir.

Sınıflandırma sonuçlarını çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü baz harita ile karşılaştırdığımızda Ziraat Alanları ana bilgi sınıfının Açık Alanlar ana bilgi sınıfı ile yer yer karıştığı gözlenmiştir. Bunun sebebi ekili olmayan veya nadasa bırakılmış ziraat alanları ile açık alanların (orman toprağı, mera alanları, kumul alanlar, toprak yollar) benzer piksel değerlerine sahip olması ve görüntüler arasında bazı mevsimler uyumsuzlukların olmasıdır.

Sınıflandırma sonuçlarını Orman Amenajman Planları ile karşılaştırdığımızda, sınıflandırma sonucu elde ettiğimiz Orman Alanları, Ziraat Alanları, Yerleşim Alanları, Açık Alanlar ve Su Alanları ana bilgi sınıflarına ait alansal değerlerin Orman Amenajman Planları'ndaki alansal değerlerle tutarlı olduğu gözlenmiştir.

Landsat verilerine ücretsiz olarak ulaşılması olanağı bu verilerin uzaktan algılama ve değişim analizi çalışmalarında sıklıkla tercih edilmesinin nedenlerinden biridir. Bu çalışmada da 1990 yılı için Landsat 5 uydusu TM algılayıcısı verisi, 2014 yılı için Landsat 8 uydusu OLI algılayıcısı uydu verileri kullanılmış ve yeterli seviyede doğruluğa ulaşarak 1990 – 2014 yılları arasında K.K.T.C.'de arazi kullanım sınıfları arasında meydana gelen değişimler alansal ve konumsal olarak belirlenmiştir. Daha yüksek geometrik çözünürlüğe sahip yeni nesil uydu verilerinin kullanılmasıyla arazi kullanım sınıfları arasındaki değişimlerin belirlenmesi daha ayrıntılı ve hassas bir şekilde belirlenebilecektir.

Her ne kadar Orman Amenajman Planları orman alanlarıyla ilgili mevcut durum bilgilerini sunsa da değişim analizlerinin iki veya daha fazla dönem arasında gerçekleşen değişimlerin gözlenmesine ışık tutacağı ve daha iyi planlama yapılmasına olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aguirre-Gutierrez, J., Seijmonsbergen, A.C., Duivenvoorden, J.F., 2012, Optimizing land cover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico, Applied Geography, 34, 29-37.

Alagöz, C . (2014). Coğrafya gözü ile Kıbrıs, Türk Coğrafya Dergisi, 0 (18-19), 1-15.

Alptekin, Ü , Ertaş, A . 1993. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde 1995 yılı orman yangını sonrasındaki ağaçlandırmalardan gözlemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 43 (3-4), 133-144.

Anlar, H.C., 2013, Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Orman Ekosistemlerinin Konumsal ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi: Devrez Planlama Birimi Örneği, MSc, MSc Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı Karatekin Üniversitesi.

Anon. 1992, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti 1992 Orman Amenajmanı Verileri.

Anon. 2013, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti 2013 Orman Amenajmanı Verileri.

Asrar, G., Fuchs, M., Kanemasu, E. T. and Hatfield, J. L., 1984, Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat, Agronomy Journal, 76 (2), 300-306.

Ayberk, H., 2000, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Orman Yangınları Sorunu ve Alınması Gereken Önlemler, Tez (Yüksek Lisans), T.C. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bannari, A., Morin, D., Bonn, F. and Huete, A. R., 1995, A review of vegetation indices, Remote Sensing Reviews, 13 (1), 95-120.

Berberoğlu, S., Akın, A., 2009, Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 11 (1), 46-53.

Bishop, Y.M., Fienberg S.M., Holland, P.W., 1975, Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice, MIT Press, Cambridge, ISBN: 0262021137.

Bulut, A., 2012, Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Üç Farklı Uydu Görüntüsü Kullanılarak Uzaktan Algılama Yöntemi İle Belirlenmesi (Alacadağ Orman İşletme Şefliği Örneği), Tez (Yüksek Lisans), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Campbell, J. B., 1987, Introduction to Remote Sensing, The Guilford Press, New York, ISBN: 978-0898627763.

Campbell, J.B., Wynne, R.H., 2012, Introduction to Remote Sensing, 5th ed., The Guilford Press, USA, ISBN: 978-1-60918-176-5.

Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., Lambin, E., 2004, Review ArticleDigital change detection methods in ecosystem monitoring: a review, International Journal of Remote Sensing, 25 (9), 1565-1596.

Çoban, H.O., 2006, Uydu verileri ile orman alanlarındaki zamansal değişimlerin belirlenmesi, Tez (Doktora), T.C. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Colwell, J.E., Davis, G., and Thomson, F., 1980, Detection and measurement of changes in the production and quality of renewable resources, USDA Forest Service Final Report 145300-4-F, ERIM, Ann Arbor, MI, USA.

Congalton, R.G., Green, K., 2008, Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, ISBN: 978-1-4200-5512-2.

Deer, P., 1999, Digital Change Detection Techniques: Civilian and Military Application, Taylar & Francis Ltd, UK.

Deng, J.S., Wang, K., Deng, Y.H., Qi, G.J., PCA-based land-use change detection and analysis using multitemporal and multisensor satellite data, International Journal of Remote Sensing, 29 (16), 4823-4838.

Elmore, A.J., Mustarf, J.F., Manning, S.J., Lobell, D.B., 2000, Quantifying Vegetation Change in Semiarid Environments: Precision and Accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index, Remote Sensing of Environment, 73 (1), 87-102.

ERDAS, 2002, Field Guide (Sixth Edition), ERDAS LLC, USA.

Fung, T., LeDrew, E., 1987, Application of Principal Components Analysis to Change Detection, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53 (12), 1649-1658.

Gallardo, F., Fu, J., Jing, Z.P., Kirby, E.G., Canovas, F.M., 2003. Genetic modification of amino acid metabolism in woody plants, Plant Physiology and Biochemistry, 41 (6-7), 587–594.

Green, K., Kempka, D., Lackey, L., 1994, Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 60 (3), 331–337.

İlseven, S., Hıdırer, G., Tümer, A., 2018, Kıbrıs Coğrafyası, 13. baskı, Okman Printing Ltd., Lefkoşa.

Janssen, L.L.F., Gorte, B.G.H., 2001, Digital image classification, (Image Classification Process), Principles of remote sensing, In: Janssen, L.L.F. (ed), Huurneman, G.C. (ed), International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands, ISBN: 90–6164–199–3, 280-314, (291-292).

Jensen, J.R., 1996, Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, 2nd ed, Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, ISBN: 9780134897332.

Jianya, G., Haigang, S., Guorui, M., Quiming, Z., 2008, A Review of Multi-Temporal Remote Sensing Data Change Detection Algorithms, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37 (B7), 757-762.

Khorram, S., van der Wiele, C.F., Koch, F.H., Nelson, S.A.C., Potts, M.D., 2016, Principles of Applied Remote Sensing, Springer International Publishing, New York, ISBN: 978-3-319-22559-3.

Koç, A., Çoban, H.O., Yener, H., 2006, Değişim Belirlemede Görüntü Farkı Yönteminin Uygulanması, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 56 (2), 77-92.

Koday, Z., 1995, Kuzey Kibris Türk Cumhuriyeti Devleti'nin Cografi Özellikleri, Atatürk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi, 2, 17-45.

Koday, Z., 1998, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Doğal Bitki Örtüsü ve Orman Varlığı, Türk Coğrafya Dergisi, 33, 261-281.

Lavender, S., Lavender A., 2015, Practical Handbook of Remote Sensing, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, ISBN: 978-1-4987-0434-2.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman J.W., 2014, Remote Sensing and Image Interpretation, 7th ed., John Wiley & Sons, USA, ISBN: 978-1-118-34328-9.

Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004, Change detection techniques, International Journal of Remote Sensing, 25 (12), 2365-2401.

Lyon, J.G., Yuan D., Lunetta, R.S., Elvidge C.D., 1998, A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64 (2), 143-150.

Mas, J.-F., 1999, Monitoring land-cover changes: A comparison of change detection techniques, International Journal of Remote Sensing, 20 (1), 139-152.

Mather, P.M., 1987, Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction, John Wiley & Sons Inc, Great Britain, ISBN: 0471906484.

Richards, J.A., 2013, Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, 5th ed, Springer, Berlin, ISBN 978-3-642-30061-5.

Roberts, D., 2014, Forestry, Encyclopedia of Remote Sensing, In: Njoku, E.G. (ed), Springer International Publishing, New York, ISBN: 978-0-387-36698-2, 210-218.

Shalaby, A., Tateishi, R., 2007, Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt, Applied Geography, 27 (1), 28-41.

Singh, A., 1989, Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data, International Journal of Remote Sensing, 10 (6), 989-1003.

Sunar, F., 1998, An analysis of changes in a multi-date data set: A case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey, International Journal of Remote Sensing, 19 (2), 225-235.

Thilagavathi, K., Nagendran, R., 2017, Remote Sensing Methods for Forestry Applications – A Survey, International Journal for Science and Advance Research in Technology (IJSART), 5 (3), 394-398.

Tucker, C.J., 1979, Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Remote Sensing of Environment, 8 (2), 127-150.

Ün, C., 2006, İstanbul İli Orman Kaynaklarında Meyadana Gelen Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, Tez (Yüksek Lisans), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Weng, Q., 2013, Introduction to Remote Sensing Systems, Data, and Applications, Remote Sensing of Natural Resources, In: Wang., G. (ed), Weng, Q. (ed), Section I, CRC Press, Boca Raton, Florida, ISBN: 978-1-4665-5693-5, 3-19.

Yener, H., Koç, A., Çoban, H.O., 2006a, Uzaktan Algılama Verileri ve Teknik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 56 (1), 33-48.

Yener, H., Koç, A., Çoban, H.O., 2006b, Uzaktan Algılama Verilerinde Sınıflandırma Doğruluğunun Belirlenmesi Yöntemleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 56 (2), 71-88.

URL-1, CCRS, Fundamentals of Remote Sensing (online tutorial), Canada Centre for Remote Sensing, Canada, https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf, [Ziyaret Tarihi: 02.03.2019].

URL-2, Professional Aerial Photographers Association (PAPA) International, 2011, History of aerial photography, https://papainternational.com/history-of-aerial-photos/, [Ziyaret tarihi: 03.03.2019].

URL-3, Kıbrıs İklimi, http://kktcmeteor.org/meteorolojikbilgi/kibris-iklimi, [Ziyaret tarihi: 14.03.2019].

URL-4, Landsat Satellite Missions, https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-satellite-missions?qt-science_support_page_related_con=2#qt-science_support_page_related_con, [Ziyaret tarihi: 04.03.2019].

URL-5, Data and Tools, https://landsat.usgs.gov/what-are-best-spectral-bands-use-my-study, [Ziyaret tarihi: 04.03.2019].

URL-6,Forest Management Planning, http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-management-planning/tools/en/?type=111, [Ziyaret tarihi: 06.04.2019].

URL-7, World Basemaps, https://www.arcgis.com/home/group.html?id=4c790318395940c18a16e8acd721de25#overview, [Ziyaret tarihi: 12.03.2019].

URL-8, List of available Indices, https://www.indexdatabase.de/db/i.php, [Ziyaret tarihi: 05.03.2019].

URL-9, earthexplorer.usgs.gov.