



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEHİR ALANLARINDAKİ MEKÂNSAL DEĞİŞİMİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ZAMANSAL TAKİBİ

Emre YÜCER

YÜKSEK LİSANS

Harita Mühendisliği Anabilim Dalını

Temmuz-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Emre YÜCER

15.07.2014

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ŞEHİR ALANLARINDAKİ MEKÂNSAL DEĞİŞİMİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ZAMANSAL TAKİBİ

Emre YÜCER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Arzu ERENER

2014, 77 Sayfa

Jüri
Danışmanın Doç. Dr. Arzu ERENER
Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
Yrd. Doç. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ

Hızlı nüfus artışının ve köyden kente göçlerin yoğun olarak yaşandığı ülkemizde, artan yerleşim ihtiyacına karşılık planlı gelişmenin sağlanamaması kent içinde ve kent çevresinde önemli yeşil alanların, tarım arazilerinin ve su kaynaklarının v.b. tahrip edilmesine neden olmaktadır. Bu sorunların belirlenmesi ve çözülmesi için, zamansal olarak değişen kentsel gelişimi ve arazi kullanımını düzenli aralıklarla izleme olanağı sağlayan yeteri doğrulukta güncel verilere ihtiyaç vardır. Hızlı ve dinamik olarak gerçekleşen zamansal değişimi ortaya koymak için, son dönemlerde en çok tercih edilen yöntemlerden biride uzaktan algılama teknolojisidir. Bu çalışma kapsamında da, CBS ile entegreli olarak çok zamanlı uydu görüntüleri kullanarak şehir alanlarındaki zamansal ve mekânsal değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı mekansal çözünürlüğe sahip uydularla yapılan bu çalışmanın amacı; değişim analizi sonuçlarını karşılaştırmak değil, bu uyduların değişim analizinde kullanılabilirliğini araştırmaktır.

Çalışmada Erzincan ili örnek uygulama alanı olarak seçilmiştir. Yapılan uygulamada 24.09.1987 tarihli LANSAT TM ve 06.10.2006 tarihli LANDSAT ETM+ optik uydu görüntüleri ve bunların yanında 1998, 2006 ve 2010 yıllarına ait gece görüntüleri kullanılarak değişim analizleri yapılmıştır. Bu değişimlerin niteliksel olarak değerlendirilmesi için mekânsal değişim haritası oluşturulmuş, niceliksel olarak değerlendirilmesi için ise değişim matrisleri hazırlanmıştır. Yapılan değişim analizlerinin sonuç ürünleri, alana ait nüfus verileri ile değerlendirilerek, yorumlar yapılmıştır. Landsat uydu görüntüleri ile yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar, şehir alanının yıllık ortalama %1.65'lik bir oranla büyüdüğünü göstermektedir. Gece görüntüleri ile yapılan uygulamada ise şehir alanının 1998-2006 arası yıllık %4.04 oranında büyüme gösterdiği belirlenirken, 2006-2010 arası yıllık %20.28 oranında büyümenin arttığı görülmüştür.

Yapılan çalışma sonucunda, alandaki zamansal ve mekânsal değişimin takibi ve izlenmesi bakımından uydu görüntülerinin kullanılabilirliğinin ve katkısının oldukça önemli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CBS, değişim analizi, gece görüntüleri, Landsat, şehir alanı, uydu görüntüsü, uzaktan algılama.

ABSTRACT

MS THESIS

TEMPORAL EXAMINATION OF SPATIAL CHANGE OF CITIES BY USING SATELLITE IMAGES

Emre YÜCER

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN GEOMATICS ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Arzu ERENER

2014, 77 Pages

Jury
Advisor Assoc. Prof. Dr. Arzu ERENER
Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
Assis. Prof. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ

In our country, where rapid population growth and migration to the urban areas from rural areas are intense, lack of planned development to meet the increasing settlement need leads to destruction of important green areas, agricultural land, and water resources etc. in urban and peri-urban. In order to identify and resolve these problems, sufficiently accurate data which allow to monitor temporally changing urban development and land use at regular intervals are needed. Recently, one of the most preferred methods in identifying fast and dynamic temporal variation is remote sensing technology. In the context of this study, it is aimed to determine the temporal and spatial changes in urban areas by using multi-temporal satellite images integrated with GIS. The purpose of this study, carried out with sattellites having different locational resolutions, is not to compare results of the variance analysis but to find out the usability of these satellites in variance analysis.

In this study, the city of Erzincan was chosen as the sample. Variance analysis was carried out by using optical satellite images from LANSAT TM dated 24.09.1987 and LANDSAT ETM+ dated 06.10.2006 as well as night-time images dated 1998, 2006 and 2010. For qualitative assessment of these changes, spatial change map was developed and a change matrix was prepared for quantitative assessments. The outcomes of the variance analysis were assessed by population data and were discussed. The results obtained from the study which was carried out with Landsat satellite images show that urban area increases with a 1.65% per annum ratio. In the study done with the night-time images, it was found that urban area increased with an annual 4.04% growth between 1998-2006 and an annual 20.28% growth increase was observed between 2006 and 2010.

At the end of the study, it was found that the availability and contribution of satellite images are very important in terms of tracking and monitoring of temporal and spatial variation in an area.

Keywords: GIS, variance analysis, night-time images, Landsat, urban area, satellite image, remote sensing.

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen, bilgi birikimi ve tecrübesiyle bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Arzu ERENER'e şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım esnasında her zaman yanımda olan ve destek veren sevgili eşim Tuğba YÜCER'e teşekkür ederim.

Emre YÜCER
KONYA- 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **15**

3.1. Uzaktan Algılama 15
3.2. Elektromanyetik Spektrum ve Spektral Etkileşim 15
3.3. Cisimlerin Spektral Özellikleri 16
3.3.1. Bitki örtüsünün spektral karakteristikleri 17
3.3.2. Toprağın spektral karakteristikleri 19
3.3.3. Suyun spektral karakteristikleri 20
3.3.4. Şehir alanlarının spektral karakteristikleri 21
3.4. Uzaktan Algılamada Çözünürlük Kavramı 22
3.4.1. Konumsal çözünürlük 23
3.4.2. Spektral çözünürlük 24
3.4.3. Radyometrik Çözünürlük 25
3.4.4. Zamansal çözünürlük 26
3.5. Uydu Görüntülerinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi 27
3.6. Uydu Görüntülerinin Radyometrik Olarak Düzeltilmesi 29
3.7. Görüntü Zenginleştirme 30
3.7.1. Kontrast artırılması 30
3.7.2. Filtreleme 31
3.7.3. Çok kanallı uydu verilerinin zenginleştirilmesi 32
3.8. Kontrolsüz sınıflandırma 32
3.9. Kontrollü sınıflandırma 33
3.9.1. En kısa uzaklık sınıflandırıcısı 34
3.9.2. Paralelkenar sınıflandırıcısı 35
3.9.3. Mahalanobis uzaklığı sınıflandırıcısı 36
3.9.4. En çok benzerlik sınıflandırma algoritması (Maximum Likelihood) 37
3.10. Doğuluk Analizi 38
3.11. Değişim Analiz Yöntemleri 40
3.11.1. Bant Farklılığı Algoritması 40
3.11.2. Ön Analizler Sonrası Değişimin İncelenmesi 41
3.11.3. Lineer Veri Transformasyonu 41

4. UYGULAMA 43

4.1. Çalışma Alanı 43
4.2. Kullanılan Veriler ve Yazılımlar 44
4.3. Uygulama Aşamaları 47
4.3.1. Verilere sınıflandırma öncesi ön işlem 48
4.3.2. Kontrollü sınıflandırma 51
4.3.3. Doğruluk analizi 53
4.3.4. Değişim analizi 55

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 65

KAYNAKLAR 70

ÖZGEÇMİŞ 77

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DMSP	: Defense Meteorological Satellite Program
ETM	: Enhanced Thematic Mapper
IHS	: Intensity-Hue-Saturation
ISS	: International Space Station
MSS	: Multispectral Scanner
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
NOAA	: National Oceanic And Atmospheric Administration
OLS	: Operational Line-Scan System
SAC-C	: Scientific Application Satellite-C
SLEUTH	: Slope, Landuse, Exclusion, Urban Extent, Transportation And Hillshade
TM	: Thematic Mapper
UA	: Uzaktan Algılama
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS84	: World Geodetic System 1984
AVB	: Ana Veri Bileşeni

1. GİRİŞ

Dünyada kentleşme hızlı bir şekilde artmakta ve Birleşmiş Milletler Nüfus Örgütünün verilerine göre 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 12 milyar olacağı ve bu nüfusun %80 'inin şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (URL 1). Nüfusun artması ve toplumsal değişimle ortaya çıkan sosyal ve ekonomik ihtiyaçlar tarım alanlarının, ekolojik yapının, doğal bitki örtüsünün ve sulak alanların yavaş yavaş ortadan kalkmasına sebep olmaktadır. Kentsel gelişim kaçınılmaz olduğundan, bu gelişmenin kentin sosyo-ekonomik yapısı, demografik yapısı, coğrafi yapısı, kültürel yapısı ve nüfus artış oranının da dikkate alınarak belirlenecek bir plan dâhilinde yönlendirilmesi kentlerimiz açısından önemli bir konudur (Yılmaz ve ark., 2007).

Kent; doğal çevre, insan ve onun etkinlikleri ile oluşan organize bir yerleşim birimidir. Kentin varlığı ve gelişme süreci, daha çok doğal çevre bileşenlerinin sağladığı olanaklara bağlıdır. Bununla birlikte, kentsel gelişim ve kentsel büyümede tarihsel ve kültürel etkenlerin de rolü vardır. Başka bir ifadeyle; kentsel alan ve çevresine ait jeomorfoloji, uygun iklim koşulları, verimli topraklar ve su kaynaklarının insan yaşamı ve etkinlikleri üzerinde olumlu etkilere sahip olması, kentsel varlığın ve gelişme sürecinin temel bileşenleridir (Karadağ ve Koçman, 2007; Özyavuz, 2011).

Gerek hızlı nüfus artışının gerekse köyden kente göçlerin yoğun olarak yaşandığı ülkemizde artan yerleşim ihtiyacına karşılık planlı gelişmenin sağlanamaması kent içinde ve kent çevresinde önemli yeşil alanların, tarım arazilerinin ve su kaynaklarının v.b. tahrip edilmesine neden olmaktadır. Bu sorunların belirlenmesi ve çözülmesi için, zamansal olarak değişen kentsel gelişim ve arazi kullanımının düzenli aralıklarla elde edilmesine olanak sağlayan yeteri doğrulukta güncel verilere ihtiyaç vardır. Gelişen teknolojiye paralel olarak çözünürlük ve doğruluk açısından önemli gelişmeler gösteren uydu görüntüleri bu sorunların çözülmesinde önemli ve ekonomik bir kaynaktır. Uydu görüntülerinden mevcut durum analizlerinin yapılması, değişimlerin belirlenmesi ve elde edilen verilerin kullanımı konusunda yöntemleri ve sonuçları açıklayan yapılmış birçok yayın bulunmaktadır (Tapiador ve Casanova, 2002; Göksel ve ark. 2001; Ridd ve Liu, 1998; Jensen 1996; Kaya, 1993; Musaoğlu, 1993; Erener ve Düzgün, 2009).

Kentleşme kavramı içinde özellikle yerleşim birimindeki arazi örtüsü ve arazi kullanımının değişimi, uzaktan algılama teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla yapılabilmektedir. Yerleşim birimine ait farklı zamanlardaki uydu

görüntülerinin işlenmesi ve elde edilen verilerin CBS yardımıyla sınıflandırılarak yerleşim birimindeki zamana bağlı değişimler elde edilebilmektedir. Uzaktan algılama hem yüksek zamansal sıklıkla hem de konumsal detayla geniş alanların incelenmesine imkân sağlar. Uzaktan algılamanın önemi kentsel gelişimde ve arazi kullanımı değişiminde konumsal ve zamansal dinamiklerin ortaya çıkarılmasında katkısı olmasıdır (Herold ve ark., 2003). Bu nedenle uzaktan algılama teknikleri faydalı sonuçlarla değişik ölçeklerde arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi ve izlenmesinde geniş kullanıma sahiptir. Son zamanlarda, uzaktan algılama CBS ile entegre edilerek arazi kullanımının incelenmesi ve izlenmesinde daha etkili olarak kullanılmaktadır (Muller ve Zeller, 2002; Weng, 2002; Grey ve ark., 2003; Erener ve Yakar, 2012).

Çok zamanlı yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile uzaktan algılama; şehir, orman, jeoloji ve tarım alanlarındaki değişimin tespit edilmesinde kullanılan önemli teknolojik bir araç haline gelmiştir. Uydu görüntüleri ile çalışmak zaman ve maliyet açısından yerel yöntemlere kıyasla büyük avantaj sağlamaktadır. Yersel çalışmalarla elde edilebilecek verilere göre en büyük avantajlarından biri de periyodik olarak veri akışının uzaktan algılama ile mümkün olmasıdır. Klasik yöntemlerle oluşturulmuş ve güncelliğini yitirmiş harita ve benzeri altlıkların yenilenmesi, uzaktan algılama ile daha kısa zamanda ve az maliyetle yapılabilmektedir. Uzaktan algılama ile oluşturulan haritalar, merkezi ve yerel yönetimlere güncel problemlerin boyutlarının belirlenmesi, bu problemlerin sürekli izlenmesi ve ileriye dönük politikalar üretilmesine yaptıkları katkılar bakımından benzersiz bilgi kaynaklarıdır (Kavzoğlu ve Çetin, 2005).

Şehir alanlarının ve yakın çevresinin arazi kullanımı ve örtüsü değişiminin izlenmesi ve bu değişikliklerin tespit edilmesi son yıllarda hızlı artan nüfus ve bunun sonucunda doğal kaynakların optimum kullanımı amacıyla önem kazanmıştır (Small ve Miler, 1999). Kontrolsüz gerçekleşen gelişim, geri kazanımı mümkün olmayan kayıplar oluşmasına neden olabilir. Verimli tarım arazilerinin sanayi alanı olarak kullanıma açılması, orman alanlarının tarım arazisi olarak kullanılmak üzere tahrip edilmesi, yerleşim alanlarının zemin açısından uygun olmayan alanlar üzerinde gelişmesi gibi benzer birçok problem yaşanabilir. Plansız gelişimi önlemek ve izlemek amacıyla zamansal değişim tespit edilmeli ve gerekli planlamalar yapılmalıdır. Bu amaç doğrultusunda son yıllarda gelişen uydu görüntüleri kullanılarak yapılan değişim izleme teknikleriyle kısa sürede ve klasik yöntemlere göre daha başarılı bir şekilde istenilen sonuçları elde etmek mümkündür (Tunay ve Ateşoğlu, 2004).

Bu çalışmada farklı zamanlara ait uydu görüntüleri kullanılarak Erzincan ilindeki şehir alanının değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan uygulamada veri olarak 24.09.1987 tarihli LANDSAT TM, 06.10.2006 tarihli LANDSAT ETM+ optik uydu görüntüleri ve 1998, 2006 ve 2010 yıllarına ait gece görüntüleri yapılan değişim analizlerinde kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden şehirsel değişimin incelemesinde uzaktan algılama metotları ve analizlerin yapılmasında ise coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın kaynak araştırması kısmında şehirsel alanla ilgili daha önce yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Şehir alanları ile ilgili değişim analizlerinde kullanılan yöntem ve metotlara üçüncü bölümde kapsamlı bir şekilde bahsedilmiş olup yapılan örnek uygulamaya dördüncü kısımda yer verilmiştir. Sonuç ve öneriler kısmında optik uydu görüntülerinden 1987-2006 ve gece görüntülerinden 1998, 2006 ve 2010 tarihleri arasındaki şehir alanı değişimleri elde edilmiş olup bu değişimlerin oransal değerleri açıklanmıştır. Elde edilen değişim sonuçları nüfus verileri ve yardımcı verilerle yorumlanarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dünya gerek canlılardan gerekse doğadan kaynaklanan sürekli bir değişim halindedir. Bu değişimin belirlenmesinde ve takip edilmesinde sosyal, ekonomik ve fiziki veriler kullanılır. Özellikle fiziki anlamda verilerin elde edilmesinde haritalar kullanılmaktadır. Günümüzde kullanımı, saklanması ve güncellenmesi kolay olduğu için sayısal haritalar daha çok tercih edilmektedir. Kent ve bölge planlamada her ölçekteki kentleşmenin ve arazi kullanım değişiminin belirlenmesinde ve geleceğe yönelik kestirimlerin yapılmasında sayısal haritalar kullanılmaktadır. Planlamada, mevcut durumun analizi güvenli ve doğru bir şekilde yapıldığı takdirde, o alana ilişkin geleceğe yönelik alınan planlama kararları da sağlıklı ve güvenilir olacaktır. Sayısal haritaların kullanımı ile bu süreç daha güvenilir, daha ekonomik ve daha kısa zamanda gerçekleştirilebilmektedir.

Günümüzde uzaktan algılama yöntemleri ile sayısal ortamda; kent ve bölge planlamada değişimin belirlenmesi istenilen her ölçekte sağlanabilmektedir. Özellikle nüfus artışından dolayı gerçekleşen çarpık kentleşme, doğal bitkisel örtünün ve açık alanların yok olması gibi olumsuz etkilerin en kısa zamanda belirlenmesi ve takip edilmesi söz konusudur (Baysal, 2006).

Değişim analizleri ve şehirsel alanları ile ilgili yapılan örnek çalışmalar;

Howarth ve Wickvare (1981), band oranlama tekniği kullanılarak ekolojik değişim görüntülenmiştir. Landsat MSS 5 ve 7 bandları kullanılarak görüntü çakıştırma, oranlama ve bitki indeksi analiz teknikleri kullanılmıştır. Çakıştırma analiz tekniğinde kullanılan band 5 görüntüleri kentsel aktiviteleri belirlemede, orantılama yönteminde kullanılan band 7 görüntülerinin büyük çaplı değişimleri belirlemede ve bitki indeksi yönteminde bitki değişimi ve kentsel alan sınırlarının ve anayolları belirlemede iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

Christel ve ark. (1999a), Arizona eyaleti Tucson şehrine ait arazi kullanım değişimini belirlemişlerdir. Önceden boş olan arazinin daha sonra kentsel alana dönüşümü incelenmiştir. Bu amaçla Mayıs 1984 ve Mayıs 1998 Landsat TM görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler yalancı renklendirme (RGB/432) yapıldıktan sonra değişim görüntüsü elde edilmiştir. Sonuçta her bir görüntüye ait arazi kullanım büyüklükleri grafiksel olarak anlatılmıştır.

Christel ve ark. (1999b), Arizona eyaleti Tucson ve Vail şehirlerinin arazi örtüsünün değişiminin belirlendiği çalışmada, yöntem olarak eğitimli ve eğitimsiz

sınıflandırma teknikleri kullanılmış ve sonuçta her iki sınıflandırmanın sonuçları kıyaslanmıştır. 1994 ve 1998 yıllarına ait Landsat TM görüntüleri kullanılmıştır. Her iki görüntü aynı aya hatta aynı saate aittir. Çalışma sonrasında değişim matrisi oluşturulmuştur. Sınıflandırma sonucunda bazı piksellerin işleme katılmadığı tespit edilmiş bu yüzden her bir sınıflandırmadan önce görüntülerin "Maksimum Filtreleme" yapılması gerektiği tavsiye edilmiştir.

Civco ve ark. (2000), Connecticut, Salmon nehri havzasındaki arazi kullanım değişimini belirlemişlerdir. Çalışmada birden çok tarihli Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan veriler 1973 MSS, 1976 MSS, 1981 MSS, 1983 MSS, 1985 TM, 1988 TM, 1993 TM ve 1995 TM görüntüleridir. Çalışmada amaç ormanlık alanlardan kentsel alana dönüşmüş olan alanları ve alan büyüklüğünü belirlemek olduğundan eğitimsiz sınıflandırma yapılarak sınıf sayısı az tutulmuştur (kent, tarım, orman, su, ıslak alan ve çorak alan). Her bir görüntü yalancı renklendirilerek sınıflandırma yapılmıştır. Elde edilen sınıflandırılmış görüntülerden alansal olarak elde edilen değerler tablosal olarak ifade edilmiştir. Ancak çalışmada Landsat MSS görüntülerinin mekânsal çözünürlükleri çok düşük olduğundan renklendirme sonucunda, görüntülerin yorumlanmasında zorlanılmıştır.

Vescovi ve ark. (2002), Volta havzasındaki arazi kullanımının değişimi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada Ocak 1990 ve Şubat 2000 tarihli Landsat TM görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında tüm havzanın arazi kullanımının değişiminin belirlendiği eğitimli sınıflandırmanın en yakın komşu örnekleme algoritması kullanılmıştır. İkinci aşamasında havzanın çeşitli bölümleri ayrı ayrı incelenerek ve her birine ayrı analiz tekniği uygulanarak değişim belirlenmiştir. Bu amaçla Landsat TM verisi ile beraber NOAA görüntüleri de kullanılmıştır. Havzadaki yerleşmelerin gelişimlerinin incelenmesinde sınıflandırma, ormansızlaşmanın belirlenmesinde Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) bitki indeksi kullanılmıştır.

Tardie ve Congaltion (2002), Essex, Massachusetts yerleşim alanındaki değişimin görüntülenmesinde üç değişim analizi kullanarak en doğru tekniğin hangisi olduğunu belirlemiştir. Kullanılan analiz teknikleri çok tarihli görsel birleştirme, görüntü farklılaştırma ve sınıflandırmadır. Her üç teknik içinde Eylül 1990 ve Ağustos 2001 yıllarına ait Landsat TM görüntüleri kullanılmıştır. Çok tarihli görsel birleştirme tekniğinde Landsat TM band 4 kullanılmıştır. 1990 yılına ait görüntü kırmızı ve mavi tabakaya, 2001 yılı band 4 görüntüsü yeşil tabakaya yerleştirilmiştir. Bant çıkarmada ise dört band (1, 2, 3, 4) kullanılmıştır.

Vescovi ve ark. (2002), Born, Ouagadougou kasabasına ait kırsal bir yerleşim alanının değişimini belirlemişlerdir. Aralık 1984 ve Ekim 1999 tarihli Landsat görüntüleri kullanılmıştır. Sonuçta sadece yerleşim alanına ait piksel değerlerine göre alansal büyüklük elde edilmiş ve 15 yıldaki alansal değişim grafiksel olarak ifade edilmiştir.

Billah ve Rahman (2004), Massachusetts, Essex County'da kentsel değişim analizini yapmışlardır. Eylül 1990 ve Ağustos 2001 tarihli Landsat TM verileri kullanılmıştır. Çalışmada üç farklı yöntem kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Yöntemler, çok-tarihli görsel kompozit, görüntü farkı ve sınıflandırma-sonrası metotlarıdır. İlk metotta Eylül 1990 tarihli Landsat TM 4 bandı kırmızı ve mavi tabakaya, Ağustos 2001 tarihli Landsat TM 4 bandı yeşil tabakaya yerleştirilmiştir. Elde edilen siyah beyaz görüntüde gri renkli alanlar değişim olmayan alanları ifade etmektedir. Ancak bu teknik ile sayılabilir bir sonucun elde edilemeyeceği ancak görsel değişimin belirlenebileceği ifade edilmiştir. İkinci metotta (görüntü çıkarma) her iki görüntünün de 1, 2, 3, 4 bandları kullanılarak değişim görüntüsü elde edilmiştir. Son metot da (post-classification) her iki görüntü ayrı sınıflandırılarak elde edilen görüntülerden değişim görüntüsü elde etmiştir. Bu metotla aynı zamanda değişim matrisi de elde edilmiştir.

Huskainen ve Pellikka (2004), Kenya'da bir kentsel yerleşim alanının kent çeperindeki gecekondu alanlarının belirlenmesi amacıyla sınıflandırma tekniğini ve 1985, 1993 ve 2004 yıllarına ait hava fotoğrafları kullanılmıştır. Sınıflandırma sonucu görsel yorumlama tekniği ile yeni yapılaşan alanlar tespit edilmiştir.

Oğuz (2004), Houston metropoliten alanı için gerçekleştirdiği bir çalışmada, 1974, 1984, 1992 ve 2002 yıllarına ait uydu görüntülerinden yararlanarak SLEUTH modeli yardımıyla 2030 yılı için alan kullanım öngörüleri geliştirmiştir. Elde edilen sonuçlar, 2030 yılına kadar geçen sürede alan kullanım değişimlerine bağlı olarak 2000 km^2 orman alanı, 600 km^2 tarım alanı ve 400 km^2 sulak alan kaybı yaşanacağını ortaya koymuştur.

Yuan ve ark. (2005), toprak kaynakları ve zamana bağlı değişimlerinin niteliğini ve kapsamını açıklayan doğru ve zamanında elde edilen bilgilerin öneminin, özellikle hızlı büyüyen metropoliten alanlarda arttığını ifade etmektedir. Çalışmalarında arazi örtüsü değişiminin haritalanması ve izlenmesi için Minnesota metropoliten alanını kapsayan 1986, 1991, 1998 ve 2002 tarihli, çok zamanlı Landsat TM verisi kullanan bir yöntem geliştirmişlerdir. Oluşturdukları 7 sınıflı sınıflandırma işlemi için genel

doğrulukları 4 yıl için ortalama %94 olarak elde etmişlerdir. Sınıflandırma sonrası değişim saptama yöntemleri ve farklı değerlendirme yaklaşımları kullanarak, arazi örtüsü değişim haritalarında elde ettikleri doğruluğun %80 ile %90 arasında değiştiğini belirtmektedirler. Ürettikleri haritalardan 1986 ve 2002 yılları arasında kentsel ve gelişmiş alanların toplam alana oranla %23.7 değerinden %32.8 değerine yükseldiğini, bununla birlikte kırsal alandaki tarım arazileri, sulu alanlar ve orman alanlarının toplam alana oranla %69.6 değerinden %60.5 değerine düştüğünü ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri sonuçların metropoliten alanlardaki arazi örtüsü değişim modellerinin belirlenmesinde ve arazi kullanımının zamana bağlı değişimlerinin haritalanması ve analiz edilmesi işlemlerinde doğru sonuçlar verebilmesi ve ekonomik olması açısından Landsat verisinin potansiyelini ortaya koyduğunu belirtmektedirler.

Kavzoğlu ve Çetin (2005), çalışmalarında 1987 ve 2002 yıllarına ait Landsat TM ve Terra ASTER uydu görüntüleri kullanılarak 1980'li yıllarda başlayan ve yoğun bir şekilde devam eden sanayileşme ve buna bağlı olarak şehirleşmenin Gebze ve çevresindeki arazi kullanımına etkisini analiz edilmiştir. Uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesi için 1:25000 ölçekli haritalar kullanılmıştır. Bu haritalar ERDAS/Imagine yazılımı ile UTM koordinat sisteminde tanımlanarak haritalar mozaik haline getirilmiştir. Ayrıca, uydu görüntülerinin sınıflandırılması aşamasında Gebze orman bölge şefliğine ait meşcere haritaları ile 1996, 1999 ve 2003 tarihlerinde alınmış hava fotoğraflarından faydalanılmıştır. Görüntüler istatistiksel bir sınıflandırma metodu olan En Çok Benzerlik metoduyla sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda ortaya çıkan tematik görüntülerden yapılan hesaplamalarda değişimin daha çok şehir ve toprak sınıflarındaki artış olduğu gözlemlenmiştir.

Wu ve ark. (2006), Çin'in mega kentlerinde meydana gelen hızlı arazi kullanımı değişiminin son yıllarda dikkate alınan bir konu olduğunu belirtmektedir. Çalışmalarında bu değişimin belirlenebilmesi için UA ve CBS araçlarını birleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre 1986 ve 2001 yılları arasında tarım alanlarının büyük oranda azalarak yerini kentsel alanlara bıraktığını ortaya koymaktadırlar. Arazi kullanım değişimini daha sonra Markov zinciri ve regresyon analizi kullanarak gelecek 20 yıl için modellemişlerdir. Ayrıca UA ve CBS teknolojileri ile Markov modeli ve regresyon modelinin entegrasyonu arazi kullanım değişiminin analiz edilmesinde kullanışlı bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

Jat ve ark. (2008), nüfus yayılımının analiz edilmesinde UA ve CBS araçlarının kullanılmasının oldukça etkili sonuçlar verebilecek potansiyele sahip olduğunu

belirtmişlerdir. Çalışma alanlarına ait farklı sensörlerden (Landsat MSS, TM, ETM+ ve IRS, LISS-III) elde edilen uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında istatistiksel sınıflandırma yaklaşımları kullanmışlardır. Shannon'un entropi ve arazi ölçütleri, kentsel yapıyı belirleyebilmek için mekânsal olarak hesaplanmıştır. Ek olarak çok değişkenli istatistiksel teknikler kentsel yayılım ile bu yayılıma sebebiyet veren faktörler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılabilmesi için kullanılmıştır. Elde ettikleri sonuçlar kentsel gelişme bölgelerindeki büyümenin (%160.8) nüfus oranındaki artışa (%50.1) nazaran üç kat daha fazla gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır. 25 yıllık dönemde meydana gelen kentsel yayılımın mekânsal dağılımı Shannon'un entropi yaklaşımına bağlı olarak belirlenmiştir.

Dewan ve Yamaguchi (2009), Bangladeş bölgesinde arazi kullanımı ve değişimi ile kentsel gelişimi sosyo-ekonomik açıdan değerlendirmek üzere 1975 ve 2003 yılları uydu görüntülerini kullanmışlardır. Arazi örtüsü ve kullanım değişiminin mekânsal ve zamansal dinamiklerinin belirlenmesinde üç Landsat görüntüsü ve bir kontrollü sınıflandırma algoritması ile sınıflandırma sonrası değişim saptama tekniğini CBS ile birleştirerek analiz etmişlerdir. Landsat görüntülerinden elde edilen arazi örtüsü haritalarının doğruluk değerleri %85 ve %90 arasında değişmektedir. Gerçekleştirdikleri analizler sonucu çalışma bölgelerindeki yapılaşma alanlarındaki artışın su alanlarının, ekili alanların, bitki örtüsünün ve sulak alanların önemli derecede azalmasına neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Kentsel alanların büyümesinin, nüfus artışı ve ekonomik kalkınma ile önemli ilişkisi olduğu ifade edilmektedir. Elde ettikleri sonuçların Bangladeş açısından gelecekteki büyüme modelleri, arazi örtüsü haritalarının üretilmesi ve sürdürülebilir kentleşme konularında önemli katkıları olacağını belirtmektedirler.

Erener ve Düzgün (2009), yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullarak arazi kullanımının değişiminin belirlenmesiye ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır; ilk kısımda ODTÜ kampüs alanınan ait QB pan ve QB mss görüntüleri kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminde görüntü yol, bina ve bitki örtüsü olmak üzere üç gruba ayrılmış ve Maximum Likelihood yöntemine göre sınıflandırması yapılmıştır. Sınıflandırma sonucunda sınıflandırmanın doğruluğunun kontrolü için oluşturulan hata matrisinde; QB MSS band için ortalama kullanıcı doğruluğu %86.19, üretici doğruluğu %77.57, genel doğruluk %86 ve kappa değeri %0.71; QB pan görüntüsü için ortalama kullanıcı doğruluğu %75.71, üretici doğruluğu %77.76, genel doğruluk %84 ve kappa değeri %0.68 bulunmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında Kumluca/Bartın bölgesine ait iki farklı uydu görüntüsü kullanılmıştır. İlk görüntü Mayıs

1998 tarihli siyah-beyaz hava fotoğrafı ve ikinci görüntü Spot Pan görüntüsüdür. Bu iki tarih arasındaki arazi kullanımının değişiminin incelenmesi için örüntüdeki bina ve yolları içeren yapay yapılar, orman ve tarım alanları olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Sınıflandırma sonucunda 1998 yılına ait genel doğruluk %85 ve kappa değeri %0.75, 2005 yılına ait genel doruluk %90 ve kappa değeri %0.84 bulunmuştur. Çalışmada iki tarih arasında sınıflandırma grupları arasındaki değişimlerde belirlenmiştir. Buna göre binaların ve yolların toplam alanının 2.42 hektardan 2.65 hektara ve orman alanlarının 4.98 hektardan 5.4 hektara arttığı belirlenmiştir. Bu iki gruptaki artışın aksine tarım alanları 6.5 hektardan 5.85 hektara azaldı görülmektedir. Bunun sebebinin ise tarım alanlarından şehir alanlara göçün ve boş tarım alanlarının ormana dönüşmüş olabileceği şeklinde açıklanmıştır.

Mubea ve ark. (2010), Markov Chain Analiz özelliğini kullanarak alan kullanım değişim olasılıklarının belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. UA ve CBS teknolojilerinin birleşimine dayanılarak gerçekleştirilen çalışmada, 2015 yılına kadar geçen sürede kentsel ve tarımsal alanlarda önemli artışlar öngörüldüğünü bildirmişlerdir.

Peijun ve ark. (2010), Xuzhou kentinde son 20 yılda meydana gelen yerleşim alanları değişimini analiz etmek için arazi örtüsü ve bitki örtüsü değişimini Landsat TM görüntüleri kullanarak incelemiştir. Çalışmalarında belirli sınıflar için farklı öznitelik girdileri kullanan ve sınıflandırma sonrası doğruluğu arttırmak için işleme tabi tutan bir hiyerarşik sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir. Bitki örtüsündeki değişimlerin belirlenmesinde bir NDVI farklılık yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca ön bilgi ve istatistiksel analizlere dayanan bir yanlış değişim bilgisi eleme yaklaşımı geliştirilmiştir. Yazarlar çalışma bölgesinde bitki örtüsü alanlarında son 20 yılda sürekli bir düşüş gözlendiğini belirtmektedir. 1990 yılından itibaren sürdürülen yer altı kömür madenciliğinin bitki örtüsündeki değişime etkileri de ayrıca incelenmiştir.

Erener ve ark., (2011), arazi örtüsü kullanımın ve değişiminin zamansal olarak incelemesi ile ilgili yaptıkları çalışmada Göcek bölgesinin zamansal değişimi incelenmiştir. Yapılan çalışmada 0.6 m çözünürlüklü Kasım 2006 ve Ağustos 2009 tarihlerine ait Quickbird uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada değişim analizi öncesi, uydu verileri geometrik düzeltme (rektifikasyon), ve atmosferik düzeltme gibi bir takım ön işlemlerden geçirilmiştir. Sınıflandırmada eğitimli sınıflandırma yöntemlerinden biri olan en büyük olasılık sınıflandırma yöntemi tercih edilmiştir. Çalışma alanında arazi örtüsünün kullanımını yansıtacak şekilde görüntüler bitki örtüsü,

bina, beton alan, toprak alan ve su alanı olmak üzere beş gruba ayrılacak şekilde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonuçları hata matrisi oluşturularak elde edilen tüm doğruluk ve kappa istatistiksel değerleri ile değerlendirilmiştir. Hata matrisini oluşturabilmek için alandan her sınıf sayısındaki hücrelerle orantılı olarak rastgele 100 test noktası toplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 2006 ve 2009 yıllarındaki görüntülere ait tüm doğruluklar sırasıyla %93 ve %87 iken, kappa istatistiği %0.86 ve %0.81 olarak değişmektedir. Fark görüntüsünden elde edilen değişim matrisine göre; 2006 yılına göre 2009 yılında, alanda bulunan bina alanlarında %26.21 artış varken; bitki alanları oranında 29.38'lik bir azalma olduğu belirlenmiştir.

Özyavuz (2011), Tekirdağ kent merkezinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ile incelenmesi ile ilgili yaptığı çalışmada kentsel gelişimi izlemek için, 30 m spektral çözünürlüklü 25/07/2000 ve 11/06/2010 tarihli Landsat TM uydu görüntüleri ve yardımcı veriler kullanmıştır. Kontrol alanlarının belirlenmesi ve yerleşim alanların bulunduğu alanların toprak yapısı, arazi kullanım kabiliyet sınıfı ve geçmiş yıllardaki mevcut alanları ile karşılaştırılması için Harita Genel Komutanlığının 1:25000 ölçekli topoğrafik haritaları ile Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün 1983 yılında yapmış olduğu 1:25000 ölçekli sayısal toprak haritalar yardımcı veri olarak kullanılmıştır. Görüntülere geometrik düzeltme işlemi yapılarak görüntü bulunduğu koordinat sisteminden başka bir koordinat sistemine taşınmıştır. Görüntüdeki veriler hakkında yeterli bilgiye sahip olunmadığından kontrolsüz sınıflandırma yöntemi tercih edilmiştir. Yapılan sınıflandırma sonrasında doğruluk analizinde 40 referans noktasına göre %70 doğruluk değerine ulaşıldığı belirtilmiştir. 2000 ve 2010 yılları arasındaki 10 yıllık periyotta yıllık artış oranı %6.3 olarak hesaplanmıştır. Tekirdağ şehir alanı için bu artış hesaplandığında, yaklaşık olarak 2922 hektar olarak ortaya çıkarılmıştır.

Erener ve Yakar, (2012), uzaktan algılama ve CBS kullanarak kıyı değişiminin izlemesiyle ilgili yaptıkları çalışmada 1987 ve 2006 yılları arasında Meke gölünün su seviyesinin değişimini belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada 06 Eylül 1987 Landsat TM, 05 Temmuz 2000 Landsat ETM+ ve 28 Haziran 2006 Landsat ETM+ uydu görüntüleri kullanılmıştır. 1987-2000 ve 1987-2006 yılları arasında su seviyesindeki değişim incelenmiştir. Görüntü çiftlerine ön analiz işleminde atmosferik ve geometrik düzeltme işlemi yapıldıktan sonra görüntü sınıflandırması Maximum Likelihood yöntemine göre yapılmıştır. Doğruluk analizi işleminden sonra değişim matrisi ve değişim haritaları elde edilmiştir. Elde edilen değişim matrisleri incelendiğinde 1987-2000 yılları arasında

Meke gölü su seviyesinin %9.87 ve 1987-2006 yılları arasında %14.55 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Paudel ve Yuan (2012), metropoliten çalışma bölgelerinde arazi yapısındaki değişimleri ve kentleşmenin ekolojik sonuçlarını, mekansal indisler, değişim analizleri ve mekansal modelleme kullanarak incelemişlerdir. 1975 yılından 2006 yılına kadar gerçekleşen temel arazi dönüşüm modelleri farklı tarihlerde elde edilen sınıflandırma haritaları kullanılarak belirlenmiştir. 1975, 1986, 1998 ve 2006 yıllarına ait arazi değerlerini Patch Analyst kullanarak belirlemişlerdir. Amaçları kentleşmeye bağlı orman alanlarındaki azalmayı belirlemektir. Bu çalışmada gelecek yıllar için arazi kullanımı ve orman alanlarındaki değişimin tahmin edilebilmesi araştırılmaktadır. Değişim saptama işlemi için GEOMOD yazılımı kullanılmıştır.

Schneider (2012), kentsel alanların uydu görüntüleri ile izlenmesinde çıplak alanların kentsel alanlardan ayrımının yapılabilmesi probleminin günümüzde çözüme kavuşturulamadığını belirtmektedir. Çalışmalarında, yerleşim alanları içerisindeki karmaşık, çok imzalı sınıflarda olduğu gibi yüksek zamansal ve mekânsal çeşitlilikle başa çıkabilmek için, çok zamanlı bir kompozit değişim saptama tekniği kullanarak yoğun zaman yığınına sahip Landsat görüntüsünde çoklu sezon bilgisini kullanan yeni bir yaklaşım ortaya koyduklarını ifade etmektedirler. Yaklaşımlarının ana konusunu kentsel alanların içinde ya da yakınında bulunan arazilerin, değişim meydana geldikten önce ve sonra farklı zamansal izlere sahip olduğu ve bu izlerin çeşitli spektral bölgelerde karakteristik zamansal imzalara neden olduğunun anlaşılması oluşturmaktadır. Yazar bu yöntemin, sabit ve değişen alanların Google Earth görüntülerinden yorumlanması ile oluşturulan eğitim verisi kullanan bir kontrollü sınıflandırmaya dayandığını belirtmektedir. Sınıflandırma algoritmaları (en çok benzerlik, karar ağaçları ve destek vektör makineleri) 5 zaman periyodu için (1988-1995, 1996-2000, 2001-2003, 2004-2006, 2007-2009) üç farklı çalışma bölgesinde test edilmiştir. Karar ağaçları ve destek vektör makinelerinin her ikisi de en çok benzerlik sınıflandırıcısının çok üstünde performans değerleri sağlamıştır (genel doğruluk %90-93 ile karşılaştırıldığında %65), ancak karar ağaçları kayıp verilerin yönetilmesinde en üstün yöntem olarak değerlendirilmiştir. Bant ölçümleri gibi dönüştürülmüş özniteliklerin Landsat verisine eklenmesiyle doğruluğun %1-4 arasında arttığını, gürültü ve kayıp verilerin ortaya çıkarılması için öznitelik sayısının azaltılmasıyla da %1-9 arasında bir düşüş olduğunu ortaya koymuşlardır. Metodolojilerinin aynı zamanda

kentsel çekirdek dışında bulunan köy yerleşimlerinin görüntülenmesinde de >%98 oranında etkili olduğunu savunmaktadırlar.

Liu ve arkadaşları (2012), Çin'de 1998-2002 yılları arasında kentsel genişleme dinamikleri hakkında zamanında ve doğru karar verme, kentsel genişleme ve ekosistem arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak ve arazi kullanım şekilleri optimize etmek için gece görüntüleri ve optik uydu görüntüleri ile ilgili çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada 30 yaysaniyesi çözünürlüklü DMSP-OLS (Defense Meteorological Satellite Program's-Operational Line-scan System) verilerini ve LANSAT TM uydu görüntülerinden elde edilen 1 km mekânsal çözünürlüklü 1995, 2000 ve 2005 Çin için arazi örtüsü/kullanımı verileri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada 1998-2002 tarihleri arasında kentsel genişleme dinamikleri ve kentsel doku ortaya çıkarılmıştır. LANDSAT TM uydu görüntülerinin sınıflandırma sonucu ortalama genel doğruluğu %82.74, ortalama kappa değeri 0.40 elde edilmiştir.

Levin ve Duke (2012), gece görüntülerinin küresel ekonomik ve demografik farklılıkları incelemek, yerel ölçekte yerleşim alanlarının demografik ve sosyo-ekonomik özelliklerin göstergesi olarak kullanılabileceğine dair bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında 2003 tarihli 2.7 km çözünürlüklü DMSP (Defense Meteorological Satellite Program), 2007 tarihli 300 m çözünürlüklü SAC-C (Scientific Application Satellite-C) ve 2003 tarihli 60 m çözünürlüklü ISS (International Space Station) uydu görüntüleri kullanmışlardır. Çalışmada yerleşim yeri İsrail ve Batı Şeria olmak üzere nüfusla (Arap ve Yahudi) karşılaştırılmıştır. İsrail ve Batı Şeria arasındaki ekonomik ve jeopolitik farklılıklar gece görüntülerinde desen farklılıklarına yol açtığı belirtilmiştir. İsrail yerleşim yerlerinde milli gelirle ilişkili olarak parlaklık değeri Batı Şeria'dan daha farklı olduğu ancak İsrail içinde Yahudi ve Arap nüfusunun olduğu yerlerde gece ışıklarında parlaklıkların benzer özellikler gösterdiği belirtilmiştir.

Uzun ve Somuncu (2013), yaptıkları çalışmada farklı tarihlere ait uydu görüntülerini kullanarak Madra Dağı ve çevresinin arazi örtüsündeki/kullanımındaki zamansal değişimin tespit edilip değerlendirilmesini yapmışlardır. Çalışmalarında veri olarak 1987-2000 yılları arasında arazi örtüsünde meydana gelen değişimi saptamak için 05.05.1987 tarihli Landsat TM ve 07.06.2000 tarihli Landsat ETM uydu görüntüleri kullanılmıştır. İki farklı zamana ait Landsat uydu görüntüleri kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma teknikleri kullanılarak sınıflandırılmış ve alandaki arazi örtüsü/kullanımı değişimleri tespit edilmiştir. Madra Dağı ve çevresine ait 24 paftadan oluşan 1:25000 topografya ve arazi kullanım haritaları da araştırmada kullanılan temel veriler

arasındadır. Elde edilen bulgular sonucunda araştırma alanının %35'lik bir kısmında değişimin olduğu belirlenmiştir.

Kızılelma ve ark., (2013), Niğde ve yakın çevresinin zamansal değişiminin incelenmesi için yaptıkları çalışmada 13 Eylül 1984, 15 Ağustos 2000 ve 23 Ağustos 2011 Landsat TM uydu görüntüleri, sayısal yükseklik modeline ait sayısal veriler kullanmışlardır. Kışın yoğun hava koşulları nedeniyle görüntü alım tarihlerinde özellikle yaz ayları tercih edilerek bulutluluk oranının en aza indirgenmeye çalışılmış ve çalışmanın objektifliği arttırılması amaçlanmıştır. Sınıflandırma işleminden önce uydu görüntülerinin band özellikleri göz önünde bulundurularak çeşitli görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Görüntülerin sınıflandırılmasında ise kontrolsüz sınıflandırma yöntemi tercih edilmiştir. Bu sınıflandırma işleminde şehir alanı ve bitki örtüsünden yoksun araziler aynı yansı özelliğini verdikleri için şehir alanı maskelenmiş ve ayrıca sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan her iki alanın da ayrı ayrı doğruluk analizleri yapılmıştır.

Sun ve ark. (2013), Çin'in Guangzhou şehrinin farklı tarihlere ait uydu görüntüleri kullanarak kentsel büyümenin ve değişimin incelemesi için yaptıkları çalışmada 19 Ekim 1979 (MSS), 13 Ekim 1990 (TM), 30 Aralık 1995 (TM), 14 Eylül 2000 (ETM +) ve 1 Aralık 2008 (TM) tarihlerine ait Landsat uydu görüntüleri kullanmışlardır. Bu görüntüler daha sonra WGS-84 datum ve UTM koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Yapılan kontrollü sınıflandırmada arazi kullanım türleri tespit edilmiş olup bunlar; şehir alanı, tarım alanı, fundalık (çalılık), balıkçılık, ham toprak, orman ve su. Çalışmanın genel doruluğu %89.11 ile %89.94 arasında değişirken kapa katsayısı yıllara göre 0.8317 ile 0.8615 arasında değişmektedir.

Xu ve ark. (2014), Çin'in Nanjing şehriyle ilgili yaptıkları çalışmada yollarla ilişkilendirilmiş farklı kentsel büyüme formları ve gelecekteki büyümeye yönelik tahminlerde bulunmayı amaçlamışlardır. Yapılan çalışmada 1988, 1998, 2003 ve 2006 yıllarına ait Landsat TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ham olarak elde edilen uydu görüntülerine georeference işleminden sonra geometrik ve atmosferik düzeltmeler yapılıştır. Karayolu ve demiryollarının Nanjing kentinin büyümesinde çok fazla etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Maximum Likelihood yöntemine göre kontrollü sınıflandırmanın sonucunda 1988-1998, 1998-2003, 2003-2006 tarihleri arasında sırasıyla 9544 ha., 12668 ha. ve 19241 ha. şehir alanının arttığı tespit edilmiştir.

Nassar ve ark. (2014), 1972 ve 2011 tarihleri arasında Dubai şehrindeki arazi örtüsü değişimi ve kentsel büyüme oranını belirlemek için bir çalışma yapmışlardır.

Yapılan çalışmada Landsat MSS, TM ve ETM+, Dubaisat-1, İkonos uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu verilerin yanı sıra şehrin yollarına ve sınırlarına ait vektörel veriler ve 1:50000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminde kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yönteminin içeren hibrit bir sınıflandırma yöntemine başvurulmuştur. Çalışma alanı kontrollü sınıflandırmada eğitim alanlarının seçimine yardımcı olması için önce kontrolsüz sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Daha sonra kontrollü sınıflandırma için arazi örtüsü kentsel alan, bitki örtüsü, su ve kum olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Yıllara ait genel doğruluk ve kapa katsayıları; 1998, %88.75, 0.85; 2000, %87.75, 0.83; 2005, %91.67, 0.89; 2011, %93.33, 0.91 şeklindedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, cisimler ile fiziksel bir temasta bulunmaksızın onlar hakkında bilgi edinilmesi, onların tanınması, çevrelerinden ayırt edilmesi ve bu bilgilerin görüntü şeklinde oluşturulması bilimidir. Çalışmanın bu bölümde, uzaktan algılamanın temel ilkeleri ve sistem bileşenleri başlıklar altında özetlenmektedir.

Jeoloji, ormancılık, hidroloji, tarım, şehircilik gibi bilim dalları uzaktan algılamanın uygulamalarının bulunduğu, bütünleştiği bilim dallarıdır. UA'da uydular üzerinde taşınan algılayıcılar ile yapılan gözlem ve ölçümler dikkate alınmaktadır. Uzaktan algılama sistemlerinde ölçülen nicelik, ilgilenilen cisimden yayılan elektromanyetik enerjidir. Uydular veya hava araçları üzerinde taşınan aletlerle yapılan gözlem ve ölçümlerde elektromanyetik enerjiden yararlanılır (Kavzaoğlu, 2008).

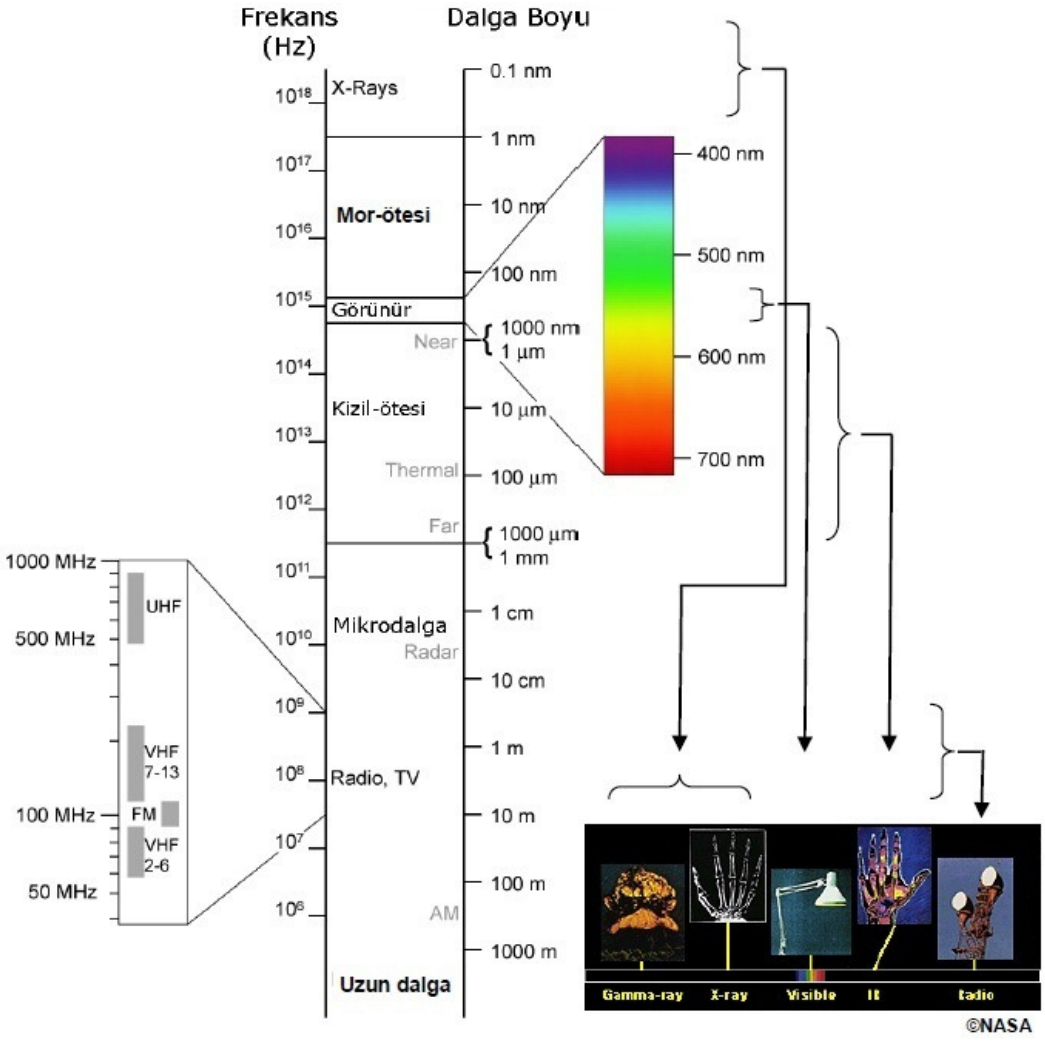
3.2. Elektromanyetik Spektrum ve Spektral Etkileşim

Elektromanyetik spektrum ışık hızıyla (3x108 m/sn) hareket eden, dalga uzunluğu nanometrelerden kilometrelere uzanan sürekli enerji ortamıdır. Elektromanyetik spektrum kolaylık olması bakımından çeşitli bölgelere bölünmüşse de kesin bir sınır hiçbir zaman söz konusu değildir. Ayırım esasında her tip ışınım, algılamadaki değişik yöntemlerden ortaya çıkmıştır. İnsan gözü bu spektrumda 0.4-0.7 μm arasındaki çok küçük bir kısmı görür (Şekil 3.1).

Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde algılama yapan algılayıcılar kullanılarak yeryüzü hakkında birçok farklı özellikler elde edilir. Uzaktan algılamada çoğunlukla kullanılan dalga boyları görünür (0.4–0.7 μm), kızılötesi (0.7–14 μm) ve mikrodalga (1–100 mm) ışınımlarıdır (Lillesand ve ark., 2004). Bunlardan görünür ve kızılötesi bölgelerdeki ışınımların algılanması için çok spektrumlu optik (Aster ve Landsat gibi) algılayıcılar kullanılırken, daha uzun dalga boylarında aktif ya da pasif mikrodalga algılayıcılar yardımıyla veri elde edilir (Ekercin, 2007).

Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halindeki cisimle temasta şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz gibi bakımlardan birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu değişiklikler belirlenir ve kaydedilir. Bu işlem sonucu ortaya

çıkan görüntü ve veriler, kayıt edilen elektromanyetik ışınımda değişikliğe neden olan cismin özelliklerinin uzaktan belirlenmesi için yorumlanır (Örmeci, 1987).



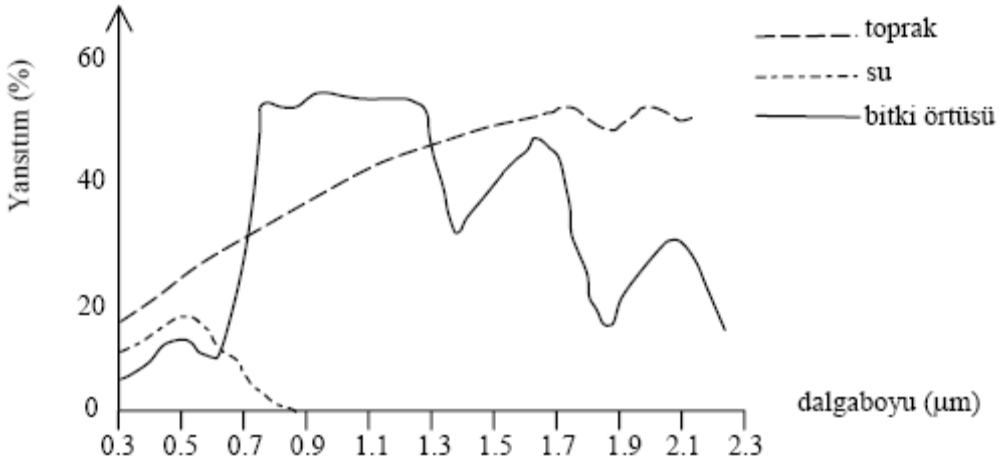
Şekil 3.1. Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar

3.3. Cisimlerin Spektral Özellikleri

Cisimlerin yansıtma, yutulma ve geçirilme özellikleri cisimleri fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve gelen ışınımın dalga boyuna bağlıdır. Görünür bölgede bu değişiklikler renk olgusunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Göz çeşitli cisimleri ayırt etmek için yansıyan enerjinin şiddetindeki değişikliklerden yararlanır. Her cisim üzerine gelen ısınımı farklı oranda yansıtır, yutar yada geçirir. Spektral özelliklerinin değişiklik göstermesi yeryüzündeki cisimlerin tanımlanabilmelerinin en önemli nedenidir. Uzaktan algılama sistemleri esas olarak yansıtılan enerjinin esas olduğu dalga

boyu bölgesinde algılama yaptığı için cisimlerin yansıtma özellikleri çok önemlidir (İspir, 2000).

Yansıma ışınlarından yararlanılarak kaydedilmiş veriler; fotoğraflar, görüntüler veya fotoğrafa ya da görüntüye dönüştürülebilir analog ve dijital bant kayıtlarıdır. Bunların başında laboratuarda veya arazide ölçülen spektral yansıma değerlerinin, dalga ve boyunun bir fonksiyonu olarak gösterilen spektral yansıma grafiklerinden de yararlanılmaktadır. Spektral yansıma grafiklerinin özellikle iki önemli yararı vardır. Bunlardan birincisi bilinmeyen belirlenmesinde kullanılabilecek standart yansıma değerlerinin elde edilmesidir. İkincisi ise arazide bir arada bulunana cisimlerin özellikle farklı kayaç türlerinin hangi spektral kanallarda daha belirgin kontrast verebileceklerinin ortaya çıkmasıdır. Birinci durum için yeni ölçümle sağlanan bir grafik, önceden belirlenen cisimlere ait grafiklerle karşılaştırılır ve uygunluk gösterdiği cisim grubuna dahil edilir. İkinci durum için ise arazide bir arada bulunan spektral yansıma değerleri ayrı ayrı ölçülür ve aynı koordinat eksenine göre birlikte grafikleri çizilir. Bu grafikte farklı cisimlerin eğrileri hangi dalga boylarında en fazla uzaklık gösteriyorsa, o aralıkta seçilecek olan kanal uzaktan algılama içinde en uygun kanal olacaktır. Şekil 3.2'de farklı yer örtü tipleri için genelleştirilmiş spektral yansıtım grafiği verilmektedir (Süslü, 2007).

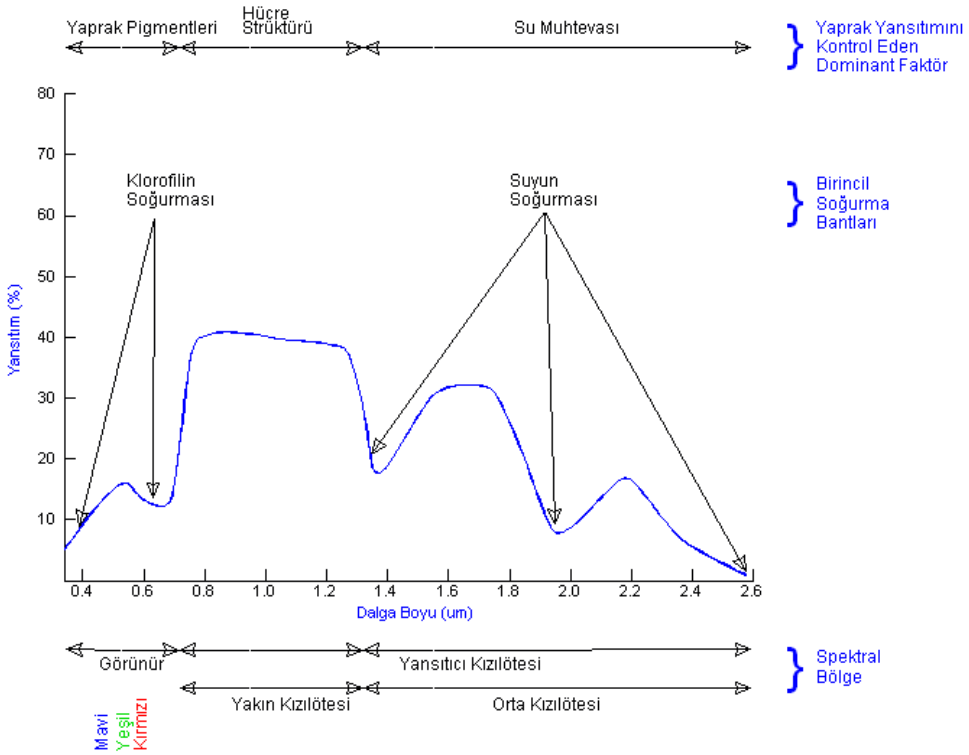


Şekil 3.2. Bitki örtüsü, toprak ve suyun spektral yansıtım eğrileri (Akça ve Doğan, 2002)

3.3.1. Bitki örtüsünün spektral karakteristikleri

Yeşil bitki örtüsünün tipik bir spektral yansıtım ergisini Şekil 3.3'de gösterilmekte ve en önemli spektral duyarlık bölgeleri tanımlanmaktadır. Bitki cinsine bağlı olmaksızın yaprakların spektral yansıtmaları üç farklı bölgeye ayrılabilir. Görünür

bölgede yansıma klorofil, karotene, ksantofil ve antosyanin gibi yaprak pigmentleri tarafında kontrol edilir. Bu bölgede yaprak pigmentleri ısınımı yutarlar ve yansımayı azaltırlar. Şekil 3.3'de gösterilen yeşil yaprak yansıtımının detayları tekrar incelendiğinde, görünür bölgenin mavi ve kırmızı bölgelerinde çok düşük bir yansıtım olduğu görülmektedir. Bu düşük yansıtım, iki klorofil soğuma bandına karşılık gelir (0.45 μm ve 0.65 μm). Görünür dalga boylarında, yeşil bir yaprağa çarpan enerjinin çoğu soğurulur ve azı yapraktan geçer. İki klorofil soğurma bandı arasındaki dalga boylarında bağıl bir soğurma kaybı, yaklaşık 0.54 μm de bir yansıtım tepe noktası oluşmasına neden olur ki buda yeşil dalga boyu bölgesidir. Bu da, normal sağlıklı yaprakların gözümüze yeşil görünmesine önemli ölçüde neden olarak yeşil dalga boylarındaki oldukça düşük yutulmadan kaynaklanmaktadır (Süslü, 2007).



Şekil 3.3. Bitki örtüsü, toprak ve suyun spektral yansıtım eğrileri (Akça ve Doğan, 2002)

Eğer bitki stres altında ise ve klorofil üretimi azaldıysa, klorofil pigmentasyonunun eksikliği, bu bitkilerin, klorofil yutma bantlarında daha az yutulmasına neden olur. Bu tür bitkiler, özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde çok daha fazla yansıtıma sahip olup, bu nedenle sarımsı veya klorotik görünmektedir. İlgilenilen diğer pigmentler, karotene ve ksatofil (sarı pigmentler) daha yeşil yaprakta

bulunur, fakat sadece spektrumun özellikle mavi bölgesinde bir yutma bandına sahiptir. Klorofil de, ki o da mevcuttur, mavide yutulduğundan, normal olarak bu sarı pigmentleri maskeler. Bununla beraber bir bitki yaşadıkça, klorofil yavaş yavaş kaybolur ve bu kayboluş, karotenlerin ve ksantofillerin dominant olmasına neden olur. Bu olay ağaç yapraklarının sonbaharda sarı renk almasının temel nedenidir. Aynı şekilde, sonbaharda klorofil üretimi azaldığında, bazı ağaç cisimleri büyük miktarda antosyanins (kırmızı pigment) üretir. Ve bunun sonucu olarak da yapraklar açık kırmızı bir görünüm alır.

Yansıtma eğrisinin görünür bölgeye göre farklı gösterdiği ikinci bölge ise 0.70-1.30 μm arasında kalan yakın kızılötesi bölgedir. Bu bölgede yansıtma ve geçirilme önemli olup, ana etken yaprağın hücre yapısıdır. Yaprak pigmentlerinin bu bölgede tamamen geçirimli olmaları nedeni ile hemen hemen hiç yutulma söz konusu değildir. Yalnız 0.98 μm ve 1.20 μm dalga uzunluklarında yapraktaki su muhtevası nedeni ile çok az bir miktarda yutulma olur. Yaprak yapısı bitki türleri için birçok farklılıklar gösterildiğinden buna bağlı yansıtmadaki farklılıklardan yararlanarak türleri ayırt etmek mümkündür. Diğer taraftan hücre yapısının her hangi bir etki ile bozulması ve değişmesi de yansıtmanın özelliğini değiştirir.

Bundan sonra λ = 1.3-2.7 μm arasında yer alan orta kızılötesi bölgede bitkideki su muhtevası spektral yansımaya etki eder. Bu dalga boylarında 1.4, 1.9 ve 2.7 μm yakınında oluşan güçlü su soğurma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında dominanttır. Bu bölgede, yansıtım tepe noktaları, su soğurma bantları arasında, yaklaşık 1.6 ve 2.2 μm de oluşur. Yansıtma ile yapraktaki su muhtevası ters orantılı olup, su muhtevası da yaprak kalınlığı ile orantılıdır (Örmeci, 1987; Maktav ve Sunar, 1991).

3.3.2. Toprağın spektral karakteristikleri

Toprak maddelerinin çoğunun spektral yansıtım eğrileri, genellikle bitki örtüsününki kadar karmaşık değildir.

Toprağın yansıtımı genel olarak incelendiğinde artan nemin, spektrumun yansıtıcı bölgesi boyunca yansıtımın azalmasına neden olacağı görülmektedir. Havada kurumuş kumlu toprakların su soğurma bantlarındaki yansıtımında önemli miktarda su içeren kumlu toprakların ise, yaklaşık 1.4, 1.9 ve 2.7 μm soğurma bantlarındaki yansıtımında belirgin azalmalar vardır. Bu bantlar bitki örtüsünün yansıtımında

incelenen su yutma bantlarıdır. Özellikle su yutma bantlarında, toprağın nem muhtevası arttıkça yansıtım azalmaktadır.

Toprağın yansıtımını etkileyen diğer faktörler ise; toprağın dokusu, yüzey pürüzlülüğü, organik madde muhtevası, demir oksit miktarıdır.

Toprak dokusunun tanecik boyutu küçüldükçe yansıtım artar, aynı şekilde yüzey pürüzlülüğündeki azalma yansıtım değerini artırır. Bunun yanında organik madde muhtevası ve demir oksit miktarındaki artış yansıtım değerinde azalmaya neden olmaktadır (Maktav ve Sunar, 1991).

3.3.3. Suyun spektral karakteristikleri

Suyun spektral yansıtması da bitki örtüsü ve zemin gibi dalga uzunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir.

Görünür bölgede suyun yansıtması, su yüzeyinin durumu, suda askıda bulunan maddeler ve suyun içinde yer aldığı ortamın tabanı ile yakından ilgilidir. Yine suyun yutması ve geçirgenliği de su içinde bulunan organik ve organik olmayan maddelerin miktar ve büyüklüğüne bağlıdır. Suyun bulanıklığı geçirgenliğin azalmasına, buna karşılık yansımanın artmasına neden olur. Bulanık su, temiz suya göre daha büyük dalga uzunluklarında yansıtır.

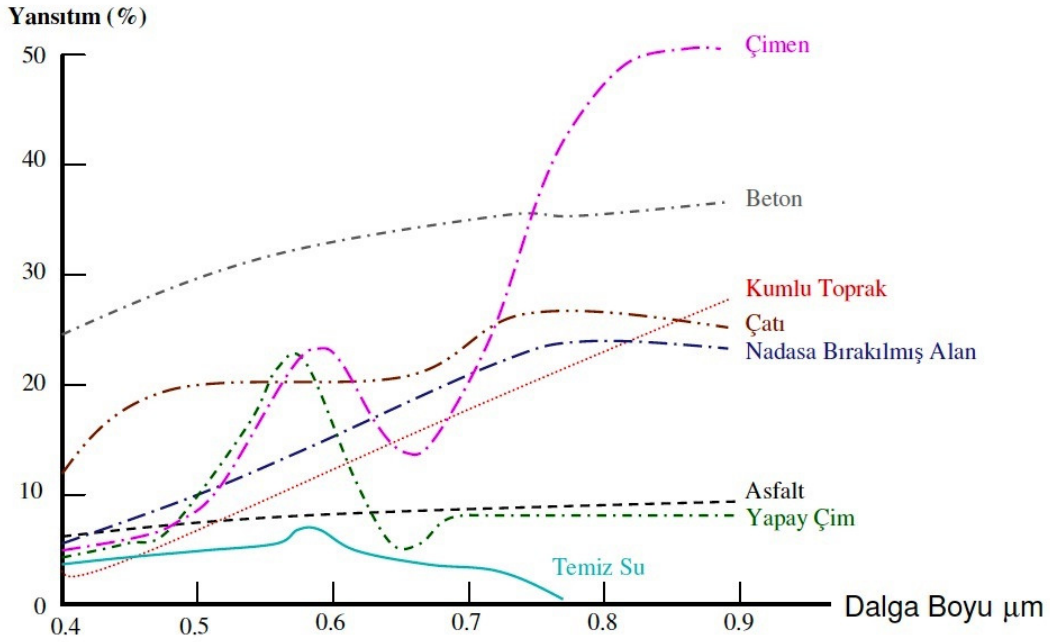
Suyun yansıtma özelliği, içinde bulunan klorofil miktarına göre de değişir. Klorofil yoğunluğundaki artma, suyun mavi dalga uzunluklarındaki yansıtmanın azalmasına, yeşil dalga uzunluklarındaki yansıtmanın ise artmasına neden olur. Bu değişiklikten yararlanarak yosun varlığı ve yoğunlukları uzaktan algılama verileri ile saptanabilir. Ayrıca görünür bölgedeki yansıma verilerinin değişiminden yararlanarak yağ, petrol, endüstri ve kanalizasyon artıkları gibi nedenlerle oluşan su kirlenmeleri belirlenebilir.

Kızılötesi bölgede ise suyun ışınımı yutma özelliği ağır basar ve hemen hemen gelen bütün ışınım yutulur. Yansıma çok az olduğundan yansıyan kızılötesi bölgede suyu, zemin ve bitki örtüsünden koyu siyah rengi nedeni ile ayırt etmek oldukça kolaydır (Örmeci, 1987).

3.3.4. Şehir alanlarının spektral karakteristikleri

Uzaktan algılamada, belirli dalga boyu aralıklarında ölçülen yansıtım değerleri bir takım spektral özellikler içerir. Bu spektral yansıtım istatistikleri genellikle uzaktan algılama ve şehir bölgelerinin karakterize edilmesine ve arazi kullanımına ait özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu spektral özellikler verilen şehir bölgesi için her zaman sabit olmayıp, spektral dağılım, incelenen alanın o anki parlaklık değerine, enerji ile algılayıcının tarama açısı arasındaki geometrik bağlantılara, atmosferik etkilere ve bölgenin fiziksel özelliklerine bağımlıdır.

Şehirleşme olgusu ile ilgili bir değerlendirme yapabilmek için farklı maddelerin spektral yansıtım eğrileri Şekil 3.4'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi pek çok eleman belirli spektral bölgelerde kabaca aynı spektral yansıtım özelliği göstermektedir. Fakat cisimlerin spektral özelliklerin arazi parçasının büyüklüğüne, bina inşa materyallerine, yapılan konum ve yönlerine, enleme (güneş açısı etkileri) ve atmosferik koşullara bağlı olarak değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle şehir olgusuyla ilgili uydu algılayıcıları tarafından elde edilen spektral özellikler ilk bakışta yanıltıcı olabildiğinden spektral bölgelerin doğru seçilmesi ve elde edilen spektral verilerin doğru bir şekilde yorumlanması gerekmektedir. Bu da hava fotoğrafları, çok spektrumlu algılayıcılar, mikrodalga algılayıcıları vb. o bölgeye ait farklı algılama sistemlerinden alınan verileri gerektirir (Rencz ve Ryerson, 1999).



Şekil 3.4. Şehir alanlarında farklı yer tiplerinin spektral yansıtım ergileri (Rencz and Ryerson, 1999)

3.4. Uzaktan Algılamada Çözünürlük Kavramı

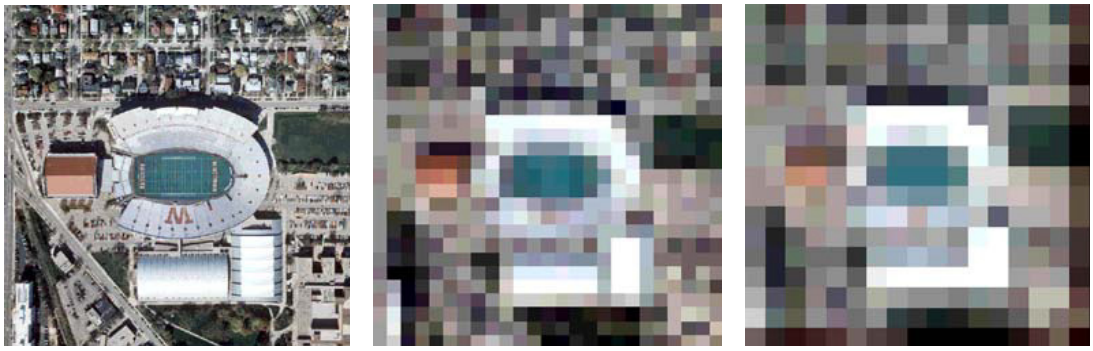
Çözünürlük genel anlamda ekranda veya monitörde görünen piksel sayısını ifade ederken uzaktan algılamada görüntüdeki bir pikselin yeryüzündeki karşılığını ifade etmektedir. Bir resim, görüntü matrisini oluşturmak üzere ızgara biçiminde küçük alanlara bölündüğü zaman oluşan her elemana resim elemanı ya da piksel adı verilir. Geometrik ayrım, diğer bir ifadeyle çözünürlük kavramı ile yakından ilişkili olan piksel sayısı görüntünün en küçük parçasıdır. Her bir piksel $Ps_{x,}$ Ps_y boyutunda bir resim elemanına karşılık gelir. Piksellerin bu $Ps_{x,}$ Ps_y boyutuna geometrik çözünürlük denir (Ayhan, 2003). Pikseller genellikle kare biçimindedirler. Yeryüzünde bir piksele karşılık gelen alan ne kadar değişik görünüm ve değere sahip olursa olsun, pikselin bir spektral banttaki değeri tek bir sayı ile ifade edilir.

Sayısal bir görüntü, bir resmin sürekli bir biçimde sayısallaştırılması ile elde edilebileceği gibi, modern çok bantlı tarayıcılar ve bazı elektronik kameralar ile direkt olarak elde edilebilirler. Sayısal görüntü elde edebilen bir tarayıcı yapısı itibariyle belirli bir anda yeryüzünde ancak belirli bir alana ait spektral değeri kaydeder. Algılayıcının belirli bir anda yeryüzünde görüntüleyebildiği alana anlık görüş alanı adı verilir. Uzaktan algılamada konumsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük olmak üzere dört farklı çözünürlük söz konusudur (Çölkesen, 2009).

3.4.1. Konumsal çözünürlük

Konumsal çözünürlük veya konumsal ayırma gücü görüntü üzerindeki objelerin ayırt edilebilirliği ile ilgilidir ve belirlenebilen özelliğin olası en küçük boyutunu ifade eder. Başka bir ifadeyle; bir görüntüleme sistemi tarafından kayıt edilebilen iki nesne arasındaki en küçük uzaklık olarak tanımlanan konumsal çözünürlük amaca bağlı olarak değişik ölçütlerle belirlenebilir (Ayhan, 2003). Bu ölçütlerden birisi algılayıcının anlık görüş alanıdır (AGA). Konumsal çözünürlüğün en genel şekilde tanımı görüntüyü kaydeden sistemin alıcısının anlık görüş alanının yeryüzünde karşılığı olarak ifade edilebilir. Anlık görüş alanı, uzaktan algılama uyduları üzerinde bulunan tarayıcı optiğin gücünü ifade eder ve herhangi bir anda belirli bir yükseklikten algılayıcı sensör ile gözlenen veya kayıt edilen yeryüzüne karşılık gelen alan olarak tanımlanabilir. Uzaktan algılamada bir sensörün veya alıcının anlık görüş alanı açısaldır; yeryüzündeki karşılığı da uydu yüksekliğine göre değişebilmektedir (Şekil 3.5). Bu büyüklük aynı zamanda pikselin boyutuna eşittir. Anlık görüş alanı açısal ve uzunluk olarak iki şekilde ifade edilebilir (Çölkesen, 2009).

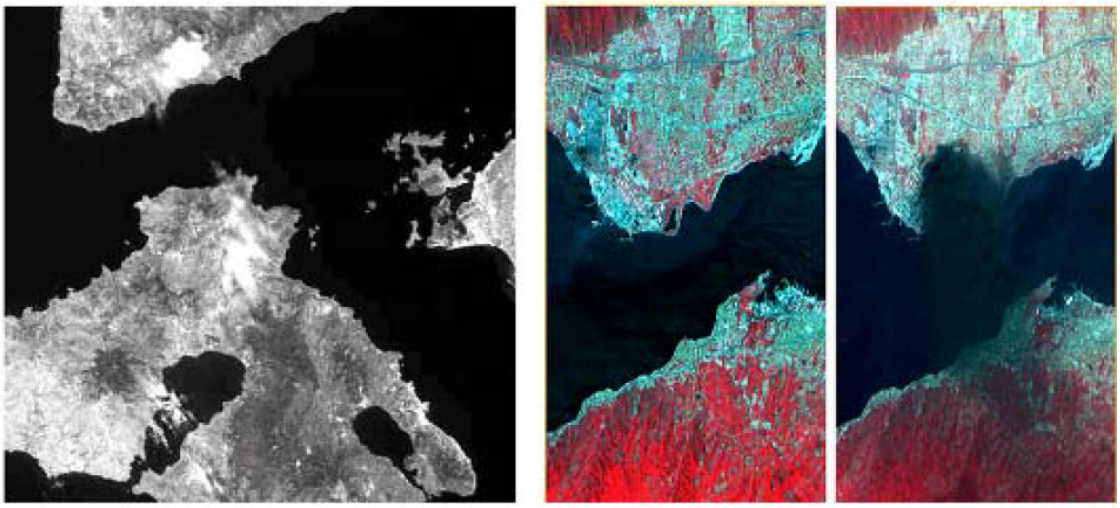
Şekil 3.5'de aynı bölgeye ait farklı konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerine ait örnekler verilmiştir. Şekilde konumsal çözünürlüğün artmasıyla görüntüdeki objelerin birbirinden ayırt edilebilirliğinin arttığı ve yorumlanma açısından daha kolay bir hale geldiği açıkça görülmektedir. Aynı şekilde çözünürlük azaldıkça objelerin ayırt edilebilmesi ve görüntünün analizi zorlaşmaktadır (Çölkesen, 2009).



Şekil 3.5. Konumsal çözünürlük kavramı. 1 metre, 10 metre, 30 metre çözünürlüklü görüntüler

3.4.2. Spektral çözünürlük

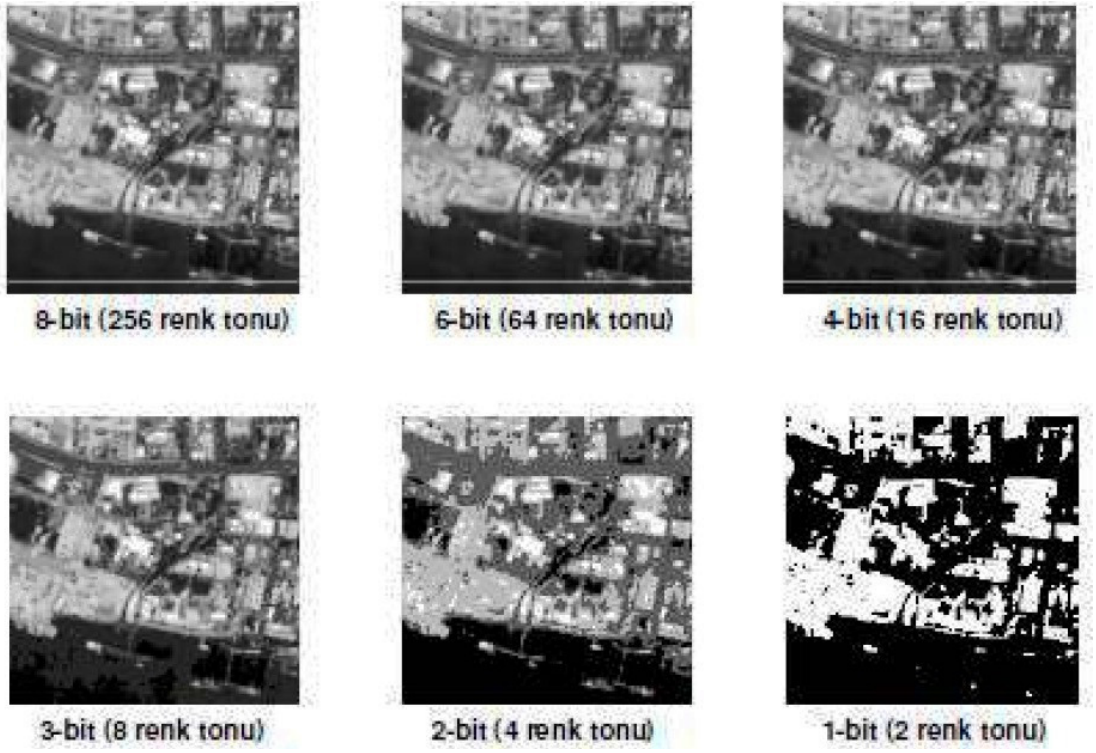
Spektral çözünürlük, algılayıcının kaydedebileceği elektromanyetik spektrumun dalga aralıklarını ve sayısını ifade etmektedir. Bu çözünürlük genel tanımıyla kullanılan bantların sayısını ve genişliğini ifade eder. Spektral çözünürlük yeryüzündeki cisimlerin ve arazi türlerinin uzaktan algılama yolu ile tanımlanabilmeleri için gerekli olan en önemli özelliktir. Spektral özellik, her cismin yansıma, yayılma, geçirgenlik ve soğurma özelliği olarak ifade edilebilir. Algılayıcıların tasarımı da bu spektral özelliklerdeki değişiklikleri fark edecek ve istenen ayrımları yapabilecek şekilde yapılmıştır. Yeryüzündeki cisimlerin spektral özellikleri ile kendilerine has özellikleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Her spektral bant elektromanyetik spektrumun belirli bir bölümüne duyarlıdır. Bu bölümlerde başlangıç ve bitiş dalga boyları ya da merkez frekansı ve bant genişliği biçiminde verilir. Uzaktan algılama aletlerinin spektral ayırma gücü kullanılan bant genişliği ile belirlenir. Daha iyi spektral çözünürlük özel bir kanal ya da bant için daha dar dalga boyu aralığı anlamındadır. Teorik olarak spektrum ne kadar çok ve küçük parçaya ayrılırsa, spektral ayırma gücü de o kadar artar. Bu nedenle en iyi çözüm en az bant kullanılarak istenilen ayrımı yapabilmektir. Spektrumun pozisyonu, genişliği ve sayısı hedefe göre düzenlenir. Spektrumun değişik bölgelerini kullanan çok bantlı görüntülere Multi-Spektral Görüntüler adı verilir. Çok bantlı veri setleri, her bir tabaka için dijital değerler ile her bir pikselin birleştirildiği değişken sayıdaki tabakaları içermektedir. Veri içinde her bir tabaka bir bandı kapsamaktadır. Uzaktan algılama uydularına ait spektral çözünürlük uydunun kaç bantta görüntü verdiği ve kullanılan her bir bandın genişliğine özelliklerine göre tanımlanır. Örneğin, Landsat MSS dört bant içinde verileri edinirken, Landsat TM yedi bantlı bir sistem içinde aynı işlemi gerçekleştirir (Gibson, 2000).



Şekil 3.6. SPOT Uydusu pankromik ve multispektral görüntüleri

3.4.3. Radyometrik Çözünürlük

Piksellerin yapısı, bir görüntünün uzaysal yapısını tanımlarken, radyometrik özellikler bir görüntüdeki gerçek bilgiyi ifade etmektedir. Bir filmden ya da bir algılayıcı tarafından elde edilen görüntünün elektromanyetik enerji miktarına duyarlılığı, radyometrik çözünürlüğü ifade etmektedir. Yeryüzündeki her bir piksele karşılık gelen alanlardan yansıyan ışığın şiddetine göre her obje, algılayıcılar tarafından değişik derecelerde kaydedilir. Buna o alıcının radyometrik çözünürlüğü adı verilir. Kısaca radyometrik çözünürlük, objeleri tanımlamada ve ayırt etmede kullanılan toplam renk tonu sayısıdır. Derecelendirme veya tonlandırma ne kadar yüksek olursa, ayırt etme gücü de o kadar yüksek olur. Bir uzaktan algılama sisteminde radyometrik çözünürlük, siyah ve beyaz renkleri arasında ölçülen gri derecelerinin sayısını ölçmektedir. Radyometrik çözünürlükte ölçme değeri bit olarak adlandırılır. Bir bitlik sistem sadece iki gri düzeyini ölçebilmektedir (21=2). 8-bitlik bir sistemde 256 gri derecesi kaydedilmektedir. Böyle bir sistemde siyah renk dijital değer olarak sıfıra, beyaz renk ise 255 değerine atanmaktadır. Çoğu uzaktan algılama sisteminde radyometrik çözünürlük 6-bit ya da daha fazladır (Gibson, 2000).



Şekil 3.7. Aynı bölgeye ait 1,2,3,4,6 ve 8-bitlik bir görüntü (1) ile 8-bitlik bir görüntüler karsılaştırıldığında, radyometrik çözünürlükle ilişkili olarak detay ayırt etme seviyesindeki fark göze çarpmaktadır (Kıyak, 2011)

3.4.4. Zamansal çözünürlük

Zaman içindeki değişimleri göstermeleri birçok cisim için ayrımı kolaylaştırıcı etken olmaktadır. Görüntülerin farklı zamanlarda, değişik zaman aralıklarıyla alınması çok zamanlı uydu görüntülerin elde edilmesini sağlar. Burada hem iki görüntü arasındaki zaman farkı hem de alım zamanı önemlidir. Uygun zaman aralığı amaca bağlı olarak yıl, mevsim, birkaç gün veya hafta olabilir. Uzaktan algılamanın önemli işlevlerinden biri de zaman içerisindeki değişimleri izlemektir. Bu nedenle algılayıcı sistemin ayırma gücü özelliklerin belirlenmesinde zamansal ayırma gücü sistem için tanıtıcı bir özellik olmaktadır (Ayhan, 2003). Uzaktan algılama sistemleri için zamansal çözünürlük, aynı alan için hangi sıklıkta verilerin edinildiğini ifade etmektedir (Gibson, 2000). Bir alıcının belirli bir noktayı ardışık olarak algılayabileceği zaman dilimidir. Örneğin, Spot uydusu 26 günde bir aynı noktadan geçerken Landsat uydularından 1. 2. ve 3. uydular 18 günde bir; 4. 5. ve 6. uydular ise 16 günde bir aynı noktadan geçerler. Atmosferik etkiler nedeniyle her uydu geçişi sırasında yapılan kayıt kullanılamamaktadır (Çölkesen, 2009).

3.5. Uydu Görüntülerinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi

İşlenmemiş, ham (orijinal) uydu görüntüleri uydunun bulunduğu yükseklikteki, konumdaki ve algılayıcı platformun hızındaki değişimler, atmosferik kırılma gibi etkenlerle oluşan sistematik veya sistematik olmayan geometrik distorsiyonlar içerdikleri için harita olarak kullanılmazlar (Campbell, 1987; Kaya ve ark., 2004; Sabins, 1996; Toutin, 2004). Ayrıca, değişim belirleme çalışmaları, aynı birime ölçeklendirilmiş ve uyumlu hale getirilmiş uydu görüntülerinin kullanımını gerektirmektedir (Jensen, 2000; Lillesand ve ark., 2004). Bu nedenle, sistematik olan distorsiyonlar matematiksel modeller kullanılarak düzeltilirken, sistematik olmayan distorsiyonlar hem görüntü koordinatları hem de yer koordinatları bilinen (haritadan ölçülmüş veya GPS ile belirlenmiş veya enlem/boylam değerleri belirlenmiş) noktalardan elde edilen iki farklı koordinat sistemindeki verilerin (En Küçük Kareler yöntemi uygulanarak) dönüşümleri yardımıyla giderilir. Bu hataların giderilmesinde görüntüden haritaya dönüşüm yapılabileceği gibi, görüntüden görüntüye de dönüşüm yapılabilir (Musaoğlu, 1999). Ayrıca, yeterli kontrol noktasının bulunmadığı durumlarda birden çok uydu görüntüsü, hava fotoğraflarının düzeltilmesinde uygulanan yöntem kullanılarak blok şeklinde düzeltilebilir (Toutin, 2003).

Görüntü ve yer koordinat sistemleri, polinom denklemleri kullanılarak ilişkilendirilebilir. Polinomların derecesi görüntünün özelliklerine ve harita projeksiyon tipine bağlıdır. Küçük alanlı görüntüler için 1. derece polinomlar kullanılabilir. Bir tam Landsat TM görüntüsü için 2. derece veya daha yüksek mertebeden polinomlar kullanılmalıdır (Mather,1987). İki koordinat sistemini ilişkilendirmek için oluşturulan dönüşüm modelinde kullanılan t. dereceden bir polinom (genel olarak) şöyle ifade edilir:

$$X= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy +.....+ a_ny^t \quad (3.1)$$

$$Y= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy +.....+ b_ny^t \quad (3.2)$$

Dönüşüm öncesi ve sonrası koordinat değerleri arasındaki fark olan karesel ortalama hata (KOH) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır;

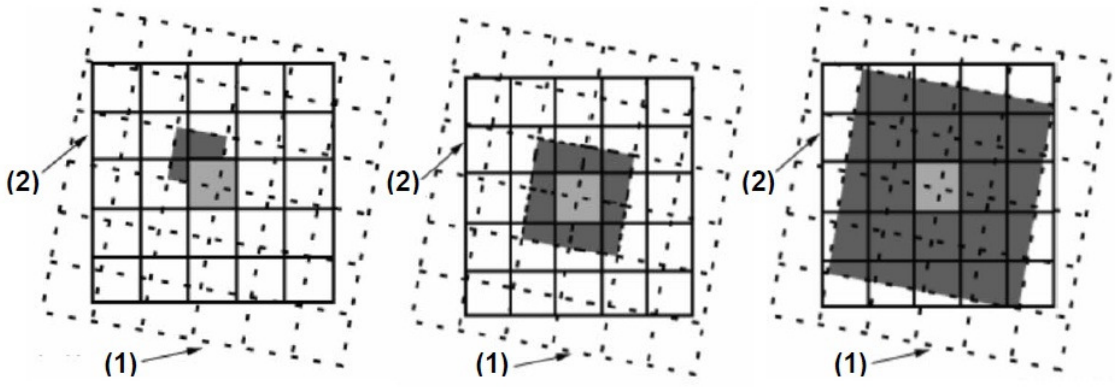
$$KOH= \sqrt{(X - x)^2 + (Y - y)^2} \quad (3.3)$$

Dönüşüm işleminden sonra geometrik düzeltmesi yapılmış görüntü için piksel değerlerinin yeniden hesaplanması, yani yeniden örnekleme işlemi ise, görüntünün seçilen referans koordinat sisteminin x ve y eksenlerine karşılık gelen yeni bir kareler ağı içerisine yeniden örneklenmesidir. En Yakın Komşuluk, Bilineer Enterpolasyon ve Kübik Enterpolasyon Yöntemi olmak üzere üç farklı yeniden örnekleme yöntemi vardır.

En Yakın Komşuluk Yöntemi: Düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntüdeki en yakın pikselin atanması ile elde edilmektedir. Hesaplama kolaylığına karşılık, orijinal piksel değerlerinin çıktı görüntüsünde atanması sırasında oluşan kaymalar nedeni ile görüntüde kopukluklar oluşması bu tekniğin en büyük dezavantajıdır.

Bilineer Enterpolasyon Yöntemi: Bu yöntemde en yakın dört pikselin ağırlıklı ortalaması çıktı görüntüsünün piksel değeri olarak alınmaktadır. Geometrik açıdan daha doğruluklu bir yöntem olmasına karşılık, orijinal piksel değerleri değişmekte ve kenar düzeltmesi olduğundan bazı veri dosya değerleri kaybolmaktadır.

Kübik Enterpolasyon Yöntemi: Bu yöntemde ise en yakın 16 pikselin ağırlıklı ortalaması alınarak dönüşüm gerçekleştirilmektedir. Diğer yöntemlerle karsılaştırıldığında, karmaşıklığı, hesaplama zamanının uzunluğu ve orijinal piksel değerlerinin değişimi olumsuz etkenlerdir. Ancak en doğru örnekleme yöntem olup görüntüyü keskinleştirmektedir (Süslü, 2007).



Şekil 3.8. Yeniden örnekleme işleminde orijinal görüntü ile çıktı görüntüsü arasındaki dönüşüm
(1): orijinal (ham) görüntü **(2):** geometrik olarak düzeltilmiş görüntü

3.6. Uydu Görüntülerinin Radyometrik Olarak Düzeltilmesi

Radyometrik düzeltmenin amacı uydu görüntülerinin algılanması sırasında ortaya çıkan atmosferik etkileri azaltmak ve uydu görüntüsüne ait piksel parlaklık değerlerini (digital numbers) yersel spektral yansıtma değerleri ile spektral olarak karşılaştırılabilir birime dönüştürmektir (Lu ve ark., 2002; Yang ve Lo, 2000). Bu işlem iki aşamada gerçekleştirilir (Chavez, 1996; Chander ve Markham, 2003):

1-) Piksel Parlaklık Değeri-Spektral Parlaklık Değeri dönüşümü (Digital Numbers-Spectral Radiance).

2-) Spektral Parlaklık Değeri-Spektral Yansıtma Değeri dönüşümü (Spectral Radiance- Ground Surface Reflectance).

İlk aşamada, piksel parlaklık değerlerinin spektral parlaklık değerlerine dönüştürülmesi işlemi aşağıdaki eşitlikler ile gerçekleştirilir. Gainλ (W/(m^2.sr.μm)/DN biriminde) ve Bias$_\lambda$ (W/(m^2.sr.μm) biriminde) uydu verisinin bilgi dosyasında (header file) verilen, spektral banda ait yeniden ölçeklendirme katsayıları; λ spektral band numarası; L_λ algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri olmak üzere;

Landsat-5 için:

$$L_\lambda = Gain_\lambda * DN_\lambda + Bias_\lambda \quad (3.4)$$

Spot-4 için:

$$L_\lambda = DN_\lambda / Gain_\lambda \quad (3.5)$$

eşitlikleri ile spektral parlaklık değerlerini hesaplama işlemi, bir görüntüyü ortak bir radyometrik ölçeğe dönüştürmek için ilk ve en önemli aşamadır.

İkinci aşamada ise uydu verileri, yer ölçmeleri ile karşılaştırılabilir hale dönüştürülür (Örmeci ve Ekercin, 2006). Bu amaçla, ilk aşamada elde edilen spektral parlaklık değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla spektral yansıtım değerlerine dönüştürülür.

$$R=(\pi * L\lambda * d^2) / (ESUN\lambda * Cos\theta s) \quad (3.6)$$

burada;

• R; birimsiz spektral yansıtma değeri (yer yüzeyindeki)

• π; sabit pi sayısı (3.141592654)

• L_λ; algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri

• d; astronomik birimde, dünya ile ay arasındaki mesafe

• $ESUN_\lambda$; algılayıcılar için belirlenen ve uyduyu işleten kurum tarafından verilen sabit

• θ_s; derece biriminde Güneş zenit açısı (90°- Güneş yükseklik açısı)'dır.

3.7. Görüntü Zenginleştirme

Görüntü zenginleştirmenin amacı bir görüntüdeki özellikler arasındaki ayırt edilebilirliği artırarak görüntünün görsel yorumlanabilirliğini artırmaktır. Görüntü zenginleştirme işlemleri üç ana başlık altında toplanabilir (Lillesand ve ark., 2004).

1-) Kontrast Artırımı: Yoğunluk dilimleme, kontrast yayma

2-) Uzaysal Özelliklerin İşlenmesi: Filtreleme, kenar zenginleştirmesi, Fourier analizi

3-) Çok Kanallı Uydu Verilerinin Zenginleştirilmesi: Çok spektrumlu bant oranlama ve fark alma, ana bileşenler dönüşümü, IHS (Intensity-Hue-Saturation) dönüşümü.

3.7.1. Kontrast artırılması

İşlenmemiş dijital görüntüde kullanılan veri, kullanılabilir dijital değerin sadece küçük bir bölümünü kapsamaktadır. Kontrast artırmada amaç, orijinal parlaklık değerini daha geniş bir alana yayarak gri renk tonu alanlarını daha belirgin hale getirip ayırt edile bilirliğini artırmaktadır:

• Lineer kontrast artırımı

• Uniform (homojen yayma)

• Gauss Dağılımı

Lineer kontrast artırımı yönteminde, dijital görüntüde ortaya çıkan en düşük ile en yüksek parlaklık değerleri daha geniş bir bölgeye (0-255 arasında) lineer olarak yayılır. Bunun için önce görüntüdeki alt ve üst sınırlar belirlenir. Alt sınır 0 (siyah) üst sınırda da 255 (beyaz) parlaklık değerine eşitlenerek görüntüdeki ara değerler bu sınırlar arasına yayılır. Bu işlem sonucu açık tondaki alanlar daha açık, koyu tondaki alanlar ise daha koyu görünerek kontrast artırımı sağlanır. Bu yöntemin dezavantajı, belirli

parlaklık değerlerinin altında ve/veya üstünde kalan değerler göz önüne alınmadığından belirli miktarda detay kaybı oluşmasıdır.

Uniform (homojen yayma) yöntemi, lineer olmayan bir yöntemdir. Bu yöntemde orijinal görüntüde parlaklık değerlerinin en yoğun olduğu bölge, daha az yoğun olan bölgeye göre daha geniş bir çizgiye yayılmaktadır. Böylece daha az oranda açık ve koyu renk tonları bastırıp, yalnızca bu kısımlarda detay kaybı oluşmaktadır.

Gauss dağılımı yönteminde ise, orijinal görüntünün histogramı, 0 ile 255 parlaklık değerlerin arasında normal dağılım eğrisine çakıştırılmaktadır. Lineer olmayan bu yönteme göre daha iyi bir kontrast artırımı elde edilmesine rağmen, orta gri renk tonunum yer aldığı orta bölgelerde kontrastın daha az kalması yöntemin dezavantajı olmaktadır.

Kontrast artırımı için kullanılacak yöntemin seçiminde dikkat edilmesi gereken iki nokta, görüntünün histogramı ve incelenecek özelliklerin amacına uygun olmasıdır (Süslü, 2007).

3.7.2. Filtreleme

Filtreleme işleminin amacı görüntü üzerindeki gürültü ve parazitleri gidermek ve cisimlerin ayırt edilebilirliğini artırmaktır. Görüntü işleme tekniklerinde görüntülerin zenginleştirilmesi amacıyla, alçak geçirgen ve yüksek geçirgen olmak üzere iki tür filtre kullanılmaktadır. Alçak geçirgen filtre ile görüntü kalitesini bozan gürültü ve parazitler giderilirken, yüksek geçirgen filtre kullanımı ile parazitsiz görüntülerde algılayıcı sistemin çözebilirlik sınırında veya altında kalan küçük cisimlerin ayırt edilebilmesini sağlamaktır.

Bir çalışmada kullanılacak filtrenin tipi ilgili problemin çözümü için gerekli olan işlemlere bağlıdır. Yüksek geçirgen filtre yüksek frekansları geçirir ve kenarları ve ayrıntıları vurgular. Alçak geçirgen filtre, yüksek frekansları bastırır ve bir görüntüyü yumuşatma (image smoothing) işleminde yararlıdır. Gürültüyü azaltarak ya da tamamen gidererek görüntüyü genelleştirir. Çalışmanın amacına göre, geometrik çözünürlük kaybının önemli olmadığı işlerde büyük filtre boyutları, çözünürlüğün arttırılmasının amaçlandığı çalışmalarda ise küçük filtre boyutları kullanılmaktadır (Musaoğlu, 1999).

3.7.3. Çok kanallı uydu verilerinin zenginleştirilmesi

Ana bileşenler dönüşümü, çok değişkenli (çok boyutlu) veriler arasında bulunan korelasyonu gidermek amacıyla verileri yeni bir koordinat sistemine dönüştüren bir veri dönüşümü yöntemidir. Bir tür veri sıkıştırma işlemi olan ana bileşenler dönüşümü uzaktan algılamada, çok kanallı veri gruplarında benzer kanalları bastırmak ve daha çok bilgi veren yeni bir veri grubu oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Ana bileşenler dönüşümü sonucunda elde edilen yeni veri grubundaki ilk üç kanal (en fazla bilgiyi içermesi nedeniyle) kullanılır.

Çok spektrumlu görüntülerin birden çok kanalı üzerinde yapılan işlemlerle görüntülerin zenginleştirilmesi amacıyla oran görüntüleri oluşturulur. Bant oranlama, yeni bir görüntü oluşturmak amacıyla bir banttaki piksel parlaklık değerlerinin ikinci bir banttaki karşılığı olan piksel parlaklık değerlerine oranlanması işlemidir. Bu oranlar, seçilen iki ya da daha fazla bandın her birindeki spektral özelliklere bağlı olarak, görüntüde bulunan özellikleri baskın hale getirir ya da zenginleştirir. Bu işlem ile elde edilen görüntülere oran görüntüsü denir ve spektral bantlar arasındaki aritmetik işlemler ile elde edildikleri için bu görüntülerin uygulama alanlarını sınırlamak mümkün değildir. Yapılan çalışmanın amacına yönelik olarak farklı oranlama teknikleri ile oluşturulan oran görüntüleri kullanılabilir (Kaya, 1999).

3.8. Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma yöntemi, görüntü üzerindeki piksellerin kullanıcı müdahalesi olmaksızın belirli algoritmalar kullanılarak otomatik olarak kümelendirilmesi veya gruplandırılması temeline dayanmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma; görüntüdeki veri tanımlanamadığında başvurulan yöntemdir. Çalışma alanına ait yeterli bilginin olmaması ve bölgenin genel yapısı hakkında ön bilgiye gereksinim duyulan çalışmalarda bu sınıflandırma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, arazi örtüsü tipini bilinmesine gerek yoktur, öncelikle görüntü üzerinde sınıf sayıları belirlenir. Kontrolsüz sınıflandırmada görüntü üzerindeki piksellere ait farklı bantlardaki sayısal değerler kullanılarak benzer piksellerin otomatik olarak bulunması ve bu piksellerin bir sınıfa atanması temel alınmaktadır. Ortak özelliklere sahip veya benzer pikseller sembol, değer ya da sınıf etiketine atanır, gerektiğinde de aynı tip sınıflarla birleştirilir (URL 2).

Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşacak sınıflar, spektral sınıflardır (Lillesand ve ark., 2007). Elde edilen bu spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemekte olup, daha sonra o bölgeye ait topoğrafik haritalar, hava fotoğrafları ve mevcut yardımcı bilgilerle karşılaştırılarak oluşturulan sınıfların doğal özellikleri belirlenebilmektedir (Özkan, 1998).

Kontrolsüz sınıflandırma da karar kuralı olarak minimum uzaklık kullanır. Pikseller, görüntünün sol üst köşesinden başlanarak soldan sağa ve satır satır analiz edilir. Aday piksel ile her bir küme ortalaması arasında spektral uzaklık hesaplanır ve en yakın kümeye atanır. Tam otomatik bir sınıflandırma yöntemi olan kontrolsüz sınıflandırmada pikseller arasındaki spektral uzaklıklar, Mahalonobis ve Öklit uzaklığı gibi formüllerle hesaplanır. Öncelikle istenilen sınıf sayısı kadar oluşturulan kümenin ortalaması hesaplanır ve her iterasyondan sonra, her bir kümenin yeni ortalaması hesaplanılarak, bu ortalamalar bir sonraki iterasyon kümelerinin tanımlanmasında kullanılır. Kontrolsüz sınıflandırmada küme merkezleri geçici olarak hesaplanarak, piksellerin dâhil olacağı sınıflar belirlenir ve bu işlem küme merkezlerinin konumlarında değişim olmayana kadar devam eder (URL 2).

3.9. Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma görüntü üzerindeki alanlara ait dış verilere dayalı olarak gerçekleştirilir. Bu veriler arazi çalışmaları yapılarak, hava fotoğraflarının analiz edilmesiyle veya konu ile ilgili mevcut haritalardan elde edilebilir (Mather, 1987). Yöntemde görüntünün hangi sınıflara ayrılacağı, ya da görüntüden hangi sınıfların elde edilmek istenildiği önceden belirlenir. Bunun için görüntüden belirlenen sınıflara ait kontrol alanlarının seçilmesi gerekmektedir. Bu seçim için gerektiğinde arazide yer gerçekliğinde çalışma yapılması zorunludur. Kontrol alanlarının seçimi sınıflandırmanın doğruluğunu etkileyen bir aşamadır. Uygulamada sıkça karşılaşılan sorun sınıf çakışmasıdır. Sınıf çakışmasının nedenlerinden biri de kontrol alanlarının ölçümünde yapılan hatalardır (URL 2).

Kontrollü sınıflandırma da, çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnekleme alanları kullanılarak, piksel değerlerinin özellik dosyaları oluşturulur. Kontrol alanlarının örneklediği özellik dosyalarının görüntü verilerine uygulanması ile her bir piksel, hesaplanan olasılık değerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır.

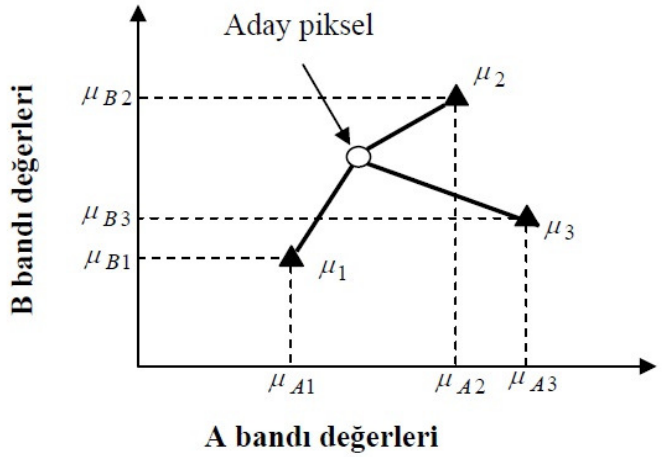
Kontrollü sınıflandırma da, ilk adım örnekleme adımıdır. Örnekleme aşamasında, analist her bir arazi örtüsü çeşidini temsil edecek örnekleme bölgeleri seçer ve bu bölgelerin spektral özelliklerini açıklayacak sayısal değerler geliştirir. İkinci adım, sınıflandırma adımıdır. Sınıflandırma adımında, görüntü verisindeki her bir piksel en çok benzer olduğu arazi örtüsü kategorisine dâhil edilir. Görüntü elemanı örnekleme bölgeleriyle uyum sağlamıyorsa bilinmeyen olarak etiketlenir. Bilinmeyen piksel değerinin hangi arazi örtüsü grubuna dâhil olacağı daha sonra belirlenir. Her bir piksele atanan sınıf, yorumlanmış veri dizisinde yerini alır ve böylece çok boyutlu görüntü matrisi, karşılık gelen yorumlanmış arazi örtü sınıfı tiplerinin oluşturduğu matrisi geliştirme de kullanılır (Kansu, 2006). Bütün veriler kategorize edildikten sonra sonuçlar çıktı adımında sunulur. Sonuçlar tematik haritalar, istatistiksel tablolar veya coğrafi bilgi sistemlerine dâhil edilebilecek nitelikteki sayısal veri kütükleri şeklinde ortaya koyulurlar (Lillesand ve Kiefer, 1994). Kontrollü sınıflandırma yönteminde kullanılan en önemli algoritmalar, en kısa uzaklık sınıflandırıcısı, paralelkenar sınıflandırıcısı, Mahalanobis uzaklığı ve en çok benzerlik algoritmalarıdır.

3.9.1. En kısa uzaklık sınıflandırıcısı

En kısa uzaklık sınıflandırıcısında her bir örnek sınıf için hesaplanan ortalama vektör ile aday piksel arasındaki spektral uzaklık hesaplanır. Hesaplanan spektral uzaklıklara göre aday piksel en kısa mesafedeki örnek sınıfa atanır (Erdas, 2008). Şekil 3.9'da aday pikselin üç özelliğe ait ortalama vektöre olan spektral uzaklıkları bir çizgi ile ifade edilmiştir. Şekle göre aday piksel bu spektral uzaklıklardan en kısa mesafede olan sınıfa atanmasıyla sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Örnek sınıf ortalama vektörü ile bilinmeyen piksel arasındaki uzaklığa spektral uzaklık denir ve uzaklığın bulunması eşitlik 4.7'de ifade edilen Öklit uzaklığı esasına dayanmaktadır.

$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\mu_{ci} - X_{xyi})^2} \qquad (3.7)$$

Bu eşitlikte; n, bant sayısını (boyutu); i, belirli bir bandı; c, belli bir sınıfı; X_{xyi}, i. banttaki pikselin x, y değerlerini; μ_{ci}, i bandındaki c sınıfına ait örneklere ait değerlerin ortalamasını; SD_{xyc}, aday pikselin c sınıfına ait ortalama vektöre olan spektral uzaklığı olarak ifade edilebilir (Erdas, 2008).



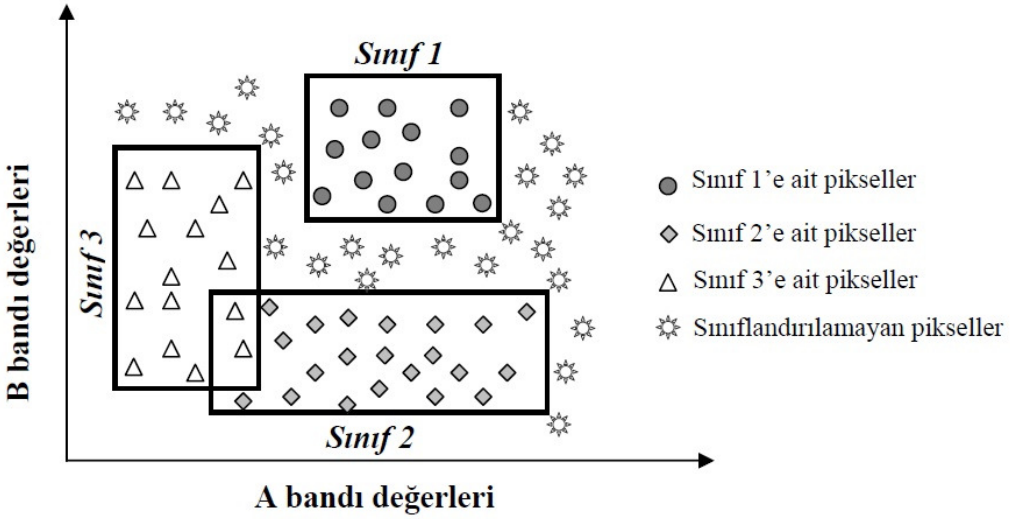
Şekil 3.9. En kısa uzaklık (spektral uzaklık) sınıflandırıcısı

En kısa uzaklık yöntemi matematiksel ifadesi anlaşılabilir, basit ve hesaplama zamanı açısından hızlı olan bir kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Yöntemin bu önemli avantajlarının yanında en önemli eksikliği görüntü üzerindeki objelerin spektral olarak birbirine çok yakın değerlere sahip olması ve yüksek varyans değerlerine sahip olması durumlarında ürettiği düşük doğruluktur. Bununla beraber yöntemle yapılan sınıflandırma sonucunda spektral uzaklıklar göz önüne alındığından her bir aday pikselin örnek sınıflardan birine atanması söz konusudur (Lillesand ve Kiefer, 1994).

3.9.2. Paralelkenar sınıflandırıcısı

Paralelkenar sınıflandırıcısında her bir örnek sınıfın her bir banttaki en düşük ve en yüksek spektral değerleri dikkate alınarak, dikdörtgen bölgeler oluşturulur. Daha sonra sınıflandırılmak istenen aday piksel içerisinde bulunduğu dikdörtgen bölgenin ait olduğu örnek sınıfa atanır (Lillesand ve ark., 2007). Parametrik olmayan bir yaklaşım olan paralelkenar karar kuralı hesaplama zamanı açısından hızlı ve matematiksel ifadesi basit olan bir yöntemdir. Bu yöntemin sonucunda sınıflandırılamayan piksel sayısı fazladır. Sınıflar arasında çakışan alanlar olması durumunda sınıflandırma işlemi zorlaşmaktadır. Bu durumda aday piksellerin çakışan sınıflardan birine rastgele atanması ile problem çözülür. Sonuç olarak aday pikselin olması gerekenden farklı bir sınıfa atanması da söz konusu olabilmektedir. Şekil 3.10'da iki boyutlu bir veri seti için paralelkenar karar kuralı sınıflandırıcısı gösterilmiştir. Şekilde iki banttaki üç sınıfa ait veriler ve bu sınıfların oluşturduğu dikdörtgen bölgeler görülmektedir. Sınıflandırma

sonucunda bazı bölgelerde çakışma ve çok sayıda aday pikselin sınıflandırılamaması söz konusudur (Çölkesen, 2009).



Şekil 3.10. Paralelkenar sınıflandırıcısı

3.9.3. Mahalanobis uzaklığı sınıflandırıcısı

Mahalanobis uzaklığı sınıflandırıcısı, bantlardaki verilerin normal dağılımda olduğunu kabul eder ve bu kabulle iyi sonuçlar vermektedir. Yöntem en kısa uzaklık karar kuralına benzemekte ancak bu yöntemde eşitliklerde kovaryans matrisi de kullanılmaktadır (Erdas, 2008). Mahalanobis yöntemi varyans ve kovaryans gibi istatistikî değerler kullanmasından ötürü parametrik bir yaklaşımdır. Varyans ve kovaryans değişik özellikteki çeşitli sınıflar için denklemde karşılıklı olarak hesaplanır. Yüksek varyansa sahip kümeler aynı şekilde varyansa sahip sınıflara, düşük varyansa sahip kümeler düşük varyanslı sınıflara atanacaktır (Göksel, 1996). Mahalanobis uzaklığı sınıflandırıcısı, minimum uzaklık ya da paralelkenardan faklı olarak sınıf değişimi göz önüne alınır. Mahalanobis uzaklığında işlenen örnekte ya da bir kümedeki piksellerde büyük bir dağılma varsa o işaretin kovaryans matrisi büyük değerler içerecektir (Kansu, 2006). Mahalanobis uzaklığı sınıflandırıcısı için kullanılan eşitlik;

$$D= (X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c) \quad (3.8)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu eşitlikte; D, Mahalanobis uzaklığını; c, belirli bir sınıfı; X, aday pikselin ölçüm vektörünü; M_c, c sınıfındaki özelliklere ait ortalama vektörü; Cov_c, c sınıfındaki piksellere ait kovaryans matrisini; Cov_c^{-1}, Cov_c'nin ters matrisini ve T ise transpoze fonksiyonunu ifade etmektedir. Yöntemin temel çalışma prensibi, sınıflandırılacak aday pikselin, eşitlik 3.8 ile hesaplanan mahalanobis uzaklığının en düşük olduğu sınıfa atanması şeklindedir. Yöntem istatistikî değerlerin dikkate alınmasının zorunlu olduğu durumlarda en kısa uzaklık yöntemine göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Diğer taraftan yöntem, paralelkenar ve en kısa uzaklık yöntemine göre daha uzun bir hesaplama süresi gerektirmektedir (Erdas, 2008).

3.9.4. En çok benzerlik sınıflandırma algoritması (Maximum Likelihood)

En çok benzerlik yöntemi literatürde en yaygın olarak kullanılan etkili bir kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Bu yöntemde ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatistikî değerlerin tümü dikkate alınır. Kontrol alanlarını oluşturan sınıflar için olasılık fonksiyonları hesaplanmakta ve buna göre her bir pikselin hangi sınıfa daha yakın olduğuna karar verilmektedir. Bir pikselin hangi sınıfa ait olduğu her bir sınıfa ait olma olasılıklarının hesabından sonra en yüksek olasılıklı grubu atama şeklinde yapılır (Mather, 1987). Bu noktada kullanıcı tarafından tespit edilecek bir eşik değer sınıflandırılacak pikselin belirlenen sınıflardan veya bu sınıfların dışında bir sınıftan olduğunun tespitinde kullanılır. Bu yöntemde, sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın, normal dağılım olduğu kabul edilir. Sınıfların ilk olasılıkları hakkında bilgi mevcut değilse, hepsi eşit olasılıklı olarak kabul edilir. Yöntem, pikselleri sadece parlaklık değerlerine göre değil, her sınıf için ayrım oluşturacak varyans-kovaryans matris değerine göre oluşturur. Böylece örnek piksellerin özellik uzayındaki dağılımları da dikkate alınmış olur. Olasılık yoğunluk fonksiyonları, bilinmeyen piksellerin olasılıklarının hesaplanarak belirli bir sınıfa atanması için kullanılır. Aday piksel olasılık değerine göre en çok benzediği sınıfa atanır. Sınıflandırma sırasında piksellerin belirlenen sınıflardan veya bu sınıfların dışında bir sınıftan olduğunun tespiti için eşik değeri kullanılmaktadır. Eğer aday pikselin olasılığı tüm sınıflar için belirlenen eşik değerinin altındaysa piksel bilinmeyen olarak etiketlenir (Lillesand ve Kiefer, 1994). En çok benzerlik yönteminde kullanılan formül aşağıdaki şekildedir:

$$D = ln(a_c) - [0.5*ln(|Cov_c|)] - [0.5*(X - M_c)^T * (Cov_c^{-1}) * (X - M_c)] \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte; D, uzaklık ağırlıklı olasılık değerini; C, örnek bir sınıfı; X, aday pikselin ölçüm vektörünü; M_c, C örnek sınıfının ortalama vektörünü; a_c, aday pikselin C sınıfına ait olma yüzdesini, Cov_c, C örnek sınıfındaki piksellerin varyans-kovaryans matrisini göstermektedir.

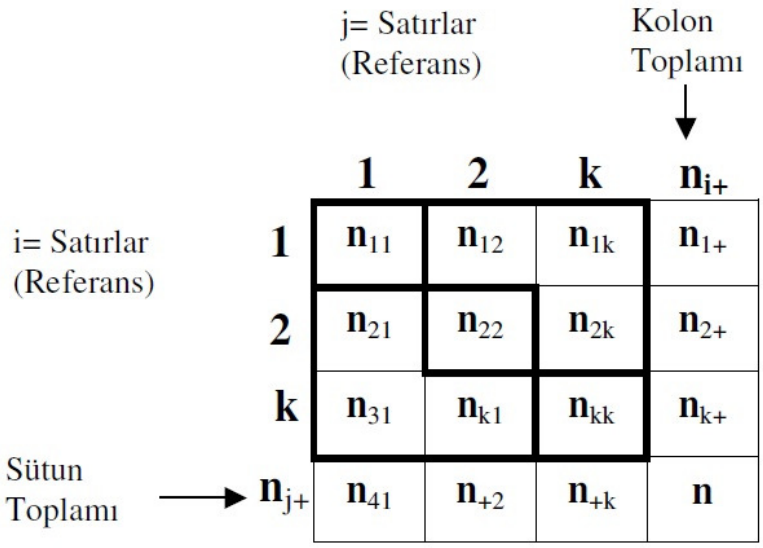
3.10. Doğuluk Analizi

Doğruluk analizi, sınıflandırma sonucu ile doğru olduğu kabul edilen coğrafi verinin karşılaştırma işlemidir. Genellikle doğru kabul edilen bu coğrafi veriler, yer doğruluk verilerdir. Ancak her bir pikselin yer doğruluk verileri ile veya başka bir testle gözden geçirilmesi pratik değildir. Bundan dolayı bir grup referans pikseli seçilir. Referans pikselleri, sınıflandırılmış görüntüdeki bilinen gerçek verileri temsil eder. Bu pikseller kullanıcı tarafından seçilir. Eğer sınıflandırılmada kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılmışsa, sınıflandırmayı test etmekte genellikle kontrol örneklerinde kullanılanın dışında farklı pikseller kullanılır. Bunun nedeni kontrol örneklerinin sınıflandırılmanın temeli olması nedeniyle doğruluk analizi sonucunu etkilememesi istenir.

Referans piksellerinin rastgele seçilmesi mümkündür. Fakat üzerinde çalışan arazi uzak ya da yasak bölge ise bu pikseller üzerinde yer doğrulaması yapmak zor olabilir. Bu durumda daha önceden test edilmiş yüzey örtüsü haritaları gibi diğer verileri referans veri olarak kullanmak uygundur. Bu yöntemin doğruluğu referans verisi ile görüntü verisinin birbiri ile doğru olarak karşılaştırma kabiliyetine de bağlıdır.

Doğruluk analizinde seçilecek piksel sayısı; beklenen doğruluğa, uygulanan sınıflandırma yöntemine, bir kategorideki piksel sayısına bağlıdır. Doğruluk analizi işlemlerinden sonra hata matrisi oluşturulur. Hata matrisi, kontrol verisi ile sınıflandırılmış görüntüyü karşılaştırmada kullanılır.

Sınıflandırmada hata matrisi, doğruluk değerlendirme işleminin sonuçlarını göstermek açısından uygun ve anlaşılabilir bir yöntemdir (Şekil 3.11). Referans verileri matrisin sütunlarında, sınıflandırma verileri de satırlarında listelenmektedir. Matrisin ana köşegeni doğru sınıflandırılmış örnekleri, ana köşegen haricindeki satır elemanları omisyon (omission) hatasını, sütun elemanları ise komisyon (commission) hatasını temsil etmektedir.



Şekil 3.11. Hata matrisi

Her kategori için iki farklı doğruluk kriteri vardır. Bunlar üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğudur. Üretici doğruluğu, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan sütun toplamına bölünmesiyle hesaplanır. Kullanıcı doğruluğu ise, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan satır toplamına bölünmesiyle hesaplanır (Lillesand ve ark., 1999).

Arazi örtü sınıflandırmalarının doğruluk değerlendirmelerinde sıkça kullanılan diğer bir doğruluk ölçütü ise kappa ya da KHAT analizidir. Kappa doğruluk analizi, hata matrisindeki genel doğrulukla olasılık doğruluk arasındaki farka dayanır. Sınıflar arası doğrulukları da içerdiğinden genel doğruluk ölçütünden daha iyi bir ölçüdür.

Genel sınıflandırma için KHAT aşağıdaki gibi hesaplanır (Lillesand ve ark., 1999):

$$KHAT = \frac{N * \sum x_{ii} - \sum (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum (x_{i+} * x_{+i})} \tag{3.10}$$

N = Tüm kategorilerdeki örnek sınıf toplamı

$\sum x_{ii}$ = Doğru sınıflandırılmış örnek sayısı

$\sum (x_{i+} * x_{+i})$ = Her kategorideki hata matrisinin satır ve sütun toplamlarındaki ürünlerin toplamı

Her kategori için KHAT aşağıdaki gibi hesaplanır (Lillesand ve ark., 1999) :

$$KHAT = \frac{N * x_{ii} - \sum (x_{i+} * x_{+i})}{N * x_{i+} - \sum (x_{i+} * x_{+i})} \quad (3.11)$$

N = Tüm kategorilerdeki örnek sınıf toplamı

x_{ii} = Her kategorideki doğru sınıflandırılmış örnek sayısı

x_{i+} = Her kategori için hata matrisindeki satır toplamı

x_{+i} = Her kategori için hata matrisindeki sütun toplamı

3.11. Değişim Analiz Yöntemleri

Literatürde değişim analizinde üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden ilkinde her bir hücre farklılıkların incelenmesi için yapılan bantlar arası farkların alınması metodudur. Diğer iki yöntem ise analizler sonrası değişimin incelenmesini içermektedir.

3.11.1. Bant Farklılığı Algoritması

Bu metod farklı zamanlarda alınmış görüntülerdeki her bir bandın birbirinden hücreden hücreye çıkarılması ile elde edilmektedir. Bu algoritmanın iyi şekilde çalışması için görüntülerin birbirlerine göre geometrik rektifikasyonunun çok iyi olması gerekmektedir. Burada, çıkarma işlemine ait genel formül aşağıda verilmiştir.

$$DBV_{i,j,k} = 1BV_{i,j,k} - 2BV_{i,j,k} \quad (3.12)$$

Burada $1BV_{i,j,k}$ bant k ya ait i'inci satır, j'inci kolon olan ilk resimdir; 2BVi,j,k ise aynı şekilde bant k ya ait i'inci satır, j'inci kolon olan ikinci resimdir. $DBV_{i,j,k}$ ise bant k ya ait i'inci satır, j'inci kolon olan iki görüntüden elde edilmiş fark görüntüsüdür. Elde edilen fark görüntüsünde büyük değerler değişimin fazla olduğu yerleri göstermektedir. Görünür bantlar yeryüzünde bulunan nesnelerden yansıyan yoğunluk değerini yansıtır fakat yakın kızıl ötesi ve termal bantlar nesnelerin farklı özelliklerini elde etmek için kullanılmaktadır (Erener ve Düzgün, 2009).

3.11.2. Ön Analizler Sonrası Değişimin İncelenmesi

Değişim analizi öncesinde ilk olarak çok zamanlı görüntülerin her birinde eğitimli sınıflandırma yöntemine göre her bir görüntü ayrı ayrı sınıflandırılır. Sınıflandırma çalışmasında yanlış kompozit görüntü bileşenleri kullanılarak her bir görüntü için tüm alandan homojen olarak eğitim sınıflarının toplanması gerekmektedir. Yapılan çalışmanın amacına göre görüntünün kaç sınıfa ayrılacağı belirlenir ve buna uygun olarak görüntüler bu sınıflara ayrılır.

Sınıflandırma sonuçları hata matrisi oluşturularak elde edilen tüm doğruluk ve kappa istatistiksel değerleri ile değerlendirmeler yapılmalıdır. Hata matrisini oluşturabilmek için alandan her sınıf sayısındaki hücrelerle orantılı olarak rastgele test noktası toplanır. Test noktalarının sayısı yapılan çalışmanın hassasiyetine göre değişmektedir. Bu test noktaları daha sonra sınıflandırma değerleri ile karşılaştırılarak görüntülere ait genel doğruluk değerleri ve kapa istatistikleri elde edilir. Elde edilen bu değerler yapılan çalışmanın doğruluğu hakkında bilgi vermektedir.

Ayrı ayrı sınıflandırma yapılan görüntülerin fark analizinde en büyük avantajı, görüntüler arası radyometrik kalibrasyon değerinin minimuma inmesidir. Sınıflandırması ayrı ayrı yapılan her bir sınıflandırma sonucu daha sonra hücre hücre karşılaştırmalar yapılıp değişim haritaları elde edilebilir (Erener ve Düzgün, 2009).

3.11.3. Lineer Veri Transformasyonu

Ana veri bileşeni (Principle component analysis) (AVB) analizi en önemli lineer veri transformasyonlarından birini oluşturmaktadır (Coppin ve ark., 2004). Uydu görüntüsüne ait orjinal spektral bantlara uygulanan, ana bileşen transformasyonu sonucu, birbiri ile korelasyonsuz ve yeni bir ortogonal koordinat sisteminde tanımlanan bileşenler oluşmuş olur. Matematiksel olarak X^T =[X1,....Xl,...., XL] L boyutlu C değişim matriksine sahip, bir değişken kümesi ise, Y1,....Yl,...., YL gibi ana bileşenler:

$$Yl = e_{11}X_1 + e_{21}X_2 + ... + e_{L1}X_L = e^T{}_1X \qquad (3.13)$$

Şeklinde tanımlanır. Burada: T matriksin transpozu ve $e^T{}_1$ =[e_{11} , . . ., e_{L1}] ‘de C değişim marisine ait eigen vektörleridir.

Ana bileşenler değişim analizlerinde iki farklı şekilde kullanılabilirler. Bunlardan ilki her bir zamana ait görüntü için ana bileşenleri ayrı ayrı oluşturmak ve oluşturulmuş olan ana bileşenlerin birbiri ile farklarına bakılmasıdır (Liu, 2004). İkinci yol ise farklı zamanlara ait L boyutundaki görüntü bantlarını bir görüntü altında toplayarak 2L boyutlu bir görüntü oluşturmak ve ana bileşeler analizini bu oluşturulan görüntüye uygulamaktır.

Değişime uğramış hücre bilgileri, transformasyon sonucu elde edilen eigen vektörlerden ilk bileşen ile belirlenebilmektedir. Uygulamada değişim olan bölgenin bulunması için eşik değeri belirlenmelidir. Bu eşik değeri, ortalamadan birinci standart sapma sınıflandırma metodu ile belirlenmiştir (Singh, 1989; Ridd ve Liu, 1998; Mas, 1999).

4. UYGULAMA

4.1. Çalışma Alanı

Erzincan Doğu Anadolu Bölgesinin Kuzey Batı bölümünde yukarı Fırat havzasında 39^{o} 02’ – 40^{o} 05’’ kuzey enlemleri ile 38^{o} 16’- 40^{o} 45’ Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Erzincan'ı doğusunda Erzurum, batısında Sivas, güneyinde Tunceli, güneydoğusunda Bingöl, güneybatısında Elâzığ-Malatya, kuzeyde Gümüşhane-Bayburt ve kuzeybatıda Giresun illeri çevreler. Fırat nehri kollarından Karasu'nun geçtiği ilin yeryüzü şekillerini, güney sınırında Munzur Dağları, kuzey sınırında Keşiş Dağları ile bu dağlar arasında yer alan Karasu vadisi boyunca uzanan iki ova ve boğazlar belirlemektedir.

Erzincan’ın nüfusu TÜİK 2013 yılı verilerine göre 219,996 kişidir. Kentsel nüfus 126,120 kişi olup bunun 96,914’i Erzincan şehir merkezinde, 29,206 kişi ilçe merkezlerinde yaşamaktadır. Kırsal nüfus ise 89,953 kişi olup bunlar köy ve beldelerde yaşayan bireylerden oluşmaktadır. Bu verilere göre nüfusun %57.33’si şehirlerde, %42.67’si belde ve köylerde yaşamaktadır.

Yüzölçümü 11,903 km^2 olup il merkezinin denizden yüksekliği 1,185 metredir. Karasal iklime sahip olan Erzincan'ın, Doğu Anadolu'daki Malatya-Elazığ illeri hariç, diğer illerden daha ılıman bir iklimi vardır. Yıllık sıcaklık ortalaması 10.7 °C dir. Yağış itibariyle, 380.6 lık (kg/m^2) yağış ortalamasına sahip olan il, yıl içerisinde en fazla yağışı 633.1 mm olarak, en az yağışı 206.1 mm olarak almaktadır (URL 3).



Şekil 4.1. Çalışma bölgesinin genel konumu

4.2. Kullanılan Veriler ve Yazılımlar

Uygulamada 24.09.1987 tarihli LANSAT TM ve 06.10.2006 tarihli LANDSAT ETM+ uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp adresinden ücretsiz olarak indirilmiştir.

İlk LANDSAT uydusunun 1972 yılında uzaya gönderilmesinden sonra 4 adet LANDSAT uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. İlk kuşak 3 uydudan oluşmaktadır. Bu uydular iki sensör taşımaktadır: Return Beam Vidicon (RBV) kamera ve Multispectral Scanner (MSS). RBV kamera ile yaşanan teknik sorunlar, MSS'in spektral ve radiometrik üstünlüğü nedeniyle RBV data nadiren kullanılır.

İkinci kuşak LANDSAT uyduları, 1982'de LANDSAT 4 ile başlayarak, RBV yerine Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmışlardır. 1993 yılında, LANDSAT 6 şansız bir şekilde düştükten sonra LANDSAT 7, geliştirilmiş Thematic Mapper ve yüksek çözünürlüklü scanner ile donatılarak Mart 1999 da fırlatılmıştır.

LANDSAT uydusu tekrarlı, dairesel, güneşe senkronize, kutuplara-yakın (near-polar) yörüngeye sahiptir. Bu özellikleri sayesinde 81^{o} kuzey ve 81^{o} güney arasında görüntüleme yapar.

TM ve MSS verileri için veri dizisi 8-bit'ten oluşmaktadır. Multi-Spectral Scanner (MSS) MSS alıcısı görünür ve yakın-infrared bölgede 4 adet band'a sahiptir. (0.5 ; 10 ; 1.1 pm) ve 80 m çözünürlüktedir. Thematic Mapper adlı cihazın spektral ve geometrik çözünürlük üstünlüğü nedeniyle MSS'in talebi hızla azalmıştır. Aşağıdaki karakteristikler TM veriye aittir.

LANDSAT 5'teki Thematic Mapper (TM) LANDSAT 4'teki ile aynıdır. 1984 yılından beri kullanılan TM görünür NIR ve SWIR bölgede 30 m çözünürlüklü 6 adet band ve 120 m çözünürlüğe sahip Termal Band'a sahiptir.

LANDSAT 7 Geliştirilmiş Thematic Mapper Tarayıcısı taşımaktadır. ETM+ elektromanyetik ışınım, piksel büyüklüğü 15 m olan pankromatik bantta, 30 m olan 6 görünür, yakın ve orta kızılötesi bantlarda ve 60 m olan ısıl kızılötesi bantta algılanmaktadır (URL 4).

Çizelge 4.1. LANDSAT uydu verilerinin özellikleri (URL 5)

Uydu	Sensör	Spektral Aralığı	Band	Konumsal Çözünürlük	Şerit Genişliği
LANDSAT 1-2-3-4	MSS multi-spectral	0.5 - 1.1 µm	1,2,3,4	60 m	185x185 km
LANDSAT 4-5	TM multi-spectral	0.45 - 2.35 µm	1,2,3,4,5,7	30 m	
LANDSAT 4-5	TM thermal	10.40 - 12.50 µm	6	120 m	
LANDSAT 7	ETM+ multi-spectral	0.45 - 2.35 µm	1,2,3,4,5,7	30 m	
LANDSAT 7	ETM+ thermal	10.40 - 12.50 µm	6.1,6.2	60 m	
LANDSAT 7	Panchromatic	0.52 - 0.90 µm	8	15 m	

Uygulamada ayrıca 1998, 2006, 2010 yıllarına ait gece görüntüleri kullanılmıştır. A.B.D. Hava Kuvvetleri Meteorolojik Uydu Programı (Defense Meteorological Satellite Program, DMSP) Operasyonel Satırtarama Sistemi (Operational Linescan System, OLS) tarafından toplanan küresel bulutsuz yıllık gece ışıkları ürünleri için NGDC 1994 yılında algoritma geliştirmeye başlamıştır. Ürünlerin zamansal serisi http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html adresinde mevcuttur ve çalışma alanı için gece görüntüleri bu adresten ücretsiz olarak temin edilmiştir. Konum bilgisi, sıklık ve ışığın görüntüsü zamansal seri görüntülerinde analiz edilerek dünya üzerinde var olan dört çeşit ana ışık kaynağı: yerleşim yerleri, yangınlar, gaz parlaması ve balıkçı tekneleri ayırt edilebilir. Her bir hücre 30x30 yaysaniyesi (veya ekvatorda 0.86 km^2) çözünürlüktedir ve görüntüler yeryüzünün +180 ile -180 boylamları ile -65 ile +75 enlemleri arasındaki alanı kapsamaktadır. Gece görüntüleri bulutsuz gecelerde çekilmiş iki uydu görüntüsünün kompozit bir sunumu olarak oluşturulmuştur. Her bir kompozit takımı uydu ve yıl bilgisi ile etiketlenmiştir (F121995- 1995 yılı için F12 numaralı DMSP uydusundandır). Siteden indirilen gece görüntülerinde 3 farklı görüntü türü bulunmaktadır.

1. F1?YYYY_v4b_cf_cvg.tif: Her bir 30" grid hücresi içine toplam gözlemler sayılır. Bu görüntü kalitenin düştüğü düşük sayıda gözleme sahip alanları belirlemek için kullanılır.

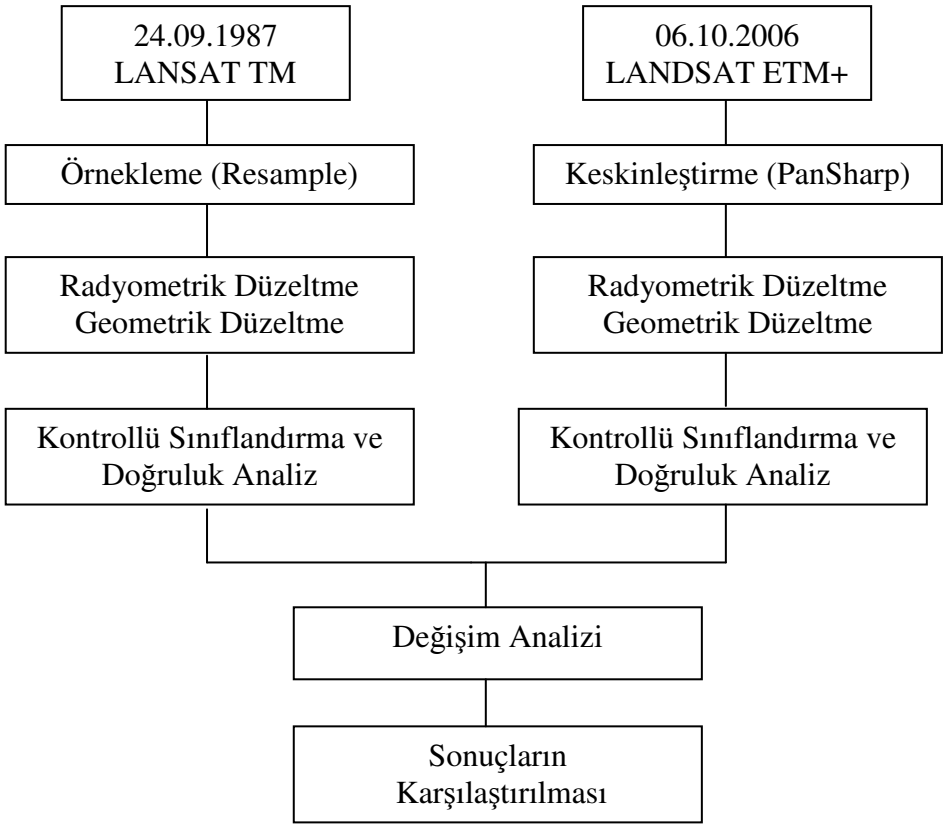
2. F1?YYYY_v4b_avg_vis.tif: Ham avg_vis herhangi bir filtreleme olmaksızın görünür bant dijital sayı değerlerinin ortalamasını içerir. Veri değerleri 0-63 arasında değişir. Sıfır bulutsuz gözlemler 255 değeri ile temsil edilir.
3. F1?YYYY_v4b_stable_lights.avg_vis.tif: Temizlenmiş avg_vis şehirlerden, kasabalardan ve gaz parlaması dahil olmak üzere kalıcı aydınlatmalı diğer şehirlerden ışıkları içerir. Yangınlar gibi kısa ömürlü olaylar dahil edilmemiştir. Arka plan gürültüsü belirlenmiş ve 0 değeri ile değiştirilmiştir. Veri değerleri 1-63 arasında değişmektedir. Sıfır bulutsuz gözlemler 255 değeri ile temsil edilmektedir.

Çalışmada bu üç formattan F1 YYYY_v4b_stable_lights.avg_vis.tif dosyası kullanılmıştır. Bunun nedeni bu görüntüler şehir, kasaba gibi sabit ışık kaynakları verilerini içermektedir. Ayrıca görüntüde arka plan gürültüleri tespiti ile ilgili çalışma yapılıp bu değerler sıfır değeriyle değiştirilmiştir ve bu sayede görüntü bu değerlerden arındırılmıştır.

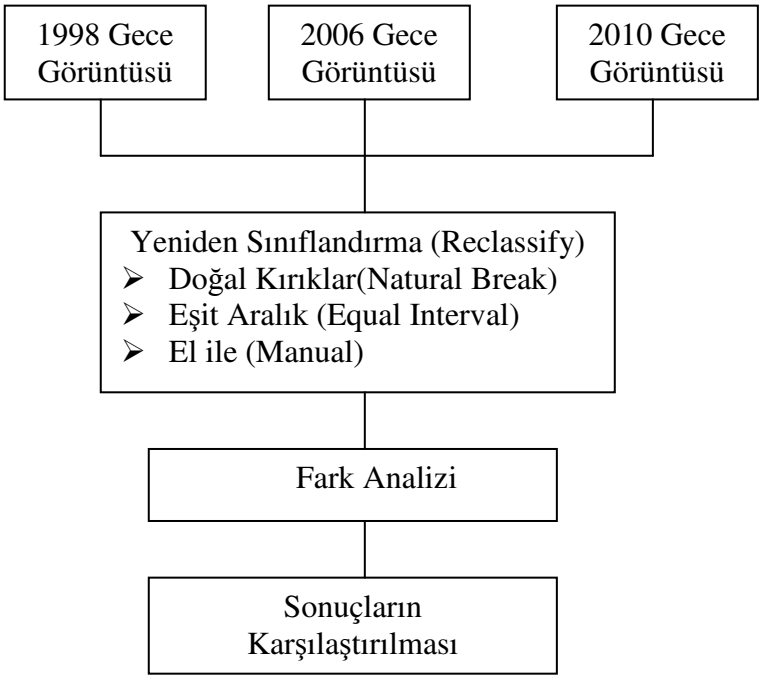
Çalışmada uydu görüntülerinin ön işlem ve sınıflandırma işlemleri için PCI Geomatica programı kullanılmıştır. Program kilidi O.D.T.Ü. Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojilerinden temin edilmiştir. Görüntülerin zamansal değişim analizlerinin yapılmasında ise ArcGIS 10 programından yararlanılmıştır.

4.3. Uygulama Aşamaları

Çizelge 4.2. Gündüz görüntüleri çalışma akış şeması



Çizelge 4.3. Gece görüntüleri çalışma akış şeması



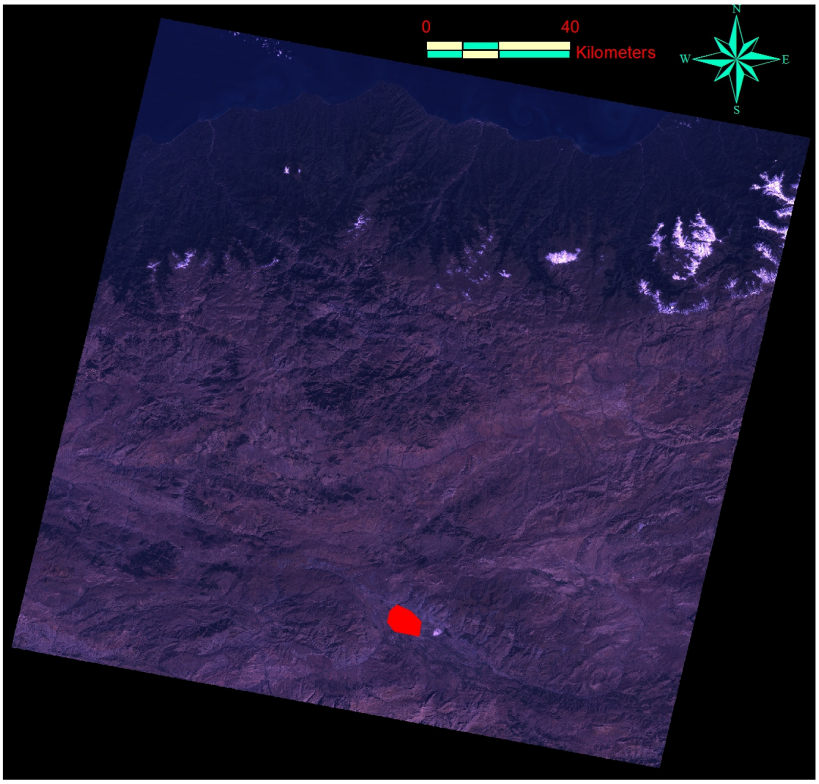
4.3.1. Verilere sınıflandırma öncesi ön işlem

LANDSAT TM ve ETM+ uydu görüntülerinin farklı mekânsal çözünürlükte oldukları görülmektedir. Değişim analizlerinde görüntülerin aynı bölgeyi tanımlayan hücrelerinin tam olarak örtüşmesi analizin doğruluğu ve güvenilirliği açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle değişim analizinde kullanılacak her bir verinin sınıflandırma işlemi öncesi aynı mekânsal çözünürlükte olması gerekmektedir.

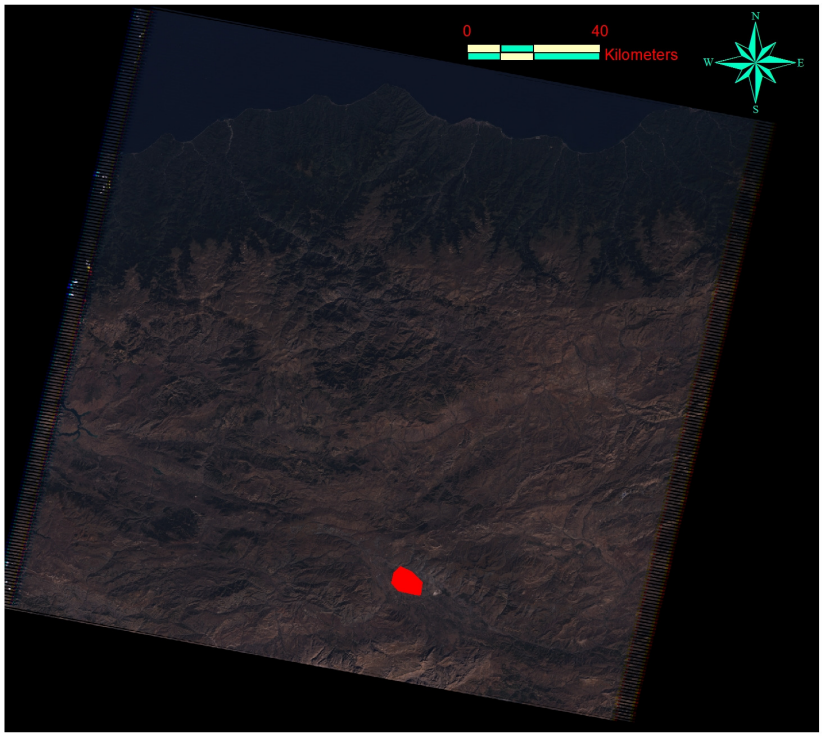
LANDSAT TM uydu görüntüsüne ait 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 nolu bandlar 28.5 m, 6. termal band ise 120 m çözünürlüklüdür. Değişim analizinde kullanılan LANDSAT TM ve LANDSAT ETM + görüntü hücrelerinin tam olarak örtüşmesi için, LANDSAT TM'e ait 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 nolu bantların çözünürlükleri örnekleme (resample) işlemi ile 15 m yapılmıştır. Fakat unutulmamalıdır ki 15 m örnekleme sonucunda elde edilen görüntünün detayı yine 30 m'ye eştir.

LANDSAT ETM+ uydu görüntüsünde 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 nolu bandlar 30 m, 6.1 ve 6.2 nolu termal bandlar 60 m, 8 nolu panchromik band ise 15 m çözünürlüklüdür. LANDSAT ETM+ uydu görüntüsüne ait 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 nolu bandlar, 15 m çözünürlüklü panchromik band kullanılarak görüntü keskinleştirme (pansharp) işlemi ile keskinleştirilmiştir. Bu sayede görüntüdeki detaylarda netlik artırılmıştır.

TM ve ETM+ uydu görüntülerindeki 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 nolu bandlar farklı bant kombinasyonları ile birleştirilerek renkli görüntü elde edilmiştir, Çalışma alanına ait 3, 2, 1 bant kombinasyonu ile elde edilen gerçek yer görüntüsü Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te sunulmaktadır.



Şekil 4.2. Landsat TM 1987 yılına ait 3-2-1 band kombinasyonu



Şekil 4.3. Landsat ETM+ 2006 yılına ait 3-2-1 band kombinasyonu

Gerçek görüntüden Erzincan il merkezi yerleşim sınırı ile çakıştırılarak kesilmiştir. Böylelikle değişim analizinin takip edileceği çalışma alanı elde edilmiştir (Şekil 4.4 ve 4.5).



Şekil 4.4. Erzincan ilinin 1987 yılına ait kesilmiş görüntüsü



Şekil 4.5. Erzincan ilinin 2006 yılına ait kesilmiş görüntüsü

4.3.2. Kontrollü sınıflandırma

Çalışma alanında kontrollü sınıflandırma yöntemi olan Maximum Likelihood Classification (En çok benzerlik sınıflandırması) kullanılmıştır. En çok benzerlik yöntemi literatürde en yaygın olarak kullanılan etkili bir kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Bu yöntemde ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatistiki değerlerin tümü dikkate alınır. Kontrol alanlarını oluşturan sınıflar için olasılık fonksiyonları hesaplanmakta ve buna göre her bir pikselin hangi sınıfa daha yakın olduğuna karar verilmektedir. Bir pikselin hangi sınıfa ait olduğu her bir sınıfa ait olma olasılıklarının hesabından sonra en yüksek olasılıklı grubu atama şeklinde yapılır (Mather, 1987).

Sınıflandırma işleminde en önemli aşmalarından birisi eğitim verilerinin toplanmasıdır. Eğitim alanlarının doğru seçimi sınıflandırma doğruluğunu etkilemektedir. Eğitim verilerinin seçimi iki türlü yapılabilir. Bunlardan birincisinde eğitim alanları doğrudan araziden toplanabilir. Eğitim alanlarının araziden toplanması durumunda verilerin uydu görüntüleri ile aynı zaman olmasına, eğitim alanlarının homojen dağılmasına özen gösterilmelidir. Eğitim alanları doğrudan araziden temin edilebildiği gibi görüntü üzerinde ki belirgin alanların yorumlanması ile de belirlenebilmektedir.

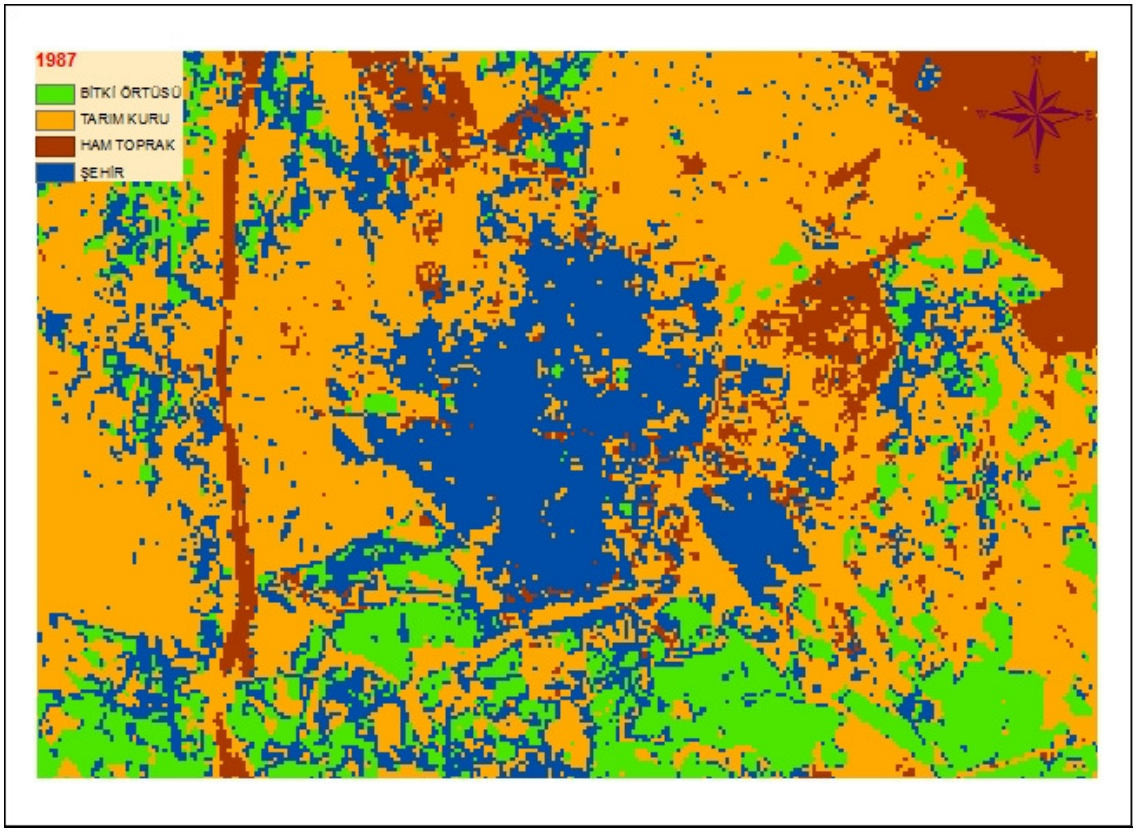
Çalışmamızda görüntü üzerinden eğitim alanları belirlenmiş olup bu alanların seçiminde arazi durumunu mümkün olduğu kadar doğru yansıtacak ve belirlenen eğitim sınıfını en iyi temsil edebilecek alanlar eğitim alanı olarak seçilmiştir. Eğitim sınıfları (Çizelge 4.3); bitki örtüsü, tarım kuru, ham toprak ve şehir olup bu sınıflara ait eğitim verileri görüntü üzerinden toplanmıştır.

Çizelge 4.4. Oluşturulan eğitim sınıfları

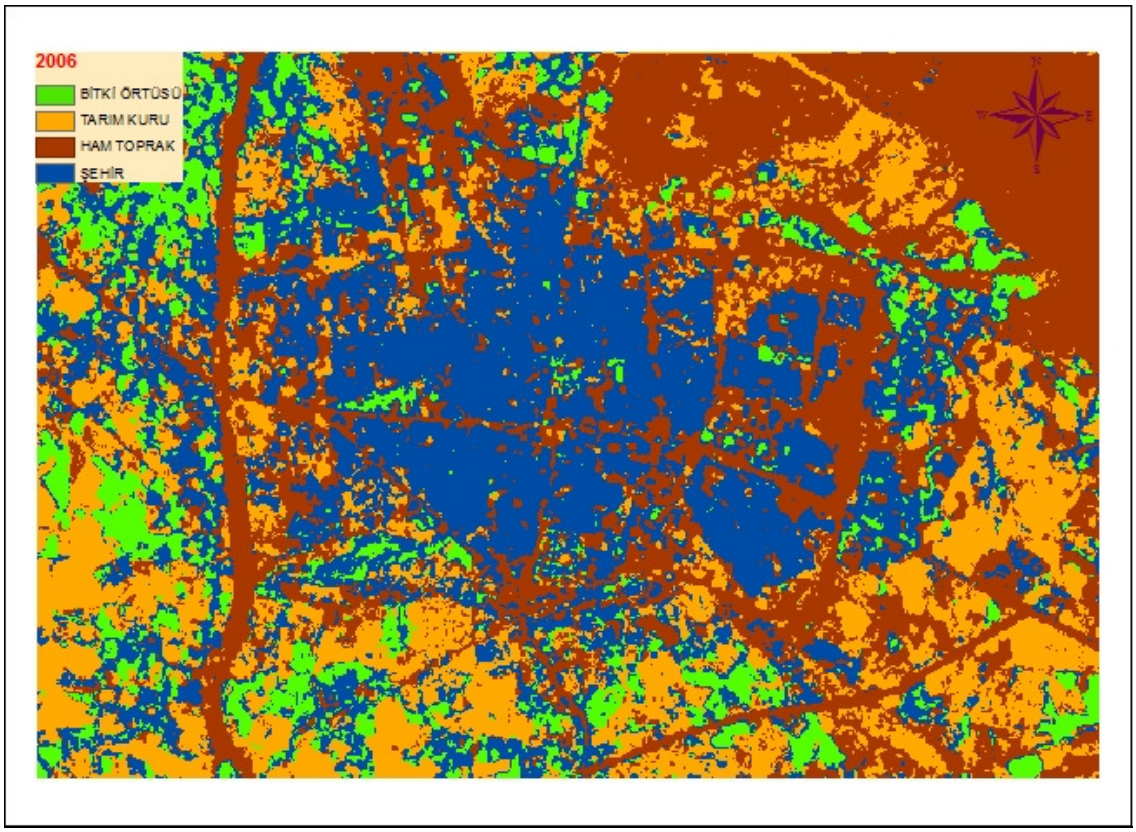
Lejant	Sınıf Tipi	Tanımı
	Bitki Örtüsü	Yeşil bitkiler, tarımsal olarak yeşil olan ürünler
	Tarım Kuru	Bitki örtüsü az alanlar, hasat edilmiş alanlar vb.
	Ham Toprak	Hali arazi, taşlık, tepelik, tarım yapılmayan boş alanlar
	Şehir	Şehirsel kullanımda olan alanlar

1987 ve 2006 yılına ait uydu görüntüleri eğitimli sınıflandırmada en çok tercih edilen sınıflandırma yöntemi olan Maximum Likelihood Classification (En çok

benzerlik) yöntemine göre sınıflandırılarak görüntüler dört gruba ayrılmıştır. Sınıflandırma sonuçları Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.6. 1987 yılı Maximum Likelihood yöntemine göre sınıflandırılmış görüntü



Şekil 4.7. 2006 yılı Maximum Likelihood yöntemine göre sınıflandırılmış görüntü

4.3.3. Doğruluk analizi

Sınıflandırmanın doğruluğunu değerlendirmek için hata matrisleri oluşturulmuştur. Hata matrislerinin oluşturmak için hem 1987 hem de 2006 görüntülerinden ortalama 100 adet test noktası belirlenmiştir ve toplanan test noktalarının dağılımının doğruluk analizine etkisini indirgeyebilmek için bu işlem her görüntü için dört defa tekrarlanmıştır. Tekrarlı olarak yapılan bu işlem ile rastgele seçilen test noktalarının doğruluğu ne kadar değiştirdiğini gözlemleme imkânı olmuştur. Her defasında farklı kontrol noktaları kullanılarak oluşturulan hata matrisi sonucunda elde edilen doğrulukların ve kapa değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. 1987 yılına ait sınıflandırma sonucu elde edilen haritaya ait doğruluk analizi

		Hata Matrisi (1987)				
		Referans Veri				
		Bitki Örtüsü	Tarım Kuru	Ham Toprak	Şehir	Üretici Doğruluğu (%)
Sınıflandırılmış Veri	Bitki Örtüsü	42	3	0	4	**84.00**
	Tarım Kuru	4	180	4	11	**92.78**
	Ham toprak	0	6	45	0	**91.84**
	Şehir	4	5	0	92	**85.98**
	Kullanıcı Doğruluğu(%)	**85.71**	**90.91**	**88.24**	**91.09**	

Tüm Doğruluk : 89.75 %
Kapa istatistiği : 0.844 %

Çizelge 4.6. 2006 yılına ait sınıflandırma sonucu elde edilen haritaya ait doğruluk analizi

		Hata Matrisi (2006)				
		Referans Veri				
		Bitki Örtüsü	Tarım Kuru	Ham Toprak	Şehir	Üretici Doğruluğu (%)
Sınıflandırılmış Veri	Bitki Örtüsü	30	2	0	3	**78.95**
	Tarım Kuru	2	85	8	3	**86.73**
	Ham toprak	1	6	118	7	**90.77**
	Şehir	5	5	4	121	**90.30**
	Kullanıcı Doğruluğu(%)	**85.71**	**86.73**	**89.39**	**89.63**	

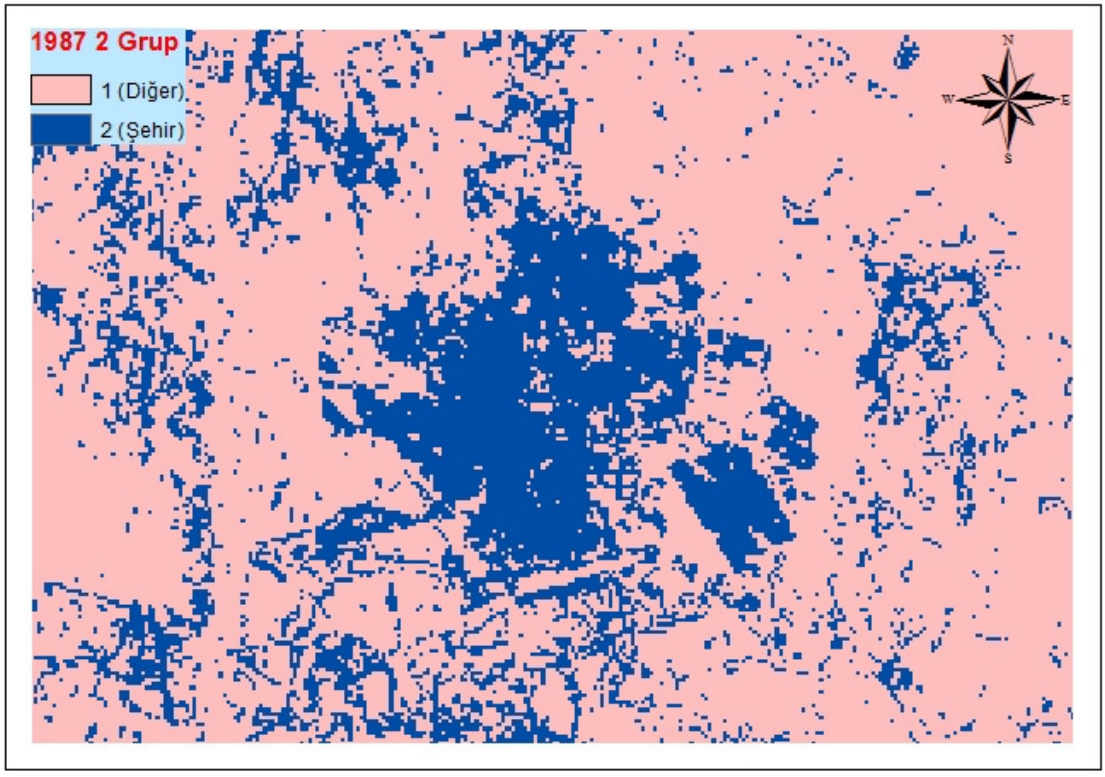
Tüm Doğruluk : 88.5 %
Kapa istatistiği : 0.838 %

Çizelge 4.7. 1987 ve 2006 yıllarına ait ortalama doğruluk sonuçları

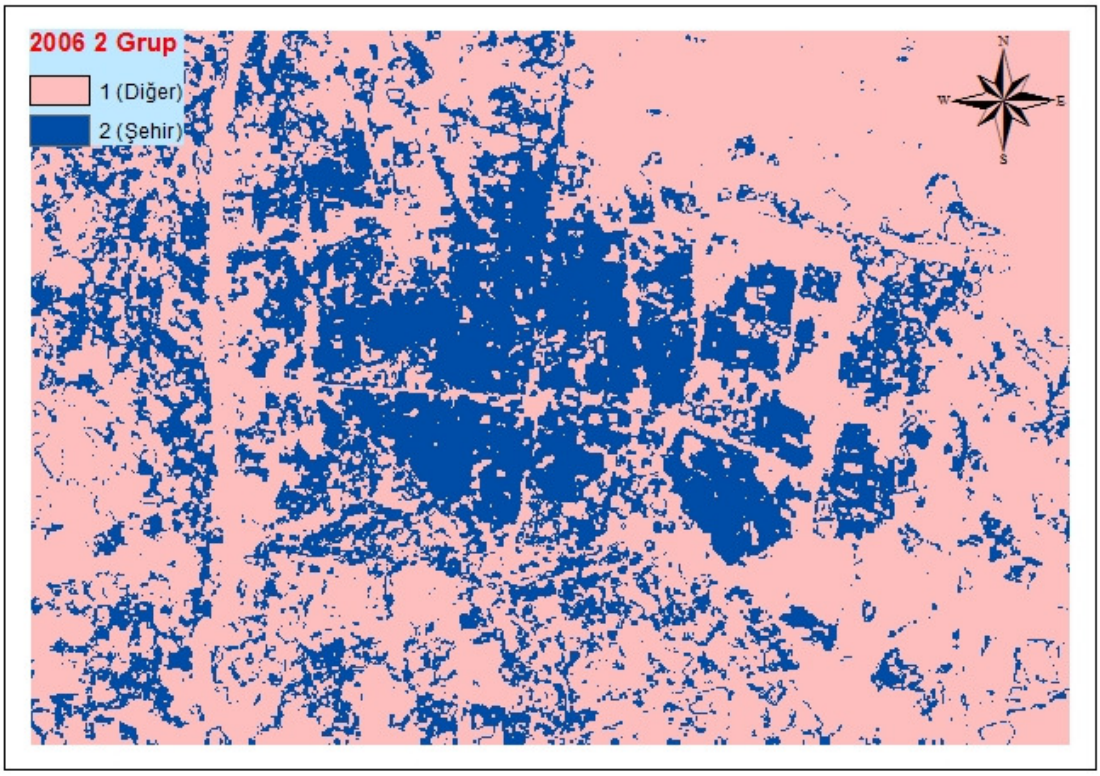
	1987	2006
Ort. Kullanıcı Doğruluğu	%88.99	%87.87
Ort. Üretici Doğruluğu	%88.65	%86.69

4.3.4. Değişim analizi

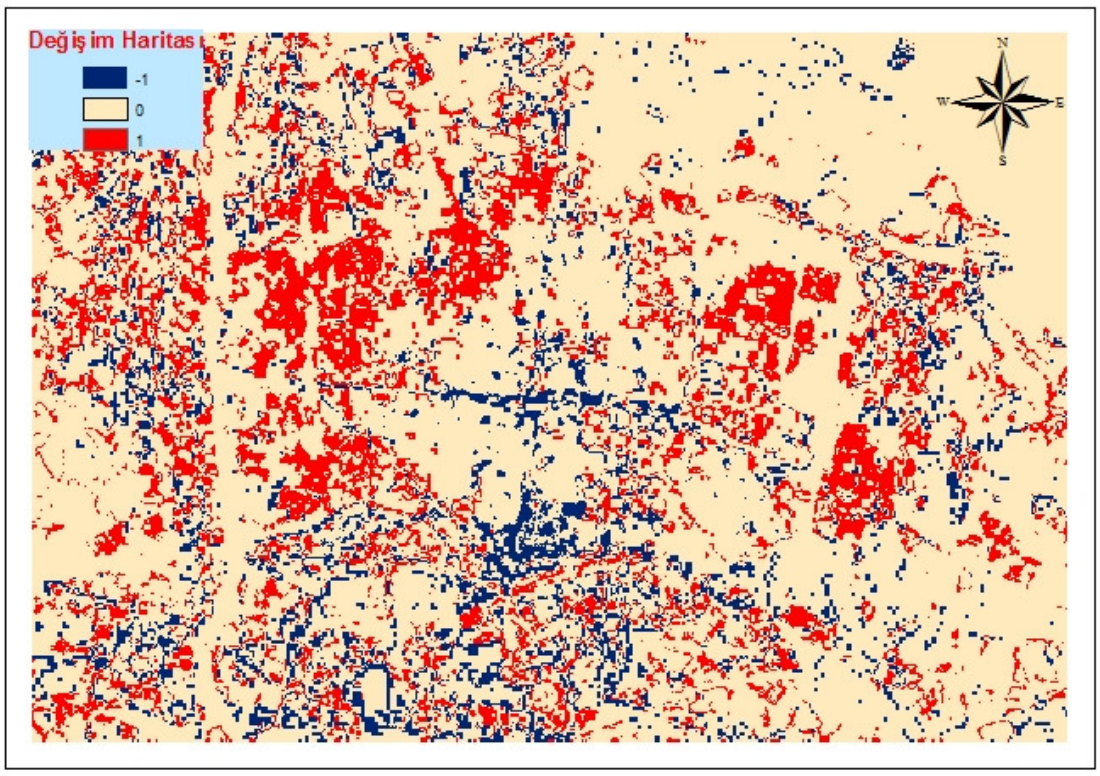
Yapılan sınıflandırma çalışması sonrası arazi kullanımına ait dört farklı sınıf elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında şehir alanındaki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır. Şehir alanına ait değişim analizinin yapılabilmesi için 1987 ve 2006 yılına ait sınıflandırılmış görüntüler şehir alanı ve diğer olmak üzere iki sınıfa ayrılarak yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Buradaki diğer alanlar şehir alanı dışındaki; bitki örtüsü, tarım kuru ve ham toprak alanlarıdır. Değişim analizi fark alma yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Buna göre, 1987 ve 2006 yıllarına ait iki sınıfa ayrılmış görüntüler birbirinden çıkartılarak değişim haritası elde edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.8. İki gruba ayrılmış 1987 yılına ait görüntü



Şekil 4.9. İki gruba ayrılmış 2006 yılına ait görüntü



Şekil 4.10. 1987 ve 2006 yılına ait iki sınıfa ayrılış görüntülerden elde edilen fark görüntüsü

Değişim haritası incelendiğinde görüntüde 1, 0 ve -1 değerlerinden oluşan üç grup ortaya çıkmıştır. Değişim haritasındaki bu grupların anlamları;

1; Bu alan,1987 yılında bitki örtüsü, tarım kuru veya ham toprak alanlarından birisi iken 2006 yılında şehir alanı olan yerlerini temsil etmektedir.

0; 1987 yılında ve 2006 yılında aynı kullanımda olan, değişmeyen alanları temsil etmektedir.

-1; 1987 yılında şehir alanı yada beton iken 2006 yılında diğer alanlar dediğimiz bitki örtüsü, tarım kuru veya ham toprağa dönüşen alanları temsil etmektedir.

Çizelge 4.8. 1987 ve 2006 yılına ait değişim matrisi

		1987	
2006	**Arazi Değişimi (%)**	**Şehir**	**Diğer**
	Şehir	63.26	22.47
	Diğer	36.74	77.53
	Sınıf Toplamı	100.00	100.00
	Sınıf Değişimi	36.74	22.47
	Görüntü Değişimi	31.37	-10.35

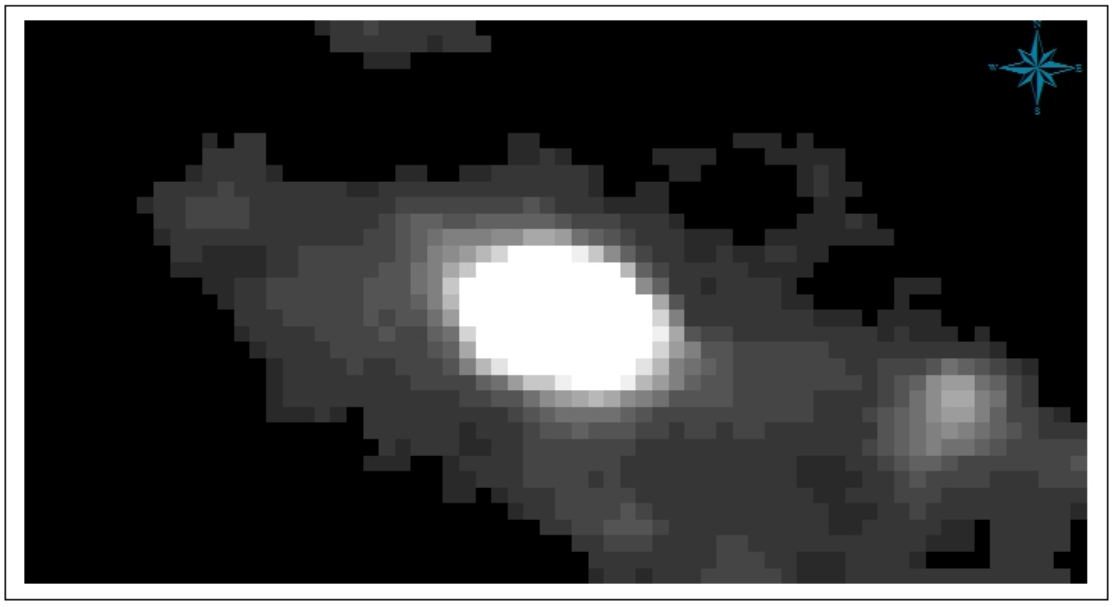
Değişim matrisi 1987 ve 2006 yılları arasında şehir alanı ve diğer alan dediğimiz bitki örtüsü, tarım kuru ve ham toprak alanları arasındaki sınıf ve görüntü değişimini yüzde oranlarıyla vermektedir (Çizelge 4.8). Değişim matrisi sınıf değişim satırı incelendiğinde 1987 yılındaki şehir alanlarının %36.74'lük kısmının 2006 yılında diğer dediğimiz alanlara dönüştüğü, benzer şekilde 1987 diğer alanların %22.47'lik kısmının ise 2006 yılında şehir alanına dönüştüğü görülmektedir. Değişim matrisinin görüntü değişimi satırı 1987 ve 2006 yılları arasında toplam şehir alanı ve diğer alanlardaki değişimi yüzdesel olarak vermektedir. 1987 ve 2006 yılları arasında şehir alanında %31.37'lik bir artış olduğu ve diğer alan dediğimiz bitki örtüsü, tarım kuru ve ham toprak alanlarına %10.35'lik bir azalmanın olduğu ortaya çıkarılmıştır. 1987-2006 tarihleri arasında 19 yıllık süreçte şehir alanı 1.31 kat büyümüş olup buda yıllık %1.65 oranında şehir alanının büyüdüğünü göstermektedir.

4.3.5. Gece görüntüleri

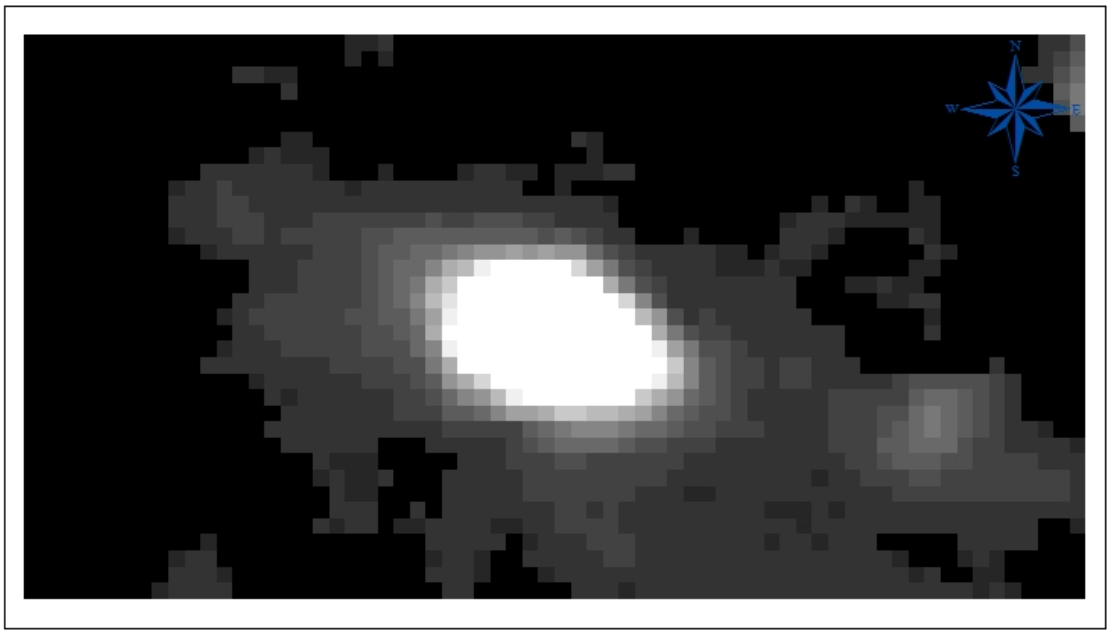
1998, 2006 ve 2010 yıllarına ait gece görüntüleri öncelikle Erzincan'ı içine alacak şekilde kesilmiştir. Kesilen görüntüler ArcGis programında Yeniden Sınıflandırma (Reclassify) işlemine tabi tutulup iki sınıfa ayrılmıştır. Bu işlem için üç farklı yöntem denenmiştir. Bunlar; Doğal Kırıklar (Natural Breaks), Eşit Aralık (Equal Interval), El ile (Manual). Natural Break ve Equal Interval yöntemlerinde sistem hücre değer aralığını kendisi otomatik olarak belirlemiştir. Manual yönteminde ise kullanıcı tarafından girilen hücre değerlerine göre sınıf aralığı belirlenmiştir. Hücre aralık değerleri Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Gece görüntülerinin sınıflara göre hücre aralık değerleri (2. Sınıf şehir alanlarını temsil etmektedir)

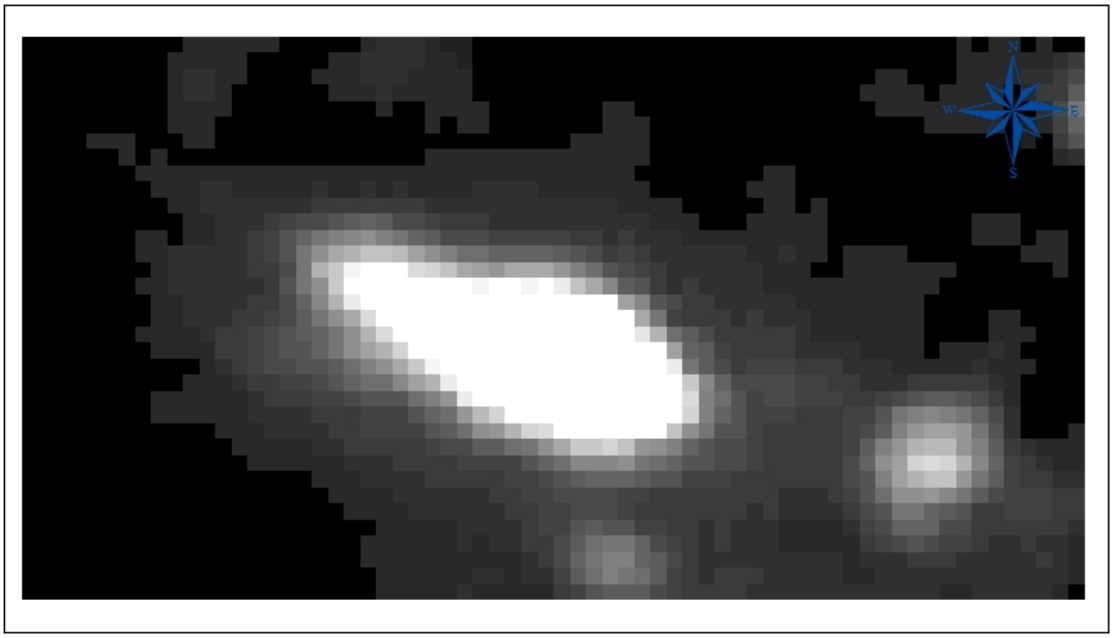
Reclassify	Sınıflar	1998	2006	2010
(Natural Break) Doğal Kırıklar	1. Sınıf	0 - 20	0 – 18	0 – 23
	2. Sınıf	20.000001 - 59	18.000001 – 58	23.000001 – 61
(Equal Interval) Eşit Aralık	1. Sınıf	0 – 29.5	0 – 29	0 – 30.5
	2. Sınıf	29.5000001 - 59	29.000001- 58	30.500001- 61
(Manual) El ile	1. Sınıf	0 - 17	0 – 17	0 – 17
	2. Sınıf	17.0000001 - 59	17.000001 – 59	17.000001 – 59



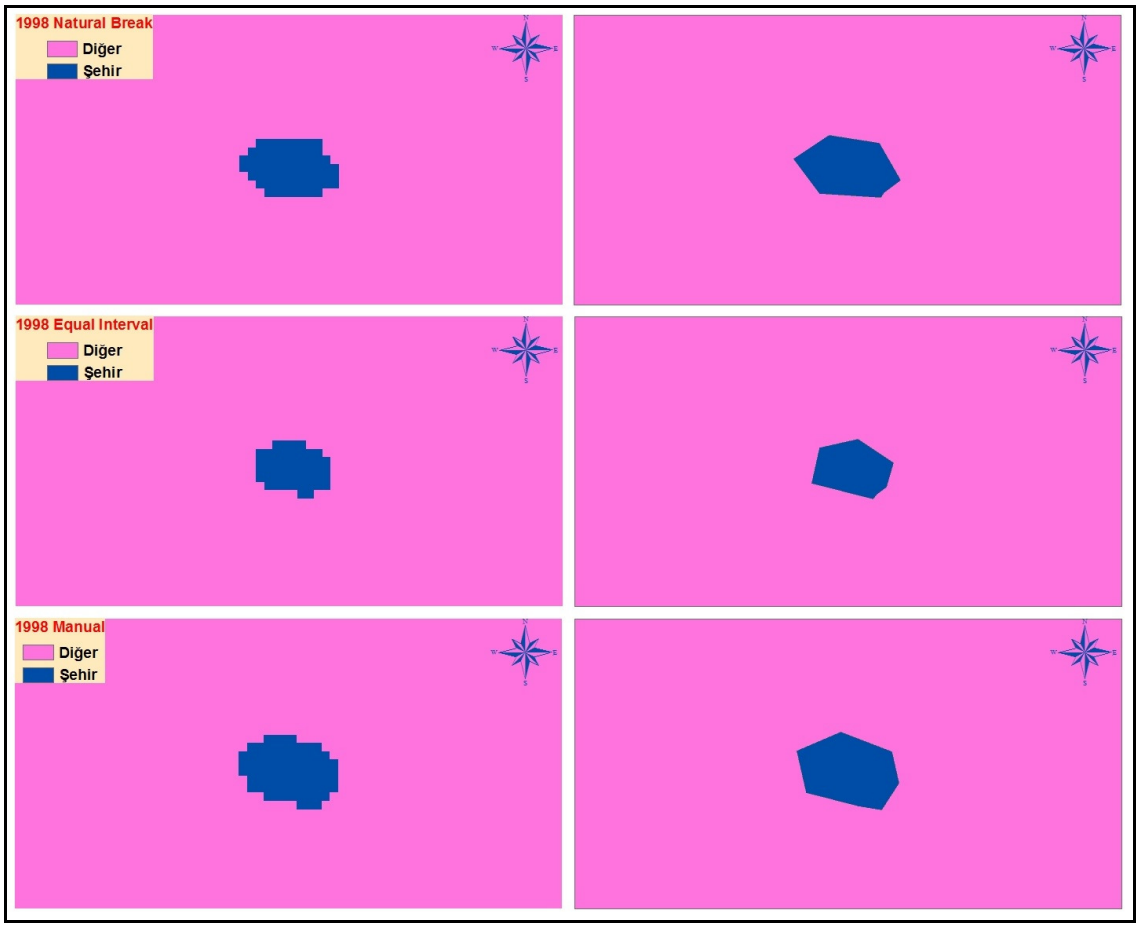
Şekil 4.11. 1998 gece görüntüsü



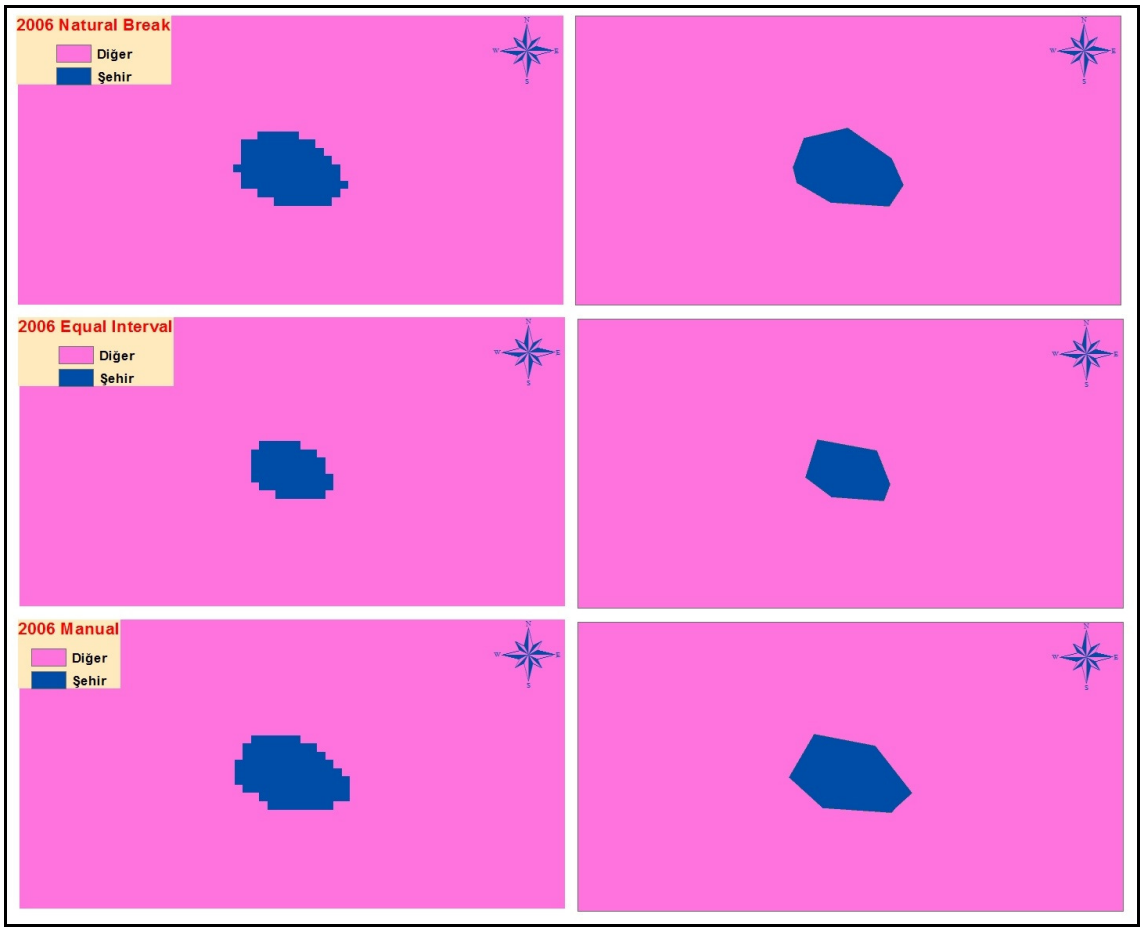
Şekil 4.12. 2006 gece görüntüsü



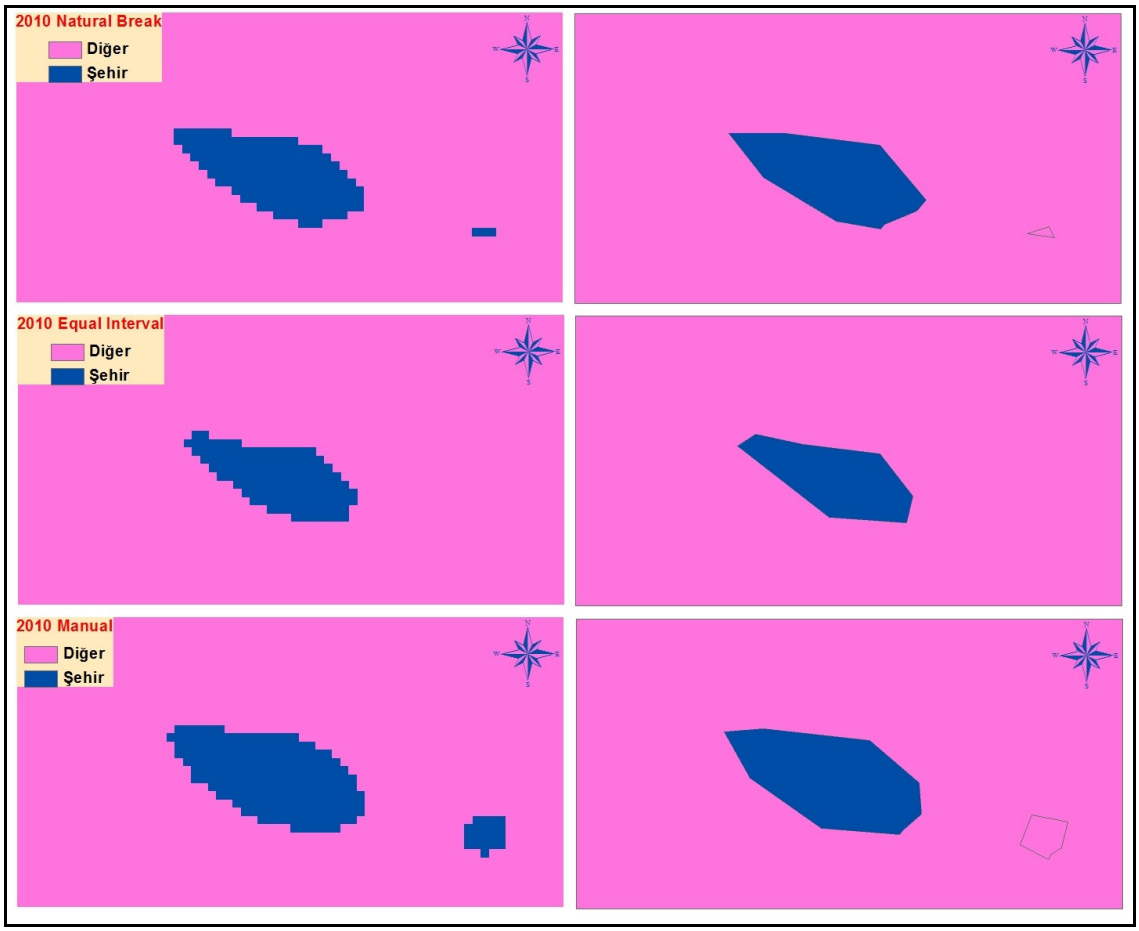
Şekil 4.13. 2010 gece görüntüsü



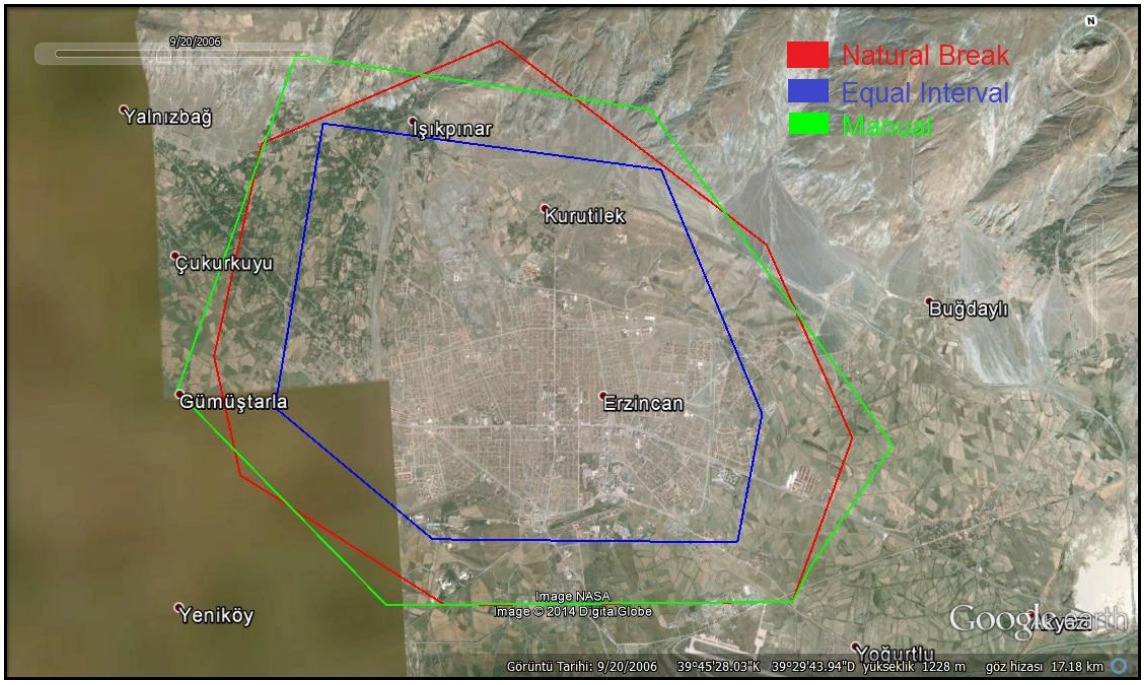
Şekil 4.14. 1998 gece görüntüsünün Natural Break, Equal Interval ve Manual yöntemlerine göre Reclassify işleminden sonraki görünümü ve sağda vektörize edilmiş şekli



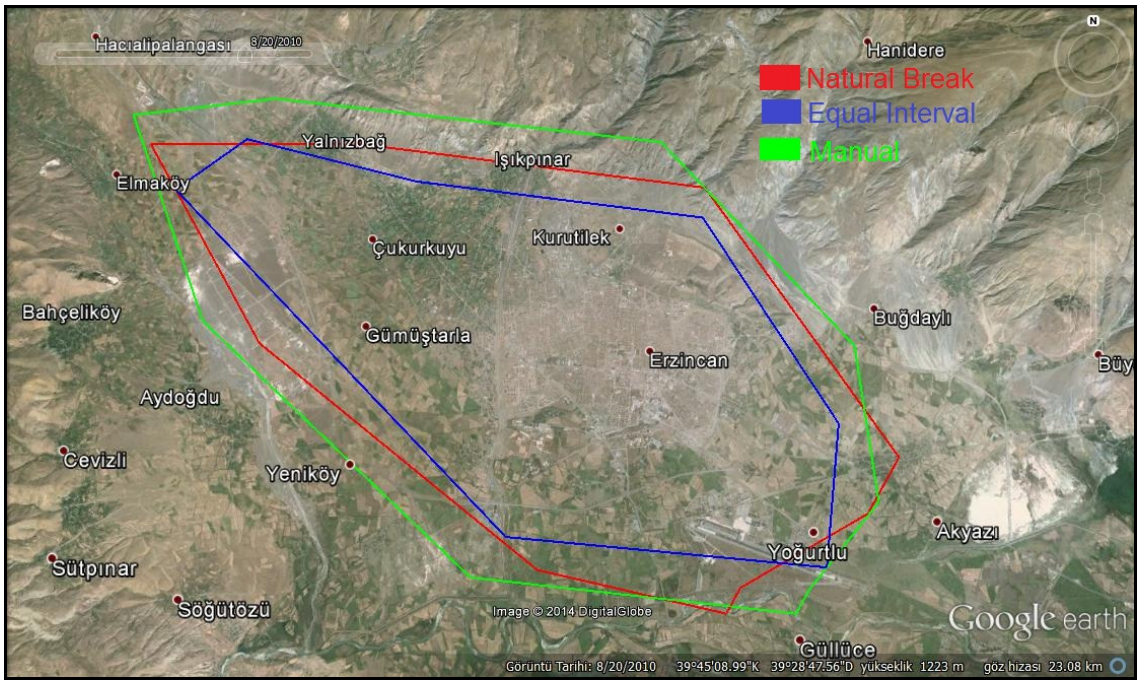
Şekil 4.15. 2006 gece görüntüsünün Natural Break, Equal Interval ve Manual yöntemlerine göre Reclassify işleminden sonraki görünümü ve sağda vektörize edilmiş şekli



Şekil 4.16. 2010 gece görüntüsünün Natural Break, Equal Interval ve Manual yöntemlerine göre Reclassify işleminden sonraki görünümü ve sağda vektörize edilmiş şekli



Şekil 4.17. 2006 gece görüntüsünün Natural Break, Equal Interval ve Manual yöntemlerine göre oluşturulan şehir alanları ve 2006 tarihli Google Earth görüntüsü



Şekil 4.18. 2010 gece görüntüsünün Natural Break, Equal Interval ve Manual yöntemlerine göre oluşturulan şehir alanları ve 2010 tarihli Google Earth görüntüsü

Yapılan sınıflandırma işleminden sonra 2006 ve 2010 yılına ait gece görüntülerinden oluşan alanlar o yıllara ait Google Earth görüntüleriyle çakıştırılmıştır.

Sınıflandırılan görüntüler ArcGis programında hücresel boyutta farklı tarihlere ait görüntüler üç farklı yönteme göre şehir alanları ortaya çıkarılmıştır.

Çizelge 4.10. Doğal Kırıklar (Natural Break) yöntemine göre1998, 2006 ve 2010 yıllarına ait şehir alanlarının hücre sayıları ve değişim yüzdeleri

Şehir Alanı Piksel Sayıları		
	(Natural Break) Doğal Kırıklar	**Değişim (%) (Natural Break Yönt.)**
1998	68	32.35
2006	90	81.11
2010	163	

Yapılan üç farklı yeniden sınıflandırma sonucunda yıllara göre şehir alanına ait hücre sayıları ortaya çıkarılmıştır. Üç farklı yeniden sınıflandırma yöntemleri içinde en ortalama sonucu veren doğal kırıklar (Natural Break) yöntemine göre şehir alanına ait hücre sayıları ve değişim yüzdeleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre 1998-2006 yılları arasında şehir alanı %32.35 (yıllık ortalama %4.04) büyürken, 2006-2010

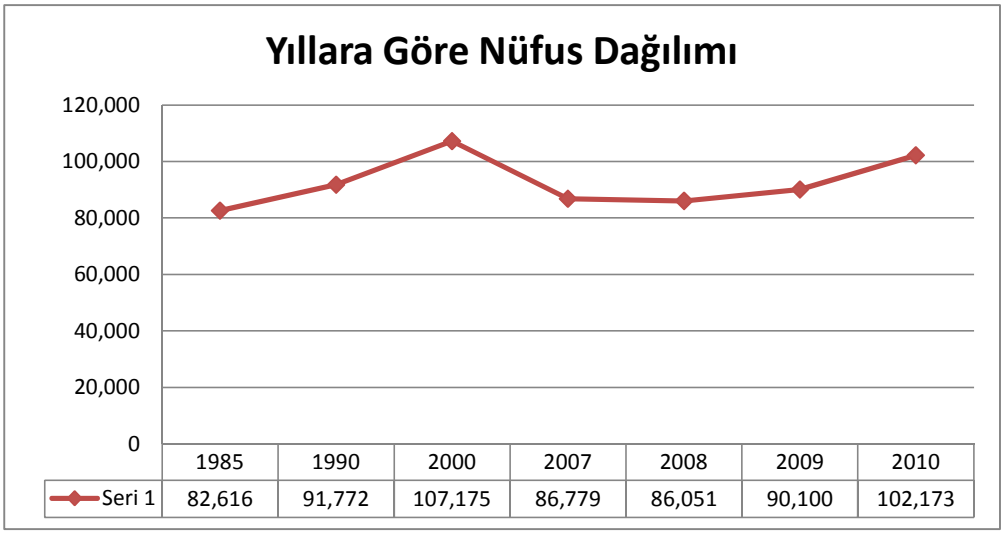
yılları arasında %81.11 (yıllık ortalama %20.28) büyümüştür. 1998-2006 arası sekiz yıllık süreçte şehir alanın 1.32 kat artmış olup, 2006-2010 arası dört yılda şehir alanının 1.81 kat büyüdüğü ortaya çıkarılmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Erzincan iline ait 1987 ve 2006 yılları arasındaki şehir alanındaki artış araştırılmıştır. Çalışmanın ilk adımında alandaki değişim 24.09.1987 tarihli LANSAT TM ve 06.10.2006 tarihli LANDSAT ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın ikinci adımında ise 1998, 2006 ve 2010 yıllarına ait gece görüntüleri kullanılarak değişim analiz edilmiştir.

Landsat uydu görüntüleri ile yapılan çalışmada sınıflandırma işleminde bir kontrollü sınıflandırma yöntemi olan Maximum Likelihood Classification (En çok benzerlik) yöntemi kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminin doğruluk değerleri; 1987 yılına ait uydu görüntüsü için tüm doğruluk %89.75, kapa değeri 0.844, görüntüdeki her bir sınıf için kullanıcı doğrulukları %85.71 ile %91.09 arasında değişmektedir. 2006 yılına ait uydu görüntüsü için tüm doğruluk %88.5, kapa değeri 0.838, görüntüdeki her bir sınıf için kullanıcı doğrulukları %85.71 ile %89.63 arasında değişmektedir.

Sınıflandırma sonucu yapılan değişim analizinde 1987 ve 2006 yılları arasında şehir alanı ve diğer alanlar arasındaki değişimler ortaya çıkarılmıştır. Bu sürede şehir alanı %31.37 büyümüştür. 19 yıllık sürede şehir alanının 1.37 kat arttığını ve yıllık ortalama %1.65 oranında büyüdüğünü göstermektedir. 1987-2006 yılları arasında meydana gelen bu alansal değişim, nüfus değişimleri ile de karşılaştırılarak yorumlanmıştır (Şekil 5.1).



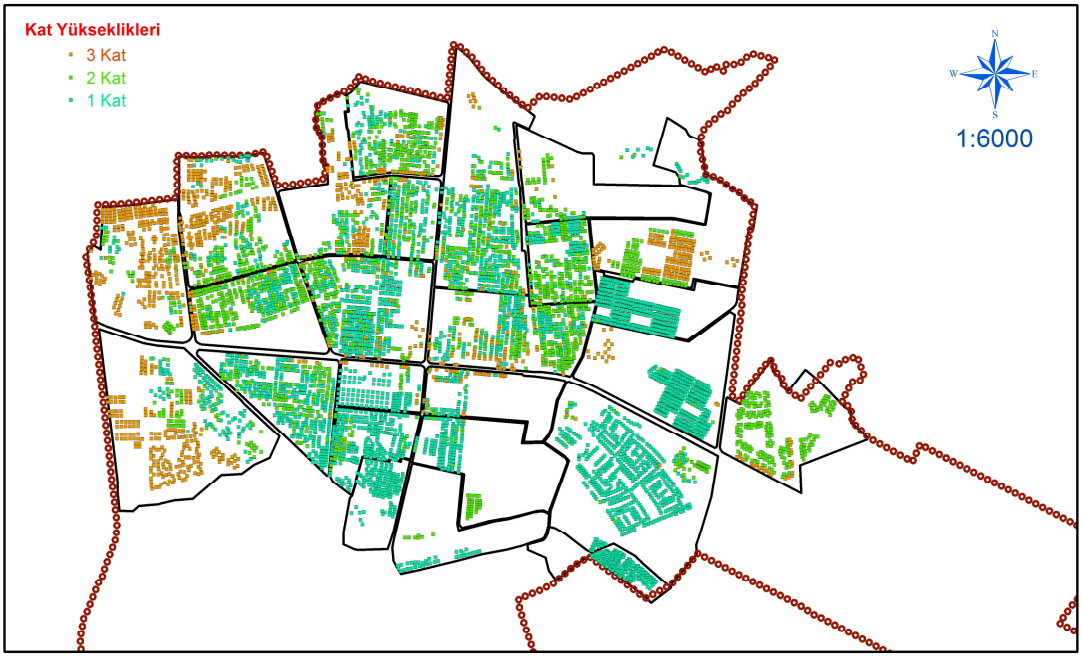
Şekil 5.1. Erzincan ili şehir merkezinin yıllara göre nüfus dağılımı

Hem yüzey alanı hem de nüfus olarak küçük iller arasında olan Erzincan'da özellikle 1987-2000 yılları arasında dikkate değer bir artış olduğu görülmektedir. Erzincan iline ait nüfus verileri ve mahalle tabanlı binalara ait kat yüksekliklerini içeren veriler incelendiğinde şehir alanı artışında karşılaştırmalar yapılabilmektedir. 1987 ve 2006 yıllarına ait nüfus verisi olmasa da, nüfus bilgisi var olan yıllara ait bilgilerden, elde edilen nüfus dağılım grafiği ile (Şekil 5.1) şehir alanındaki büyüme arasında yorumlamalar yapılabilmektedir. Erzincan şehir merkezi nüfusunun 1985 yılında 82,616 iken 2000 yılında 107,175'e çıktığı ve 2007 yılında ise nüfusun 86,779'a düştüğü görülmektedir. 1987'den 2000 yılına nüfusun 24,559 arttığı ve bu artışın ortalama %30'a karşılık geldiği görülmektedir. Bu dönemde gerçekleşen nüfus artışı ile şehir alanında mekânsal bir büyümenin kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir. 1985 yılına göre 2007 yılında ise nüfus artışının 4,163 kişi arttığı ve bu artış ortalama %5'e karşılık geldiği görülmektedir. 2000 yılı ile 2007 yılı arasında ise nüfusta düşme olduğu gözlemlense de, 1985-2000 yılı arasındaki nüfus artışı nedeni ile meydana gelmiş mekânsal değişimin bu nüfus azalması ile değişmeyeceği öngörülmektedir.

Yaptığımız çalışmada 1987 ve 2006 yılları arasında şehir artışının %31.37 olduğu belirlenmiştir. Bu artış değeri de 1985-2000 yılları arasındaki nüfus artışı ile orantı göstermektedir.

Erzincan ili kuzey Anadolu fay hattı üzerinde olup 1. derecede deprem alanındadır. 1939 da 7.8 şiddetinde ve 1992 de 6.8 şiddetinde iki büyük deprem yaşamıştır. Bu nedenle şehirdeki yapılarda 1939 yılındaki depremden sonra maksimum üç kata müsaade edilmektedir. Ancak 1970 ve 1980 yılları arasında bu kısıtlama kaldırılmış 4, 5 ve 6 katlı binalar yapılmıştır. 1992 deki 6.8 şiddetindeki depremde zarar gören ve yıkılan binaların büyük bir kısmı bu yüksek katlı binalardır. 1992 tarihinden sonra yapılan binalara tekrardan maksimum 3 kat sınırlaması getirilmiştir.

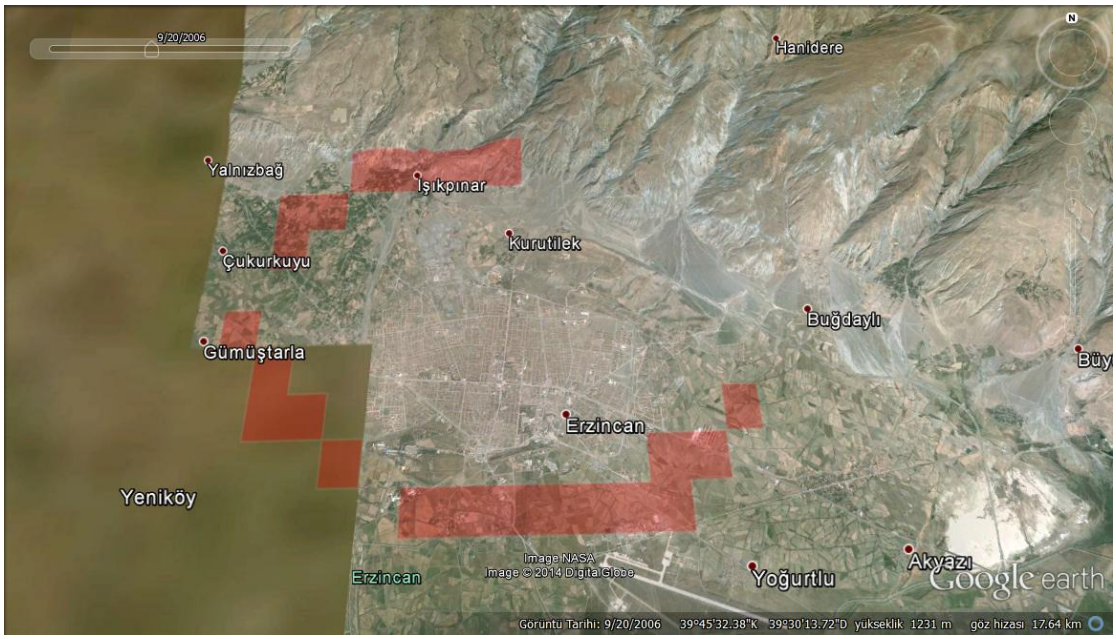
Şekil 5.2 incelendiğinde şehir merkezindeki yapıların büyük bir kısmının tek katlı ve iki katlı yapılardan oluştuğu görülmektedir. Bu nedenle artan nüfusun yerleşim ihtiyacı karşılamak için yapılan yeni binalarda kat adedi ile ilgili sınırlama olduğundan dolayı fazla kat çıkılamamaktadır. Buda yeni binaların daha geniş alana yayılmasına ve bina sayısının diğer benzer şehirlere oranla daha fazla artmasına neden olmuştur.



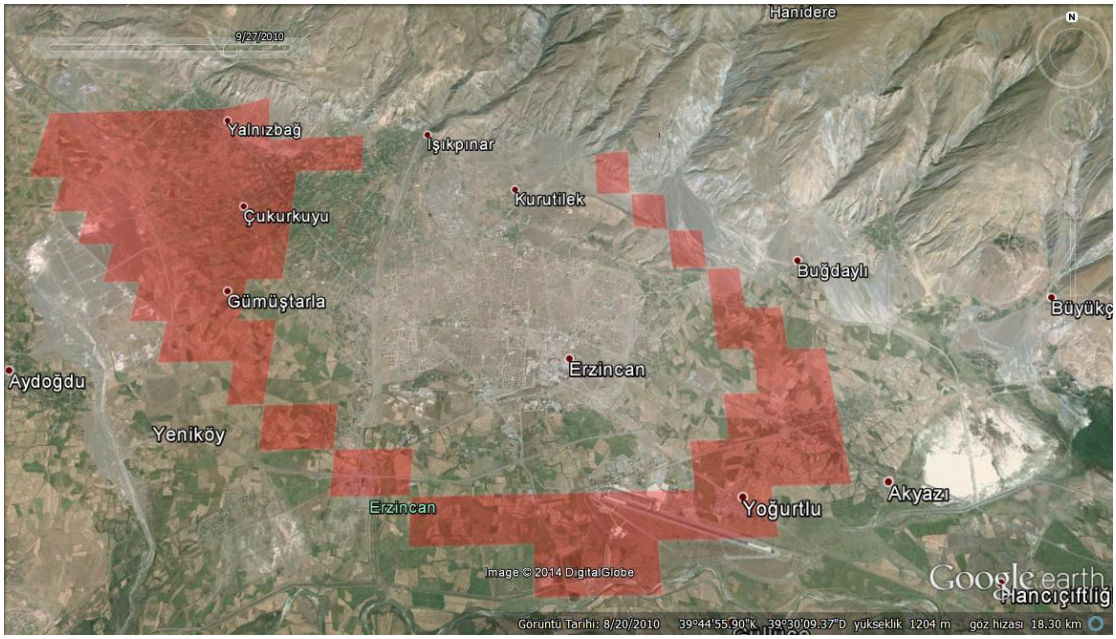
Şekil 5.2. Erzincan şehir merkezi bina kat adetlerinin dağılımı

Gece görüntüleri ile ilgili yaptığımız çalışmada 1998, 2006 ve 2010 yıllarına ait gece görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntüler üç farklı yeniden sınıflandırma yöntemine göre sınıflandırılarak şehir alanları belirlenmiştir. Her bir yöntemdeki piksel aralık değerleri farklı olduğundan elde edilen şehir alanlarına ait piksel sayılarıda farklı olmuştur. Yapılan sınıflandırma işleminden sonra 2006 ve 2010 yılına ait gece görüntülerinden oluşan alanlar o yıllara ait Google Earth görüntüleriyle çakıştırılmıştır. 2006 ve 2010 yıllarına ait gece görüntüsünden oluşan şehir alanları ve Google Earth görüntüleri bir bütün olarak incelendiğinde her üç yöntemden elde edilen şehir alanının yaklaşık olarak şehir merkezini içine alacak şekilde kapsadığı görülmektedir.

Yeniden sınıflandırma yöntemleri içinde ortalama sonucu veren doğal kırıklar (Natural Break) yöntemine göre şehir alanındaki değişimler hesaplanmış olup 1998-2006 yılları arasında şehir alanı %32.35 (yıllık ortalama %4.04) artmıştır. 2006-2010 yılları arasında ise bu artış %81.11 (yıllık ortalama %20.039) olduğu gözükmektedir. Şehir alanı 1998-2006 arası sekiz yıllık süreçte 1.32 kat, 2006-2010 arası dört yıllık süreçte 1.81 kat artmıştır. 2006-1998 ve 2010-2006 yılları arasındaki şehir alanına ait değişim haritası bu iki yıla ait gece görüntülerinden fark alma yöntemiyle elde edilmiştir. Değişim haritası Google Earth görüntüleriyle çakıştırılarak şehir alanındaki büyümenin olduğu kısımlar yorumlanmıştır (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4).



Şekil 5.3. 1998-2006 tarihleri arası Natural Break yöntemine göre şehir alanı değişim haritasının 2006 tarihli Google Earth görüntüsüyle çakıştırılmış hali



Şekil 5.4. 2006-2010 tarihleri arası Natural Break yöntemine göre şehir alanı değişim haritasının 2010 tarihli Google Earth görüntüsüyle çakıştırılmış hali

2010-2006 yıllarına ait değişim haritası (Şekil 5.4) incelendiğinde dört yıllık süreçte gözle görülür artışın özellikle şehrin güney ve kuzeybatı kısmında olduğu görülmektedir. Erzincan ilinin 1985 ile 2010 yılları arası nüfus grafiği incelendiğinde nüfus değerlerinin dalgalı bir seyir izlediği görülmekle birlikte 2008 ve 2010 arası iki yıllık süreçte nüfusun 16,122 kişi arttığı görülmektedir. Bu artışla birlikte yeni yerleşim alanlarının sayısı artmıştır. Bu büyümenin arkasında yerleşim alanlarındaki artışın

etkisinin yanı sıra farklı sebeplerinde olduğu düşünülmektedir. Merkeze yakın beldelerle şehir merkezi arasındaki yerlerde yeni yapılan binalar sonucunda bu aralardaki kopukluklar kalkmış ve bu alanlar gece görüntüsünde bir bütün olarak görülmüştür. Şehrin güney kesiminde yeni hava alanının yapılması ve bu alandaki yerleşim yerleri görüntünün güney kısımlarında şehir alanının büyümesini açıklamaktadır. Şehir alanının batı ve kuzey batı kısmındaki genişlemenin sebebi ise o bölgede yapılan üniversite yerleşke alanının ve çevre yolunu geçmesi ile açıklanabilmektedir.

Gece görüntülerinde her bir hücre 30x30 yay saniyesi çözünürlüktedir. Her bir hücre yeryüzünde yaklaşık olarak 1 km^2 alana karşılık gelmektedir. Yapılan alansal fark ve değişim yüzdelerinde bir hücrenin karşılık geldiği alan göz önünde bulundurulmalıdır. Gece görüntülerinin çözünürlük değerlerinin düşük olması gece görüntülerinin dezavantajı olmasının yanında 1992 yılından itibaren her yıla ait gece görüntüleri ücretsiz olarak temin edilebilmektedir. 2012 ve 2013 yıllarına ait gece görüntülerinde çözünürlük 15x15 yay saniyesine yükseltilmiştir. Günümüzün gelişen uydu teknolojileri sayesinde gece görüntülerindeki çözünürlük değerleri de artmaktadır. Bu amaçla değişim analizi çalışmalarında gece görüntülerinin kullanılmasını mümkün olmaktadır.

Değişim analiz çalışmalarında Landsat görüntülerinin çözünürlüğünün daha yüksek olması nedeniyle yapılan değişim analizindeki sonuçlar daha hassas olmakta ve bu veriler ücretsiz olarak temin edilebilmektedir. Ancak her yıla ait ücretsiz Landsat verisi bulunmamaktadır.

Günümüzde, kentlerin, denetimsiz büyümenin getirdiği sorunlara ve bu çerçevede bireylerin ve toplumun gereksinmelerine nasıl yanıt vereceği konusu, en temel sorulardan birini oluşturmaktadır. İnsanlardaki çevre bilincinin geçmiş yüzyıllara oranla daha fazla arttığı günümüzde geleceğin kentlerini planlarken daha kontrollü, akıllı ve sürdürülebilir olmaları için yeni çözümler üretilmesi gerekmektedir. Teknolojinin gelişmesi ve uzaktan algılama tekniklerinin de bu teknolojiye paralel olarak ilerlediği göz önüne alınırsa uydu görüntüleri ile entegre CBS teknolojilerinin kullanıldığı bu çalışma; şehir alanlarının düzenli gelişmesi, hızlı ve doğru karar verme imkânını artırması, kaçak yapılaşmanın takibi ve önlenmesi gibi çalışmalara altyapı oluşturması bakımından, bu alandaki çalışmalara olumlu yönde büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akça, D., Doğan, S., 2002, Sayısal görüntülerde ana bileşenler dönüşümü, *Harita Dergisi,* 129, 1-15.

Ayhan, E., 2003, KTÜ Uzaktan algılama ders notları (yayınlanmamış), KTÜ, Lisans Programı, Trabzon.

Baysal, D., 2006, Eskişehir kentsel yerleşim alanının farklı yıllara ait fiziksel değişiminin uzaktan algılama yöntemi ile değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

Billah, M. and Rahman, G.A., 2004, Land cover mapping of Khulna city applying remote sensing technique, *Proc. 12th İnt. Conf. on Geoinformatics, Geospatial İnformation Research*.

Campbell, J.B., 1987, Introduction to remote sensing, *Guilford Press.* New York.

Chander, G. and Markham, B., 2003, Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* 41, 2674-2677.

Chavez, P.S., 1996, Image based atmospheric corrections-revisited and improved, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* 62, 1025-1036.

Christel, L., Groessl, C. ve Krawczak, P., 1999a, Changes in the coverage and distrubition of open space in the greater Tucson Metropolitan Area, 1984 – 1998, *Arid Lands Resource Sciences Graduate Program,* University of Arizona, December.

Christel, L., Groessl, C. ve Krawczak, P., 1999b, Open space issues in expanding urban environments: An integrated assessment for the municipalities of Tucson and Vail, Pima county, Arizona, *Arid Lands Resources Sciences Graduate Program,* Arizona.

Civco, D.L., Hurd, J.D., Arnold, C.L. ve Prisloe, S., 2000, Characterization of suburban sprawl and forest fragmentation through remote sensing applications, *International Journal of Remote Sensing,* 16.

Coppin P. , Jonckheere I., Nackaerts K., Muys B., 2004, Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Int. J. Remote Sensing*, 10 May, 2004, Vol. 25, NO. 9, 1565–1596.

Çölkesen, İ., 2009, Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze.

Dewan, A. M. and Yamaguchi, Y., 2009, Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied Geography* 29, 390–401.

Ekercin, Semih., 2007, Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişimi, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul. 3-23.

Erdas, 2008, Erdas Imagine 9.2 Field Guide.

Erener A. ve Düzgün H.S.B, 2009, Murgul bakır ocaklarındaki alansal değişimin uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 1-7., Ankara, Türkiye, Mayıs 2009.

Erener A. and Düzgün H.S.B., 2009, A methodology for land use change detection of high resolution pan images based on texture analysis, *Italian Journal of Remote Sensing*, Rivista Italiana di Telerilevamento, ISSN: 1129-8596, 41 (2): 47-59

Erener, A., Düzgün S., Yalçıner A.C., 2011, Evaluating land use/cover change with temporal satellite data and information systems, *Procedia-Computer Science Journal* (ISSN: 1877-0509) Procedia Technology, 1, 385–389.

Erener, A. and Yakar, M., 2012, Monitoring coastline change using remote sensing and GIS technologies. Lecture Notes in Information Technology, Vol.30, pp: 310-314. *2012 International Conference on Earth Science and Remote Sensing* (ESRS 2012) HongKong, September 4-5, 2012.

Gibson, P.J., 2000, Introductory remote sensing: Principles and concepts. *Routledge publishers*, London.

Göksel, Ç., 1996, Elmalı ve Alibey su havzalarının uydu görüntü verileriyle izlenmesi ve bilgi sistemi oluşturma olanakları, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü* İstanbul.

Göksel, Ç., Kaya, Ş., Musaoğlu, N., 2001, Satellite data use for change information: A case study for Terkos water basin, İstanbul, 21. *EARSeL Symposium*, Proceedings, pp. 299-302, Paris, Fransa.

Grey W.M.F., Luckman, A.J., Holland, D., 2003, Mapping urban change in the UK using satellite radar interferometry. *Remote Sensing Environment* 87, 16–22.

Herold M., N.C. Goldstein., K.C. Clarke, 2003, The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing Environment* 86: 286–302.

Howarth, P. J. and Wickvare, G. M., 1987, Procedures for change detection using Landsat digital data, *Int. J. Remote Sensing*, 2, 277-291.

Huskainen, P. and Pellikka, P., 2004, Change detection of informal settlements using multitemporal aerial photographs – the Case of VOI, SE-KENYA, *Department of Geography, University of Helsinki,* Helsinki, Finland.

Jat, M. K., Garg, P.K., Khare D., 2008, Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 10, 26–43.

Jensen, J., R., 1996, Introductory digital image processing a remote sensing perspective, prentice hall, 318 pp.

Jensen, J.R., 2000, Remote sensing of the environment: An earth resource perspective, *Prentice Hall Press*. Upper Saddle River.

Kansu, O., 2006, Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma yöntemleri analizi. Yüksek Lisans Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Karadağ, A. ve A. Koçman, 2007, Coğrafi çevre bileşenlerinin kentsel gelişim süreci üzerine etkileri: Ödemiş (İzmir) örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 16: 3-16.

Kavzoğlu, T. ve Çetin, M., 2005, Gebze bölgesindeki sanayileşmenin zamansal gelişiminin ve çevresel etkilerinin uydu görüntüleri ile incelenmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

Kaya, Ş., 1993, İstanbul - İkitelli örneğinde uzaktan algılama verileri kullanılarak metropoliten analizi ,Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Kaya, Ş., 1999, Uydu görüntüleri ve sayısal arazi modeli kullanılarak Kuzey Anadolu fayı Gelibolu-Işıklar dağı kesiminin jeomorfolojik-jeolojik kesiminin incelenmesi, Doktora Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Kaya, Ş., Müftüoğlu, O., Tüysüz, O., 2004, Tracing the geometry of an active faultusing remote sensing and digital elevation model: Ganos segment, NorthAnatolian fault zone, Turkey, *International Journal of Remote Sensing,* 25,3843-3855.

Kıyak, E., 2011, Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma teknikleri, Yüksek Lisans Semineri, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Kızılelma, Y., Karabulut, M., Gürbüz, M., Topuz, M., Ceylan, Emrah., 2013, Niğde ve yakın çevresinin zamansal değişiminin czaktan algılama ve CBS kullanarak incelenmesi, *Journal of World of Turks / Zeitschrift für die Welt der Türken*. 2013, Vol. 5 Issue 3, 21-34.

Levin, N. and Duke, Y., 2012, High spatial resolution night-time light images for demographic and socio-economic studies, *Remote Sensing of Environment*, Volume 119, 16 April 2012, Pages 1–10.

Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 1994, Remote sensing and photo interpretation. *3rd. Edition, John Wiley & Sons*: New York.

Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1999, Remote sensing and image interpretation. *John Wiley and Sons Publishers*, New York.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2004, Remote sensing and image interpretation, *John Wiley & Sons Pres*. New York.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2007, Remote sensing and image interpretation. *6th Edition, John Wiley & Sons*: New York.

Liu Y., 2004, Analysis of four change detection algorithms in bitemporal space with a case study. *Int. J. Remote Sensing*, *10 June, 2004*, Vol. 25, No. 11, 2121–2139.

Liu, Z., He, C., Zhang, Q., Huang, Q., Yang, Y., 2012, Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008, *Landscape and Urban Planning,* Volume 106, Issue 1, 15 May 2012, Pages 62–72.

Lu, D., Mausel, P., Brondızıo, E., Moran, E., 2002, Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBAresearch, *International Journal of Remote Sensing,* 23, 1671-2651.

Maktav, D. ve Sunar F., 1991, Uzaktan algılama kantitatif yaklaşım, *Hürriyet Ofset*, İstanbul.

Mas, J.F., 1999, Monitoring landcover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20, 139–152.

Mather, P.M., 1987, Computer processing of remotely-sensed images, *John Wiley& Sons Pres*. New York.

Mubea, K. B., Gigi, T. G., Mundia, C., 2010, Assessing application of markov chain analysis in predicting land cover change: a casestudy of Nakurumunicipality. JAGST, 12(2): 126-144.

Muller D. and Zeller M., 2002, Land use dynamics in the central highlands of Vietnam: a spatial model combining village survey data with satellite imagery interpretation. *Agriculture Economy* 27, 333– 354.

Musaoğlu, N., 1993, İstanbul Ümraniye örneğinde uzaktan algılama verileri kullanılarak metropoliten analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Musaoğlu, N., 1999, Elektro-optik ve aktif mikrodalga algılayıcılarından elde edilen uydu verilerinden orman alanlarında meşcere tiplerinin ve yetişme ortamı birimlerinin belirlenme olanakları, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Nassar, A.K., Blackburn, G.A., Whyatt, J.D., 2014, Developing the desert: The pace and process of urban growth in Dubai, *Computers, Environment and Urban Systems,* Volume 45, May 2014, 50–62.

Oğuz, H., 2004., Modeling urban growthand land use / land cover change in the Houston metropolitan area from 2002-2030. *Texas A&M University, PhD Dissertation*, (unpublished).

Örmeci, C., 1987, Uzaktan algılama (temel esaslar ve algılama sistemleri), *İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası*, İstanbul.

Örmeci, C. and Ekercin, S., 2006, An assessment of water reserve change in the SaltLake, Turkey through multitemporal Landsat imagery and real-time groundsurveys, *Hydrological Processes,* yayınlanmak üzere kabul edilmiş makale.

Özkan, C., 1998, Uzaktan algılama verileriyle orman yangını analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Özyavuz, M., 2011 Tekirdağ kent merkezinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ile incelenmesi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty,Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 8(1), 65-74.

Paudel, S. and Yuan, F., 2012, Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS Modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 16, 66–76.

Peijun, D., Xingli, L., Wen, C., Yan, L., Huapeng, Z., 2010, Monitoring urban land cover and vegetation change by multi-temporal remote sensing information. *Mining Science and Technology* 20, 0922–0932.

Rencz, A.N. and Ryerson, R.A., 1999, Manuel of remote sensing digital image analysis, *Springer-Verlag*, New York.

Ridd, K.M. and Liu, J., A., 1998, Comparasion of four algorithms for change detection in an urban environment, *Remote Sensing of Environment*, 63:95-100.

Sabins, F.F., 1996, Remote sensing: Principles and interpretation, *W.H. Freeman &Company*. New York.

Schneider, A., 2012, Monitoring land cover change in urban and peri-urban areas using dense time stacks of Landsat satellite data and a data mining approach. *Remote Sensing of Environment* 124, 689–704.

Singh, A., 1989, Digital change detection techniques using remotelysensed data, *International Journal of Remote Sensing*, 6, 989–1003.

Small, C. and R.B. Miller., 1999, Monitoring the urban environment from Space, *The International Symposium on Digital Earth*, Beijing.

Sun, C., Wu, ZF., Lv, ZQ., Yao, N., Wei, JB., 2013, Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*; April, 2013, 21 409-417,

Süslü, A., 2007, Şereflikoçhisar ilçesindeki tarım arazilerinde uzaktan algılama yöntemiyle ekili alanların tespiti ve rekolte tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze.

Tapiador, F. and Casanova J., L., 2002, Land use mapping methodology using remote sensing for the regional planning directives in Segovia, Spain, *Landscape and Urban Planning* 942, 1–13.

Tardie, P.S. and Congaltion, R.G., 2002, A Change-detection analysis: Using remotely sensed data to assess the progression of development in Essex County, Massachusetts from 1990 to 2001, *Department of Natural Resources,* New Hampshire.

Toutin, T., 2003, Path processing and block adjustment with RADARSAT-1 SARImages, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* 41, 2320-2328.

Toutin, T., 2004, Geometric processing of remote sensing images: Models, algorithms and methods, *International Journal of Remote Sensing,* 25, 1893-1924.

Tunay, M. ve Ateşoğlu, A., 2004, Uzaktan algılama tekniği ve CBS kullanılarak Bartın çevresindeki doğal olmayan değişikliklerin belirlenmesi, *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Bildiriler Kitabı*, 435-444, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Uzun, A. ve Somuncu, M., 2013, Marda dağı ve çevresinin arazi örtüsü/kullanımındaki zamansal değişimin uzaktan algılama yöntemi ile değerlendirilmesi, *Balikesir University Journal of Social Sciences Institute*. Dec2013, Vol. 16 Issue 30, 1-21.

Vescovi, F.D., Duadze, S., Menz, G., 2002, Use of remote sensing for land use and natural resources investigations in the Volta basin, *Remote Sensing Research Group (RSRG) Department of Geography, University of Bonn,* Bonn.

Weng Q.H., 2002, Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management* 64, 273–284.

Wu, Q., Li, H., Wang, R., Paulussen,J., He, Y., Wang, M., Wang, B., Wang, Z., 2006, Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning* 78, 322–333.

Xu, C., Fang, S., Long, N., Teng, S., Zhang, M., Liu, M., 2014, Spatial Patterns of Distinct Urban Growth Forms in Relation to Roads and Pregrowth Urban Areas: Case of the Nanjing Metropolitan Region in China. *Journal of Urban Planning and Development.* , 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000202 , 04014015.

Yang, X. and Lo, C.P., 2000, Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* 66, 967-980.

Yılmaz, H.M., Reis, S., Atasoy, M., 2007, Türkiye'de yeni illerin kentsel gelişim sürecinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi: Aksaray örneği, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B., Bauer, M.E. 2005, Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 98(2): 317-328.

URL 1: http://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_n%C3%BCfusu [Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2014].

URL 2: http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm [Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2014].

URL 3: http://www.erzincan.gov.tr/ [Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2014].

URL 4: http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=20 [Ziyaret Tarihi: 7 Mayıs 2014].

URL 5: http://glcf.umd.edu/data/landsat/ [Ziyaret Tarihi: 7 Mayıs 2014].

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Emre YÜCER
Uyruğu	**:**	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Niksar/Tokat 1982
Telefon	**:**	
Faks	**:**	
e-mail	**:**	emre_yucer@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	İmam Hatip Lisesi, Tokat	1996 - 1999
Üniversite	:	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun	2001 - 2005
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Konya	2011 - 2014
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2005 - 2007	Cemre Müh.Müt.Plan.Tic.Ltd	Harita Mühendisi
2007 - 2011	Maliye Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğü	Harita Mühendisi
2011 -	Erzincan Üniversitesi MYO	Öğretim Görevlisi