

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN KENTSEL ISI ADALARININ
BELİRLENMESİ: BATI AKDENİZ BÖLGESİ ÖRNEĞİ**

Nagihan ASLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

2016

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN KENTSEL ISI ADALARININ
BELİRLENMESİ: BATI AKDENİZ BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Nagihan ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez 15/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Dilek KOÇ SAN



Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ



Yrd. Doç. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK



ÖZET

LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN KENTSEL ISI ADALARININ BELİRLENMESİ: BATI AKDENİZ BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Nagihan ASLAN

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Dilek KOÇ SAN

Haziran 2016, 130 sayfa

Geçtiğimiz 60 yılda, dünya hızlı bir kentleşme süreci içine girmiştir. 1950 yılında dünya nüfusunun %70'inden fazlası kırsal alanda ve %30'undan daha azı kentte yaşamaktayken, bu oran kent lehine kaymış ve 2007 yılında ilk defa kentte yaşayan nüfus kırsalda yaşayan nüfustan fazla olmuştur. Dünya nüfusunun hızla artması ve kentleşme ile beraber sanayileşme ve teknolojik gelişmeler hızlanmıştır. Bu durum dünya iklimini olumsuz yönde etkilemektedir. Küresel ortalama yüzey sıcaklığı 19. yüzyıl'dan bu yana sürekli olarak artmaktadır. İklimin küresel ölçekte değişimi ve kentleşme, kent iklimlerini etkilemekte ve kentlerin çevrelerindeki kırsal alandan daha sıcak olmasına neden olmaktadır. Kent iklimindeki bu değişim kentte yaşayan insan nüfusunu birçok açıdan olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle kent iklimi çalışmaları günümüzde önem kazanmıştır.

Türkiye'de de nüfusun hızla arttığı görülmektedir. Batı Akdeniz Bölgesi (TR61), Türkiye yüz ölçümünün yaklaşık olarak %4'ünü oluşturmaktadır ve bu bölgede de kent nüfusu hızla artmaktadır. Bölgede bulunan Antalya kenti Türkiye'nin en büyük 5. ili olmakla birlikte 2015 yılında nüfus artış hızı en yüksek olan ildir. Antalya ili her sene çok sayıda turiste ev sahipliği yapmaktadır ve Türkiye'nin turizm açısından da en önemli illerinden biridir. Bununla birlikte tarım ve seracılık faaliyetleri ilin diğer geçim kaynaklarından ve Türkiye'nin diğer bölgelerine bu ilden meyve ve sebze gitmektedir. Ayrıca, Antalya kenti Akdeniz iklimine sahiptir ve yazları çok sıcak geçmektedir. Zaten sıcak olan havanın Kentsel Isı Adası (UHI) etkisi nedeniyle daha da ısınması ise istenen bir durum değildir. Bu nedenle kenti etkileyen UHI etkisinin araştırılması önemlidir. Aynı bölgede bulunan Isparta ve Burdur kentleri gelişmekte olan illerdir ve iklimsel olarak Antalya ilinin iklimi ve arazisiyle benzer ve farklı özellikleri bir arada bulundurmaktadırlar. Bu bölgede yapılacak incelemenin, farklı büyüklükte ve farklı karakteristiklere sahip illerin karşılaştırılmasına olanak sağlayacağı düşünülerek bu bölgeler çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Bu çalışmada, Batı Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Antalya, Isparta ve Burdur kentleri merkez ilçelerinin 2001 - 2014 yılları arasındaki, arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının, arazi yüzey sıcaklıklarının ve UHI etkilerinin değişimlerinin incelenmesi ve Arazi Yüzey Sıcaklık (LST) değerleri ile arazi kullanımı/örtüsü arasındaki ilişkinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle Landsat görüntülerinin termal bantları kullanılarak LST değerleri hesaplanmıştır. Diğer taraftan, Landsat görüntüleri, NDVI, DMSP_OLS gece ışıkları ve ASTER SYM görüntülerinden Rastgele Orman (RF) sınıflandırma tekniği kullanılarak arazi kullanımı/örtüsü sınıfları belirlenmiştir. Son olarak, arazi yüzey sıcaklıkları ile arazi kullanımı/örtüsü sınıfları birlikte analiz edilerek

aralarındaki ilişkiler ortaya koyulmuş ve UHI etkileri belirlenmiştir. Ayrıca, Akdeniz bölgesinin mevsimsel özellikleri ve yaz nüfusu ile kış nüfusu arasındaki farklılıklar da dikkate alındığında bu bölgede UHI etkisinin mevsimsel değişiminin analizi önemlidir. Bu amaçla, DMSP_OLS gece ışıkları verisi, emissivite görüntüsü ve ASTER SYM kullanılarak kent ve bitki alanları belirlenmiş ve farklı mevsimlere (aralık, mart, haziran ve ekim ayları) ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerinden UHI etkileri mevsimsel olarak da incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, her üç çalışma alanında da RF sınıflandırma tekniği kullanılarak arazi kullanımı/örtüsü haritalarının başarılı bir şekilde elde edildiğini ortaya koymaktadır. Sınıflandırma sırasında ek bantların kullanılması RF sınıflandırma doğruluğunu %11'e kadar arttırmaktadır. LST değerleri ile arazi kullanımı/örtüsü sınıfları arasındaki ilişki incelendiğinde, en düşük LST değerleri su ve bitki alanlarında, en yüksek LST değerleri ise boş-alan, kent, sanayi, kuru tarım alanlarında gözlenmiştir. UHI etkisinin 2001 - 2014 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde ise, Antalya'da UHI etkisinin yaklaşık olarak 1,2°C arttığı, en fazla etkili olduğu zamanın yaz mevsimi olduğu, en az etkili olduğu zamanın ise kış mevsimi olduğu gözlenmiştir. Bu dönem içerisinde, Isparta için UHI etkisinin 0,6°C düştüğü ve Burdur için ise değişmediği gözlenmiştir. Mevsimsel inceleme sonuçlarına göre, UHI etkisi Isparta ve Burdur çalışma bölgelerinde de en fazla yaz mevsiminde etkilidir, kış mevsiminde ise negatiftir. Bu durum bize bitki alanlarının kent iklimi üzerindeki olumlu etkisini açık bir şekilde göstermektedir. Yaz aylarında bitkisel alanlar sıcaklık artışını yavaşlatırken, kış aylarında ise sıcaklığın şiddetli düşüşünü engellemeye yardımcı olmaktadır. Genel olarak belirlenen UHI etkisi ile kent büyüklüğü ilişkisi incelendiğinde, kent büyüdükçe UHI etkisinin büyüklüğünün arttığı söylenebilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların Türkiye'nin en hızlı kentleşen illerinden olan Antalya başta olmak üzere Batı Akdeniz Bölgesi'nin gelişimi planlanırken kullanılabileceği ve her üç kent için de en uygun koşulların oluşturulmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: UHI, Termal Uzaktan Algılama, Değişim Analizi, Landsat7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS, RF Sınıflandırıcısı

JÜRİ: Doç. Dr. Dilek KOÇ SAN (Danışman)
Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ
Yrd. Doç. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

ABSTRACT

DETECTION OF URBAN HEAT ISLANDS FROM LANDSAT IMAGERIES: A CASE STUDY OF WEST MEDITERRANEAN REGION

Nagihan ASLAN

**MSc Thesis in Space Science and Technology
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Dilek KOÇ SAN
June 2016, 130 pages**

The world has entered into a rapid urbanization process in the past 60 years. In 1950, more than 70% of the world population lived in rural areas and less than 30% in urban areas. This ratio shifted in favor of the urban and population living in urban areas was more than the rural in 2007. Technological developments have accelerated with the rapid increase in world population and urbanization. This situation negatively affects the global climate. The global average surface temperature has increased continuously since the 19th century. Urbanization and climate change on a global scale affects the urban climate and this leads to warmer urban areas than surrounding rural areas. This change in the urban climate has negatively affects the human population living in urban areas in many aspects. Therefore, studies of urban climate have become more important nowadays.

Population has been increasing rapidly in Turkey too. The West Mediterranean Region (TR61) constitutes approximately 4% of Turkey's surface area and the urban population increases rapidly. Antalya, which is located in this region, is the Turkey's 5th largest city and it has the highest population growth rate in 2015. Antalya province is one of the most famous tourism cities of Turkey and a large number of tourists visit this city every year. Besides, greenhouse and agriculture activities are the other mainstay of the Antalya providing fruits and vegetables to other regions of Turkey. In addition, Antalya has a Mediterranean climate and the summers are very hot in this city. The increase in the air temperature that is already hot due to the Urban Heat Island (UHI) effect is not desirable. Therefore, it is important to investigate the UHI effect that has impact on the city. Isparta and Burdur that are developing cities are also located in the same region and they have similar and different climatic and terrain features with Antalya. The analyzing of this area allows the comparison of the provinces that have different sizes and different characteristics and therefore these regions are selected as study areas.

The objectives of this study are to examine land use/cover (LU/LC) classes, to analyze changes of Land Surface Temperatures (LST) and UHI effects and to determine the relationship between LST and LU/LC in the central districts of Antalya, Isparta and Burdur cities that are located in the West Mediterranean Region from 2001 to 2014. For this purpose, primarily LST values were calculated using thermal band of Landsat imagery. On the other hand, land use/cover classes are defined using Random Forest (RF) classification technique from Landsat imagery, NDVI, DMSP_OLS nighttime lights data and ASTER GDEM. Finally, LST and LU/LC classes are analyzed together and UHI effects are determined. In addition, analyzing the seasonal variation of the UHI effect is

important in this region when the seasonal characteristics of the Mediterranean region and the population differences between the summer and winter were considered. For this purpose, urban and vegetation areas are identified using the DMSP_OLS nighttime lights data, emissivity image, and ASTER GDEM and UHI effects are investigated by using Landsat 8 OLI/TIRS satellite imagery that belongs to different seasons(December, March, June and October).

The obtained results indicate that the LU/LC maps were generated successfully using RF classification technique, using additional bands during the classification had been shown to improve RF classification accuracy up to 11%. When the relationship between the LST values and LU/LC classes were observed, it can be stated that the lowest LST values are analyzed in water and vegetation areas, the highest LST values are observed in bare-land, urban, industry and dry agriculture areas. When the UHI effect between the years 2001 and 2014 is examined, it was detected that in Antalya the UHI effect was increased about 1.2°C and it was most effective in summer and least effective in winter seasons. In the same period, the UHI effect decreased 0.6°C in Isparta and it was not changed in Burdur. According to seasonally examination, the UHI effect was most effective in summer season while it was negative in winter season in the selected study areas of Isparta and Burdur. This situation shows the positive impact of the vegetation areas on the urban climate clearly. Vegetation areas slow the growth temperature during the summer months and it helps prevent the severe temperature decline during the winter months. In general, when the relationship between the determined UHI effects and urban size were analyzed, it can be stated that the UHI effect increases with urban growth. The results obtained in this study can be used when planning the West Mediterranean Region development particularly the city of Antalya, which is one of the most rapidly urbanized cities of Turkey and this study, can make a contribution to generate most proper conditions for three urban areas.

KEYWORDS: UHI, Thermal Remote Sensing, Change Detection, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS, RF Classifier

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Dilek KOÇ SAN (Supervisor)
Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ
Asst. Prof. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca bana yol gösteren ve tez çalışma sürecimde öneri ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Dilek KOÇ SAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezim ile ilgili görüş ve önerileriyle çalışmama katkıda bulunan Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ'e ve Yrd. Doç. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK'e teşekkürü borç bilirim. Bu süreçte beni yalnız bırakmayan yüksek lisans arkadaşlarım Saliha EREN ve Nurdan KARAPINAR'a, manevi desteklerinin esirgemeyen dostlarım Didem ASLAN ve Funda YORGUN'a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında benden hiçbir desteklerini esirgemeyen ve tüm ilgi ve sevgilerini sunan, değerli annem Vasfiye ÜZEN ve değerli babam Hasan ÜZEN'e tüm kalbimle teşekkür ederim. Son olarak, sevgili eşim Gürkan ASLAN'a, bu süreç boyunca her konuda bana sabır ve sevgi gösterdiği için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI	7
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Çalışma Alanı	18
3.2. Veri Setleri	20
3.2.1. Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8OLI/TIRS görüntüleri	20
3.2.2. ASTER SYM	25
3.2.3. DMSP_OLS gece ışıkları görüntüleri	26
3.2.4. MODIS LST/Emissivite görüntüleri	26
3.2.5. 1:100000 ölçekli topografik haritalar	29
3.2.6. Meteoroloji istasyonları verileri	29
3.3. Metot	30
3.3.1. Ön analizler	32
3.3.2. Kentsel Isı Adası (UHI) etkisi	35
3.3.2.1. Arazi yüzey sıcaklıklarının (LST) belirlenmesi	35
3.3.3. Emissivite görüntüsünün oluşturulması	39
3.3.3.1. Normalize fark bitki örtüsü indeksi (NDVI)	
görüntüsünün oluşturulması	39
3.3.3.2. Emissivite görüntüsünün oluşturulması	43
3.3.4. Tematik arazi kullanımı/örtüsü haritasının oluşturulması	46
3.3.4.1. Veri setlerinin oluşturulması ve ek bantların hazırlanması	46
3.3.4.2. Eğitim ve test örneklerinin toplanması	50
3.3.4.3. Görüntü sınıflandırma	51
3.3.5. DMSP_OLS gece ışıkları, NDVI ve ASTER SYM	
verilerinden yararlanılarak kent ve bitki alanların çıkarımı	54
3.3.6. Doğruluk analizleri	59
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	60
4.1. RF Sınıflandırma Doğrulukları	60
4.2. Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi	77
4.3. Arazi Yüzey Sıcaklık Değerleri ve Arazi Özellikleri İlişkisi	81
4.3.1. LST - Arazi sınıfı ilişkisi	81
4.3.2. LST - Bitki yoğunluğu ilişkisi	88
4.3.3. LST - DMSP_OLS gece ışıkları verisi ilişkisi	91
4.4. Kentsel Isı Adası Etkisi	92
4.5. LST değerlerinin ve UHI Etkisi Büyüklüğünün Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi	92
4.6. Çalışma Sonunda Elde Edilen Bulguların Modis LST/Emissivite ve Meteoroloji Verileri Kullanılarak Değerlendirilmesi	96
4.7. UHI Büyüklüklerinin Teorik Formüllerle Karşılaştırılması	97

5. SONUÇLAR	99
6. KAYNAKLAR	102
7. EKLER	109
Ek 1: Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti 2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	109
Ek 2: Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti 3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	110
Ek 3: Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	111
Ek 4: Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntünün 6 bandı (veri seti 1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	112
Ek 5: Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti 3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	113
Ek 6: Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	114
Ek 7: Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve ASER SYM (veri seti 5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	115
Ek 8: Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti 2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	116
Ek 9: Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti 3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	117
Ek 10: Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	118
Ek 11: Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntüsünün 6 bandı (veri seti 1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	119
Ek 12: Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti 3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	120
Ek 13: Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	121
Ek 14: Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti 5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	122
Ek 15: Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntüsü ve NDVI (veri seti 2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	123
Ek 16: Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntüsü ve DMS_OLS (veri seti 3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	124
Ek 17: Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntüsü ve ASTER SYM (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	125
Ek 18: Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntüsünün 6 bandı (veri seti 1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	126
Ek 19: Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti 3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	127
Ek 20: Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	128
Ek 21: Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti 5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi	129
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

c	Işık hızı
DN	Sayısal Değer
h	Planck sabiti
K	Kelvin serece
L _B	Uydu sensörleri ile algılan termal radyasyon enerjisi (W/(m ² * sr * μm))
L _{min}	Uydu sensörleri ile algılan minimum termal radyasyon enerjisi
L _{max}	Uydu sensörleri ile algılan maksimum termal radyasyon enerjisi
T _B	Parlaklık Sıcaklığı
T _S	Yüzey Sıcaklığı
ε	Emissivite
λ	Etkili dalga boyu

Kısaltmalar

DMSP/OLS	Savunma Meteorolojik Uydu Projesi/ Operasyonel Tarama Sistemi (Defense Meteorological Satellite Project/ Operational Linescan System)
EPA	Amerikan Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency - United States)
ETM	Geliştirilmiş Tematic Harita (Enhanced Thematic Map)
LST	Arazi Yüzey Sıcaklığı (Land Surface Temperature)
NDBaI	Normalize Fark Çıplaklık İndeksi (Normalized Difference Bareness Index)
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NDBI	Normalize Fark Yapı İndeksi (Normalized Difference Built-up Index)
NDVI	Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index)
NDWI	Normalize Fark Su İndeksi (Normalized Difference Water Index)
OLI/TIRS	Operasyonel Arazi Görüntüleyici/Termal Infrared Sensör(Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor)
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model)
TODAI	Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UHI	Kentsel Isı Adası (Urban Heat Island)
USGS	Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar (United States Geological Survey)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye’de 1927’den 2015’e il ve ilçe merkezleri ile belde ve köylerin nüfus dağılımı.....	2
Şekil 1.2. 2001-2015 yılları arasında TR61 bölgesindeki illerin nüfus değişimleri	4
Şekil 1.3. 2001-2015 yılları arasında Türkiye’nin toplam nüfusundaki değişim.....	4
Şekil 2.1. UHI etkisinin şematik gösterimi	7
Şekil 2.2. Yüzey ve atmosfer sıcaklığının arazi kullanım alanına göre değişimi EPA (2014) modifiye edilmiştir.....	8
Şekil 3.1. Seçilen çalışma alanının Türkiye haritasındaki konumu (a) ve Antalya, Isparta ve Burdur çalışma bölgelerinin (merkez ilçelerinin) Landsat 8 OLI bantlarıyla oluşturulan doğal renkli kompozit görüntüsü (b).....	19
Şekil 3.2. Landsat 7 ETM+ ve 8 OLI/TIRS görüntülerinin spektral aralıklarını gösteren grafik USGS (2015a)yardımıyla hazırlanmıştır	21
Şekil 3.3. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 5 Haziran 2001 tarihli Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü	22
Şekil .3.4. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 23 Aralık 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü.....	22
Şekil 3.5. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 13 Mart 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü	23
Şekil 3.6. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 17 Haziran 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü	23
Şekil 3.7. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 7 Ekim 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü	24
Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan ASTER Sayısal Yükseklik Modeli görüntüsü	25
Şekil 3.9. 2001 DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü.....	27
Şekil 3.10. 2013 DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü.....	27
Şekil.3.11. MODIS 2001LST/Emissivite görüntüsü	28
Şekil 3.12. MODIS 2014 LST/Emissivite görüntüsü	28
Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan topografik haritalar.....	29

Şekil 3.14. Çalışmanın iş - akış şeması.....	31
Şekil 3.15. a) Keskinleştirme işlemi öncesi 30 m mekânsal çözünürlüklü Landsat 8 OLI görüntüsü, b)Keskinleştirilmiş, 15 m mekânsal çözünürlüklü Landsat 8 OLI görüntüsü	33
Şekil 3.16. Geometrik düzeltme öncesi (a ve c) ve sonrası (b ve d) Landsat görüntülerinin topografik haritayla karşılaştırılması	34
Şekil 3.17. LST değerlerinin elde edilme yolunu gösteren akış şeması	39
Şekil 3.18. Landsat 7 ETM+ için oluşturulmuş Çim, kuru çim ve yapay çimin spektral yansıtma grafiği.....	40
Şekil 3.19. Landsat 8 OLI/TIRS için oluşturulmuş Çim, kuru çim ve yapay çimin spektral yansıtma grafiği.....	40
Şekil 3.20. 2001 yılına ait Landsat 7 ETM+ görüntüsü kullanılarak oluşturulmuş NDVI görüntüsü.....	42
Şekil 3.21. 2014 yılına ait Landsat 8 OLI görüntüsü kullanılarak oluşturulmuş NDVI görüntüsü.....	42
Şekil.3.22. 2001 Landsat 7 ETM+ görüntülerinden oluşturulan emissivite görüntüsü.....	45
Şekil 3.23. 2014 tarihli Landsat 8 OLI görüntülerinden oluşturulan emissivite görüntüsü.....	45
Şekil 3.24. a) 2001 yılına ait orijinal DMSP_OLS görüntüsü, b) iyileştirilmiş DMSP_OLS görüntüsü.....	48
Şekil 3.25. a) 2013 yılına ait orijinal DMSP_OLS görüntüsü, b) iyileştirilmiş DMSP_OLS görüntüsü.....	49
Şekil 3.26. RF sınıflandırıcısı eğitim ve sınıflandırma evreleri grafiği; i: örnekler, j: değişkenler, p: olasılık, c: sınıf, s: veri, t: ağaçların sayısı, d: yeni sınıflandırılmış veri sayısı ve değer: j değişkeninin alabileceği farklı değerler. Bu grafik Belgiu ve Drăguţ (2016)'un yayınından alınarak modifiye edilmiştir	53
Şekil 3.27. Mevsimsel UHI etkisi belirleme işleminin iş-akış şeması.....	55
Şekil 3.28. Antalya çalışma alanındaki kentsel alanların mevsimlere göre gösterimi (DMSP_OLS gece ışıkları verisi değerleri).....	56
Şekil 3.29. Antalya çalışma alanındaki ki bitkisel alanların mevsimlere göre	

gösterimi (NDVI değerleri).....	57
Şekil 3.30. Antalya çalışma alanında sırasıyla aralık, mart, haziran, ekim aylarında; Landsat görüntüleri (a, b, c, d) ile kentsel alanlar (e, f, g, h) ve bitki alanlarının (i, j, k, l) değişimi	58
Şekil 4.1. Antalya bölgesinin (a) 2001 yılı Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası.....	74
Şekil 4.2. Antalya bölgesinin (a) 2014 yılı Landsat 8 OLI görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası.....	74
Şekil 4.3. Isparta bölgesinin (a) 2001 yılı Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası.....	75
Şekil 4.4. Isparta bölgesinin (a) 2014 yılı Landsat 8 OLI görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası.....	75
Şekil 4.5. Burdur bölgesinin (a) 2001 yılı Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası.....	76
Şekil 4.6. Burdur bölgesinin (a) 2014 yılı Landsat 8 OLI görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası.....	76
Şekil 4.7. Antalya bölgesinde arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının kapladıkları alanlar ve değişimleri	77
Şekil 4.8. Antalya bölgesi arazi kullanımı/örtüsü değişim grafiği.....	78
Şekil.4.9. Isparta bölgesinde arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının kapladıkları alanlar ve değişimleri	78
Şekil 4.10. Isparta bölgesi arazi kullanımı/örtüsü değişim grafiği.....	79
Şekil 4.11. Burdur bölgesinde arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının kapladıkları alanlar ve değişimleri	80
Şekil 4.12. Burdur bölgesi arazi kullanımı/örtüsü değişim grafiği	80
Şekil 4.13. Antalya bölgesinin 2001-2014 yılları arasındaki LST değişimi	82

Şekil 4.14. Antalya bölgesi LST ve arazi kullanımı/örtüsü haritaları, (a) 2001 LST, (b) 2014 LST, (c) 2001 Arazi kullanımı/örtüsü ve (d) 2014 Arazi kullanımı/örtüsü	82
Şekil 4.15. Isparta bölgesinin 2001-2014 yılları arasındaki LST değişimi.....	83
Şekil 4.16. Isparta bölgesinin LST ve arazi kullanımı/örtüsü haritaları, (a) 2001 LST, (b) 2014 LST, (c) 2001 Arazi kullanımı/örtüsü ve (d) 2014 Arazi kullanımı/örtüsü.....	83
Şekil 4.17. Burdur bölgesinin 2001-2014 yılları arasındaki LST değişimi	84
Şekil 4.18. Burdur bölgesinin LST ve kullanımı/örtüsü haritaları, (a) 2001 LST, (b) 2014 LST, (c) 2001 Arazi kullanımı/örtüsü ve (d) 2014 Arazi kullanımı/örtüsü.....	84
Şekil 4.19. Antalya hava alanı ve çevresi, (a) Google Earth görüntüsü, (b) Landsat 8 OLI görüntüsü.....	85
Şekil 4.20. Antalya ili kent merkezi ve çevresi, a) Google Earth görüntüsü, (b) Landsat 8 OLI görüntüsü.....	85
Şekil 4.21. Burdur gölünün 2001 (a ve b) ve 2014 (c ve d) yılındaki görüntüleri.....	86
Şekil 4.22. Burdur gölünün 2001 (a ve b) ve 2014 (c ve d) yıllarında ki örnek sıcaklık değerleri	87
Şekil 4.23. 2001 Antalya LST - NDVI grafiği.....	88
Şekil 4.24. 2014 Antalya LST - NDVI grafiği.....	89
Şekil 4.25. 2001 Isparta LST - NDVI grafiği	89
Şekil 4.26. 2014 Isparta LST - NDVI grafiği	89
Şekil 4.27. 2001 Burdur LST - NDVI grafiği	90
Şekil 4.28. 2014 Burdur LST - NDVI grafiği	90
Şekil 4.29. Antalya Kundu oteller bölgesi, (a) 2004 Google Earth, (b) 2014 Google Earth, (c) 2001 Landsat 7 ETM+ Termal bant, (d) 2014 Landsat 8 OLI Termal bant (daire içine alınmış alan Kundu oteller bölgesini göstermekteyken, kare içinde görülen alanda 2001 yılında bitki ile kaplıyken 2014 yılında kuraklaşmış örnek alanı temsil etmektedir).....	91
Şekil 4.30. Antalya, Isparta ve Burdur illerindeki kentsel ve kırsal alanlarda, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerlerinin karşılaştırması	93

Şekil 4.31. Antalya ilindeki kentsel ve kırsal alanlarda, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerleri	94
Şekil 4.32. Isparta ilindeki kentsel ve kırsal alanlarda, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerleri	94
Şekil 4.33. Burdur ilindeki kentsel ve kırsal alanlarda, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerleri	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’de 1927’den 2015’e il ve ilçe merkezleri ile belde ve köylerin nüfus dağılımı.....	2
Çizelge 1.2. 2007 - 2015 yılları arasında Türkiye nüfusunun ve TR61 bölgesindeki illerin nüfus değişimi	3
Çizelge 2.1. UHI ile ilgili çalışmalar; (a) UHI etkisinin belirlenmesi, UHI etkisi ile yüzey özelliklerinin incelenmesi (b) UHI büyüklüğünün mevsimsel değişiminin incelenmesi, (c) UHI etkisinin belirlenmesinde NDVI kullanımı	9
Çizelge 2.2. Landsat 8 OLI/TIRS verileri kullanılarak yapılan UHI çalışmaları	14
Çizelge 2.3. Türkiye’de yapılan UHI çalışmaları	15
Çizelge 3.1. TR61 bölgesindeki illerin yüzölçümleri ve 2000 ile 2014 merkez ilçe nüfusları	19
Çizelge 3.2. TR61 bölgesindeki illerin Aralık, Mart, Haziran ve Ekim aylarına (1950-2015) ait ortalama sıcaklık değerleri	20
Çizelge 3.3. Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerinin teknik özellikleri	20
Çizelge 3.4. Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinin teknik özellikleri	21
Çizelge 3.5. Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünün sınıflandırma işlemi için hazırlanan ve kullanılacak temel ve yardımcı verileri içeren veri setleri ..	46
Çizelge 3.6. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünün sınıflandırma işlemi için hazırlanan ve kullanılacak temel ve yardımcı verileri içeren veri setleri ..	47
Çizelge 3.7. Landsat 7 ETM+ görüntüsü (2001) için Antalya, Isparta, Burdur çalışma alanlarının içerdiği arazi kullanım sınıfları.....	50
Çizelge 3.8. Landsat 8 OLI görüntüsü (2014) için Antalya, Isparta, Burdur çalışma alanlarının içerdiği arazi kullanım sınıfları.....	51
Çizelge 4.1. Landsat 7’nin veri setlerinin genel doğrulukları ve kappa değerleri	61
Çizelge 4.2. Landsat 8’in veri setlerinin genel doğrulukları ve kappa değerleri	61
Çizelge 4.3. Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	62
Çizelge 4.4. Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntüler ve tüm yardımcı	

veriler (veri seti5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi...	63
Çizelge 4.5. Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	64
Çizelge 4.6. Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntüve tüm yardımcı veriler (veri seti6) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi...	65
Çizelge 4.7. Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	66
Çizelge 4.8. Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntüve tüm yardımcı veriler (veri seti5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi...	67
Çizelge 4.9. Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	68
Çizelge 4.10. Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntüve tüm yardımcı veriler (veri seti6) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.	69
Çizelge 4.11. Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	70
Çizelge 4.12. Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve tüm yardımcı veriler (veri seti5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.	71
Çizelge 4.13. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.....	72
Çizelge 4.14. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntüve tüm yardımcı veriler (veri seti6) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi.	73
Çizelge 4.15. NDVI değer aralıkları	88
Çizelge 4.16. Antalya, Isparta ve Burdur, kentsel ve kırsal alanlarında farklı mevsimlerde gözlenen LST değerleri.....	93
Çizelge 4.17. Antalya’da mevsimlere bağlı olarak UHI büyüklüğünün değişimi	96
Çizelge 4.18. Isparta’da mevsimlere bağlı olarak UHI büyüklüğünün değişimi.....	96
Çizelge 4.19. Burdur’da mevsime bağlı olarak UHI büyüklüğünün değişimi.....	96
Çizelge 4.20. Denklem 4.3’e göre hesaplanan UHI büyüklükleri	97
Çizelge 4.21. Denklem 4.4’e göre hesaplanan UHI büyüklükleri	98

1. GİRİŞ

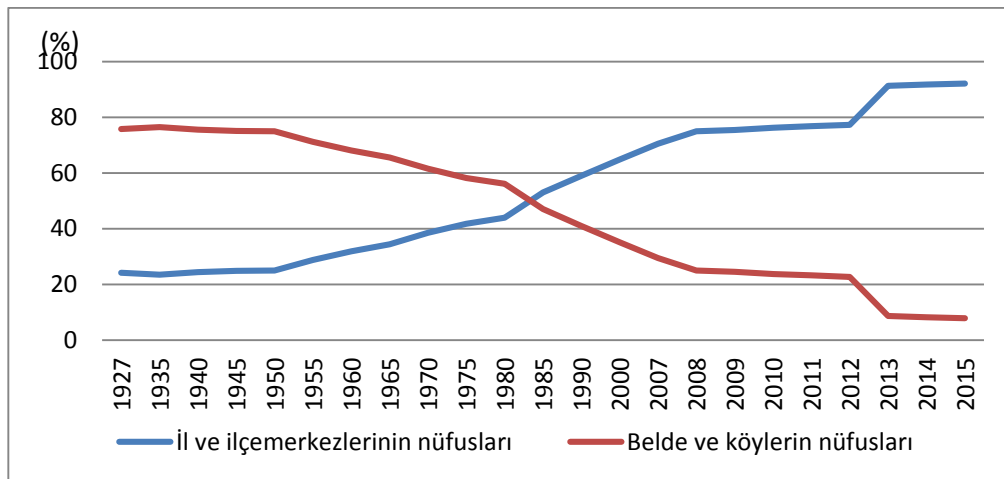
Küresel ortalama yüzey sıcaklığı 19. yüzyıl sonlarından beri artmakta ve bundan dolayı küresel ısınma gün geçtikçe çok daha etkili olmaktadır. Buna ek olarak 2007 yılında ilk defa küresel kent nüfusu küresel kır nüfusunu aşmıştır ve dünya hızlı bir kentleşme sürecine girmiştir. Günümüzde kentsel alanlarda yaşayanların sayısı kırsal alanlarda yaşayanların sayısından fazladır ve giderek artması beklenmektedir. 2014 yılında dünya nüfusunun %54'ü kentlerde yaşarken 2050 yılında bu oranın %66 olması beklenmektedir (United_Nations 2014). Kentleşme küresel ısınmayı tetikleyen en önemli etkenlerden biridir (Chen vd 2006). Ayrıca, küresel ısınma ve Kentsel Isı Adaları (UHI) birbirlerini tetiklemekte ve sonuçta, özellikle orta enlem kuşağı ve tropikal bölgelerde canlıların yaşamını ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Kuşçu-Şimşek ve Şengezer 2012). Teknolojik gelişmelerin ve sanayileşmenin çok hızlı olması kentlerde nüfusun hızla artmasına neden olmaktadır. Kentleşme ile şehirler giderek büyümekte ve kentlerde bina yapılacak her alan değerlendirilmeye çalışılmakta, bunun sonucu olarak da kent içinde ve çevresindeki doğal yüzeyler tahrip edilmekte ya da tamamen geçirimsiz, yapay yüzeylere dönüştürülmektedir.

Ülkemize baktığımızda il ve ilçe merkezlerinde yaşayan nüfusun toplam nüfusa oranı 2000 yılında %64,9 iken 2015 yılında bu oran %92,1'e yükselmiş, belde ve köylerde yaşayanların oranı da %35,1'den %7,9'a düşmüştür (Çizelge 1.1). Ek olarak, 2015 yılındaki nüfus artış hızının binde 13,3 olduğu görülmüştür. (TÜİK 2016a). Kentlerde ki nüfusun artmasının yanında kırdan kente göç olduğu da görülmektedir. TÜİK'in 2023 tahminlerine bakıldığında göç nedeniyle nüfusun batıda yoğunlaşacağı ve küçük illerin daha da küçüleceği ve 49 ilin nüfus artışı göstermesine karşılık 32 ilin nüfusunun azalacağı belirtilmiştir. Görüldüğü gibi Türkiye'de de sürekli olarak kentler gelişmekte ve kent nüfusu hızla artmaktadır (Şekil 1.1). Kent nüfusunun artması beraberinde hızlı kentleşmeyi getirmekte ve kentsel alanlar (bina, yol, kaldırım vb. insan yapımı nesnelere) artarken doğal alanlar tahrip edilebilmekte ve hatta yok olmaktadır.

Kentsel alanları oluşturan binalar, yollar ve diğer geçirimsiz yüzeyler güneş ışınımını çok fazla soğururlar, çok yüksek termal kapasiteye ve iletkenliğe sahiptirler (Effat ve Hassan 2014). Kentleri oluşturan geçirimsiz yüzeyler, yeşil bitkiler gibi güneş ışığını yansıtırlar. Bu nesnelere kara cisim gibi davranarak gün boyunca güneş ışığını soğurur, ısınır ve sıcaklıklarına bağlı olarak belirli dalga boyunda ışımaya yaparlar. Bu durumda kentler etraflarındaki kırsal alanlara göre daha çok ısınır. Kentlerdeki hızlı yapılaşma ve insan yapımı nesnelere artmasıyla kent alanının sıcaklığı çevresindeki kırsal alanların sıcaklığından fazla olmaktadır. Kentsel alanların etraflarındaki kırsal alanlardan daha sıcak olması Kentsel Isı Adası olarak tanımlanır (Oke 1982, Voogt ve Oke 2003). Ancak, bu durum evrensel değildir ve bazı durumlarda şehrin üzerindeki hava, şehrin çevresindeki kırsal alanından daha soğuk olabilir (Price 1979).

Çizelge 1.1. Türkiye’de 1927’den 2015’e il ve ilçe merkezleri ile belde ve köylerin nüfus dağılımı (TÜİK 2016b, 2016c)

Yıl	Genel Nüfus Sayımları			İl ve ilçe merkezleri ile belde ve köylerin nüfus dağılımı (%)		
	Toplam	İl ve ilçe merkezleri	Belde ve köyler	Toplam	İl ve ilçe merkezleri	Belde ve köyler
1927	13 648 270	3 305 879	10 342 391	100.0	24.2	75.8
1935	16 158 018	3 802 642	12 355 376	100.0	23.5	76.5
1940	17 820 950	4 346 249	13 474 701	100.0	24.4	75.6
1945	18 790 174	4 687 102	14 103 072	100.0	24.9	75.1
1950	20 947 188	5 244 337	15 702 851	100.0	25.0	75.0
1955	24 064 763	6 927 343	17 137 420	100.0	28.8	71.2
1960	27 754 820	8 859 731	18 895 089	100.0	31.9	68.1
1965	31 391 421	10 805 817	20 585 604	100.0	34.4	65.6
1970	35 605 176	13 691 101	21 914 075	100.0	38.5	61.5
1975	40 347 719	16 869 068	23 478 651	100.0	41.8	58.2
1980	44 736 957	19 645 007	25 091 950	100.0	43.9	56.1
1985	50 664 458	26 865 757	23 798 701	100.0	53.0	47.0
1990	56 473 035	33 326 351	23 146 684	100.0	59.0	41.0
2000	67 803 927	44 006 274	23 797 653	100.0	64.9	35.1
Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi⁽²⁾						
2007	70 586 256	49 747 859	20 838 397	100.0	70.5	29.5
2008	71 517 100	53 611 723	17 905 377	100.0	75.0	25.0
2009	72 561 312	54 807 219	17 754 093	100.0	75.5	24.5
2010	73 722 988	56 222 356	17 500 632	100.0	76.3	23.7
2011	74 724 269	57 385 706	17 338 563	100.0	76.8	23.2
2012	75 627 384	58 448 431	17 178 953	100.0	77.3	22.7
2013	76 667 864	70 034 413	6 633 451	100.0	91.3	8.7
2014	77 695 904	71 286 182	6 409 722	100.0	91.8	8.2
2015	78 741 053	72 523 134	6 217 919	100.0	92.1	7.9



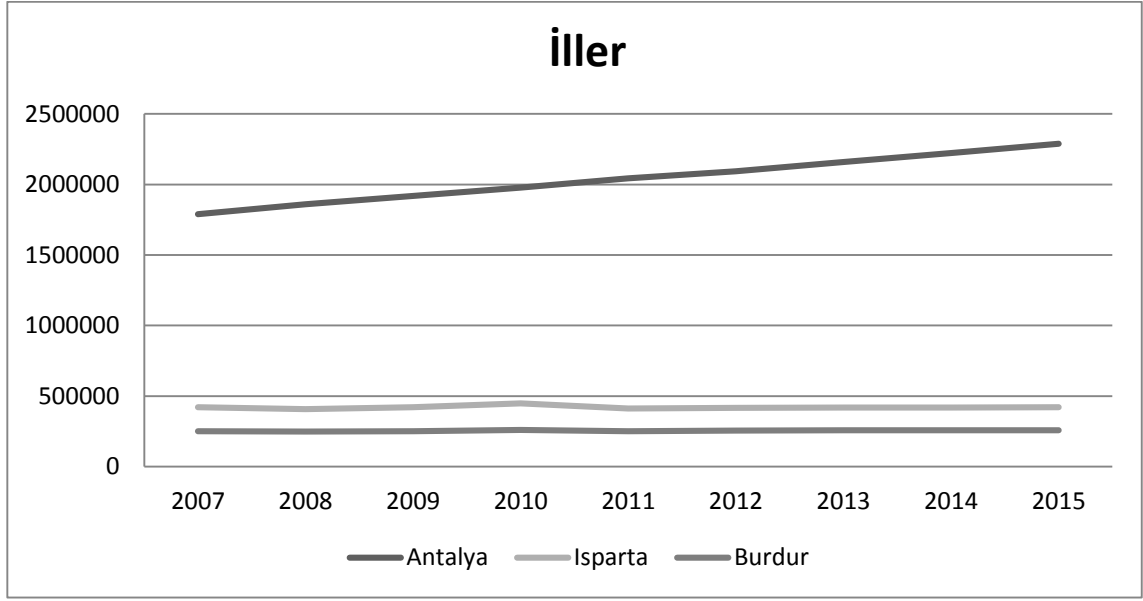
Şekil 1.1. Türkiye’de 1927’den 2015’e il ve ilçe merkezleri ile belde ve köylerin nüfus dağılımı

Kent sıcaklığının artması kentin hava kalitesini de etkilemekte, bu durum da kentli nüfusun sağlığını olumsuz yönde etkilemekte ve hatta sıcaklıklardaki artış miktarı ölümlere neden olabilmektedir. Ayrıca, özellikle yaz aylarındaki sıcaklık artışı soğutma için gereken enerji ihtiyacını arttırmakta ve mali açıdan olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum kış aylarında tam tersi olarak ısıtma için daha az enerji gereksinimi olmasını sağlayabilecek olsa da, Akdeniz bölgesi gibi kış aylarının kısa ve ılık geçtiği, yaz aylarının ise uzun ve sıcak olduğu bölgelerde olumsuz etkisinden bahsetmek daha doğrudur.

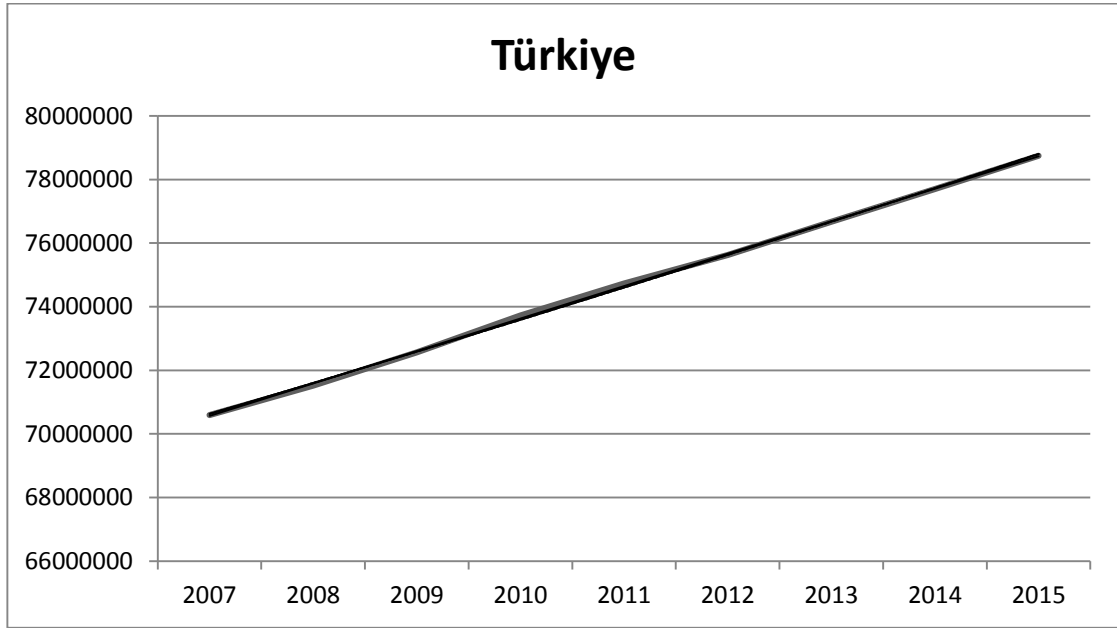
Bu çalışmada Antalya, Isparta, Burdur illerini kapsayan Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu bölge Türkiye'nin en fazla göç alan ve nüfus artışı hızı en fazla olan bölgelerindedir. Antalya, Isparta, Burdur illerinin 2007 – 2015 yılları arasındaki nüfus değişimleri Çizelge 1.2'de verilmiştir. Ayrıca, Şekil 1.2'de 2001 - 2015 yılları arasında TR61 bölgesindeki illerin ve Şekil 1.3'te de yine aynı yıllar arasında Türkiye'nin nüfus değişiminin grafiksel gösterimi görülmektedir. Antalya hızla gelişen ve kentleşme oranı yüksek bir kenttir. Türkiye'nin 5. büyük kenti olup nüfus artış hızı en yüksek olan illerinden biridir (TÜİK 2016a). Ayrıca, Antalya çok sayıda yerli ve yabancı turiste ev sahipliği yapmaktadır ve bu turistlerin büyük çoğunluğu yaz aylarında gelmektedir. 2023 yılında Antalya ilinin nüfusunun 2,6 milyona çıkacağı öngörülmüştür (TÜİK 2013). TÜİK'in nüfus artış hızları projeksiyonuna bakıldığında ise 2012-2023 yılları arasında çalışma alanımızda bulunan kentlerin nüfus artış hızları; Antalya için binde 20,7 iken Burdur ve Isparta için sırasıyla 4,4 ve 2,1 olarak tahmin edilmiştir (TÜİK 2016c). Isparta ve Burdur illeri, Antalya ili kadar büyük olmamakla birlikte gelişen iller arasındadır. Bunlar dikkate alındığında Antalya ve çevresinin arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının belirlenmesi ve olası UHI etkisinin incelenmesi çok önemli bir çalışma konusudur. Ayrıca, birbirinden farklı büyüklükte ve karakteristikte üç kentin LST değerlerinin, UHI etkilerinin, arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının 13 yıllık zaman içindeki ve aynı yılın farklı mevsimlerindeki değişikliklerinin irdelenmesi, benzerlik ve farklılıkların ortaya koyulması da çalışılmaya değerdir.

Çizelge 1.2. 2007-2015 yılları arasında Türkiye nüfusunun ve TR61 bölgesindeki illerin nüfus değişimi (TÜİK 2016b)

Toplam nüfus	İller			
	Türkiye	Antalya	Isparta	Burdur
2007	70 586 256	1 789 295	419 845	251 181
2008	71 517 100	1 859 275	407 463	247 437
2009	72 561 312	1 919 729	420 796	251 550
2010	73 722 988	1 978 333	448 298	258 868
2011	74 724 269	2 043 482	411 245	250 527
2012	75 627 384	2 092 537	416 663	254 341
2013	76 667 864	2 158 265	417 774	257 267
2014	77 695 904	2 222 562	418 780	256 898
2015	78 741 053	2 288 456	421 766	258 339



Şekil 1.2. 2001-2015 yılları arasında TR61 bölgesindeki illerin nüfus değişimleri



Şekil 1.3. 2001-2015 yılları arasında Türkiye'nin toplam nüfusundaki değişim

Bu çalışmayla birlikte, Batı Akdeniz Bölgesinde (TR61) yer alan Antalya, Isparta ve Burdur illerinin merkez ilçelerinin yüzey sıcaklıklarının ve arazi kullanımı/örtüsünün zamansal değişimi Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri ve yardımcı veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında seçilen alanların,

1. 2001 ve 2014 Haziran aylarındaki tematik arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının makine öğrenme algoritmalarından Rastgele Orman (RF) algoritması kullanılarak belirlenmesi ve değişiminin ortaya koyulması.
2. 5 Haziran 2001 (Landsat 7 ETM+), 23 Aralık 2013, 13 Mart 2014, 17 Haziran 2014 ve 7 Ekim 2014 tarihli (Landsat 8 OLI/TIRS) termal uydu görüntüleri kullanılarak bu tarihlerdeki arazi yüzey sıcaklık (LST) değerlerinin belirlenmesi.
3. 2001 ve 2014 yılları için arazi yüzey sıcaklıkları ile arazi kullanımı/örtüsü ilişkilerinin analiz edilmesi.
4. Çalışılan bütün tarihler için Kentsel Isı Adası (UHI) etkisinin belirlenmesi.
5. LST değerlerinin ve UHI etkisinin 2001 yılından 2014 yılına değişiminin analiz edilmesi.
6. LST değerlerinin ve UHI etkisinin mevsimsel değişiminin analiz edilmesi, amaçlanmıştır.

Çalışmada uydu görüntüleri ve yardımcı veriler kullanılarak ön analizler, analizler ve doğruluk değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu işlemlerin uygulanması ve verilerin işlenmesi sırasında çeşitli görüntü analizi ve işleme yazılımları kullanılmıştır. Bu yazılımlardan;

- Global mapper programı ile kullanılacak olan topografik haritaların mozaiklenmesi yapılmıştır.
- PCI Geomatica programı ile görüntülerde keskinleştirme, geometrik düzeltme ve bütün bant aritmetiği işlemleri yapılmıştır.
- Enmap-Box programının IDL tabanlı ImageRF aracı kullanılarak görüntüler sınıflandırılmış ve doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümü olan giriş bölümünde çalışmaya, çalışmanın amacına kısaca değinilmiş ve kullanılan programlardan bahsedilmiştir. İkinci bölüm olan kuramsal bilgilerde, çalışılan konunun zamansal ve mekânsal gelişiminden bahsedilmiş ve bazı örnek çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir.

Materyal ve metot bölümünde çalışma için seçilen alan tanıtılarak, çalışmada kullanılan veriler ve temel görüntüler üzerinde uygulanan ön analizler anlatılmıştır. Daha sonra, NDVI ile emissivite görüntülerinin oluşturulması ve DMSP_OLS gece ışıkları görüntülerinin iyileştirilmesi işlemleri açıklanmıştır. Ayrıca, bu bölümde çalışmanın temel kısımları olan LST değerlerinin belirlenmesi ve tematik arazi kullanımı/örtüsü haritalarının oluşturulması detaylı olarak ele alınmıştır.

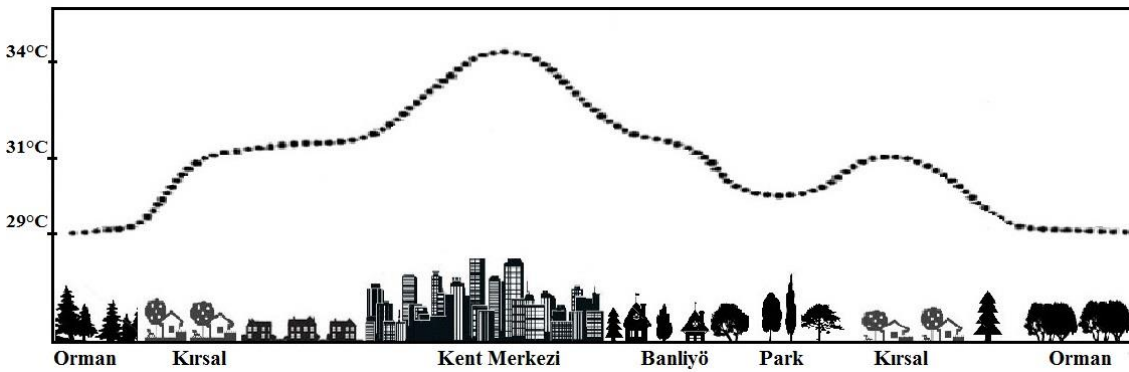
Bulgular kısmında yapılan işlemlerin sonuçları incelenmiştir. UHI etkisi ve LST değerleri ile arazi özelliklerinin ilişkilendirildiği bölüm bu bölümdür. Sonuç bölümü

çalışmadan elde edilen bütün sonuçların değerlendirildiği ve çıkarımların yapıldığı kısımdır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

Küresel ısınmadan dolayı dünya yüzeyinin sıcaklığı artarken kentlerde UHI etkisinin buna eklenmesiyle durum daha da ciddi bir boyuta ulaşmaktadır. Kent sıcaklıklarının artması kentlerde yaşayan canlı nüfusunu olumsuz yönde etkilemektedir. UHI'ların kentlere ve kentli nüfusa etkileri daha iyi anlaşılmalı ve etkileri minimuma indirmek için yapılabilecekler tartışılmalıdır. Bu nedendir ki kent iklimi ve UHI uzun yıllardır çalışılmaktadır.

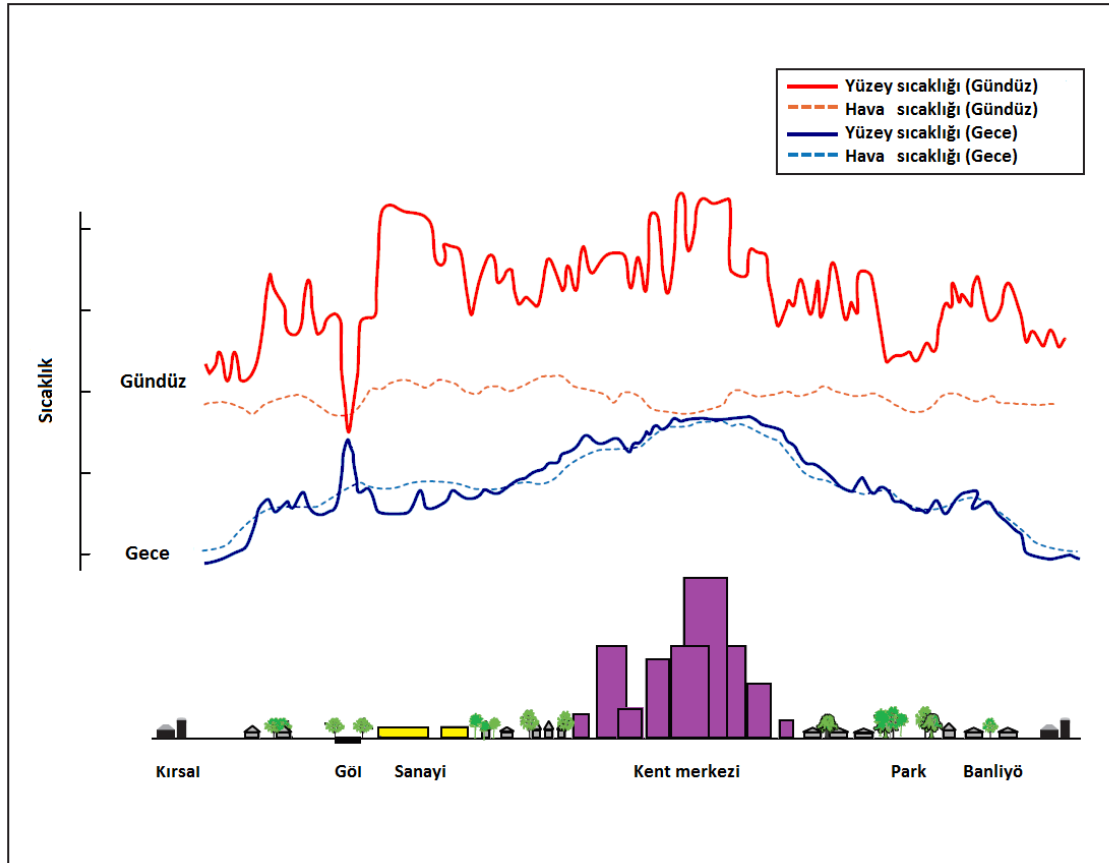
LST değerleri arazi yüzey özelliklerine göre değişebilmektedir. Sıcaklık değerlerinin arazi kullanım örtüsüne göre nasıl değiştiği ve özellikle, kentsel alanlarda sıcaklığın etraflarındaki yeşil alanlara göre kayda değer ölçüde yüksek olduğu Şekil 2.1'de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2.1. UHI etkisinin şematik gösterimi

Gün içinde yüzey sıcaklık değerleri hava sıcaklıklarına göre daha değişkendir. Ancak, geceleri bu iki değer birbirine oldukça benzer olmaktadır. Buna ek olarak su yüzeylerinin sıcaklığı gece ve gündüz neredeyse aynıdır (Şekil 2.2). Yüzeyden ölçülen sıcaklık değerleri ile hava sıcaklık değerleri farklı arazi kullanım alanlarında farklı olmaktadır (Şekil 2.2). Bu farka dayanarak iki çeşit UHI etkisinden söz etmek mümkündür. Bunlar; Yüzey UHI etkisi ve Atmosferik UHI etkisidir.

Yüzey UHI etkisi genellikle bütün gün mevcuttur. Ancak, en yoğun oldukları zaman yaz aylarının gün içidir. Atmosferik UHI etkisi ise gün içinde ya hiç etkili değildir ya da çok az etkili olur. Buna karşılık geceleri etkilidir ve en yoğun olduğu zaman ise kış aylarıdır (EPA 2014). Atmosferik UHI etkisinin aksine uydu tabanlı UHI etkisi gün içinde daha yüksek olmakta ve büyük yapıların bulunduğu alanlarda ya da asfalt yüzeylerinde maksimum olmakla birlikte, geceleri farklı yüzey özelliklerinden ve soğumadan dolayı daha az etkili olmaktadır (Roth vd 1989). Yüzey UHI hem gün içinde hem de geceleri gözlenebilmekle beraber gün içinde kırsal alan ile kentsel alanın sıcaklık farkı daha fazladır. Ancak orman gibi yoğun bitki örtüsünün olduğu bölgeler geceleri daha soğuktur ve kent içindeki ormanlık alanlar ya da parklarla kırsal alanların sıcaklıkları birbirine yakın olmaktadır. Bunlara karşın kent çevresindeki yüksek yoğunluklu alanların sıcaklıkları kent merkezine göre daha az değildir (Nichol 2005).



Şekil 2.2. Yüzeysel ve atmosfer sıcaklığının arazi kullanım alanına göre değişimi EPA (2014)' dan modifiye edilmiştir

Yüzeysel ve Atmosferik UHI'larının belirlenme yöntemleri birbirinden farklıdır. Yüzeysel UHI'lar uzaktan algılama görüntülerinden (termal görüntüler) belirlenebilirken, Atmosferik UHI'lar sabit ya da mobil meteoroloji istasyonları aracılığıyla doğrudan ölçüm yoluyla (izoterm haritaları, sıcaklık grafikleri) belirlenebilirler (EPA 2014).

UHI etkisi kent iklimini ve dolayısıyla kentte yaşayan canlı popülasyonunu etkileyebilmektedir. Küresel ısınmayla bütün dünyanın sıcaklığı artmaktayken UHI etkisinden dolayı kentlerde durum daha ciddidir ve bu etkinin belirlenmesi kentlerin ve içinde yaşayan canlı popülasyonunun yaşam kalitesi için önem arz etmektedir. Literatür incelendiğinde UHI etkisinin belirlenmesi konusunda farklı amaçlarla, belirlenen çeşitli çalışma alanları için birçok çalışma yapıldığı görülmüştür (Çizelge 2.1, Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3).

Literatüre bakıldığında, Londra'nın merkezi ve etrafındaki kırsal alan arasındaki sıcaklık farkının ölçüldüğü, Howard (1833) tarafından yapılan çalışmanın kent iklimiyle ilgili ilk bilimsel çalışma olduğu görülmektedir. New York şehrinin UHI etkisinin incelendiği Bornstein (1968) tarafından yapılan çalışma ve kent boyutu ile UHI etkisinin büyüklüğü arasındaki ilişkinin incelendiği Oke (1973) tarafından yapılan çalışma da UHI ile ilgili çalışmaların ilk örneklerindedir. Oke'nin 1973 yılında yaptığı çalışmada ve

diğer UHI ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda meteoroloji verilerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda UHI etkisinin belirlenmesindeki sınırlayıcı faktör, gözlemsel verilerin eksikliğidir (Price 1979).

Kentsel ve kırsal alanlardaki meteoroloji istasyon verileri yardımıyla UHI etkisi belirlenmesine yönelik çalışmalar mevcuttur (Chandler 1965, Cicek ve Dogan 2006, Karaca vd 1995, Karl vd 1988, Kolokotroni vd 2006). Ancak, birçok durumda meteoroloji istasyonlarından elde edilen hava sıcaklık değerleri kentsel gelişme, arazi örtüsü türleri ve UHI arasındaki mekânsal ilişkiyi yorumlama yeteneğine sahip değildir (Hu ve Jia 2010).

Çizelge 2.1. UHI ile ilgili çalışmalar; (a) UHI etkisinin belirlenmesi, UHI etkisi ile yüzey özelliklerinin incelenmesi (b) UHI büyüklüğünün mevsimsel değişiminin incelenmesi, (c) UHI etkisinin belirlenmesinde NDVI kullanımı

Çalışma	LST elde edilen veriler	Çalışma alanı	Amaç
Bornstein (1968)	Atmosferik sıcaklık verileri	New York (Amerika)	UHI etkisi gözlemi
Oke (1973)			Kent büyüklüğü UHI ilişkisi
Price (1979)	HCMM	New York (Amerika)	Kent yüzey ısınmasının büyüklüğü ve yoğunluğunun tahmini
Oke (1982)			
Balling ve Brazel (1988)	AVHRR	Phoenix (Amerika)	Yüzey sıcaklığı ile arazi kullanımı/örtüsü karakteristiği ilişkisi
Carnahan ve Larson (1990)	Landsat TM	Indianapolis (Hindistan)	Kentsel yüzey sıcaklığı ile kırsal yüzey sıcaklığının karşılaştırılması
Aniello vd (1995)	Landsat TM	Dallas (Amerika)	Mikro UHI etkisi
Oke (1995)	-	-	Kent sınır tabakasında ki UHI karakteristiği, nedeni ve etkisi
(a)			
Qin vd (2001)	Landsat TM	İsrail-Mısır sınırı bölgesi	Tek Pencere algoritması ile LST çıkarımı
Voogt ve Oke (2003)	-	-	Termal uzaktan algıma ile UHI çıkarımı
Kolokotroni vd (2006)	Meteoroloji verileri	Londra (İngiltere)	Londra da benzer olarak seçilmiş kentsel ve kırsal bölgelerde UHI etkisinin havalandırma stratejilerine etkisi
Srivastava vd (2009)	Landsat ETM+	Singhhum Shear Zone	UHI etkisi ve yüzey tipi ile ilişkisi
Mallick vd (2013)	ASTER ve Landsat ETM+	Delhi (Hindistan)	Geçirimsiz yüzeyler ve arazi kullanımı/örtüsü ile gece yüzey sıcaklığı ilişkisi
Feng vd (2014)	Landsat TM ve Landsat ETM+	Xiamen (Çin)	Kentleşmenin UHI etkisi

Çizelge 2.1'in Devamı

Çalışma	LST elde edilen veriler	Çalışma alanı	Amaç
Suga vd (2003)	Landsat ETM+	Hiroshima (Japonya)	UHI mevsimsel incelemesi
Hung vd (2006)	Terra/MODIS	Tokyo, Beijing, Shanghai, Seoul, Pyongyang, Bangkok, Manila ve Ho Chi Minh City	UHI etkisi ve kent yüzey karakteristikleri ile ilişkisi, mevsimsel değişimi
(b) Imhoff vd (2010)	MODIS	Amerika	UHI etkisinin kent boyutuna ve mevsime göre değişimi ve bioçeşitlilik etkisi
Vardoulakis vd (2013)	Meteoroloji istasyon verisi	Agrinio (Yunanistan)	UHI mevsimsel incelemesi
Singh vd (2014)	Landsat TM	Delhi (Hindistan)	UHI etkisinin mevsimsel değişimi
Gallo vd (1993a)	AVHRR	Seattle (Amerika)	NDVI verisinin UHI çıkarımında kullanımı
Gallo vd (1993b)	AVHRR	Amerika (37 şehir)	Bitki indeksinin UHI etkisinin belirlenmesinde kullanımı
(c) Gallo vd (1995)	AVHRR	Amerika	NDVI ve DMSP_OLS verilerinin UHI çalışmalarında kullanılabilirliği
Chen vd (2006)	Landsat TM ve Landsat ETM+	Pearl River Delta (Çin)	NFBOI, NFSI, NFYI ve NFÇI indeksleri ve arazi kullanımı/örtüsü deseni ile parlaklık sıcaklığı arasındaki ilişki

Kolokotroni vd (2006) Londra'da seçilen benzer kentsel ve kırsal alanlardaki meteoroloji istasyon verilerini kullanarak, UHI etkisinin ofis binalarının havalandırma stratejilerine etkisini incelemişlerdir. Yapılan gözlemlerde Londra istasyonunun özellikle geceleri kırsal referans istasyonundan daha sıcak olduğu belirtilmiştir. Londra ve kırsal referans istasyonlarının minimum değerleri karşılaştırıldığında her zaman Londra istasyonu daha sıcaktır. Buna rağmen maksimum sıcaklıklara bakıldığında sayılı yerlerde küçük soğuk adalar gözlemlenmiştir. Aynı bölgede yapılan bina tipini temel alan karşılaştırmalarda, benzer kentsel ofisin soğutma ihtiyacıyla karşılaştırıldığında kırsal alanda bulunan referans ofisinin %84 daha az enerji talebi olmuştur. Ayrıca, optimize olan ofisin yapay soğutmaya ihtiyacı olmamış ve sıcaklığı 24 °C sıcaklığının altında seyretmiştir. Ancak, kentteki optimize ofis başarılı olamamıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, kentsel sıcaklıkların arttığını göstermiş ve atmosferik UHI etkisinin özellikle geceleri tepe noktasında olduğunu ortaya koyulmuştur.

Uydu teknolojilerinin gelişmesi ve yüzey sıcaklıklarının elde edilebileceği termal görüntülerin temin edilebilir olmasıyla birlikte UHI çalışmaları için termal görüntüler kullanılmaya başlanmıştır (Balling ve Brazel 1988, Carnahan ve Larson 1990, Effat ve Hassan 2014, Gallo vd 1995, Imhoff vd 2010, Price 1979, Rao 1972). Uydu görüntüleri kullanılarak yapılan çalışmalara bakıldığında Landsat, ASTER ve MODIS Terra/Aqua görüntülerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir (Carnahan ve Larson 1990, Chen vd

2006, Chun ve Guldmann 2014, Feng vd 2014, Hung vd 2006, Imhoff vd 2010, Nichol 2005, Roth vd 1989, Srivastava vd 2009).

Voogt ve Oke (2003), uydu görüntüleri kullanılarak yapılan UHI çalışmalarının üç ana başlık altında toplanabileceğini belirtmişlerdir. Bunlar: 1) Kentin ısı deseninin mekansal yapısının ve diğer kentsel yüzey özellikleriyle ilişkilerinin incelendiği çalışmalar (Aniello vd 1995, Balling ve Brazel 1988, Carnahan ve Larson 1990, Chen vd 2006, Oke 1973, Streutker 2003), 2) Kent yüzey enerji dengeleri ve kent iklim modellerinin bağlantılarının çalışılması (Iino ve Hoyano 1996, Kim 1992, Mallick vd 2013, Oke 1982, 1995), 3) Uzaktan algılama ve yer tabanlı verilerin birlikte kullanıldığı ve atmosferik UHI ile yüzey UHI etkisinin ilişkisinin incelendiği çalışmalardır (Caselles vd 1991, Dousset 1989, Lee 1993).

Bu çalışma kapsamında UHI etkisinin incelenmesi için uzaktan algılama uydularının termal görüntülerinden faydalanılmıştır. Bu nedenle termal görüntüler kullanılarak yapılan çalışmalardan bazıları detaylı olarak incelenmiştir.

Srivastava vd (2009) yaptıkları çalışmada Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) değerlerini Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerinden elde etmişlerdir. Daha sonra, Landsat 7 ETM+ görüntüsüyle aynı tarihli ASTER (AST08) ve MODIS (MOD11_L2) verilerinden de LST elde ederek Landsat 7 ETM+ verisinden elde edilen değerlerle karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma işlemi için kendi içinde termal olarak homojen olan sınıflar kullanılmıştır. Ayrıca kontak termometre ve AG-42D model kızılötesi termometre kullanılarak yer yüzey sıcaklıkları, yoğun orman, su yüzeyleri ve karışık alan içeren termal olarak homojen yüzeylerden toplanmış ve 2 Kasım 2001 tarihli Landsat 7 ETM+ termal görüntü verisinden elde edilen LST sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Ancak, boş alan, ekili alan ve taşlık-kayalık alanlar termal olarak homojen olmadıkları için karşılaştırma yapılamamıştır. Bu karşılaştırmaların sonucunda Landsat 7 ETM+ verisinden elde edilen LST değerleri ile yer yüzey sıcaklıkları arasında ± 2 °C'lik fark olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, Landsat 7 ETM+ LST değerleri MODIS ve ASTER' den elde edilenlerle de karşılaştırılmış ve aralarında ki sıcaklık farkının 2°C den küçük olduğu tespit edilmiştir. Son olarak da yoğun orman ve su alanlarının düşük sıcaklıklara, konut alanları, boş alanlar ve taşlık-kayalık alanların en yüksek sıcaklıklara sahip olduğunu ve uydu görüntülerinden elde edilen sıcaklık değerleri ile yer ölçüm verileri arasındaki sıcaklık farkının 5 dereceye kadar olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Bitki yoğunluğuyla UHI etkisi ilişkilidir. Bu sebeple UHI etkisinin belirlenmesinde ve de incelenmesinde NDVI kullanan çalışmalar bulunmaktadır (Chen vd 2006, Gallo vd 1993a, 1993b, Gallo vd 1995). Chen vd (2006), çalışma alanının (Pearl River Delta - PRD) arazi kullanımı/örtüsü indeks değerlerinin değişimini ve diğer değişimleri, parlaklık sıcaklığı ile arazi kullanımı/örtüsü deseninin arasındaki ilişkiyi ve arazi kullanım deseninin değişmesiyle parlaklık sıcaklığının büyüklüğü arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu çalışma için Landsat 5 TM (13 Ekim 1990, 29 Ekim 1994, 3 Mart 1996 ve 22 Aralık 1998) ve Landsat 7 ETM+ (14 Eylül 2000 ve 1 Kasım 2000) uydularının termal bantlarını kullanarak parlaklık sıcaklık değerlerini hesaplamışlardır. UHI etkisinin hızlı kentleşen çalışma alanı için çok önemli olduğu vurgulanmıştır. Literatürde sıkça kullanılan, NDVI (Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi), NDWI (Normalize Fark Su İndeksi), NDBI (Normalize Fark Bina İndeksi) görüntüleri ve bu

çalışmada kendi oluşturdukları NDBaI (Normalize Fark Çıplaklık İndeksi) indeksi ile sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiyi incelediklerinde, NDVI'nın sınırlı aralığı dikkate alındığı durumda, NDVI, NDWI ve NDBaI ile sıcaklık değerleri arasında negatif korelasyon mevcut olduğu ama NDBI ile pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Ayrıca bu indekslere eşik değeri uygulanmış ve bu değerlere göre 7 farklı arazi kullanımı/ örtüsü sınıfı oluşturulmuştur. Sınıflandırma sonuçları ve parlaklık sıcaklıkları karşılaştırıldığında, UHI etkisinin yüzey yapısına göre farklılık gösterdiği, boş, yarı boş ve gelişmekte olan alanlarda daha etkili olduğu görülmüştür. Bu incelemeler yapılırken her arazi kullanımı/örtüsü sınıfı ve indeksler için ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmış ve ilişkileri analiz edilmiştir.

UHI etkisinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda hava sıcaklığı ölçümü yapan yer istasyonlarının verilerinden yararlanıldığı da görülmektedir. Ancak UHI etkisi analizlerinde sıcaklık verilerinden yüzey sıcaklığını belirlemek her zaman yeterli olamamaktadır. Sıcaklığın yanı sıra UHI etkisi, rüzgâr, nem gibi iklim faktörleriyle ilişkilendirilebilir. Price (1979) New York - New England için yaptığı çalışmada meteoroloji istasyon verileri ile HCMM verilerinden elde ettiği parlaklık değerlerinin genel olarak uyumlu olduğunu söylemiştir. Ancak, bu çalışmada uydu verilerinden elde edilen sıcaklıkların mekânsal değişkenliğinden dolayı detaylı karşılaştırmanın mümkün olmadığı, atmosferik nem düzeltmesi yapılması gerektiği ve yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkinin kesin olmadığı söylenmiştir. Ek olarak, sanayi aktivitesinin ve elektrik santralının bulunduğu alanların yüksek sıcaklık değerleriyle ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Sonuç olarak, yüksek mekânsal çözünürlüklü termal kızılötesi verilerin ulaşılabilir olmasının UHI etkisi çalışmaları için yeni bir yol açtığı ifade edilmiştir.

İncelenen alandaki yüzey de UHI etkisinin büyüklüğünü etkilemektedir. Eğer incelediğimiz kentsel alanda park ya da kent ormanı gibi büyük bir yeşil alan varsa buradaki UHI etkisi daha düşüktür. Su ve bitki yüzeyleri en düşük sıcaklık değerlerine sahipken, en yüksek sıcaklıklar havaalanı, yapılaşma alanı ve sanayi alanı gibi kentsel alanlarda ölçülmektedir (Feizizadeh ve Blaschke 2013, Mallick vd 2013). Feizizadeh ve Blaschke (2013) yaptıkları çalışmada ASTER görüntülerini, arazi yüzey sıcaklıklarıyla bitki örtüsü arasındaki ilişkiyi tespit için de NDVI görüntüsünü kullanmışlardır. Çalışma sonucunda hava kirliliği, yüzey sıcaklığı ve UHI etkisi arasında pozitif korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Kentsel alanlar da kendi içinde binaların kat adedi ve yoğunluğuna göre sınıflandırılacak olursa, çarpık kentleşmenin olduğu dar sokaklar, tek katlı ama birbirine yakın binaların olduğu bölgeler, bahçeli ve çok katlı binaların olduğu bölgelere göre daha sıcaktır. Bina yoğunluğunun daha fazla olduğu kentsel alanlarda daha yüksek UHI etkisi beklenirken tam tersi durumda ise daha düşük olması beklenmektedir. Şehrin boyutu arttıkça da UHI etkisinin büyüklüğü artmaktadır (Imhoff vd 2010). Ayrıca, UHI etkisi mevsimsel olarak da değişmektedir (Hung vd 2006, Imhoff vd 2010, Singh vd 2014, Suga vd 2003, Vardoulakis vd 2013). Suga vd (2003) yaptıkları çalışmada Hiroshima kentinde ki UHI etkisini dört mevsim için de incelemişler ve UHI etkisinin kentleşmiş alanda yaz ve ilkbahar aylarında başarılı bir şekilde tespit edilebildiğini belirtmişlerdir. Imhoff vd. 2010 yılında yaptıkları çalışmada UHI etkisini yıllık ortalama olarak 2,9°C olarak

belirlemişlerdir. Öte yandan, UHI etkisini mevsimsel olarak incelediklerinde ise yazın $4,3^{\circ}\text{C}$ ve kışın $1,3^{\circ}\text{C}$ bulmuşlardır.

Sayıdığımız faktörler dışında kentsel ısı adasını etkileyen başka faktörlerde bulunmaktadır. Bunlara bulutluluk, kent geometrisi, çalışma alanının konumu, topografya, okyanus akıntıları, gün uzunluğu örnek olarak gösterilebilir (Singh vd 2014). Kentin coğrafi konumu, hâkim hava koşulları ve antropojenik faaliyetlerde ısı adalarını etkilemektedir (Effat ve Hassan 2014). Ayrıca, ekonomik kalkınma, nüfus artışı ve gelişmiş sanayi kentsel iklim değişikliklerinde itici güç olarak kabul edilebilir (Jin vd 2015, Tayanc ve Toros 1997).

Arazi kullanımı/örtüsü sınıfları belirlendikten sonra ısıl kızıllötesi banttardan elde edilen arazi yüzey sıcaklıklarıyla arazi sınıfları karşılaştırılarak UHI etkisi tespit edilebilir (Feng vd 2014). Gallo vd (1995) çalışmalarında, UHI'ların belirlenmesi için kullanılacak potansiyel uzaktan algılama verilerinden bahsetmiş ve uydu görüntüleri kullanılan çeşitli çalışmaları gözden geçirmişlerdir. Çalışmada, NDVI'nin kentsel ve kırsal alanların minimum sıcaklık değerleri hakkında bilgi vermede yararlı olduğuna değinilmiş ve DMSP_OLS verilerinin de kentsel ve kırsal bölgeleri tanımlamak için kullanışlı olduğu ve ayrıca kentsel ve kırsal alanların sıcaklık farklılıklarını doğrudan değerlendirmede kullanılabilceği belirtilmiştir.

Effat ve Hassan (2014) çok zamanlı Landsat TM görüntülerinden Kahire şehrinin 1984 1990, 2001, 2006 ve 2013 yıllarındaki arazi örtüsü ve UHI değişim tespiti ve haritalamasını yapmışlar, bu işlem için yaz mevsimi gündüz görüntülerini kullanmışlardır. Bu çalışma ile söz konusu zaman süresince kentin büyüdüğünü ve UHI etkisinin arttığını, en yüksek UHI değerinin 2013 yılında kaydedildiğini ortaya koymuşlardır. Landsat uydusunun çok renkli bantları albedo ve NDVI tanımlanması için, termal bantları da LST değerlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. En yüksek LST değerleri doğu bölgesinin üst kısımlarında ve en yüksek albedo değerleri ise doğu çöl bölgesinde kaydedilmiştir. Ayrıca bu çalışmada arazi kullanımı/örtüsü değişimini incelemek için kontrollü sınıflandırma tekniği kullanılmış ve arazi kullanımı/örtüsü sınıfları ile LST değerleri arasındaki ilişki analiz edilerek UHI etkisinin yoğunluğu incelenmiştir. UHI etkisinin 1984 yılından 1990 yılına kadar olan sürede $3,25^{\circ}\text{C}$ ' den $5,07^{\circ}\text{C}$ 'ye yükseldiği ve 2001 yılında $3,11^{\circ}\text{C}$ 'ye düştüğü gözlenmiş, 2013 yılında ise tekrar artarak $4,28^{\circ}\text{C}$ olduğu gözlenmiştir. Bunlara ek olarak, en yüksek sıcaklık değerine $42,69^{\circ}\text{C}$ ile çöl bölgesinin sahip olduğu, park alanlarının ve hava alanının çölden sonra en sıcak yerler olduğu belirtilmiştir. Yapay yüzeylerin sıcaklık değerleri yüksekken yeşil alanların ve su alanlarının daha düşük sıcaklıklara sahip olduğu söylenmiştir.

Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun 2013 yılında fırlatılmasıyla bu uydunun termal bantları da UHI çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır (Çizelge 2.2). Ancak, literatür incelendiğinde UHI konusunda Landsat 8 uydu görüntülerinin kullanıldığı az sayıda çalışma olduğu görülmektedir (Jimenez-Munoz vd 2014, Jin vd 2015, Rozenstein vd 2014, Sekertekin vd 2016, Wang vd 2015, Yu vd 2014). Yu vd (2014) ve Jin vd (2015) çalışmalarında Landsat 8 uydusunun her iki termal bandını da kullanmışlardır. Yu vd (2014) yaptıkları çalışmada LST belirlemede kullanılan ve her iki termal bandın veya tek termal bandın kullanılmasına olanak tanıyan 3 farklı yaklaşımı karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda Landsat 8 uydusunun sadece ilk termal bandı olan 10. bandı

kullanılarak uygulanan radyatif transfer denklemi tabanlı yöntem ile belirlenen LST sıcaklıklarının diğer yöntemlerle belirlenen LST değerleriyle karşılaştırıldığında en yüksek doğruluğa sahip olduğunu belirtmişlerdir. Diğer çalışmalarda ise sadece 10. bant kullanılmıştır. Bunun nedeni de Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun ikinci termal bandı olan 11. bant değerlerinin büyük ölçüde tutarsız olmasıdır (Sekertekin vd 2016, USGS 2013, Wang vd 2015).

Çizelge 2.2. Landsat 8 OLI/TIRS verileri kullanılarak yapılan UHI çalışmaları

Landsat 8 OLI/TIRS ile yapılan çalışmalar				
Çalışma	LST elde edilen veriler	Çalışma alanı	Amaç	
Jimenez-Munoz vd (2014)	Landsat OLI/TIRS	-	Landsat 8 uydusunun termal görüntülerinden LST çıkarımı	
Rozenstein vd (2014)	Landsat OLI/TIRS	-	Bölünmüş-Pencere algoritması kullanılarak LST tahmini	
Yu vd (2014)	Landsat OLI/TIRS	İllionis, Montana, Mississippi, Güney Dakota (Amerika)	LST değerlerini elde etmede Radyatif Transfer denklemleri Tabanlı yöntem, Bölünmüş-Pencere algoritması ve Single Channel yöntemi karşılaştırması	
Jin vd (2015)	Landsat OLI/TIRS	-	Pratik Bölünmüş-Pencere algoritması kullanılarak LST çıkarımı	
Wang vd (2015)	Landsat OLI/TIRS	-	Geliştirilmiş Mono-Window algoritması yardımıyla LST değerleri eldesi	
Sekertekin vd (2016)	Landsat TM ve Landsat OLI/TIRS	Zonguldak (Türkiye)	Kentsel Isı Adası etkisinin zamansal ve mekânsal değişimi	

UHI etkisi çok çalışılan konulardan olmakla birlikte, Türkiye’de bu konuda yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır (Çizelge 2.3). Bildiğimiz kadarıyla, Antalya, Burdur ve Isparta illerinde UHI etkisinin belirlenmesine yönelik bir çalışma henüz yapılmamıştır. Ancak, Türkiye’nin en büyük kenti olan İstanbul (Bektaş Balçık 2013, Karaca vd 1995, Kaya vd 2012, Kuşçu-Şimşek ve Şengezer 2012, Yalcin ve Yetemen 2009) ve başkenti olan Ankara illeri için (Cicek ve Dogan 2006, Karaca vd 1995) çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan Karaca vd (1995), Cicek ve Dogan (2006) ve Yalcin ve Yetemen (2009), yaptıkları çalışmalarda sadece meteoroloji verilerini kullanılmışlardır. Kaya vd (2012) yılında yaptıkları çalışmada Landsat 5 TM verileri kullanarak UHI sınırlarını belirlemişlerdir ve meteoroloji verilerini kullanarak İstanbul ilinde UHI etkisi ile şehirleşme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu çalışmada Landsat TM görüntüsünün termal bandından elde edilen radyans değerleri ile meteoroloji istasyonlarının sıcaklık değerleri karşılaştırılmış ve aralarında yüksek korelasyon bulunmuştur. Çalışma

sonucunda, kentleşmedeki artışın yüzey sıcaklığının temel nedeni olduğu ve bunun nedeninin kontrolsüz kentleşme olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. Türkiye’de yapılan UHI çalışmaları

Türkiye’deki UHI çalışmaları			
Çalışma	LST elde edilen veriler	Çalışma alanı	Amaç
Karaca vd (1995)	Meteoroloji verileri	İstanbul ve Ankara (Türkiye)	Bölgesel iklim değişimi ve kentleşmenin bölgesel iklime etkisi
Cicek ve Dogan (2006)	Meteoroloji verileri	Ankara, Türkiye)	Ankara’nın kentleşmesinin sıcaklık değişimlerine etkileri incelenmiş ve uzun ve kısa zamanlı KIA yoğunluğu analizi
Yalcin ve Yetemen (2009)	Meteoroloji verileri	İstanbul (Türkiye)	İstanbul’da ki Kentsel Isı Adası etkisinin bölgesel yeraltı sularının ısınmasına etkisi
Kaya vd (2012)	Landsat TM	İstanbul (Türkiye)	İstanbul kentinde, Kentsel Isı Adaları ile kentleşme arasındaki ilişki
Kuşçu-Şimşek ve Şengezer (2012)	Landsat TM	İstanbul (Türkiye)	Yeşil alanların kentsel ısınmanın azaltılmasındaki önemi
Bektaş Balçık (2013)	Landsat TM	İstanbul (Türkiye)	Yapay yüzeyler ve diğer yüzeyler ile LST değerleri arasındaki ilişki
Sekertekin vd (2016)	Landsat TM ve Landsat OLI/TIRS	Zonguldak (Türkiye)	Kentsel Isı Adası etkisinin zamansal ve mekânsal değişimi

Son yıllarda ise, Kuşçu-Şimşek ve Şengezer (2012) yaptıkları çalışmada, hızla gelişen İstanbul metropoliten alanının sağlıklı gelişme ve yapılaşma stratejilerine katkıda bulunmak amacıyla yeşil alan/bitki örtüsünün sıcaklık üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla yüzey ısı adaları ve NDVI değerlerini uzaktan algılama yöntemi ile elde etmiş ve aralarındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma kapsamında UHI’ları etkileyen faktörlerden de bahsedilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre NDVI değerleri artarken sıcaklığın düzenli şekilde azaldığı görülmüştür. Ayrıca, bitki örtüsünün en az olduğu küme ile en yoğun olduğu kümenin beklenen sıcaklık değeri arasında 4,24°C’lik fark olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarında değinilen diğer bir önemli konuya çim ve otsu bitkilerin iklime etkisinin hiç bir zaman odunsu bitkiler kadar olmayacağı ve gelişmiş ağaçlar kesilerek yerlerini çim alanlarıyla doldurmanın iklimsel açıdan negatif yönde etki edeceğidir.

Bektaş Balçık 2013 yılında yaptığı çalışmada Landsat 5 TM verisinden tek pencere (Mono Window) algoritmasını kullanarak İstanbul kentinin LST değerlerini hesaplamış ve arazi kullanımı/örtüsü bilgisini elde etmek için çeşitli indeksler kullanmıştır. Çalışmanın geçerliliğini test etmek için meteoroloji verileri kullanılmış ve Landsat 5 TM’den elde edilen LST değerleri ile meteoroloji istasyon verilerinden türetilen yakın-yüzey sıcaklık değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0,76 olarak bulunmuştur. Sonuçlar İstanbul kentinin güçlü UHI etkisine sahip olduğunu göstermiş, İstanbul havzasında kentsel alanlar kırsal alanlardan 10°C (283,50 K) daha sıcak bulunmuştur. Ek olarak, sonuçlar incelendiğinde ormanlık alanların düşük yüzey sıcaklığına sahip olduğu, boş alan ve tarım alanlarının yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. UHI etkisinin sanayi alanlarında çok aşikâr olduğu, havaalanı ve

yoğun yerleşim alanlarında oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. İstatistikî sonuçların, yapay yüzeylerin UHI'ların temel nedeni olduğuna işaret ettiği belirtilmiş ve yeşil alanların UHI etkisini engelleme ve azaltmada önemli role sahip olduğu ve gelecekteki gelişimin ve kent planlamasının dikkatli bir şekilde yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Sekertekin vd (2016) Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerini kullanarak 1986-2015 tarihleri arasındaki 4 farklı zamanda, Zonguldak ilinde UHI etkisinin mekânsal-zamansal değişimini incelemişlerdir. Çalışmada, LST değerlerini elde etmek için Landsat 8 uydusunun sadece 10. bandı ve tek pencere (Mono-Window) algoritmasını kullanmışlardır. Sonuçların doğruluk değerlendirmesi için LST değerleriyle radyans değerleri karşılaştırılarak incelenmiş ve aralarındaki korelasyon %90'ın üzerinde bulunmuştur. Çalışmada, arazi kullanımı/örtüsü haritası oluşturulmuş, Erdemir Demir ve Çelik Fabrikası, ormanlık alan, kömür çöplüğü alanı ve elektrik santralini kapsayan Çatalağzı bölgesi için LST değerleri ile ilişkisi daha detaylı olarak incelenmiştir. Sonuçlara bakıldığında, ormanlık alan ile şehir merkezi arasındaki LST farkının yaklaşık olarak 5°C ve ormanlık alan ile sanayi alanları arasındaki farkın her yıl için neredeyse 8°C olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın ilginç sonuçlarından biri 1987-2015 yılları arasında şehir çöplüğünde sıcaklığın azalma göstermesi olarak belirtilmiş bunun nedeni olarak Zonguldak Belediyesi'nin 2010 yılından sonra çöp atmaya durdurmuş olması gösterilmiştir. Genel olarak zaman içinde LST değerlerinin arttığı, bunun yanında ormanlık ve yeşil alanların diğer alanlarla karşılaştırıldığında daha düşük LST değerlerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılaşmış kentsel alanların önemli ölçüde sıcaklık artışı gösterdiği ve ayrıca, UHI büyüklüğünün yapılaşma yoğunluğu ve kentleşmeye bağlı olduğu ortaya konulmuştur.

UHI etkisinin belirlenmesinde ki en önemli aşama LST değerlerinin doğru belirlenebilmesidir. Bu yüzden, elde edilen LST değerlerinin geçerliliklerinin test edilebilmesi için ölçüm istasyonlarından alınan sıcaklıklarla karşılaştırma yapılabilir (Bektaş Balçık 2013, Hu ve Jia 2010). Ancak, daha öncede bahsedildiği gibi yüzeyden ölçülen sıcaklık değerleri ile hava sıcaklık değerleri farklı arazi kullanım alanlarında farklı olmaktadır (Bkz. Şekil 2.2) ve bundan dolayı, meteoroloji istasyonlarından elde edilen hava sıcaklıkları ile uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklıklarının karşılaştırma sonuçları kullanılabilir olmasına rağmen sonuçları kesin değildir. Bunun yanında farklı uyduların görüntülerinden elde edilen LST değerleriyle karşılaştırma yoluna gidilen çalışmalarda mevcuttur. ASTER ve MODIS uydu görüntüleri LST değerlerini elde etmek ve Landsat görüntülerinden elde edilen LST değerlerinin karşılaştırılması için kullanılabilir (Hu ve Jia 2010, Hung vd 2006, Mallick vd 2013, Srivastava vd 2009).

Hung vd (2006) yaptıkları çalışmada, MODIS verisinin Dijital Numara - DN değerlerini Görüntüleme Açısına Bağlı Bölünmüş Pencere (View-Angle-Dependent Split-Window) algoritması kullanarak sıcaklık değerlerine dönüştürmüştür. Çalışmada, Asya kıtasında bulunan 8 mega şehrin (ılıman iklimlere sahip, Tokyo, Beijing, Shanghai, Seoul, Pyongyang, ve tropikal iklimlere sahip, Bangkok, Manila, Ho Chi Minh City) UHI etkisinin haritalanması ve analizi yapılmıştır. Daha sonra, Landsat 7 ETM+ ve MODIS verilerinden bu etkinin kent yüzey karakteristikleri ile ilişkilendirilmesi için NDVI görüntüleri oluşturulmuş ve karar ağacı yaklaşımıyla veri sınıflandırılmıştır. Veri yoğun kentsel yapılaşma, konut, su, çeltik, mera, boş alan ve mevsimlik - yaprak dökmeyen bitki

olarak 7 sınıfa ayrılmış. Mevsimsel olarak UHI etkisi incelendiğinde, Tokyo'nun Temmuz-Ağustos aylarında 13°C ile en yüksek UHI etkisine maruz kalan şehir olduğu, Ocak -Şubat aylarında ise bu etkinin 3°C ile minimum olduğu tespit edilmiştir. Bangkok sadece Eylül-Mart ayları arasındaki dönemde incelenmiş ve en yoğun UHI etkisinin Şubat ayında 6°C, en azının ise Aralık ayında 5°C olduğu gözlenmiştir. Gün içinde ki UHI etkisi incelendiğinde ılıman iklime sahip olan Tokyo şehri Ağustos ayında 12°C ile en yüksek UHI etkisi altındayken, bu etki Beijing'de 10°C, Seoul'da 8°C, Shanghai'de 7°C ve Pyongyang kentinde 4°C olarak gözlenmiştir. Tropikal iklime sahip kentlerde kuru sezon içinde en yüksek gündüz UHI etkisi 8°C ile Bangkok kentinde gözlenmiş ve onu 7°C ile Manila, 5°C ile Ho Chi Minh kenti izlemiştir. Çalışmada gündüz ve gece UHI etkisi karşılaştırılmış ve gündüz UHI etkisinin çalışılan tüm kentlerde daha fazla olduğu görülmüştür.

Hu ve Jia (2010) yaptıkları çalışmada Landsat TM (1990), Landsat ETM+ (2000) ve MODIS (2007) uydu görüntülerinin LST değerlerini hesaplamışlardır. Çalışmada ayrıca, şehirleşme oranını ve ekonomik seviyeyi analiz etmek için, nüfus, meskun alan ve gayri safi hasıla verilerini içeren sayım verileri kullanılmıştır. Landsat TM ve ETM+ görüntülerinin DN değerleri öncelikle parlaklık sıcaklıklarına dönüştürülmüş ve Planck denklemiyle (Artis ve Carnahan 1982, Weng vd 2004) LST değerleri hesaplanmıştır. Bu aşama da emissivite hesabı için NDVI değerlerinin değişimine bağlı olarak arazi yüzeyinin emissivite değerinin belirlendiği NDVI^{THM} metodu kullanılmıştır. NDVI Landsat görüntülerinin yakın kızıl ötesi ve kırmızı bantlarından elde edilmiştir. İşlemlerin hepsi Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çin Çevre ve Kaynak Veri Merkezinden elde edilen arazi kullanımı verilerinden arazi kullanım değişimleri belirlenmiştir. Arazi kullanımı değişimi incelendiğinde kent alanının %32,9 arttığı ve buna karşılık ekili alanların %9,3 azaldığı tespit edilmiş, arazi kullanımı değişimiyle UHI etkisi arasındaki mekânsal-zamansal değişim incelenmiştir. Arazi özelliklerine göre (yüzeyin pürüzlülüğü, yüzey buharlaşması ve toprak ısı içeriği) UHI etkisinin farklılık gösterdiği görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Antalya (TR611), Isparta (TR612) ve Burdur (TR613) illerini kapsayan Batı Akdeniz Bölgesi (TR61) seçilmiştir (Şekil 3.1). Batı Akdeniz Bölgesi'nin yüzölçümü 36.797 dir ve yaklaşık olarak Türkiye yüzölçümünün % 4,7 sini kapsamaktadır (TÜİK 2010). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (2010) verilerine göre, bölgenin nüfus yoğunluğu km^2 'de 75 kişi ile, km^2 'de 96 kişi olan ülke nüfus yoğunluğunun altındadır. Ancak, Antalya ilinin nüfus yoğunluğu km^2 'de 95 kişi ile bölge değerinin üzerindedir (TÜİK 2010). TR61 bölgesinin içerdiği illerin toplam nüfusu 2014 yılı itibariyle yaklaşık olarak 2.900.000'dir. Çizelge 3.1'de TR61 bölgesindeki illerin yüzölçümleri (TÜİK 2010) ve 2000 ile 2014 yılındaki nüfusları (TODAİE 2016) görülmektedir. Bölgede Akdeniz iklimi hâkimdir ve yazları sıcak ve kurak kışları ise ılıman geçmektedir. Bölgenin hâkim bitki örtüsü kızılçam ormanları, alçak alanlarda ise makidir. Bölge özellikle kış aylarında oldukça fazla yağış almakta, yaz aylarında ise kurak olmaktadır.

Çalışma alanımızda bulunan Antalya kenti Türkiye'nin en fazla nüfusa sahip olan beşinci şehridir ve Türkiye'nin nüfus artış oranı en yüksek olan illerinden biridir. Antalya'nın kıyı şeridinin uzunluğu 640 km'dir. Antalya konumu gereği hem yerli hem de yabancı turistleri kendine çekmektedir. İlin başlıca geçim kaynağı turizmdir ve yılda 10 milyondan fazla turiste ev sahipliği yapmaktadır (AKTOB 2015). Bu turistlerin büyük çoğunluğu yaz aylarında gelmektedir. Haziran ayında Antalya'nın 1950-2014 yılları arasındaki en yüksek sıcaklığı $44,8^{\circ}\text{C}$, en düşük sıcaklığı $11,1^{\circ}\text{C}$ ölçülmüştür ve ortalama sıcaklığı da $25,4^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür (MGM 2016). Ayrıca, Antalya bölgesinde 2009 yılındaki toplam tarım alanı yaklaşık olarak 710.000 hektardır ve bunun yanında seracılık faaliyetleri yoğundur (TÜİK 2010). Antalya kentinin merkez ilçeleri olan Konyaaltı, Muratpaşa, Kepez, Aksu ve Döşemealtı ilçeleri Antalya ili için çalışma bölgesi olarak seçilmiştir.

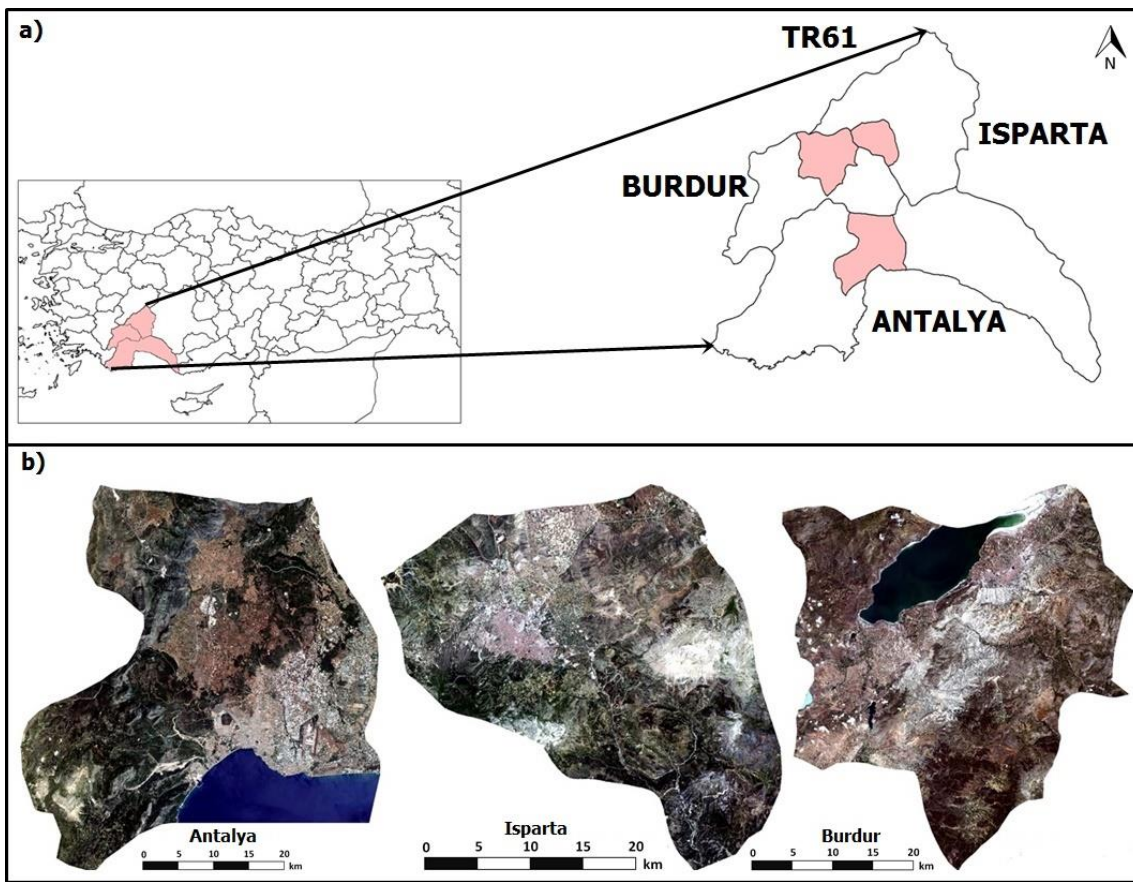
Isparta ili, Akdeniz bölgesinin kuzeyinde yer almaktadır. Isparta ili, Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle il sınırları içinde her iki iklim tipinin etkisi de görülmektedir. Isparta ilinin arazi yapısına bakıldığında, neredeyse arazinin yarısının ormanlardan oluştuğu görülmektedir. Ormanlık araziler verimli orman ile fundalık ve çalılık alanlardan oluşmaktayken bu alanlar dışındaki alanlarda bitki örtüsü otlardır (TÜİK 2010).

Burdur ili Akdeniz ikliminin etkisinden uzaktadır ve il topraklarının güneybatı yönünde bulunan yükseltiler nedeniyle kış ayları soğuk ve yaz ayları sıcak geçmektedir. Burdur ilinin %61'ini dağlar kaplamaktadır ve ormanlar dağlık alanlar ile yamaçlarda yer almaktadır. Eşik kısımlarda ki bitki örtüsü ise maki ve sert yapraklı bitkilerden oluşmaktadır (TÜİK 2010). Isparta ve Burdur illerinin merkez ilçeleri çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.2'de her üç ilin aralık, mart, haziran ve ekim aylarına (1950-2015) ait ortalama sıcaklık değerleri görülmektedir.

Çizelge 3.1. TR61 bölgesindeki illerin yüz ölçümleri ve 2000 ile 2014 merkez ilçe nüfusları

Batı Akdeniz Bölgesi (TR61)	Yüzölçümü (km ²)	Nüfus (2000)	Nüfus (2014)
Antalya (TR611)	20.791	1.719.751	2.222.562
Isparta (TR612)	8.871	513.681	418.780
Burdur (TR613)	7.135	256.803	256.898



Şekil 3.1. Seçilen çalışma alanının Türkiye haritasındaki konumu (a) ve Antalya, Isparta ve Burdur çalışma bölgelerinin (merkez ilçelerinin) Landsat 8 OLI bantlarıyla oluşturulan doğal renkli kompozit görüntüsü (b)

Çizelge 3.2. TR61 bölgesindeki illerin Aralık, Mart, Haziran ve Ekim aylarına (1950-2015) ait ortalama sıcaklık değerleri (MGM 2016)

Batı Akdeniz Bölgesi(TR61)	Günlük Ortalama Sıcaklık Değeri (°C)			
	Aralık	Mart	Haziran	Ekim
Antalya	11,4	12,7	25,3	20,0
Isparta	3,5	6,1	20,1	13,0
Burdur	4,3	7,0	21,2	14,3

3.2. Veri Setleri

Çalışmada çok zamanlı Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri, DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü, ASTER SYM, MODIS Arazi Yüzey Sıcaklığı/Emissivite görüntüsü, 1:100000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır.

3.2.1. Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri

Bu çalışmada temel veri olarak Antalya, Burdur ve Isparta illerini ve çevrelerini kapsayan 5 Haziran 2001 tarihli Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü (Şekil 3.3), 23 Aralık 2013 (Şekil 3.4), 13 Mart 2014 (Şekil 3.5), 17 Haziran 2014 (Şekil 3.6) ve 7 Ekim 2014 (Şekil 3.7) tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler UTM /WGS84/ Zone 36 projeksiyon sistemindedir ve USGS' in resmi sayfasından temin edilmişlerdir (USGS 2016). Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri 6 renkli bant, 1 termal bant ve 1 pankromatik bant içermekte iken Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri 8 renkli bant ve 2 termal ve 1 pankromatik bant içermektedir. Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinin özellikleri sırasıyla Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerinin teknik özellikleri

	Dalga Boyu Aralığı(µm)	Mekânsal Çözünürlük(m)
Bant 1	0.45-0.52	30
Bant 2	0.52-0.60	30
Bant 3	0.63-0.69	30
Bant 4	0.77-0.90	30
Bant 5	1.55-1.75	30
Bant 6	10.40-12.50	60 (30)*
Bant 7	2.09-2.35	30
Bant 8	0.52-0.90	15

*Termal bantlar 60m mekânsal çözünürlükte elde edilmekte ancak 30 m'ye yeniden örenkleme yapılarak dağıtılmaktadır

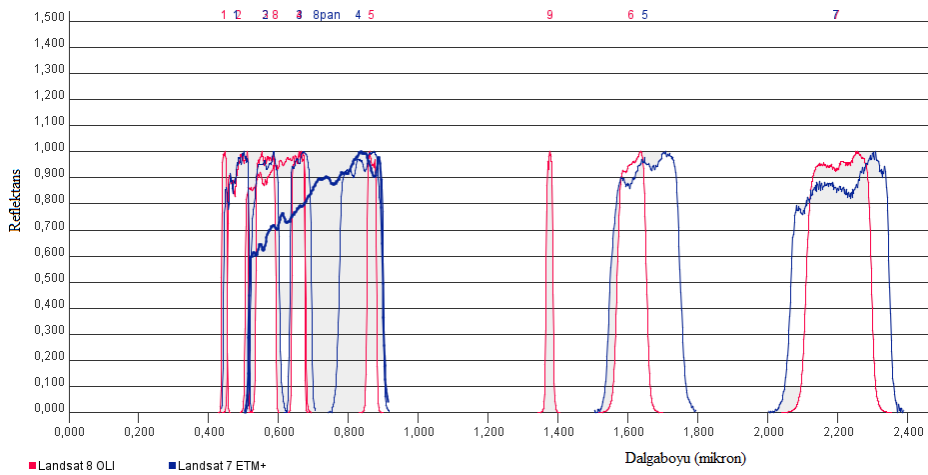
Çizelge 3.4.Landsat 8OLI/TIRS uydu görüntülerinin teknik özellikleri

	Dalga Boyu Aralığı(μm)	Mekânsal Çözünürlük(m)
Bant 1	0.43-0.45	30
Bant 2	0.45-0.51	30
Bant 3	0.53-0.59	30
Bant 4	0.64-0.67	30
Bant 5	0.85-0.88	30
Bant 6	1.57-1.65	30
Bant 7	2.11-2.29	30
Bant 8	0.50-0.68	15
Bant 9	1.36-1.38	30
Bant 10	10.60-11.19	100 (30)*
Bant 11	11.50-12.51	100 (30)*

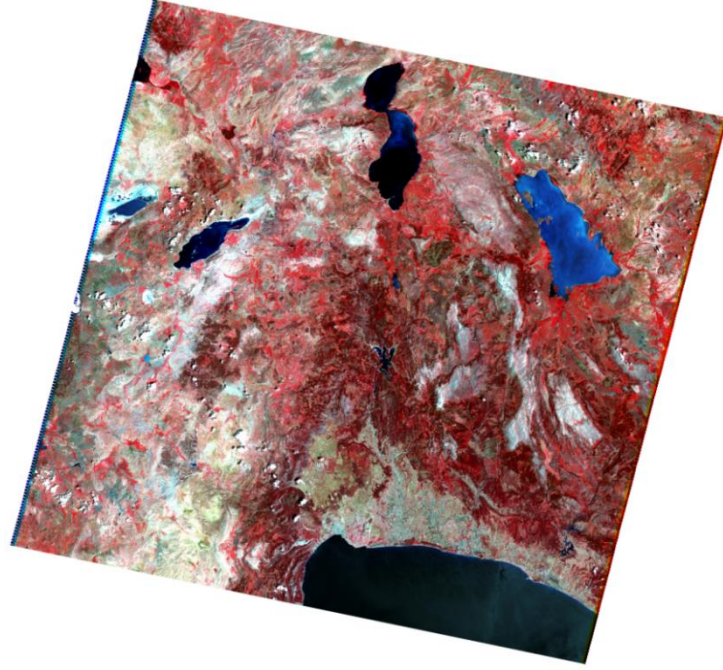
* Termal bantlar 100m mekânsal çözünürlükte elde edilmekte ancak 30 m'ye yeniden örnekleme yapılarak dağıtılmaktadır

Ayrıca Landsat 7 ETM+ uydusu görüntüleri 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahipken, Landsat 8 uydu görüntülerinin radyometrik çözünürlüğü 12 bit'tir. Çizelgelerdeki teknik özelliklerin haricinde belirtilebilir ki Landsat uyduları 705m yükseklikten görüntü almaktadır ve zamansal çözünürlükleri 16 gündür. Landsat uydularının yörüngeleri güneş eşzamanlıdır. Bu sayede, uydular dünyada görüntülediği her bölgeyi aynı yerel saatte görüntüler. Bu görüntüler sabah 08.30 civarında alınmıştır.

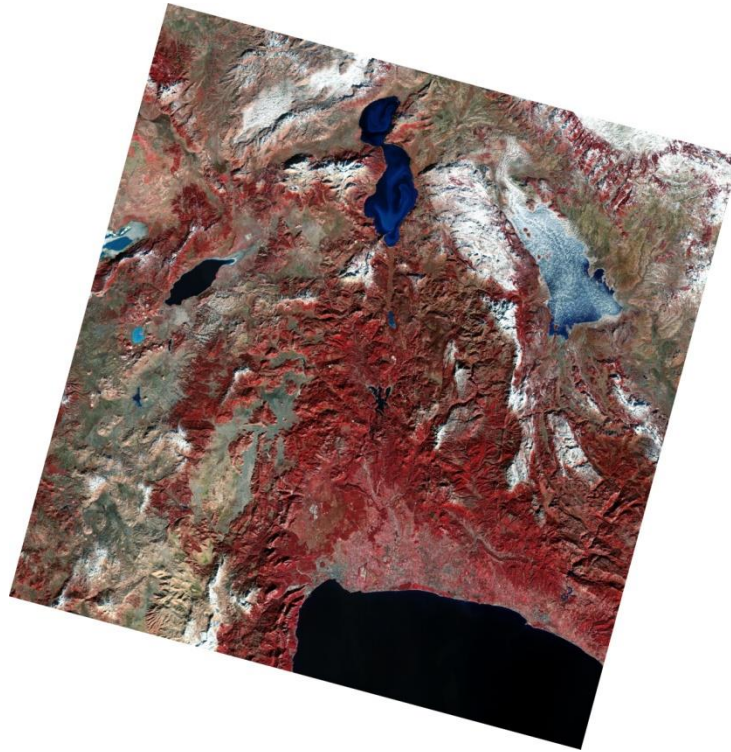
Çizelgelere ek olarak Landsat uydu görüntülerinin bant aralıkları Şekil 3.2'de görülmektedir.



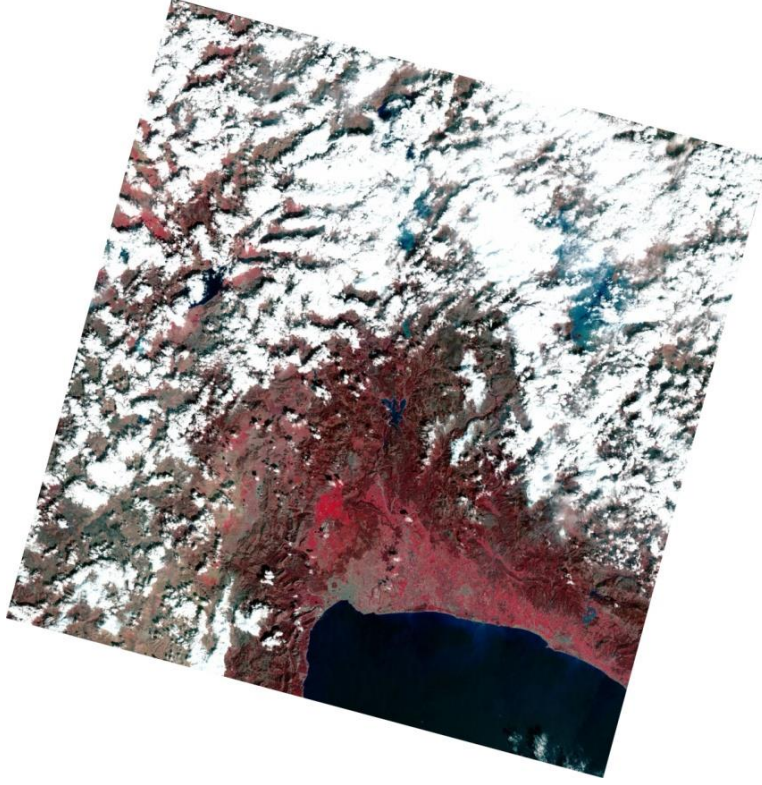
Şekil 3.2. Landsat 7 ETM+ ve 8 OLI/TIRS görüntülerinin spektral aralıklarını gösteren grafik USGS (2015a)yardımıyla hazırlanmıştır



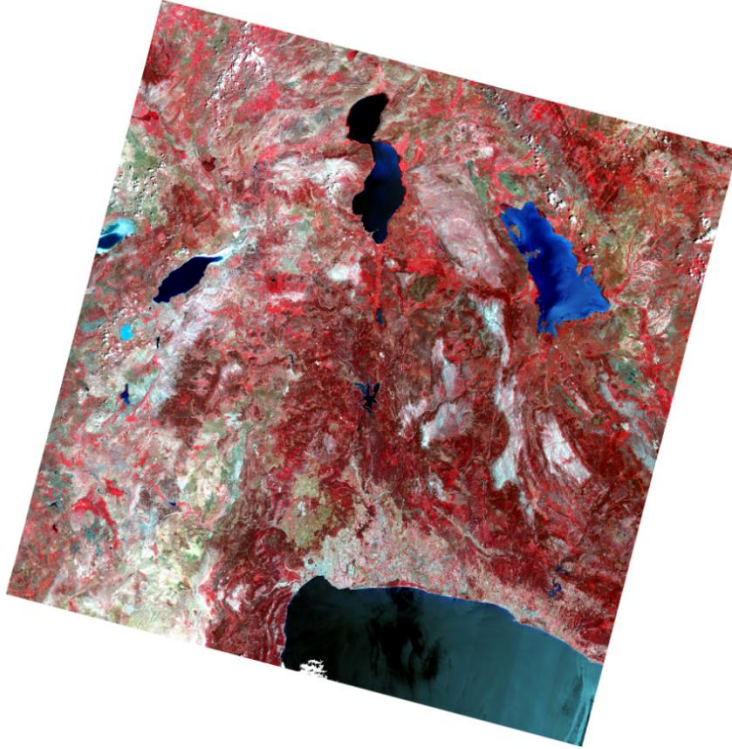
Şekil 3.3. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 5 Haziran 2001 tarihli Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü



Şekil 3.4. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 23 Aralık 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü



Şekil 3.5. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 13 Mart 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü



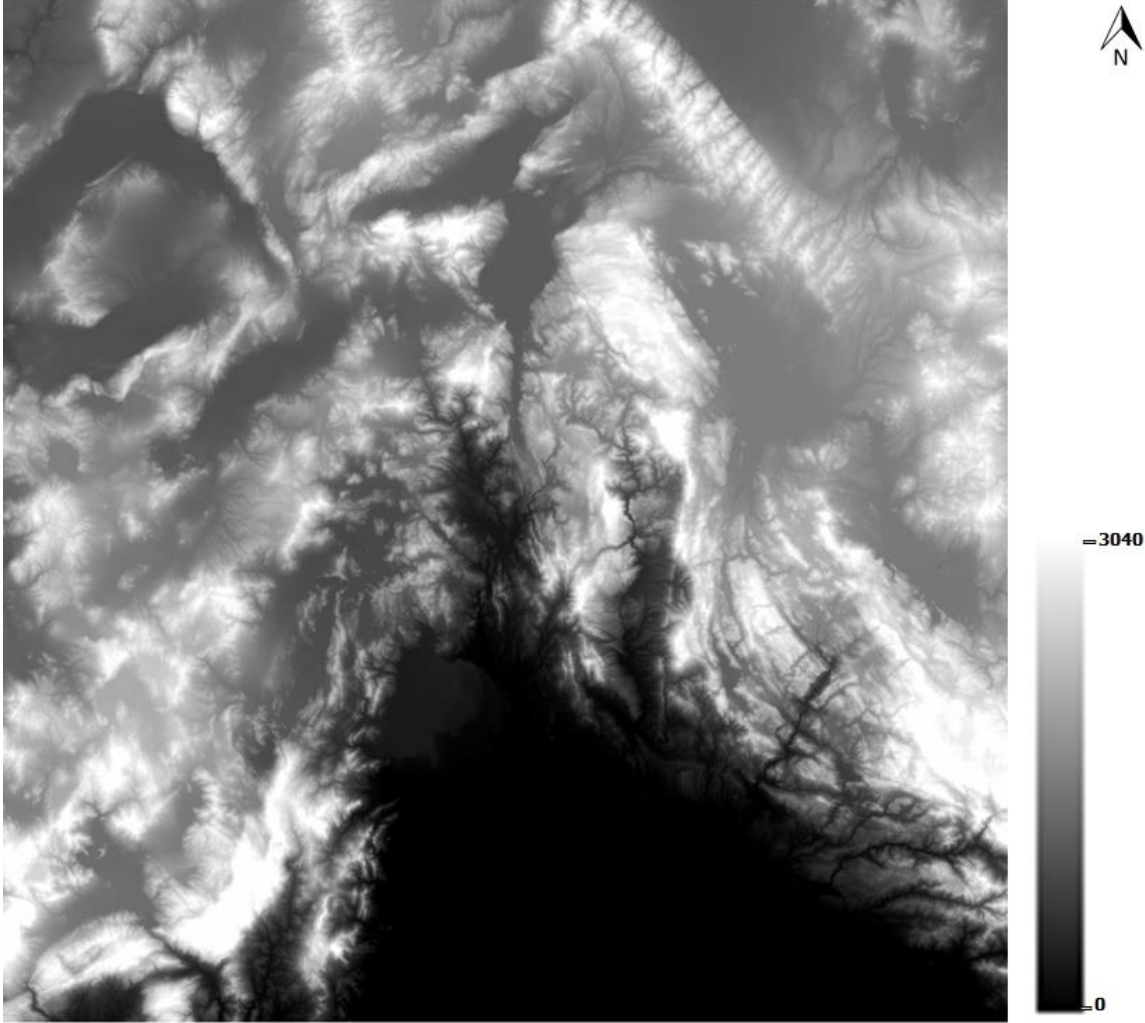
Şekil 3.6. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 17 Haziran 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü



Şekil 3.7. Çalışma alanını kapsayan yanlış renk kombinasyonu ile açılmış 7 Ekim 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü

3.2.2. ASTER SYM

ASTER SYM Japonya METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) ve Amerika NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından ASTER uydusunun stereo görüntüleri kullanılarak oluşturulmuştur. ASTER SYM kendi resmi sitesinden (ASTER_GDEM) temin edilmiştir. Verinin radyometrik çözünürlüğü 16 bit ve mekânsal çözünürlüğü 30m'dir. Şekil 3.8'de çalışmada kullanılan ASTER SYM gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan ASTER Sayısal Yükseklik Modeli görüntüsü

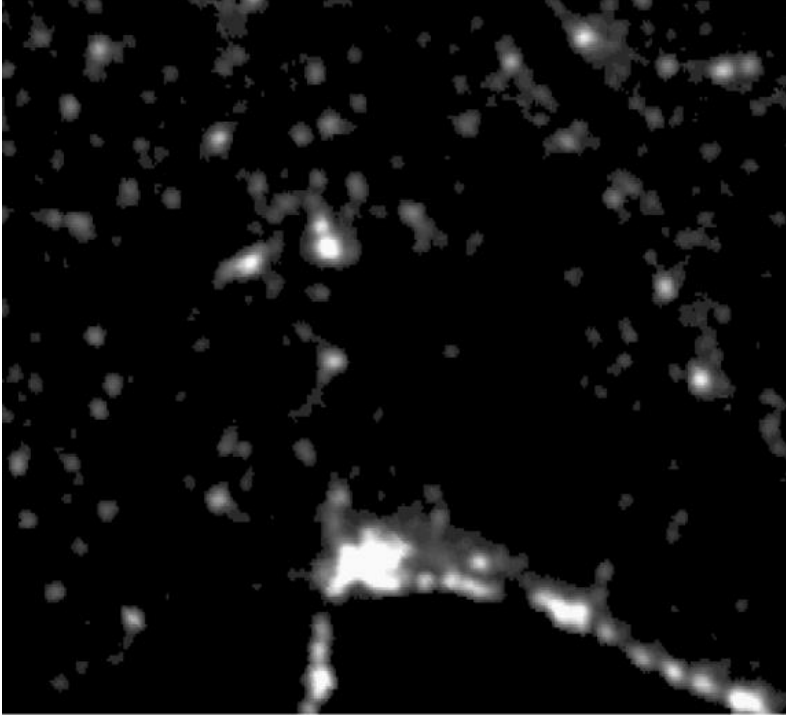
ASTER SYM görüntüsü yükseklik verisi içermektedir. Görüntüdeki siyah ve siyaha yakın alanlar deniz seviyesinde ve/veya düşük yüksekliğe sahip bölgeleri temsil etmekteyken pikselin rengi açıldıkça yükseklik değeri artmakta ve beyaza en yakın olan pikselin sahip olduğu değer en yüksek değer olmaktadır.

3.2.3. DMSP_OLS gece ışıkları görüntüleri

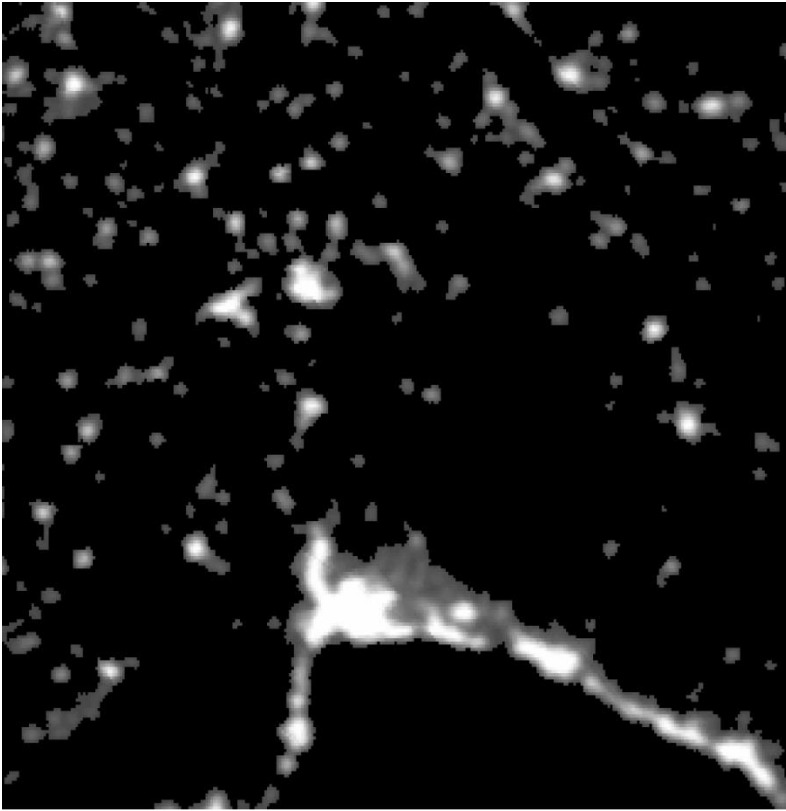
DMSP-OLS gece ışıkları görüntüsü Amerika Birleşik Devletleri'nin farklı amaçlar için oluşturduğu Savunma ve Meteoroloji Uydu Programı'nın (DMSP) bir yan ürünüdür ve OLS sensörü ile alınan veriler ile oluşturulmuştur. Geceleri büyük yerleşim yerleri olan kentlerden ve kasaba gibi küçük yerleşim yerlerinden, evlerin ışıklandırılması, sokak lambaları gibi sürekli veya yangınlar, yıldırım gibi geçici kaynaklardan uzaya ışınım kaçmaktadır. DMSP_OLS verisi tüm bu kaynaklardan uzaya kaçan ışınım ile ilgili bilgi verir. Bu nedenle kentsel alanların belirlenmesi için önemli bir bilgi kaynağıdır. Bu çalışmada 2001 (Şekil 3.9) ve 2013 (Şekil 3.10) yılına ait NOAA/NGDC'den alınan DMSP-OLS gece ışıkları verileri kullanılmıştır. Verilerin radyometrik çözünürlüğü 6 bit ve mekânsal çözünürlüğü 1km'dir. DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü kentsel ve kırsal alanı daha kolay ve iyi ayırt edebilmek için kullanılmıştır (Elvidge vd 2001, Gallo vd 1995, NOAA_OLS 2012, Sutton vd 2010).

3.2.4. MODIS LST/Emissivite görüntüleri

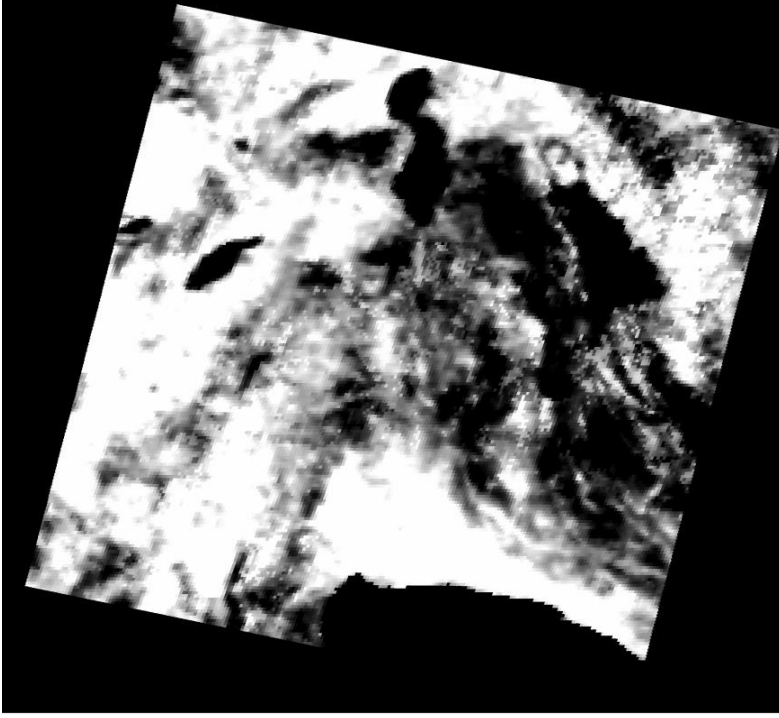
MODIS, 1999 yılında Terra ve 2002 yılında Aqua uyduları fırlatılmıştır. MODIS dünyamızdaki herhangi bir noktayı 1-2 günde bir görebilir ve 36 farklı spektral banda sahiptir, bantların çözünürlükleri değişiktir. Çeşitli atmosferik parametreleri ölçebilmekte ve dünyanın kaçta kaçının bulutlarla kaplı olduğu bilgisi, buzul alanları, dünyanın enerji bütçesi, aerosolun optik derinliği, klorofil yoğunluğu gibi okyanus, kara ve atmosferde meydana gelen çeşitli süreçler hakkında bilgi verebilmektedir. Bu çalışmada ise MODIS uydusunun 8 günlük dönemlerle alınan LST/Emissivite görüntülerinden LST çıkarımı yaparak Landsat görüntülerinden bulunan değerlerle karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan MODIS görüntüleri TERRA uydusundan alınan 1 km mekânsal çözünürlüğe sahip, 2 Haziran 2001 ve 18 Haziran 2014 tarihli görüntülerdir (Şekil 3.11 ve Şekil 3.12).



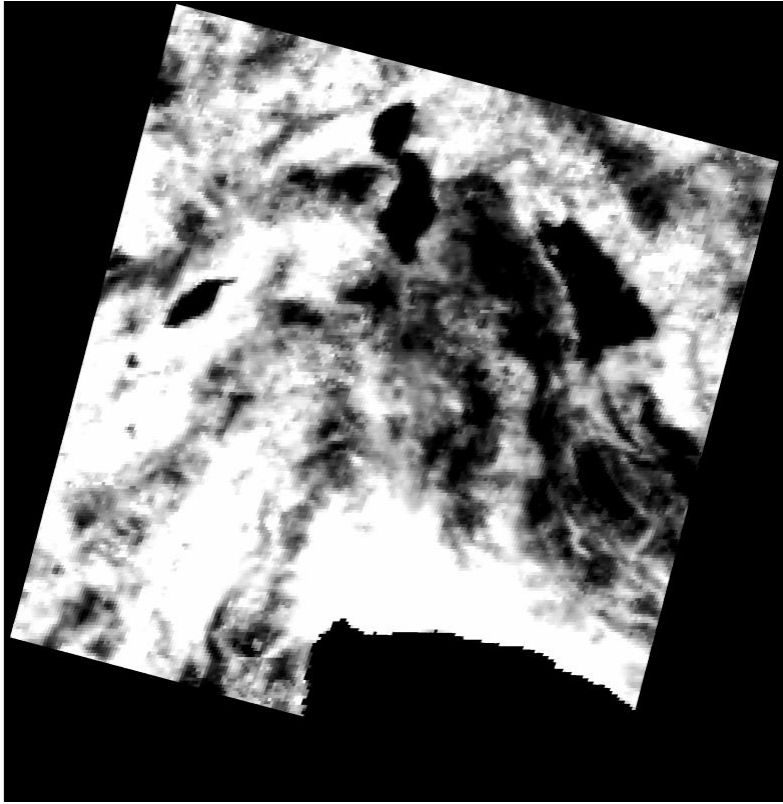
Şekil 3.9. 2001 DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü



Şekil 3.10. 2013 DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü



Şekil 3.11. MODIS 2001LST/Emissivite görüntüsü



Şekil 3.12. MODIS 2014 LST/Emissivite görüntüsü

3.2.5. 1:100000 ölçekli topografik haritalar

Görüntülerin geometrik düzeltmesi yapılırken 1:100000 ölçekli 16 adet topografik harita mozaiklenerek kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan topografik haritalar

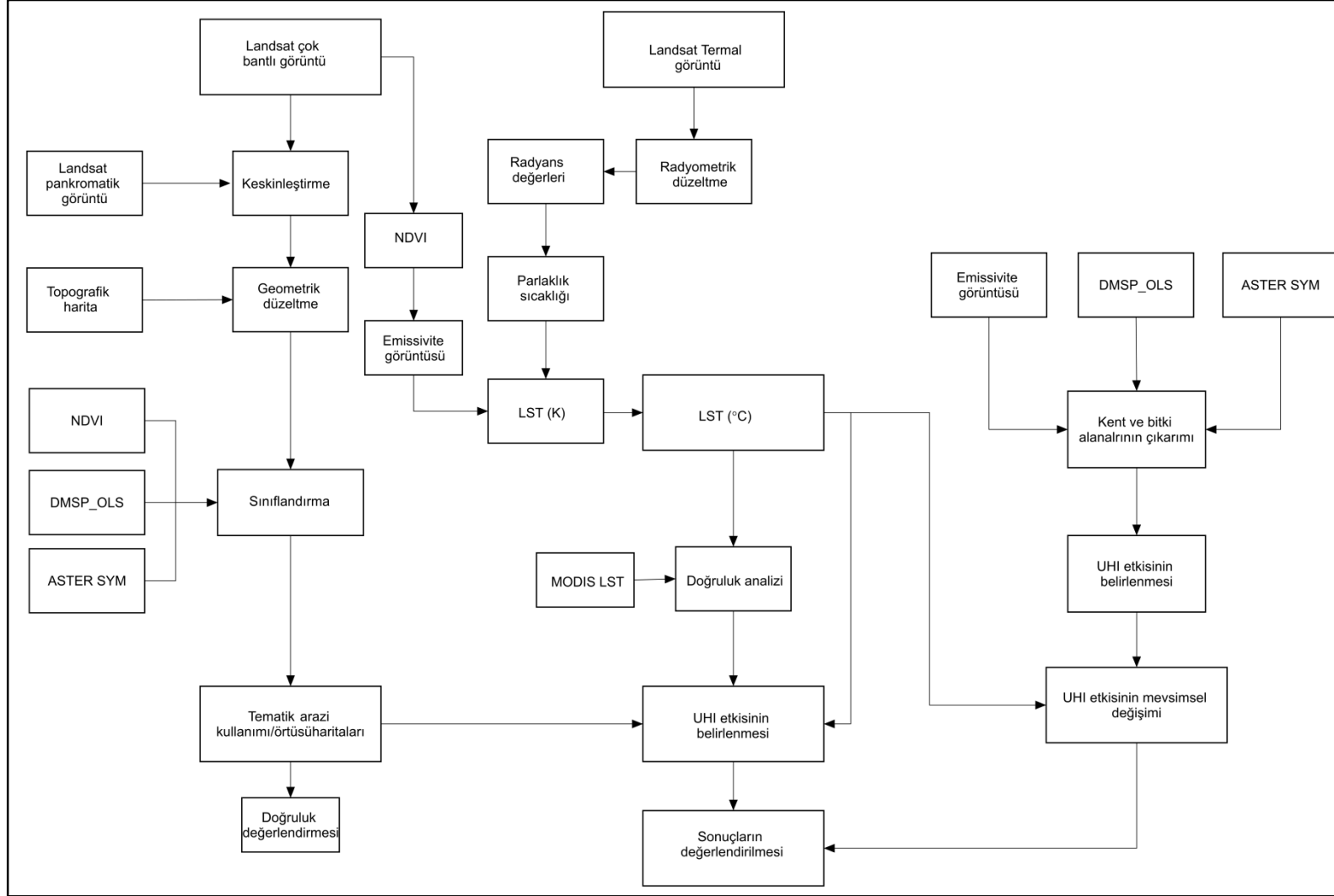
3.2.6. Meteoroloji istasyonları verileri

Çalışmada Landsat görüntülerinden elde edilen LST değerleriyle karşılaştırmak için, 5 Haziran 2001 ve 17 Haziran 2014 tarihlerinde çalışma alanının sınırları içinde bulunan meteoroloji istasyonları tarafından kayıt edilen deniz suyu sıcaklık değerleri kullanılmıştır.

3.3.Metot

Çalışma kapsamında Antalya, Burdur ve Isparta çalışma alanlarının 2001 ve 2014 yılları için LST değerleri, UHI etkisi ve arazi kullanımı/örtüsü sınıfları belirlenmiş, bu tarihler arasındaki değişimleri incelenmiştir. Bunun yanında, 2013-2014 yıllarında farklı mevsimlerde elde edilen Landsat görüntüleri kullanılarak UHI etkisinin mevsimsel değişimleri belirlenmiştir.

Çalışmada başlıca beş aşama bulunmaktadır: (i) Ön-analizler, (ii) Kentsel Isı Adası etkisinin belirlenmesi, (iii) Tematik arazi kullanımı/örtüsü haritasının oluşturulması, (iv) DMSP_OLS Gece Işıkları, NDVI ve ASTER SYM Verilerinden Yararlanılarak Kent ve Bitki Alanların Çıkarımı ve (v) Doğruluk analizleri. Ön analizler aşamasında, öncelikle Landsat görüntülerinin çok bantlı görüntüleri, pankromatik görüntü kullanılarak keskinleştirilmiş ve 15m mekânsal çözünürlüklü çok bantlı görüntüler elde edilmiştir. Daha sonra, görüntünün diğer yardımcı verilerle düzgün bir şekilde çakıştırılabilmesi ve değişim analizlerinin sağlıklı yapılabilmesi amacıyla keskinleştirilmiş görüntüler üzerinde geometrik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Landsat uydu görüntülerinin geometrik düzeltmeleri yapılırken mevcut bulunan 1:100000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Kentsel Isı Adası etkisinin belirlenmesi amacıyla; Landsat görüntülerinin sahip olduğu termal bantların (Landsat 7 ETM+ için 6.bant, Landsat 8 OLI/TIRS için yalnızca 10. bant) DN değerlerinden radyans değerleri elde edilmiş ve bu değerlerden parlaklık sıcaklıkları hesaplanmıştır. Daha sonra, Landsat uydularının kırmızı ve yakın kızılötesi bantları kullanılarak NDVI ve gerekli olan formüller kullanılarak (Sobrino vd 2004) emissivite görüntüsü oluşturulmuş ve Artis ve Carnahan (1982) yöntemiyle LST değerleri elde edilmiştir. Bu yöntemin kullanılmasının temel sebebi görüntünün alındığı andaki atmosfer parametrelerine ihtiyaç duyulmadan sadece emissivite değerleri kullanılarak LST değerinin hesaplanmasına olanak sağlamasıdır. Bir sonraki aşamada, Landsat uydu görüntüleri ve ek bantlar kullanılarak veri setleri oluşturulmuş makine öğrenme algoritmalarından Rastgele Orman (RF) sınıflandırma tekniği kullanılarak arazi kullanımı/örtüsü tematik haritaları elde edilmiştir. Veri setleri keskinleştirilmiş çok bantlı görüntülerin yanında ASTER SYM, DMSP_OLS gece ışıkları verisi ve NDVI görüntülerini içermektedir. Bu çalışmada, yardımcı veriler sınıflandırma doğruluğuna olumlu yönde katkısı olacağı düşüncesiyle ek bant olarak kullanılmıştır. RF sınıflandırıcısının, En Büyük Olasılık (Maximum Likelihood) sınıflandırıcısı gibi geleneksel tekniklere göre daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. Diğer taraftan RF sınıflandırması ile, son zamanlarda oldukça popüler olan makine öğrenme algoritmalarından Destek Vektör Makineleri (SVM) sınıflandırıcısına benzer doğruluklar elde edilebilmektedir (Akar ve Güngör 2012, Pal 2005). Bunun yanında RF sınıflandırması görece olarak SVM'den daha hızlı sonuç vermektedir (Koc-San 2013a). Bu sebeple, bu çalışmada RF sınıflandırması tercih edilmiştir. Sınıflandırma sonuçları doğruluk analizleri yapılarak değerlendirilmiş ve sonraki işlemlerde her görüntünün en yüksek doğruluğa sahip veri seti kullanılan sınıflandırma sonucu dikkate alınmıştır. Öte yandan, elde edilen LST değerlerinin doğruluk analizleri, MODIS verileri ve Meteoroloji İstasyon verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise LST değerleri ile arazi kullanımı/örtüsü sınıfları arasındaki ilişki analiz edilmiş ve farklı yıl ve mevsimlerdeki UHI etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan işlemlerin iş-akış şeması Şekil 3.14'de görülmektedir.



Şekil 3.14. Çalışmanın iş - akış şeması

3.3.1. Ön analizler

Kullanılan veriler üzerinde, çalışmaya katkı sağlayacak ön analizler uygulanmıştır. Landsat görüntülerinin çok bantlı görüntüleri 30 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Ancak, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri pankromatik bant içermektedirler ve bu bantlar yardımıyla, çok bantlı görüntüler keskinleştirme işlemine tabi tutularak 15 m mekânsal çözünürlüklü keskinleştirilmiş görüntüler elde edilebilmektedir. Sınıflandırma işleminde mekânsal çözünürlük önemli olduğundan, bu işlemde kullanılacak olan çok renkli bantların mekânsal çözünürlüklerinin iyileştirilmesi için keskinleştirme işlemi uygulanmıştır. Böylelikle mekânsal çözünürlüğü yüksek pankromatik bant (B8) ile çok bantlı görüntünün renk bilgisi birleştirilerek mekânsal çözünürlüğü yüksek renkli görüntüler oluşturulmuştur. Bu işlem için görüntü işleme programlarından olan PCI Geomatica programının PANSHARP2 algoritması kullanılmıştır (Zhang 2002a, 2002b). Böylelikle her iki Landsat 30 metre mekânsal çözünürlüklü çok bantlı görüntüleri, 15 metre mekânsal çözünürlüğe keskinleştirilmiş görüntülere dönüştürülmüştür. Şekil 3.15'de orijinal görüntü ile keskinleştirilmiş görüntünün farkı Antalya ilinin bir kısmında gösterilmiştir. Görüldüğü gibi keskinleştirme işlemi sonrası görüntüde mekânsal çözünürlük yükseldiği için orijinal görüntüde (Şekil 3.15.a) ayırt edilmesi zor olan nesnelere keskinleştirilmiş görüntüde daha iyi ayırt edilebilmektedir (Şekil 3.15.b).

Landsat uydu görüntüleri UTM (Universal Transverse Mercator) koordinat sistemindedir. Ancak, bu çalışmada 2001, 2013 ve 2014 yıllarına ait farklı görüntüler ve farklı kaynaklardan gelen yardımcı veriler kullanılacağından verilerin geometrik düzeltilmesi yapılmıştır (Şekil 3.16). Bu işlem sonunda amaç, doğruluğu olması gereken seviyeye getirmektir. Bunun için,

➤ İlk olarak Landsat 8 OLI/TIRS görüntüsü PCI Geomatica yazılımının OrthoEngine modülü kullanılarak geometrik doğrulama gerçekleştirilmiştir. Bu doğrulama işlemi sırasında 1:100000 ölçekli topografik haritalar referans veri olarak kullanılmıştır. Bu işlem için hem uydu görüntüsünde ve hem de topografik haritada ayırt edilebilen belirgin alanlardan 10 adet Yer Kontrol Noktası (Ground Control Points-GCP) toplanmıştır. İkinci derece polinomial afin (affine) dönüşümü kullanılarak geometrik düzeltme yapılmış ve karesel ortalama hata (Root Mean Square Error - RMSE) değeri 0,5 pikselden daha küçük bulunmuştur.

➤ Daha sonra, Landsat 7 görüntüleri ve çalışmada kullanılan diğer görüntüler, referans veri olarak geometrik doğruluğu yapılan Landsat 8 görüntüleri kullanılarak bu kez görüntüden görüntüye geometrik doğrulama (image to image registration) işlemi uygulanmıştır. Bu görüntüler için de RMSE değerleri yarım pikselin altında elde edilmiştir.

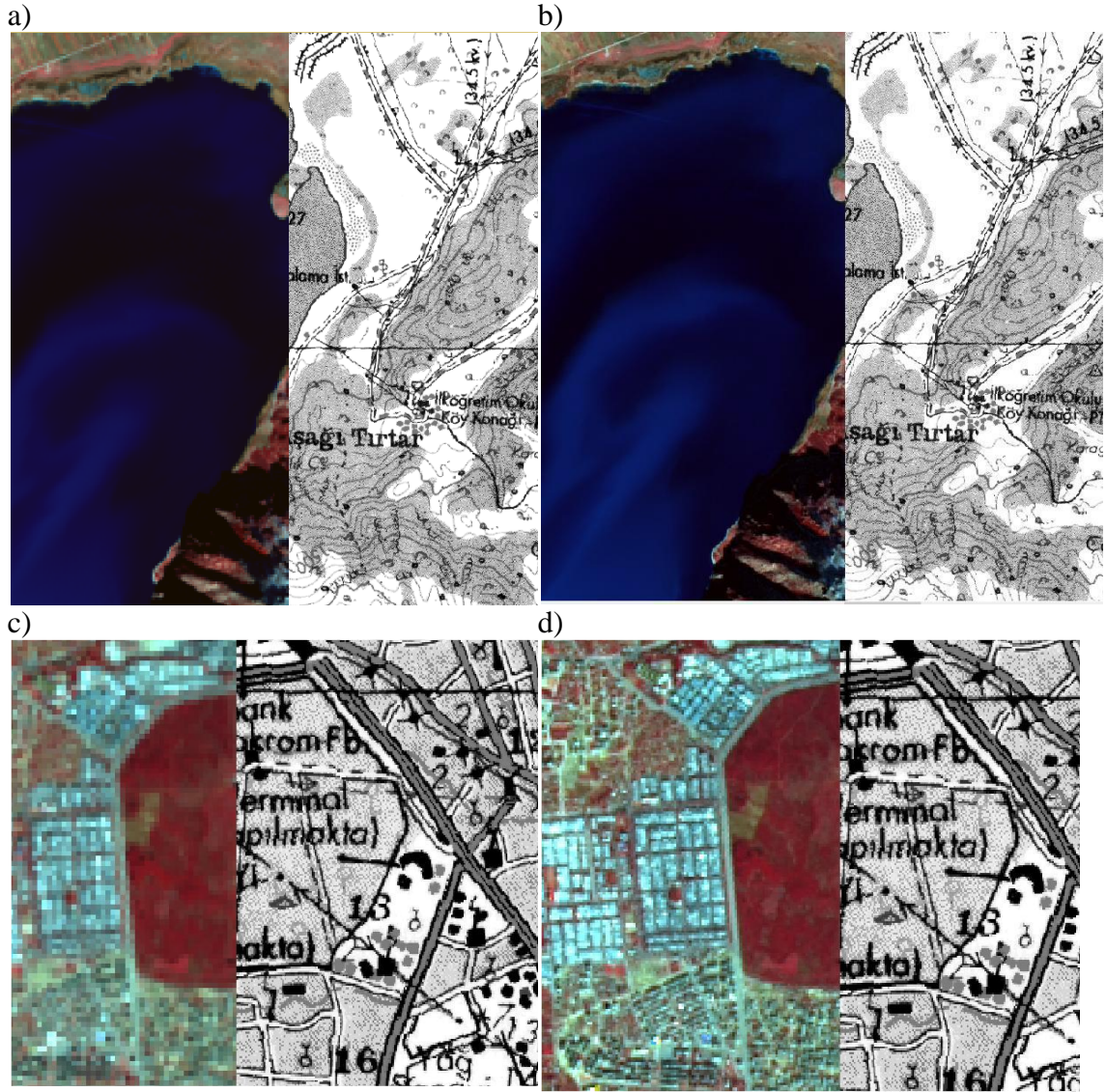
a)



b)



Şekil 3.15.a) Keskinleştirme işlemi öncesi 30 m mekânsal çözünürlüklü Landsat 8 OLI görüntüsü, b) Keskinleştirilmiş, 15 m mekânsal çözünürlüklü Landsat 8 OLI görüntüsü



Şekil 3.16 Geometrik düzeltme öncesi (a ve c) ve sonrası (b ve d) Landsat görüntülerinin topografik haritayla karşılaştırılması

3.3.2. Kentsel Isı Adası (UHI) etkisi

Küresel ortalama yüzey sıcaklığı 19. yüzyıl sonlarından beri artmakta ve bundan dolayı küresel ısınma gün geçtikçe çok daha etkili olmaktadır. Günümüzde insan popülasyonunun %50'sinden fazlası kentlerde yaşamaktadır ve kentleşme küresel ısınmayı tetikleyen en önemli etkilere biridir (Chen vd 2006). Kentleşme ile şehirler giderek büyümekte ve kentlerde bina yapılacak her alan değerlendirilmeye çalışılmakta, bunun sonucu olarak da kent içinde ve çevresindeki doğal yüzeyler tahrip edilmekte ya da tamamen geçirimsiz, yapay yüzeylere dönüştürülmektedir. Kentleri oluşturan binalar, sanayi, yollar gibi geçirimsiz ve insan yapımı yüzeyler yeşil bitkiler gibi güneş ışığını yansıtırlar. Bu nesnelere kara cisim gibi davranarak gün boyunca güneş ışığını soğurur ve ısırlar, sonra da kendi sıcaklıklarına uygun dalga boyunda ışımaya yaparlar. Bu durum kentlerin etraflarındaki kırsal alanlara göre daha çok ısınmalarına neden olur. Kentsel alanların etraflarındaki kırsal alanlardan daha sıcak olmasına neden olan bu olay UHI olarak tarif edilmiştir (Oke 1982, Voogt ve Oke 2003).

UHI etkisi çalışılan güncel konular arasındadır. Bunun en büyük sebeplerinden biri hızla artan dünya nüfusuyla birlikte kentleşmenin hızlanması ve bunun olumsuz etkilerinin günden güne daha fazla hissedilmesidir. Düşük buharlaşma-terleme oranı gündüz sıcaklığının artmasında en temel faktördür (Effat ve Hassan 2014). Hızlı kentleşme beraberinde çarpık kentleşme, ulaşım problemleri, altyapı yetersizliği gibi birçok kentsel sorunla birlikte toplumsal sorunları da getirmiştir. Özellikle doğal ortamların azalmasıyla kentlerdeki hava kalitesinin düşmesi ve tabii ki UHI etkisiyle kent havasının normalden daha bunaltıcı ve sıcak olması beraberinde sağlık problemlerini de getirmektedir. Her yıl milyonlarca kentli insan kentlerdeki hava şartlarından olumsuz yönde etkilenmektedir. Tüm bu ve bunun gibi nedenlerden dolayı UHI etkisini belirlemek oldukça önemlidir.

Çalışma alanında 3 şehir (Antalya, Burdur, Isparta) bulunmaktadır. Antalya Türkiye'nin 5. büyük şehri olup özellikle yaz aylarında turistlerden dolayı nüfusu oldukça artan, dolayısıyla kentleşmenin oldukça hızlı olduğu bir kentimizdir. Bu çalışmada Antalya ili merkez ilçelerini (Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı ve Muratpaşa) kapsayan bölgede, Burdur ve Isparta illeri merkez ilçelerinde UHI etkisi ve Arazi kullanımı /örtüsü incelenmiş ve dahası bunların 2001'den 2014'e kadar geçen 13 yıldaki değişimleri tespit edilmiştir. Ayrıca, arazi kullanımı/örtüsü ile UHI etkisi arasındaki ilişki incelenmiştir.

3.3.2.1. Arazi yüzey sıcaklıklarının (LST) belirlenmesi

Her iki Landsat görüntüsü için de arazi yüzey sıcaklığı hesaplanacaktır. Arazi yüzey sıcaklığını hesaplamak için kullanılacak farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden bazıları sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu yöntemlere örnek olarak;

➤ Uydu görüntüsünde tek bir tane termal bant olduğu zaman kullanılabilen algoritmalar (Single Channel Algorithm ya da Mono Window Algorithm) (Jimenez-Munoz ve Sobrino 2003, Qin vd 2001, Sekertekin vd 2016, Wang vd 2015),

- Uydu görüntüsünde iki termal bant bulunduğunda kullanılacak algoritmalar (Split Window Algorithm ya da Multi Channel Algorithm) (Jin vd 2015, Rozenstein vd 2014, Yu vd 2014),
- Yada farklı açılardan alınmış tek bir termal görüntü için kullanılacak algoritma (Multi Angel Algorithm),
- Son olarak da Radyatif Transfer Denklemleri Tabanlı Yöntem (Radiative Transfer Equation Based Method) (Yu vd 2014) ve Artis ve Carnahan (1982) önerdiği yöntem gösterilebilir. Bu iki yöntemde tek termal bant olduğu zaman kullanılacak yöntemlerdir.

Landsat 7 uydusu tek termal banda sahiptir. Ancak, Landsat 8 OLI/TIRS uydusu Bant10 ve Bant11 olmak üzere iki termal banda sahiptir ve bu açıdan bakıldığında yukarıda bahsettiğimiz ve iki bant için kullanılabilen algoritmalar daha uygun görünmektedir. Ancak, yine USGS'in resmi sitesinde (USGS 2013), Landsat 8 uydusunun 11. bandında belirsizlikler olduğu ve bu durumdan dolayı tek termal bandının kullanılmasının uygun olduğu belirtilmiştir. Wang vd (2015) yaptıkları çalışmada bu konuya değinmiş ve arazi yüzey sıcaklığını belirlemek için yaptıkları çalışmada Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun sadece tek termal bandını, Bant 10'u kullanmışlardır. Yu vd (2014) Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun termal bantlarından Split window, Radiative transfer ve Single channel metotlarını kullanarak, LST çıkarımı yapmışlardır ve bu 3 metotta da Landsat 8'in 11. bandından hesaplanan LST değerlerinin onuncu bandından hesaplanan değerlere göre daha yüksek hataya sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Bunlardan yola çıkarak çalışmada Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun yalnızca tek termal bandı ve Chen vd (2006) ve Feng vd (2014) makalelerinde ve USGS'in resmi sitesinde (USGS 2015b) belirtilen formüller kullanılarak parlaklık sıcaklığı hesaplanmıştır. Daha sonra Artis ve Carnahan (1982) önerdiği yöntem kullanılarak parlaklık sıcaklıkları arazi yüzey sıcaklıklarına dönüştürülmüştür. Bu yöntemin seçilmesinin nedeni diğer yöntemlerde görüntünün alındığı andaki nem, atmosferik geçirgenlik ve atmosfer sıcaklığı gibi parametrelere ihtiyaç duyulurken, bu yöntemde sadece emissivite hesaplamasının LST değerlerini elde etmede yeterli olmasıdır.

Bu dönüşüm aşağıda belirtilen işlem adımları kullanılarak yapılmıştır.

- Öncelikle, görüntülerin piksel değerleri (DN) her bir algılayıcıda farklı radyans değerlerinin temsil etmektedir. Bu aşamada değerlerin anlamlı hale gelebilmesi için radyometrik düzeltme işlemi yapılarak DN değerleri radyans değerlerine dönüştürülmüştür (3.1 ve 3.2).
- Daha sonra, elde edilen spektral radyans değerleri parlaklık sıcaklıklarına (T_B) dönüştürülmüştür (3.3.).
- Son olarak da parlaklık sıcaklıkları denklem 3.4. kullanılarak arazi yüzey sıcaklıkları (T_s) elde edilmiştir.

➤ Bulanık yüzey sıcaklıkları Kelvin birimindedir. Bu değerler denklem 3.5 kullanılarak °C (derece) birimine çevrilmiştir (Şekil 3.17).

Bu işlemler detaylı formülleri verilerek anlatılmıştır.

1. DN değerleri piksellerin sahip oldukları sayısal değerlerdir. Arazi yüzey sıcaklığını hesaplayabilmek için öncelikle, sensörün duyarlılık aralığını yani minimum ve maksimum radyans değerlerini de dikkate alarak, DN değerleri spektral radyans değerlerine çevrilmiştir (Chen vd 2006, Feng vd 2014, USGS 2015b).

$$L_b = L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min}) * DN_6/255 \quad (3.1)$$

$$L_b = L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min}) * DN_6/65535 \quad (3.2)$$

Burada;

$$L_b = \text{Uydu sensörleri ile algılan termal radyasyon enerjisi (W/(m² * sr * μm))}$$

L_{\min} ve L_{\max} minimum ve maksimum termal radyasyon enerjisini temsil etmektedirler. Bu değerler görüntülerin Meta veri dosyasında mevcuttur.

Ayrıca burada Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS için aynı formül, ancak farklı sabitler kullanılmıştır.

2. DN değerleri spektral radyans değerlerine dönüştürüldükten sonraki aşama da ise Formül 2.3 kullanılarak ve sensörlerin termal dönüşüm katsayıları yardımıyla parlaklık sıcaklığı hesaplanmıştır. Bu işlemde kullanılan K_1 ve K_2 katsayıları Landsat uydu görüntülerinin Meta veri dosyalarında mevcuttur.

$$T_B = K_2 / (\ln (K_1/L_b + 1)) \quad (3.3)$$

Burada;

T_B : Parlaklık sıcaklığı

K_1 : Bant 10 kalibrasyon sabiti

K_2 : Bant 10 kalibrasyon sabiti

3. Elde edilen parlaklık sıcaklığı değerleri ve Formül 4 kullanılarak Arazi Yüzey Sıcaklığı hesaplanmıştır (Artis ve Carnahan 1982).

Bu işlem için gerekli olan emissivite değerlerinin nasıl hesaplandığı bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

$$T_S = T_B / (1 + (\lambda * T_B / \alpha) * \ln \epsilon) \quad (3.4)$$

Burada;

T_s :Arazi yüzey sıcaklığı

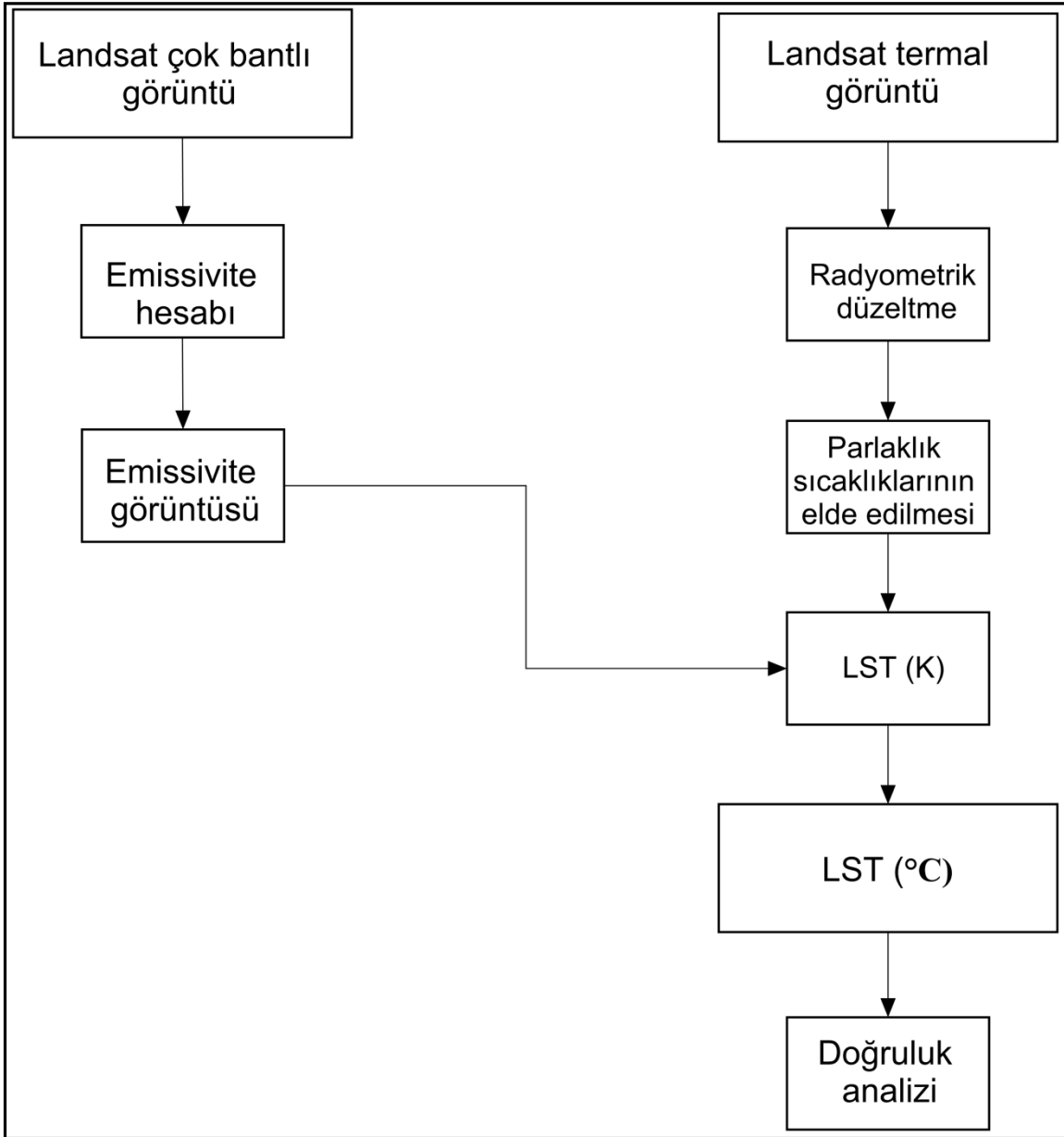
$\lambda = 10,895\mu\text{m}$

$\alpha = h.c.K^{-1}$ (14388,15 μmK)

ε : Arazi yüzey emissivite değeri (Sobrino vd 2004, Sobrino vd 2008, Sobrino ve Raissouni 2000).

4. Hesaplanan sıcaklıklar Kelvin derece birimindedir. Günlük hayatta Santigrat derece kullanıldığı ve sonuçların da daha kolay yorumlanabilmesi için sıcaklıklar denklem 3.5. yardımıyla Santigrat dereceye çevrilmiştir.

$$T (C^\circ) = T_s - 273,15 \quad (3.5)$$



Şekil 3.17. LST değerlerinin elde edilme yolunu gösteren akış şeması

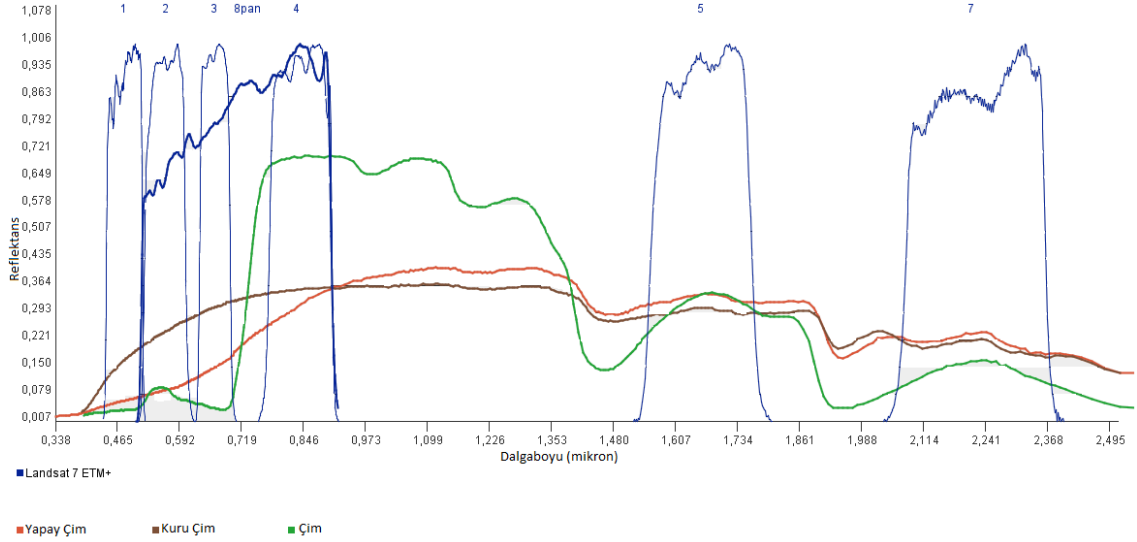
3.3.3. Emissivite görüntüsünün oluşturulması

3.3.3.1. Normalize fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) görüntüsünün oluşturulması

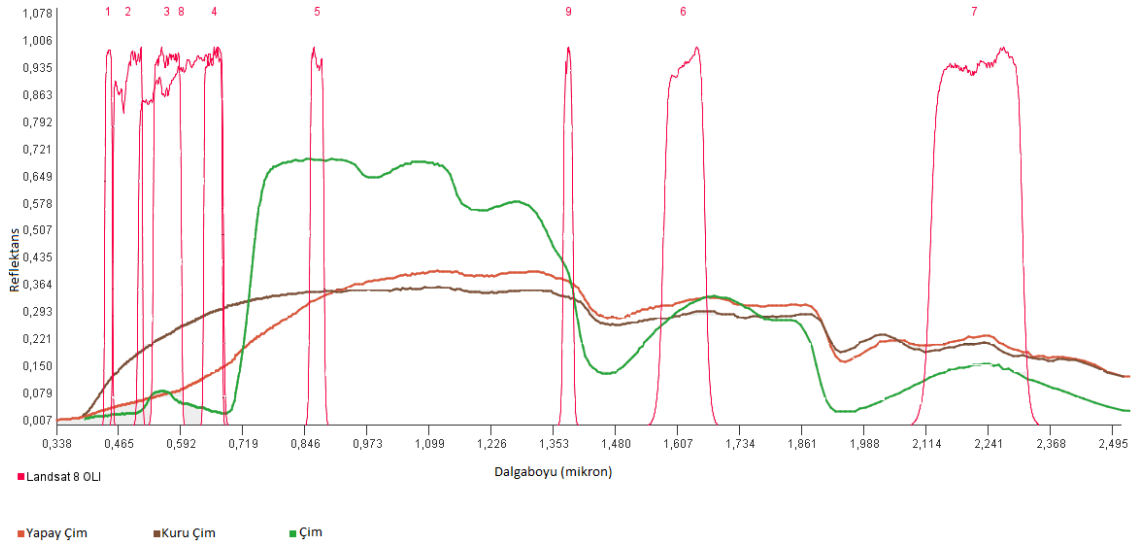
Uydu görüntülerinde kentsel alanlarla kırsal alanı ayırmak için kullanılan yöntemlerden biri de görüntüdeki bitki alanlarını tespit etmektir. Bu tespiti yapmak için de en çok kullanılan yöntemlerden biri NDVI kullanmaktır. NDVI görüntüdeki bitki yoğunluğunu tespit etmek için kullanılan bir indekstir. NDVI değerlerinin kentsel ve kırsal alanlarda farklı olması iki ortam arasındaki yüzey özelliklerinden (buharlaştırma ve

ısı depolama kapasitesi) kaynaklanmaktadır ve NDVI kentsel ve kırsal alanlardaki minimum sıcaklık farklılıklarını gayet iyi açıklamaktadır (Gallo vd 1995).

Yeşil bitkiler sahip oldukları klorofil pigmentlerini kullanarak fotosentez yaparlar. Bunun için güneşten gelen radyasyonun kırmızı bölgesindeki ışınımı kullanırlar. Yani kırmızı bölgedeki ışınımın çok büyük bir kısmını soğururlar. Ancak, yakın kızılötedeki ışınımın neredeyse hepsini yansıtırlar. Yeşil bitkilerin tayfına bakıldığında kırmızı bölgeden yakinkızılöte bölgeye geçişte bir sıçrama görülmektedir (Şekil 3.18, Şekil 3.19).



Şekil.3.18. Landsat 7 ETM+ için oluşturulmuş çim, kuru çim ve yapay çimin spektral yansıma grafiği



Şekil 3.19. Landsat 8 OLI/TIRS için oluşturulmuş Çim, kuru çim ve yapay çimin spektral yansıma grafiği

Yeşil bitkilerin bu spektral özellikleri kullanılarak NDVI hesaplanabilir. NDVI görüntüsü görüntülerin yakın kızıl ötesi ve kırmızı bantları kullanılarak aşağıdaki

formülle (3.6) hesaplanır ve elde edilen görüntüde piksel değerleri -1 ile 1 arasında değişir. Yeşil bitki popülasyonunun çok yoğun olduğu bölgeler 1'e yakınken, yoğunluğun azaldığı yüzeylerde değerler düşmektedir ve hiç bitki bulundurmeyen pikseller siyah görünmektedir (Şekil 3.20, Şekil 3.21).

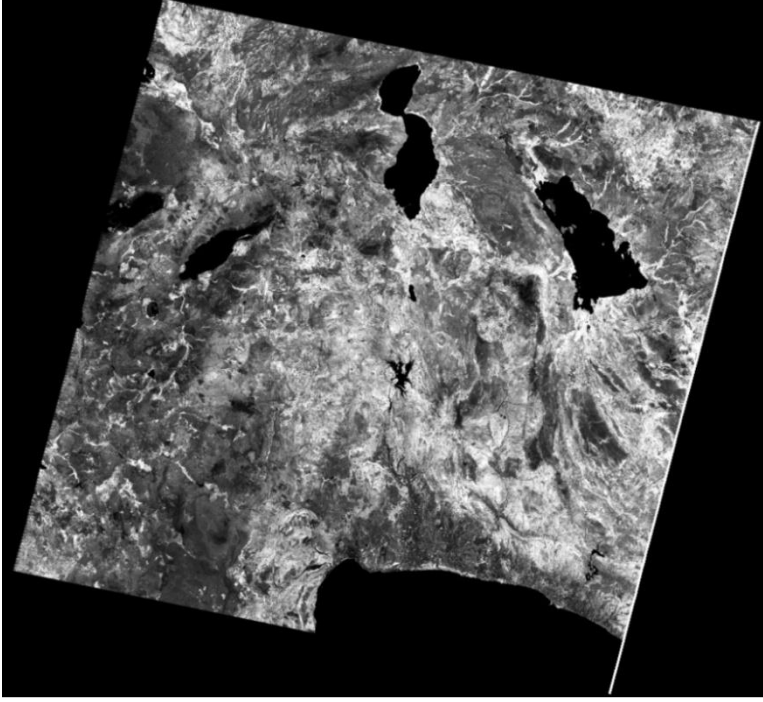
$$NDVI = (YKÖ-K) / (YKÖ+K) \quad (3.6)$$

YKÖ = Yakın kızılötesi bant

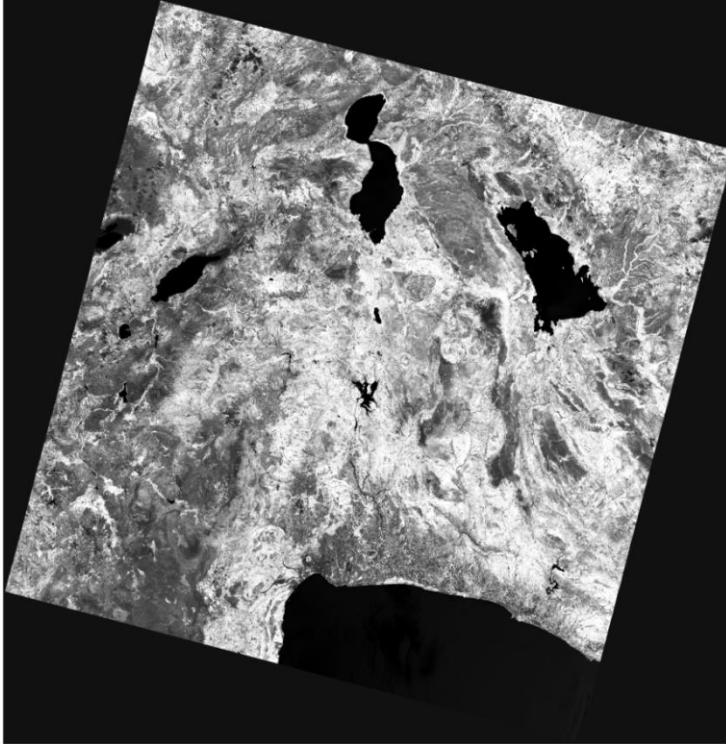
K = Kırmızı bant

NDVI verisi bitki yoğunluğu tespitinden başka su yüzeylerinin tespiti içinde kullanılmaktadır. Su ise güneş ışınımını çok fazla yansıtmamaktadır ve suyun yansıtma değerleri tayfin kırmızı ve yakınkızılötesi bölgelerinde birbirine çok yakındır. Bundan dolayı su yüzeyleri yaklaşık olarak sıfır ve altında değer almakla beraber, bu değer suyun mineral içeriğine, kirlilik durumuna göre farklılık göstermektedir. Temiz su gelen ışınımı neredeyse hiç yansıtmazken, kirli su temiz suya oranla daha fazla yansıtır. Ayrıca, suyun dalgalı mı yoksa durgun mu olduğu da fark etmektedir. Dalgalı su gelen ışınımı daha fazla yansıtır ve durgun suya göre daha yüksek DN değerleri verir. Çalışmada kullanılan görüntülerde de hem deniz hem de göller bulunmaktadır. Oluşturulan NDVI görüntüsüne bakıldığında deniz ve göllerin farklı dijital yansıma değerleri verildiği görülmektedir.

Ek olarak NDVI değerlerinin belirli yüzeyler için belirli aralıklarından bahsetmek mümkündür. Görüntüde bir pikselin içerdiği yüzey neredeyse hiç bitki örtüsü içermiyorsa NDVI değeri 0,2'den küçük olmaktadır. Yüzey düşük yoğunluklu bitki örtüsü dokusuyla kaplı olduğu durumda ise NDVI değeri 0,2 ile 0,5 değeri arasında değişmekte iken yüksek yoğunluklu bitki örtüsüyle kaplı olduğu durumda da NDVI değeri 0,5 ile 1 değeri arasında değişmektedir (Kuşçu-Şimşek ve Şengezer 2012). NDVI görüntüsü sulak alanlar, yapılaşma alanları ve bitki örtüsü ile kaplı alanların birbirinden ayırmada kullanılabilir.



Şekil 3.20. 2001 yılına ait Landsat 7 ETM+ görüntüsü kullanılarak oluşturulmuş NDVI görüntüsü



Şekil 3.21. 2014 yılına ait Landsat 8 OLI görüntüsü kullanılarak oluşturulmuş NDVI görüntüsü

3.3.3.2. Emissivite görüntüsünün oluşturulması

Güneşten gelen ışınlar cisimlerle temas ettiğinde olabilecek üç durum vardır. Cisimler üzerine düşen ışınımı yansıtabilir, iletebilir ya da soğurabilirler. Cisimler bu enerjiyi soğurdukça ısınır ve bir süre sonra denge sıcaklığına ulaşırlar. Denge sıcaklığına ulaşan cisim özelliklerine ve sahip olduğu sıcaklık değerine bağlı olarak ışıma yayar. Cismin bu ışıma kabiliyetine Emissivite denir ve değeri 0 ile 1 arasında değişebilir. Her cismin kendine özgü emissivite değeri vardır.

NDVI verisi emissivite hesaplamak için kullanılabilir ve bu yolla emissivite hesabı yapılan yöntem NDVI^{THM} metot olarak adlandırılır (Sobrino vd 2008). Bu çalışmada ise NDVI^{THM} yöntemini sadeleştirilmiş hali olan SNDVI^{THM} (Basitleştirilmiş NDVI Thresholds Method) kullanılmıştır (Sobrino vd 2008). Bu yöntemin avantajı araştırmacıların yerel arazi bilgilerine ve türetilmiş arazi kullanımı/örtüsü ile ilgili detaylı bilgiye ihtiyaçlarının olmamasıdır (Hu ve Jia 2010). Bu çalışmadaki Landsat görüntülerinde Emissivite değeri yüzeyin yapısına bağlı olarak 0,96 ile 0,99 arasında değişmektedir (Şekil 3.22, Şekil 3.23).

SDNVI^{THM} (3.7) ile Landsat görüntülerinin emissivite değerleri aşağıdaki adımlar uygulanarak hesaplanmıştır (Sobrino vd 2008).

$$\varepsilon_{\lambda} = \begin{cases} \varepsilon_{s\lambda} & \text{NDVI} < \text{NDVI}_s \\ \varepsilon_{s\lambda} + (\varepsilon_{v\lambda} - \varepsilon_{s\lambda}) * P_v & \text{NDVI}_s \leq \text{NDVI} \leq \text{NDVI}_v \\ \varepsilon_{v\lambda} & \text{NDVI} > \text{NDVI}_v \end{cases} \quad (3.7)$$

Burada;

ε_{λ} : emissivite

$\varepsilon_{s\lambda}$: Toprak yüzeylerinin emissivite değeri

$\varepsilon_{v\lambda}$: Bitki yüzeylerinin emissivite değeri

NDVI_s : Toprak yüzeylerinin NDVI değeri

NDVI_v : Bitki örtüsüyle kaplı yüzeylerin NDVI değerlerini temsil etmektedir.

NDVI_s ve NDVI_v değerleri NDVI görüntüsünün histogramından bulunabilir. Ancak küresel koşullarda, NDVI_s=0,2 ve NDVI_v=0,5 olarak da kabul edilebilirler (Sobrino vd 2004, Sobrino ve Raissouni 2000). Burada NDVI'nin 0,2 olduğu durumda yüzey yoğun olarak kuru topraktan oluşmaktayken, 0,5 olduğunda yüzey yoğun bitki örtüsüyle kaplıdır.

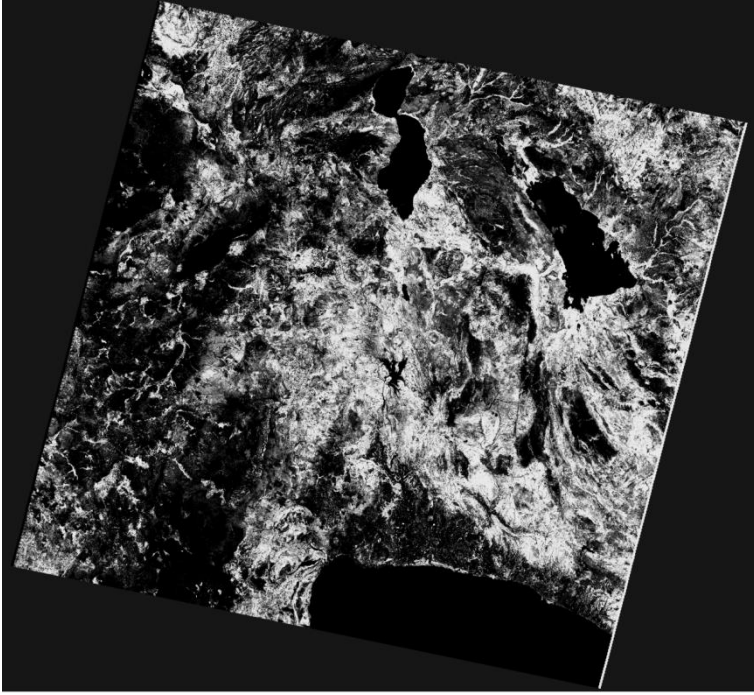
Formülde yer alan P_v değeri de NDVI'dan denklem 3.8 ile elde edilmiştir (Carlson ve Ripley 1997).

$$P_v = (NDVI - NDVI_s / NDVI_v - NDVI_s)^2 \quad (3.8)$$

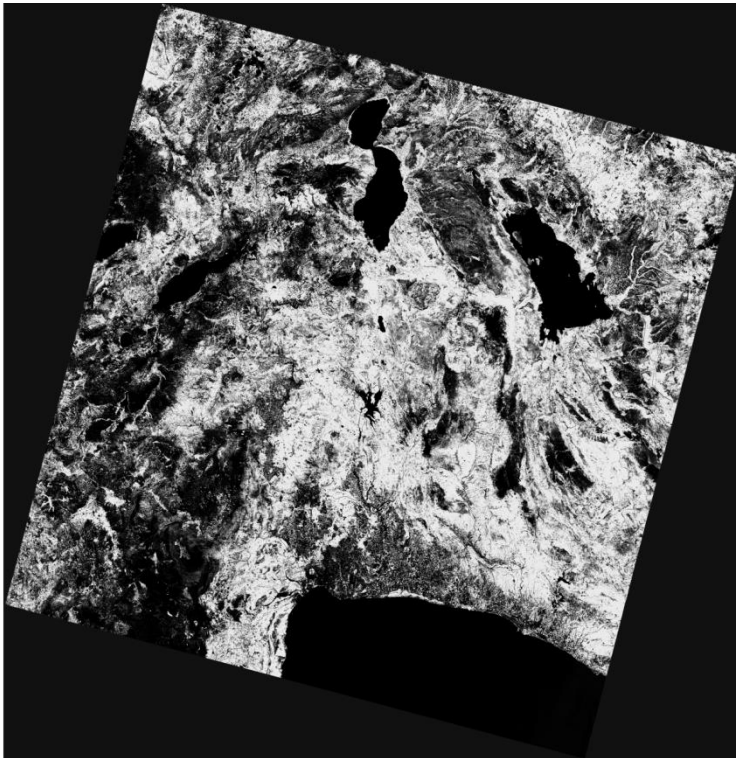
Ayrıca, formülde kullanılacak olan $\epsilon_{v\lambda}$ değeri 0,99 iken $\epsilon_{s\lambda}$ denklem 3.9 ile hesaplanmıştır.

$$\epsilon_{s\lambda} = 0,980 - 0,042 * K \quad (3.9)$$

K: Kırmızı bandın piksel değerleri



Şekil 3.22. 2001 Landsat 7 ETM+ görüntülerinden oluşturulan emissivite görüntüsü



Şekil 3.23. 2014 tarihli Landsat 8 OLI görüntülerinden oluşturulan emissivite görüntüsü

3.3.4. Tematik arazi kullanımı /örtüsü haritasının oluşturulması

Uydu görüntüleri kullanılarak arazi kullanımı/örtüsü haritası oluşturulması önemli bir konudur ve uzaktan algılamada çok çalışılan konulardan biridir. Ancak, hala arazi kullanımı/örtüsü sınıflarını doğru bir şekilde belirlemek bir sorundur.

Arazi kullanımı/örtüsü sınıflarını tespit etmek amacıyla çeşitli sınıflandırma teknikleri kullanılabilir. Bunlar kontrollü ve kontrolsüz, parametrik - parametrik olmayan, piksel tabanlı - obje tabanlı teknikler olarak gruplandırılabilir. Makine öğrenme algoritmaları kontrollü ve parametrik olmayan sınıflandırma tekniklerindedir. Bu algoritmaların uzaktan algılama uygulamalarında kullanılması görece olarak yenidir ve geleneksel sınıflandırma tekniklerine göre daha yüksek doğruluklar verdiği bilinmektedir. Bunların içinde Destek Vektör Makineleri ve öğrenme teknikleri (torbalama, önyükleme, Rastgele Orman Algoritması), en çok bilinen makine öğrenme algoritmalarıdır.

Bu çalışmada Rastgele Orman sınıflandırıcısı kullanılarak bir önceki bölümde belirtilen arazi yüzey sıcaklıkları ile karşılaştırmak amacı ile arazi kullanımı/örtüsü sınıfları elde edilmiştir. Çalışmada görüntü sınıflandırmasının aşamaları: (i) veri setlerinin oluşturulması ve ek bantların hazırlanması, (ii) eğitim ve test örneklerinin toplanması, (iii) görüntü sınıflandırması şeklinde açıklanmıştır.

3.3.4.1. Veri setlerinin oluşturulması ve ek bantların hazırlanması

Çalışmanın görüntü sınıflandırması aşamasında 2001 tarihli Landsat 7 ETM+ ve 2014 tarihli Landsat 8 OLI keskinleştirilmiş uydu görüntülerine ek olarak ASTER SYM, DMSP_OLS gece ışıkları verisi ve NDVI görüntüleri yardımcı veriler olarak kullanılmıştır. Tüm bu veriler kullanılarak Landsat 7ETM+ görüntüsü için Çizelge 3.5'te ve Landsat 8 OLI görüntüsü için Çizelge 3.6'da gösterilen veri setleri oluşturulmuş sınıflandırma işlemi tüm bu veri setlerine uygulanmıştır. Bu çalışmada, NDVI görüntüsü yeşil alan ve su yüzeylerinin daha iyi ayırt edilmesini, DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü ise kentsel alanların daha iyi ayırt edilmesini sağlayacağı düşünülerek ek bant olarak kullanılmıştır. ASTER SYM verisi ise yükseklik verisinin farklı sınıfları ayırmada sınıflandırma doğruluğuna olumlu yönde katkısı olacağı düşüncesiyle yardımcı veri olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.5. Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünün sınıflandırma işlemi için hazırlanan ve kullanılacak temel ve yardımcı verileri içeren veri setleri

Veri Seti	İçerdiği bantlar
1	Keskinleştirilmiş bantlar (Bant: 1-5, 7)
2	Keskinleştirilmiş bantlar ve NDVI görüntüsü
3	Keskinleştirilmiş bantlar ve DMSP-OLS gece ışıkları görüntüsü
4	Keskinleştirilmiş bantlar ve ASTER Sayısal Yükseklik Modeli verisi
5	Tüm bantlar

Çizelge 3.6. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünün sınıflandırma işlemi için hazırlanan ve kullanılacak temel ve yardımcı verileri içeren veri setleri

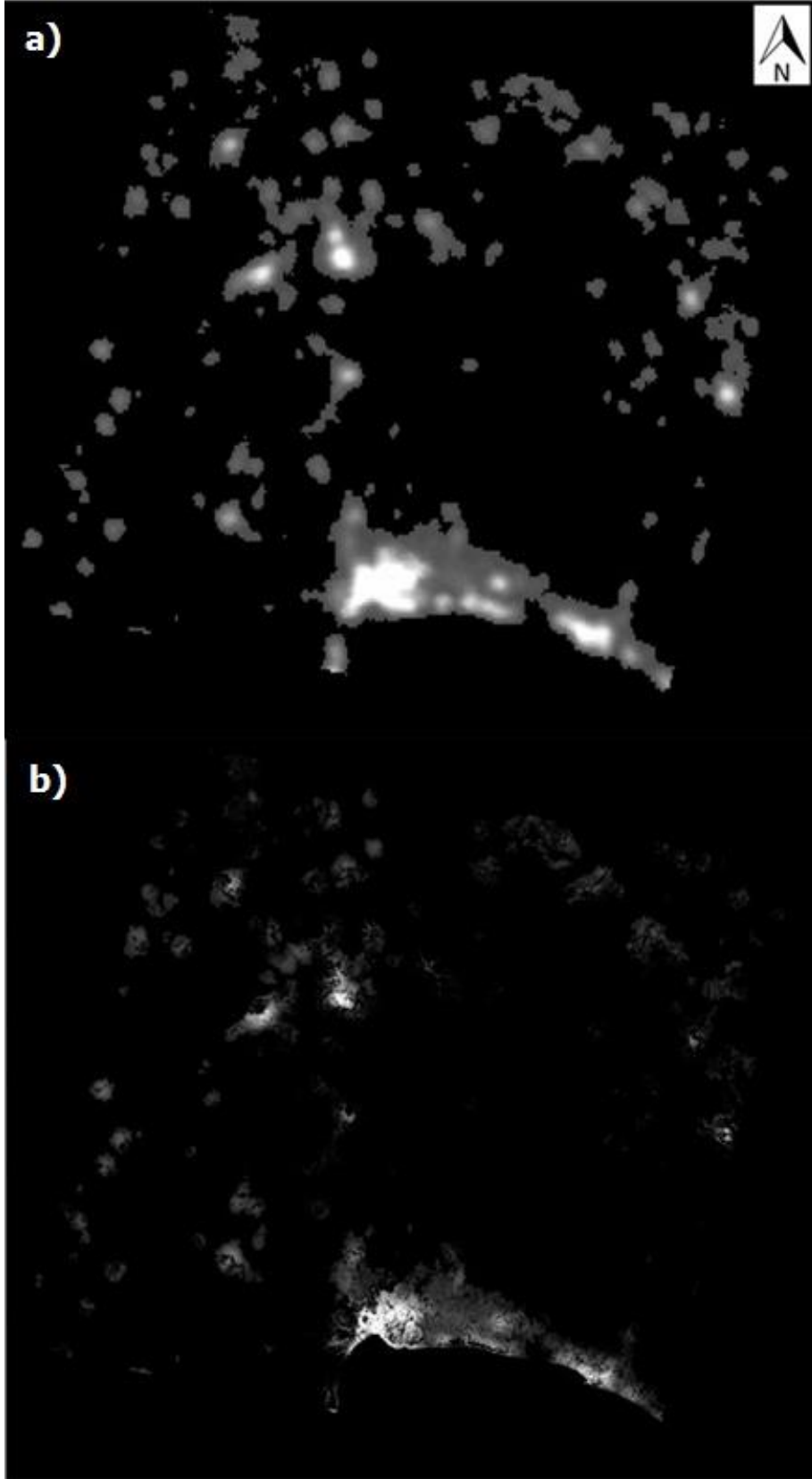
Veri Seti	İçerdiği bantlar
1	Keskinleştirilmiş bantlar (Bant: 2-7)
2	Keskinleştirilmiş bantlar (Bant: 1-7, 9)
3	Keskinleştirilmiş bantlar ve NDVI görüntüsü
4	Keskinleştirilmiş bantlar ve DMSP-OLS gece ışıkları görüntüsü
5	Keskinleştirilmiş bantlar ve ASTER Sayısal Yükseklik Modeli verisi
6	Tüm bantlar

Ek bantlardan NDVI görüntüsünün oluşturulması 3.4.2.1. Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) Oluşturulması bölümünde açıklanmıştır.

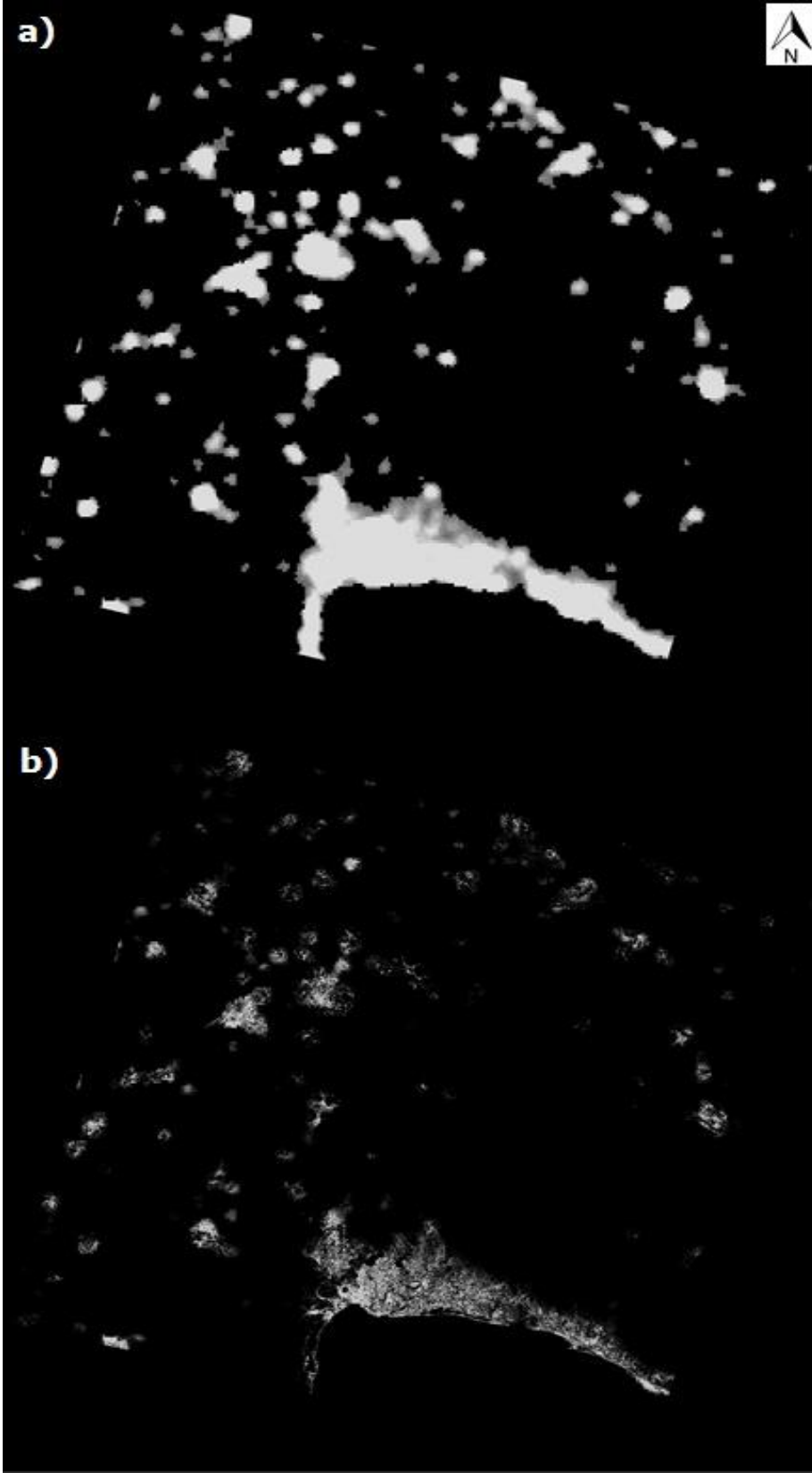
DMSP_OLS gece ışıkları görüntüleri daha öncede belirtildiği gibi kentsel alanların belirlenmesi için önemli bilgi kaynaklarıdır. Ancak, çözünürlüklerinin Landsat görüntülerine göre çok düşük olması sınıflandırma işlemi sırasında problem olabilmektedir. Öncelikle, orijinal DMSP_OLS gece ışıkları görüntüleri sınıflandırma işleminde ek bant olarak kullanılmış ve sınıflandırma doğruluğunu arttırdığı görülmüştür. Ancak, sonuçlar incelendiğinde DMSP-OLS gece ışıkları görüntülerinin çözünürlüklerinden kaynaklı problemler dikkat çekmektedir. Bunların en dikkat çekici olanı, DMSP_OLS gece ışıkları görüntülerinin çözünürlüğü çok düşük olduğu için kentsel alanların etrafında kalan yeşil alanların da kent olarak görülüyor olmasıdır. Bu nedenle, DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsünün iyileştirilmesi gerekmektedir.

Daha önce bahsedildiği gibi emissivite görüntüsü, NDVI görüntüsü gibi yeşil alanları ve su yüzeyleri ayırt edebilme imkânı sunmakla birlikte, piksellerin içerdikleri yüzey özelliklerine göre farklı değerler vermektedir. Bu çalışma için oluşturulan NDVI görüntülerinde tamamen su yüzeyleri içeren pikseller negatif değerler almaktayken, tamamen yeşil alandan oluşan yüzeyler de emissivite görüntülerinde 0,99 değerine atanmıştır. Kent alanını içeren pikseller de emissivite görüntülerinde 0,97 civarında değer almıştır. Ayrıca, emissivite görüntüsü Landsat görüntüleri ile birlikte incelendiğinde 0,98 değerinden büyük piksel değeri alan piksellerin kentsel alan içermediği tespit edilmiştir. Bunlar dikkate alınarak, NDVI görüntüsünde piksel değeri pozitif olan ve emissivite görüntüsünde ise piksel değeri 0,98'den küçük olan piksellerin değeri DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsündeki değerle aynı olacak, bu değerler dışındaki değerlere sahip olan piksellerin yeni değerleri 0 olacak şekilde yeni iyileştirilmiş DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü oluşturulmuştur. Şekil 3.24. ve Şekil 3.25'te sırasıyla 2001 ve 2013 yıllarına ait DMSP_OLS gece ışıkları görüntüleri ve iyileştirilmiş DMSP_OLS gece ışıkları görüntüleri görülmektedir.

Görüntüler incelendiğinde iyileştirme işleminden sonra yeşil alan bilgisi içeren kent etrafındaki piksellerin kent alanı içeren pikseller içinde yer almadığı görülmektedir. Oluşturulan görüntü sınıflandırma işleminde ek bant olarak işleme sokulduğunda, yeşil alan olan ama daha önce kent olarak görülen alanların bitki olarak sınıflandırılabilirdiği görülmüştür. Bunlardan yola çıkarak diyebiliriz ki DMSP_OLS gece ışıkları görüntüleri için yapılan iyileştirme işlemi amacı doğrultusunda işe yaramıştır.



Şekil 3.24. a) 2001 yılına ait orijinal DMSP_OLS görüntüsü, b) iyileştirilmiş DMSP_OLS görüntüsü



Şekil 3.25. a) 2013 yılına ait orijinal DMSP_OLS görüntüsü, b) iyileştirilmiş DMSP_OLS görüntüsü

3.3.4.2. Eğitim ve test örneklerinin toplanması

Sınıflandırma işleminde kullanılmak üzere eğitim ve test veri setleri oluşturmak için görüntüler incelenmiş, görüntülerdeki pikselleri en iyi temsil edebileceği ve sınıflandırma işlemi için uygun olduğu düşünülen 12 sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar 1:50000 ölçekli arazi kullanımı/örtüsü haritaları oluşturmaya yönelik Corine seviye 2 arazi örtüsü sınıfları değerlendirilerek belirlenmiştir.

Bu sınıflar;

1. Kentsel alan (Binalar, yollar, havaalanı vb. geçirimsiz yüzeyler),
2. Sanayi alanı (Sanayi binaları),
3. Sera,
4. Yeşil alan,
5. Sulu tarım,
6. Kuru tarım,
7. Taşlık-kayalık,
8. Boş alan,
9. Su (Deniz, göl, baraj ve su birikintileri),
10. Kar,
11. Gölge,
12. Bulutla örtülü yüzeyleri içeren piksellerden oluşmaktadır.

Bu çalışmada değişim analizi yapılacağı için arazi ve atmosfer koşullarının benzer olması dikkate alınarak birbirine yakın mevsim/ayda elde edilen görüntüler seçilmiş olmasına rağmen, görüntülerin bazı kısımlarında bulut ve gölge alanları bulunmaktadır. Buna ek olarak bazı bölgelerde sera alanları mevcutken bazı bölgelerde sınıflandırma işleminde dikkate alınacak ölçüde sera alanı mevcut değildir. Bu nedenle sınıflar arazi özellikleri dikkate alınarak oluşturulmuştur ve belirlenen 3 bölge ve farklı zamanlı Landsat görüntüleri tamamen aynı sınıfları içermemektedir (Çizelge, 3.7 ve 3.8).

Çizelge 3.7. Landsat 7 ETM+ görüntüsü (2001) için Antalya, Isparta, Burdur çalışma alanlarının içerdiği arazi kullanım sınıfları

Sınıf	ANTALYA	ISPARTA	BURDUR
Kent	✓	✓	✓
Sanayi	✓	✓	-
Sera	✓	-	-
Yeşil alan	✓	✓	✓
Sulu tarım	✓	✓	✓
Kuru tarım	✓	✓	✓
Taşlık-kayalık	✓	✓	✓
Boş alan	✓	✓	✓
Su	✓	✓	✓
Kar	✓	✓	✓
Bulut	✓	-	✓
Gölge	✓	-	✓

Çizelge 3.8. Landsat 8 OLI görüntüsü (2014) için Antalya, Isparta, Burdur çalışma alanlarının içerdiği arazi kullanım sınıfları

Sınıf	ANTALYA	ISPARTA	BURDUR
Kent	✓	✓	✓
Sanayi	✓	✓	-
Sera	✓	✓	-
Yeşil alan	✓	✓	✓
Sulu tarım	✓	✓	✓
Kuru tarım	✓	✓	✓
Taşlık-kayalık	✓	✓	✓
Boş alan	✓	✓	✓
Su	✓	✓	✓
Kar	✓	✓	✓
Bulut	-	-	✓
Gölge	-	-	✓

Sınıflandırma işleminde kullanılmak üzere her sınıf için görüntülerden eğitim ve test pikselleri farklı alanlardan ENVI 5.1 Görüntü Analizi ve İşleme Yazılımı kullanılarak toplanmıştır. Bu piksellerden rastgele örnekleme ile yine her sınıf için 300 eğitim pikseli ve 600 test pikseli seçilmiştir.

3.3.4.3. Görüntü sınıflandırması

Görüntü sınıflandırma, görüntü üzerinde belirli bir yansıma ve parlaklık değerine sahip piksellerin arazi örtüsü sınıflarından birine otomatik olarak atanması işlemidir (Lillesand ve Kiefer 2000). Görüntülerin sınıflandırılması işlemi için iki temel yöntemden bahsedilebilir. Bu yöntemler kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleridir. Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde temel olarak sınıflandırma işlemi için eğitim alanlarına gerek duyulmaz. Kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri pikseller hakkında bilgi edinilemediğinde kullanılır ve görüntünün piksel değerlerinin doğal gruplara yada kümeler ayrılması temeline dayanır. Kontrollü sınıflandırma yöntemi ise analizi yapan kişinin farklı kaynaklardan elde ettiği bilgilerden yararlanarak, bilinen sınıfları temsil eden ve eğitim pikselleri diye adlandırılan örnek pikselleri seçip sınıflandırmayı yapmasıdır (Lillesand ve Kiefer 2000). Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinin genellikle daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği bilinmektedir.

Yapılan çalışmalarda obje tabanlı ve piksel tabanlı yaklaşımlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Görel olarak yeni çalışma konularından olan, makine öğrenme algoritmaları parametrik olmayan kontrollü sınıflandırma teknikleridir ve klasik piksel tabanlı yaklaşımlara göre daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir.

Literatür incelendiğinde Makine öğrenme algoritmalarından SVM ve RF algoritmalarının sıklıkla kullanıldığı ve iyi sonuçlar verdikleri görülmektedir. RF sınıflandırıcısı SVM sınıflandırıcısıyla karşılaştırıldığında benzer sonuçlar vermektedir (Koc-San 2013b, Pal 2005, Waske vd 2009). Bu çalışmada, sınıflandırma işlemi her 3 alan için belirlenen veri setleriyle (Bkz. Çizelge 3.5 ve 3.6) tekrarlanarak yapılmıştır.

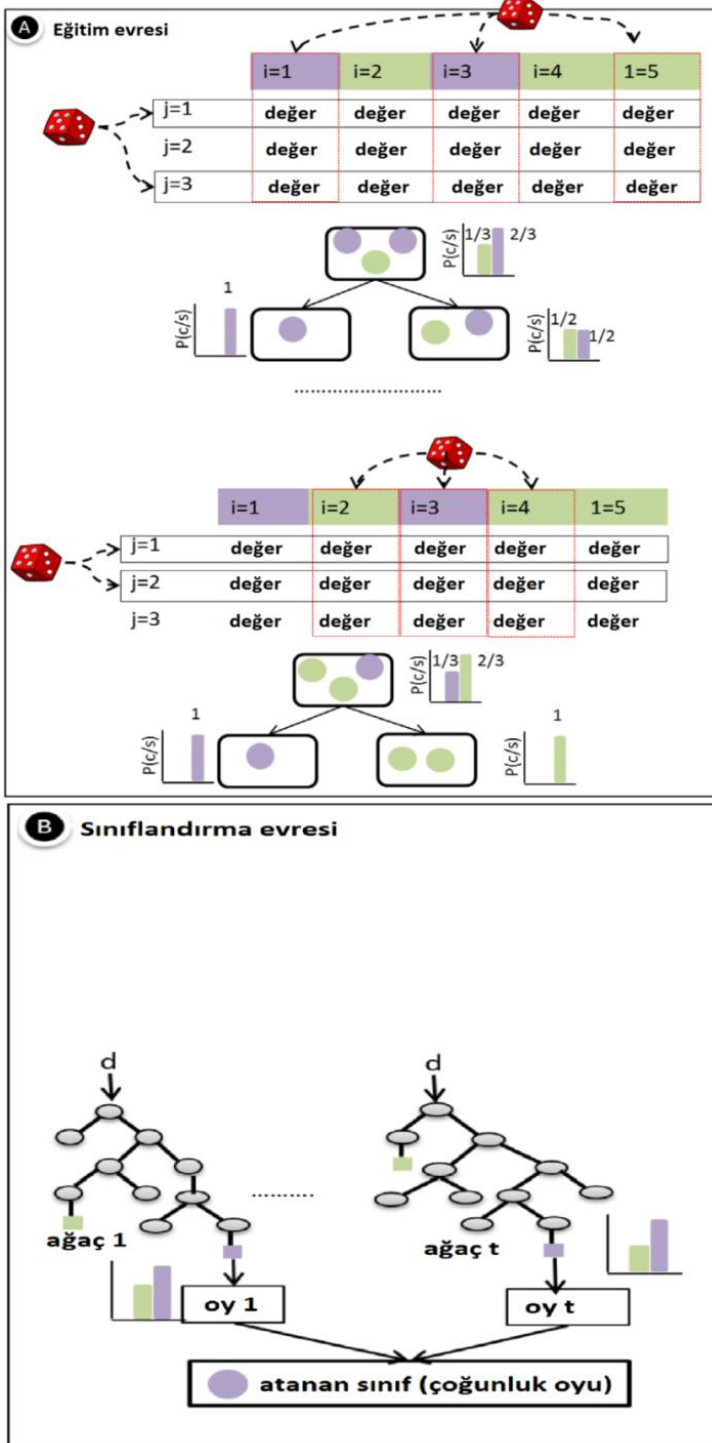
Bundan dolayı, benzer sonuç vermesine rağmen daha hızlı olduğu dikkate alınarak RF algoritması kullanılmıştır.

Rastgele Orman sınıflandırıcısı, L. Breiman (2001) tarafından önerilen kontrollü sınıflandırma tekniğidir. Gelişmiş torbalama ve önyükleme teknikleri kullanılan karar ağacına dayalı parametrik olmayan bir sınıflandırma algoritmasıdır. Algoritma çok sayıda ağaç içerir ve her ağaç rastgele seçilen piksellerden başlayarak büyür (Şekil 3.26). Kullanıcıların RF sınıflandırıcısını tanımlamak için iki parametre girmeleri gerekmektedir. Bunlar; k (büyüyecek ağaç sayısı) ve m (bölünme düğümü değişken sayısı) dir.

RF Algoritmasının;

- En Çok Benzerlik sınıflandırıcısı gibi klasik sınıflandırma yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir.
- Kendisi gibi Makine Öğrenme algoritması olan Destek Vektör Makineleri algoritması ile karşılaştırıldığında ise benzer ya da daha yüksek sınıflandırma doğruluğu vermektedir (Akar ve Güngör 2012, Pal 2005).
- Görüntüdeki gürültüye duyarlı değildir (Gislason vd 2006).
- Oldukça hızlıdır ve büyük veriler üzerinde verimli çalışabilir ve diğer özellikleri Breiman ve Cutler (2016) tarafından verilmiştir.

RF algoritmasının, yüksek sınıflandırma doğruluğu vermesi, gürültüye duyarlı olmaması ve oldukça hızlı olması sebebiyle bu çalışmada kullanılması uygun bulunmuştur.



Şekil 3.26. RF sınıflandırıcısı eğitim ve sınıflandırma evreleri grafiği; i: örnekler, j: değişkenler, p: olasılık, c: sınıf, s: veri, t: ağaçların sayısı, d: yeni sınıflandırılmış veri sayısı ve değer: j değişkeninin alabileceği farklı değerler. Bu grafik Belgiu ve Drăguț (2016)'un yayınından alınarak modifiye edilmiştir

3.3.5. DMSP_OLS gece ışıkları, NDVI ve ASTER SYM verilerinden yararlanılarak kent ve bitki alanların çıkarımı

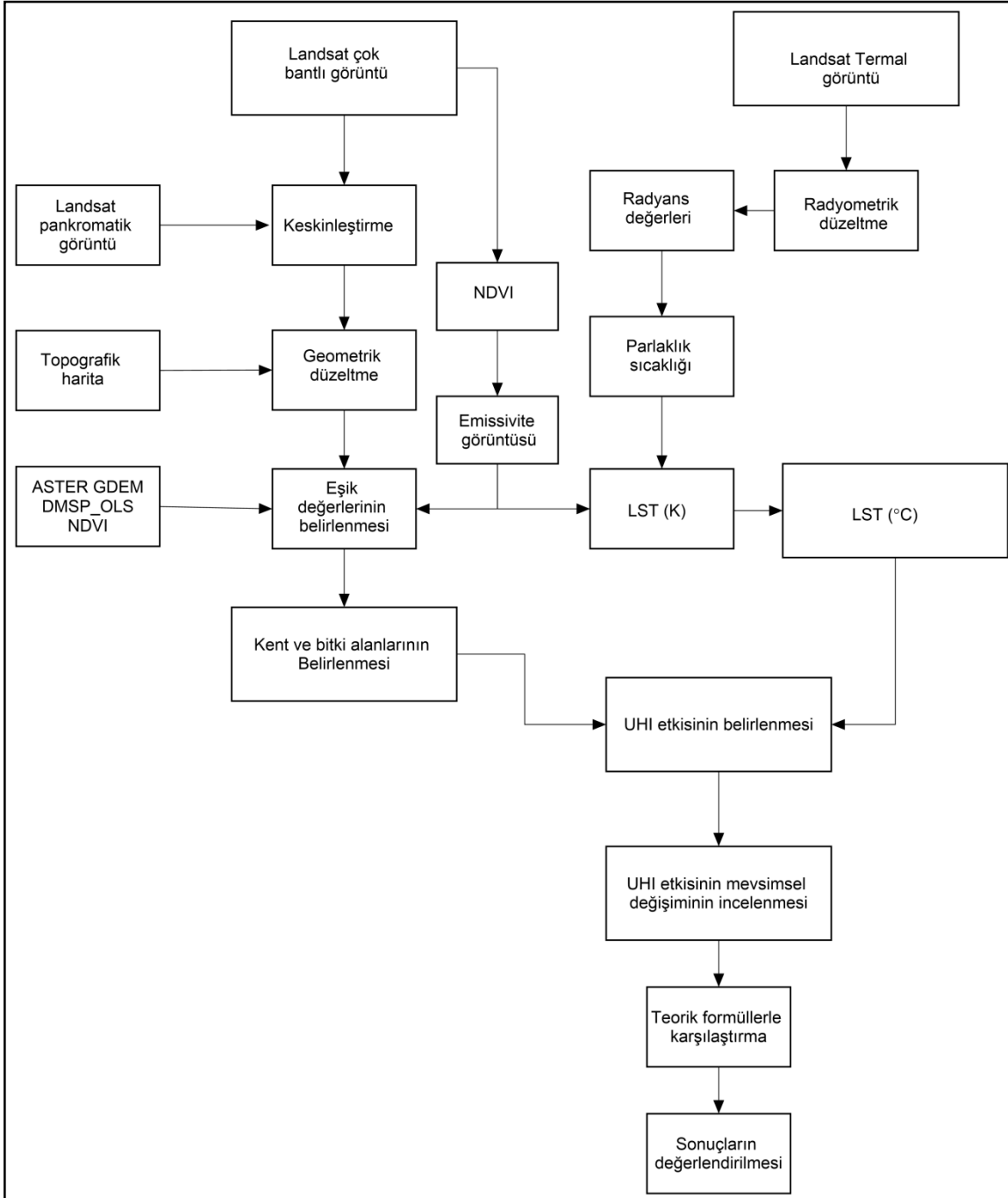
Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi NDVI görüntüdeki bitki yoğunluğu hakkında bilgi vermekteyken, DMSP_OLS gece ışıkları görüntüsü sadece kent alanları hakkında veri içermektedir. Bu bilgiler dikkate alındığında sınıflandırma işlemine gerek kalmadan çalışılan görüntüde belirli yoğunluğun üstünde bitki içeren ve yoğun olarak kent olan alanların NDVI ve DMSP_OLS gece ışıkları verisi kullanılarak belirlenebileceği açıktır. Bu bilgiler ışığında bahsedilen bu iki verinin UHI etkisinin belirlenmesi için kullanılabilmesi de görülmektedir. Gallo vd. 1995 yılında yaptıkları çalışmada bu konuya değinmiş ve bu iki veri kullanılarak UHI etkisinin büyük ölçekli çalışmalarda incelenebileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında da UHI etkisi büyüklüğünün mevsimsel değişiminin incelenmesi için DMSP_OLS gece ışıkları ve NDVI verisinden elde edilen emissivite verileri kullanılmıştır. Ayrıca, ASTER SYM verisi de bu iki veriyi desteklemek için kullanılmıştır.

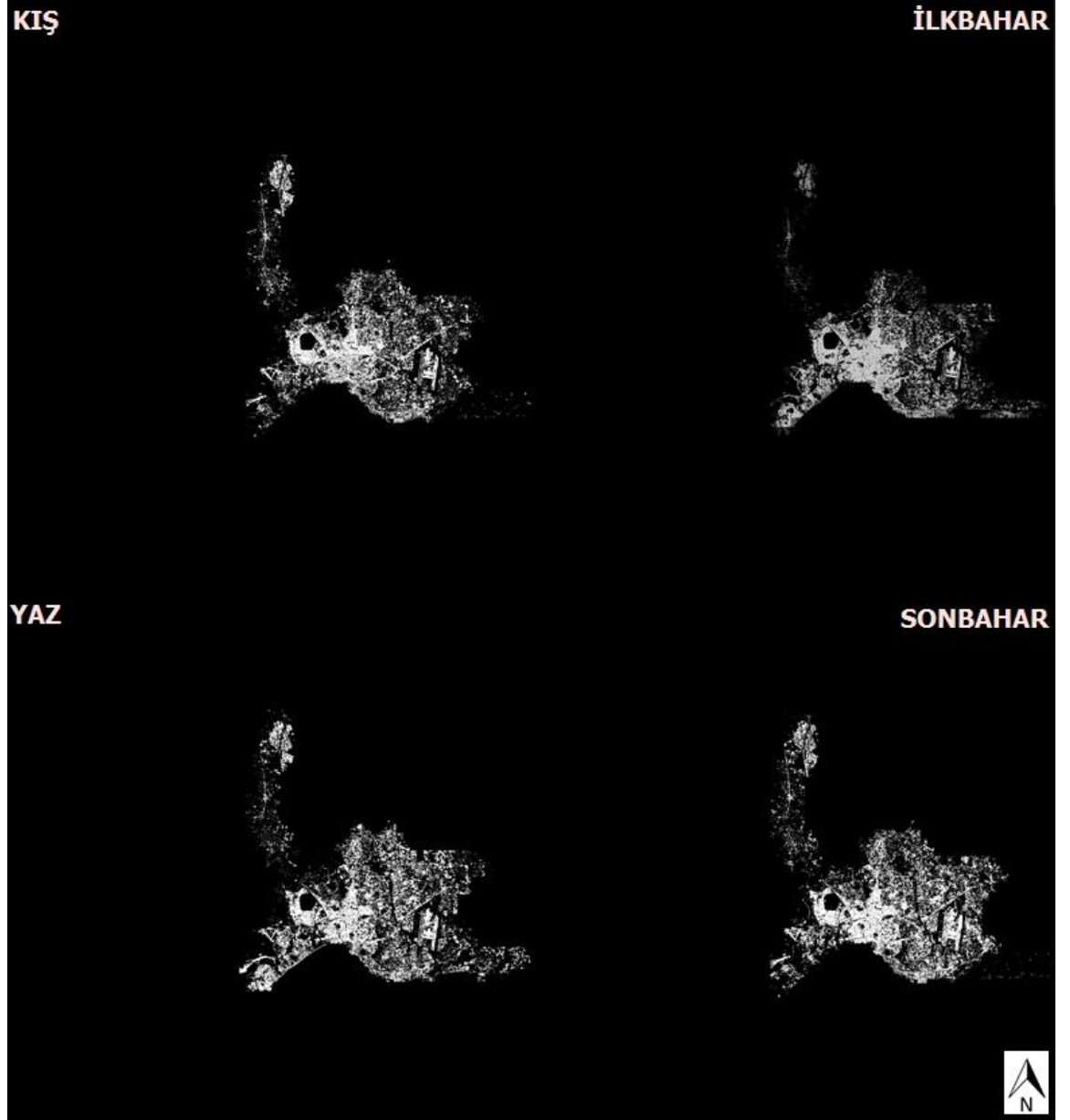
Mevsimsel değişimin incelenebilmesi amacıyla, kış mevsimi için 23 Aralık 2013, ilkbahar mevsimi için 13 Mart 2014, yaz mevsimi için 17 Haziran 2014 ve sonbahar mevsimi için de 7 Ekim 2014 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri seçilmiştir. Ancak, 13 Mart 2014 tarihli görüntü çok bulutlu olduğu için Isparta ve Burdur illerinin ilkbahar mevsimindeki UHI etkisi büyüklükleri belirlenememiş, bu inceleme sadece Antalya çalışma alanında yapılabilmektedir.

Mevsimsel değişimin analiz edilebilmesi için öncelikle, seçilen Landsat görüntülerinden LST değerleri elde edilmiştir. Daha sonra, DMSP_OLS gece ışıkları, NDVI ve ASTER SYM verileri ile görüntüler için uygun eşik değerleri ve PCI Geomatica programının hesaplama aracı kullanılarak önce kentsel alanlar belirlenmiştir. Bu işlem her görüntü için uygun değerler seçilerek yapılmıştır. Buna ek olarak, emissivite görüntüsünde değeri 0,99 olan pikseller de bitki alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 3.27).

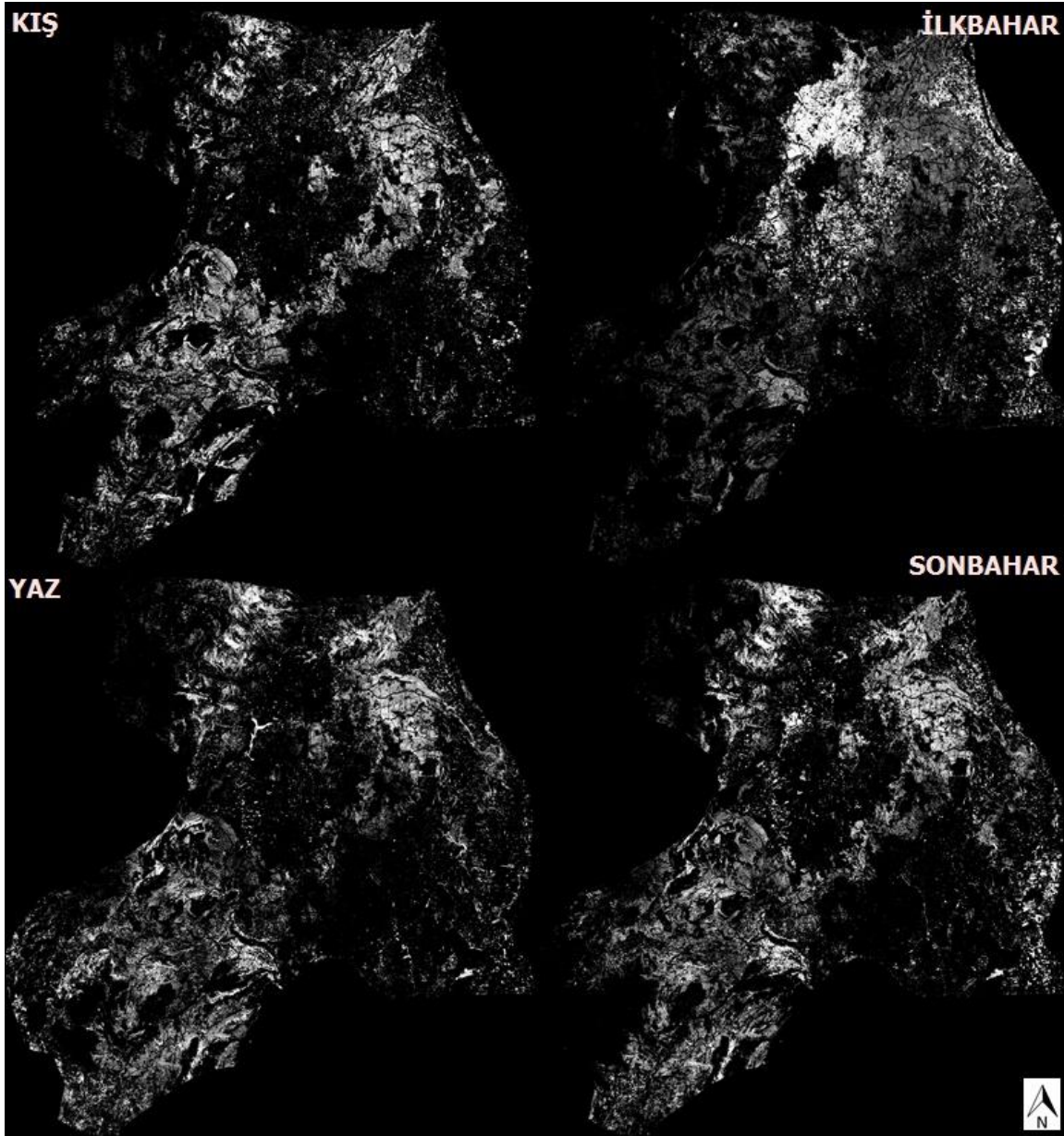
Antalya ili için her mevsimde belirlenen kentsel alanlar Şekil 3.28 ve bitki alanları 3.29'da görülmektedir. Ayrıca, Şekil 3.30'da ise belirlenen kent ve bitki alanlarıyla Landsat görüntüleri aynı görüntü içinde görülmektedir.



Şekil 3.27. Mevsimsel UHI etkisi belirleme işleminin iş-akış şeması

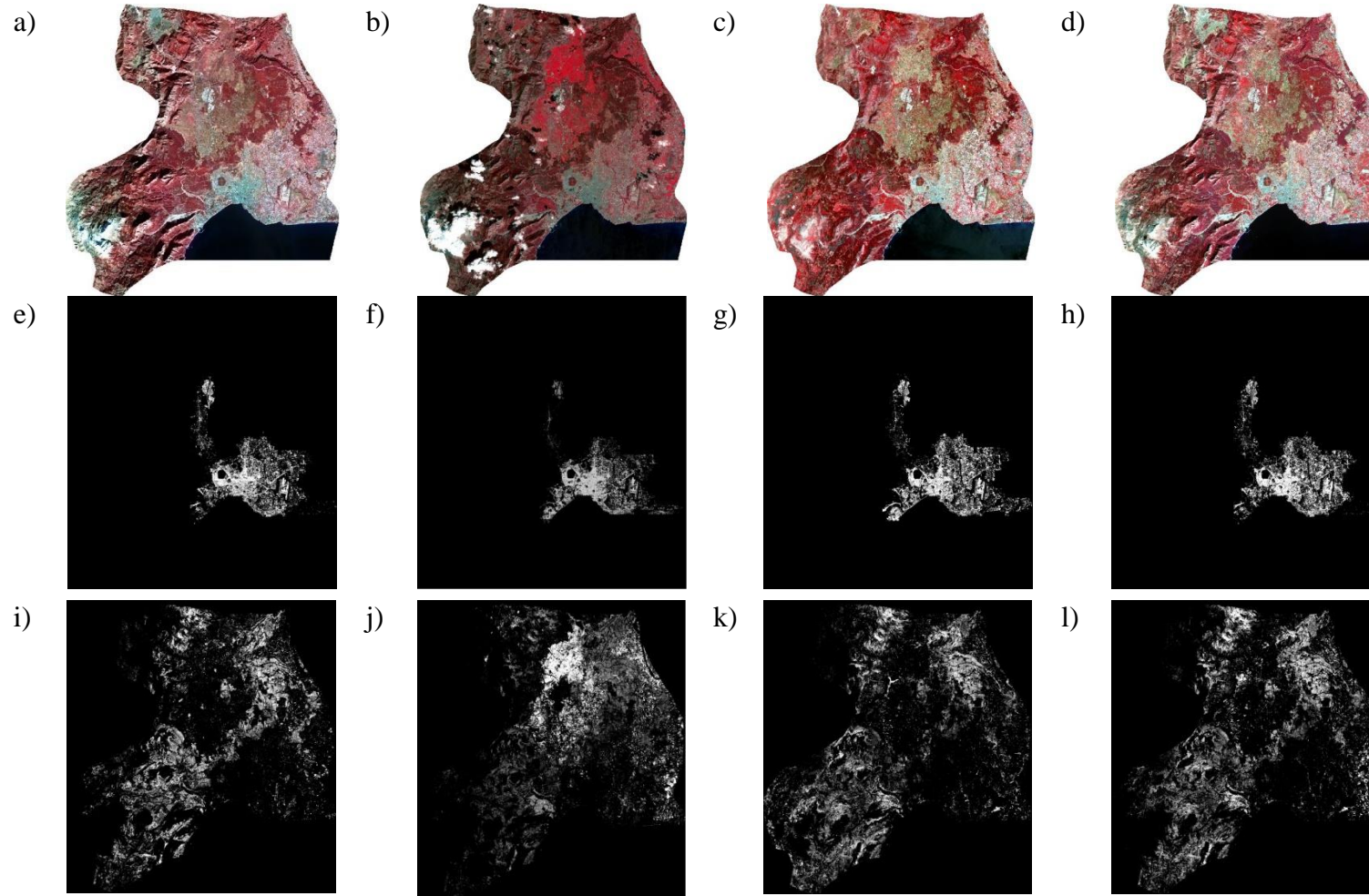


Şekil 3.28. Antalya çalışma alanındaki kentsel alanların mevsimlere göre gösterimi (DMSP_OLS gece ışıkları verisi değerleri)



Şekil 3.29. Antalya çalışma alanındaki bitkisel alanların mevsimlere göre gösterimi (NDVI değerleri)

Şekil 3.30. Antalya çalışma alanında sırasıyla aralık, mart, haziran, ekim aylarında; Landsat görüntüleri (a, b, c, d) ile kentsel alanlar (e, f, g, h) ve bitki alanlarının (i, j, k, l) değişimi



3.3.6. Doğruluk analizleri

Elde edilen LST değerlerinin geçerliliği MODIS LST/Emissivite ve 4. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen istasyon su sıcaklıkları kullanılarak değerlendirilmiştir. MODIS LST/Emissivite görüntüsü verisinin piksel değerleri yüzey sıcaklığını temsil etmektedir ve MODIS LST/Emissivite görüntüsü kullanılarak elde edilen LST değerleri ile Landsat görüntüleri kullanılarak elde edilen LST değerleri istatistikî olarak analiz edilmiştir ve aralarındaki ilişkinin derecesi belirlenmiştir. MODIS LST/Emissivite değerleri deniz suyunun sıcaklık değerlerine dair bilgi içermemektedir. Bu nedenle Antalya çalışma bölgesinde ki deniz alanının yüzey sıcaklık değerleri Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğünden temin edilen deniz suyu sıcaklık değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Sınıflandırma sonuçlarının doğruluk değerlendirmesi, uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırılma uygulamalarında yaygın olarak kullanılan, sınıflandırma sonrası doğruluk değerlendirmesi yöntemlerinden olan hata matrisleri (error matrix/confusion matrix) kullanılarak yapılmıştır. Hata matrisleri kullanılarak doğru olduğu bilinen referans veriler (yer gerçeği) ile bu verilere karşılık gelen otomatik sınıflandırma sonuçları arasındaki ilişkiler kategorik olarak birbiriyle karşılaştırılabilmektedir (Lillesand ve Kiefer 2000). Sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu hata matrisleri kullanılarak hesaplanan genel doğruluk ve kappa katsayı ile belirlenir. Genel doğruluk değeri, doğru sınıflandırılan tüm piksellerin (diyagonal), doğruluk değerlendirmesinde kullanılan toplam piksel sayısına bölünmesiyle bulunur. Buna ek olarak, her sınıfın doğruluk değeri ayrı ayrı olarak ta hesaplanabilmektedir. Bu değerlendirme için, hata matrisinden üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu hesaplanabilir. Üretici doğruluğu, doğru sınıflandırılan piksel sayısının sınıfının eğitim piksellerinin sayısına (sütun toplamı) bölünmesiyle elde edilir ve ilgilenilen sınıfın ne kadar doğru haritalandığını gösterir. Kullanıcı doğruluğu da doğru olarak sınıflandırılmış piksel sayısının, sınıfına atanan piksel sayısına (satır toplamı) bölünmesiyle elde edilir ve o sınıfın sınıflandırma güvenilirliğini gösterir. Genel uyuşum ise kappa değeri ile ölçülmektedir (Çizelge 4.3 - Çizelge 4.14).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. RF Sınıflandırma Doğrulukları

Elde edilen doğruluk analizi sonuçları RF sınıflandırma tekniğinin Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI uydu görüntülerinden arazi kullanımı/örtüsü belirlenmesinde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Her iki yıl için tüm çalışma alanlarında, RF sınıflandırma sonuçlarının genel doğruluğu %77' nin üzerinde bulunmuştur (Çizelge 4.1 ve 4.2). Ayrıca, bu çalışma ile çalışmada kullanılması önerilen ek bantların sınıflandırma doğruluğunu önemli ölçüde arttırdığı da ortaya koyulmuştur. Doğruluk analizi sonuçları incelendiğinde, ASTER SYM ve DMSP_OLS gece ışıkları verilerinin kullanılmasının sınıflandırma doğruluğunu önemli miktarda arttırdığı görülmüştür. ASTER SYM verisi ek bant olarak kullanıldığında genel doğruluk değerlerinin %1,05 - %10,27 arasında arttığı, DMSP_OLS verisi ek bant olarak kullanıldığında ise artış miktarının %2,79 - %7,54 arasında değiştiği belirlenmiştir. Öte yandan, NDVI görüntüsünün sınıflandırma sonucunu en az etkileyen yardımcı veri olduğu, hatta tek yardımcı veri olarak kullanıldığı bazı durumlarda sonucu negatif etkilediği görülmüştür. Ancak, tüm yardımcı verilerle birlikte kullanıldığında sınıflandırma doğruluğunu arttırdığı belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, tüm yardımcı veriler kullanılarak yapılan sınıflandırma sonuçlarının en yüksek doğruluğu verdiği ve bu artışın %2,96 - 13,13 arasında olduğu görülmüştür. Uydu görüntülerinin yalnızca orijinal bantları kullanıldığında Antalya, Isparta ve Burdur illeri için genel doğruluk değerleri 2001 Landsat 7 ETM+ görüntülerinde sırasıyla %80,16, %78,35 %77,06 (Çizelge 4.3, Çizelge 4.7, Çizelge 4.11) ve 2014 Landsat 8 OLI ve görüntülerinde sırasıyla, %82,61, %81,93, %85,30 (Çizelge 4.5, Çizelge 4.9, Çizelge 4.13) olarak elde edilmiştir. Tüm bantlar kullanıldığında ise Antalya, Isparta ve Burdur illeri için genel doğruluk değerleri 2001 yılı Landsat 7 ETM+ görüntülerinde sırasıyla, %88,66, %81,31, %82,45 (Çizelge 4.4, Çizelge 4.8, Çizelge 4.12) ve 2014 yılı Landsat 8 OLI görüntülerinde sırasıyla, %91,31, %88,20, %93,57 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6, Çizelge 4.10, Çizelge 4.14). Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI görüntülerinin tüm bantlar (Veri seti 5 ve 6) kullanılarak sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritaları sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Tematik haritalar görsel olarak incelendiğinde elde edilen sınıflandırma sonuçlarının oldukça başarılı olduğu söylenebilir. Diğer veri setleri kullanıldığında elde edilen hata matrisleri Ek 1 - Ek 21'de verilmiştir.

Burada belirtilmekte fayda vardır ki, Landsat 8 OLI uydusuna eklenen yeni bantları (Bant 1: Kıyı Aerosol ve Bant 9: Bulut) sınıflandırma doğruluğunu %1.63 - %2.08 oranında arttırmaktadır.

Çizelge 4.1. Landsat 7'nin veri setlerinin genel doğrulukları ve kappa değerleri

Landsat 7 ETM+/2001					
	Genel Doğruluk Kappa Katsayısı				
	Veri Seti 1	Veri Seti 2	Veri Seti 3	Veri Seti 4	Veri Seti 5
ANTALYA	80,16	79,93	83,93	84,68	88,66
	0,78	0,78	0,82	0,83	0,87
ISPARTA	78,35	76,66	81,14	79,40	81,31
	0,75	0,73	0,78	0,76	0,79
BURDUR	77,06	77,71	81,05	80,26	82,45
	0,74	0,75	0,78	0,78	0,80

Çizelge 4.2. Landsat 8'in veri setlerinin genel doğrulukları ve kappa değerleri

LANDSAT 8 OLI/2014						
	Genel Doğruluk Kappa Katsayısı					
	Veri Seti 1	Veri Seti 2	Veri Seti 3	Veri Seti 4	Veri Seti 5	Veri Seti 6
ANTALYA	80,98	82,61	82,93	85,80	90,01	91,31
	0,78	0,80	0,81	0,84	0,88	0,90
ISPARTA	79,85	81,93	81,28	84,88	85,21	88,20
	0,77	0,79	0,79	0,83	0,83	0,86
BURDUR	84,21	85,30	84,28	86,97	92,61	93,57
	0,82	0,83	0,82	0,86	0,92	0,93

Çizelge 4.3. Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti 1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu												
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Bulut	Gölge	Toplam
Kent	319	161	73	0	0	6	8	31	0	5	2	0	605
Sanayi	79	370	54	0	0	1	2	33	0	2	7	0	548
Sera	37	13	330	0	0	0	0	1	0	1	50	0	432
Yeşil alan	0	0	0	542	68	8	7	9	0	0	0	0	634
Sulu tarım	0	0	0	58	489	0	0	0	0	0	0	0	547
Kuru tarım	67	13	37	0	2	531	24	35	0	15	0	0	724
Taşlık-kayalık	50	9	43	0	40	22	510	107	0	12	0	0	793
Boşalan	36	6	5	0	1	32	49	382	0	0	5	0	516
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	0	0	600
Kar	11	22	32	0	0	0	0	1	0	565	2	0	633
Bulut	1	6	26	0	0	0	0	1	0	0	534	0	568
Gölge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7200
Üretici Doğruluğu (%)	53,17	61,67	55,00	90,33	81,50	88,50	85,00	63,67	100,0	94,17	89,00	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	52,73	67,52	76,39	85,49	89,40	73,34	64,31	74,03	100,0	89,26	94,01	100,0	
Genel Doğruluk (%): 80,17; Genel Kappa: 0,7836													

Çizelge 4.4. Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntüler ve tüm yardımcı veriler (veri seti 5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu												
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Bulut	Gölge	Toplam
Kent	426	40	66	0	0	0	0	56	0	5	1	0	594
Sanayi	20	536	28	0	0	0	0	4	0	0	23	0	611
Sera	42	1	468	0	0	0	0	13	0	0	12	0	536
Yeşil alan	0	0	0	544	35	0	3	4	0	0	0	0	586
Sulu tarım	0	0	0	56	522	0	0	1	0	0	0	0	579
Kuru tarım	36	12	27	0	2	546	7	16	0	0	1	0	647
Taşlık-kayalık	21	0	4	0	13	47	570	70	0	22	0	0	747
Boşalan	51	0	4	0	28	7	20	436	0	0	0	0	546
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	0	0	600
Kar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	573	0	0	573
Bulut	4	11	3	0	0	0	0	0	0	0	563	0	581
Gölge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7200
Üretici Doğruluğu (%)	71,00	89,33	78,00	90,67	87,00	91,00	95,00	72,67	100,0	95,50	93,83	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	71,72	87,73	87,31	92,83	90,16	84,39	76,31	79,85	100,0	100,0	96,90	100,0	

Genel Doğruluk (%): 88,67 ;Genel Kappa: 0,8764

Çizelge 4.5. Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti 2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	337	130	41	0	0	6	0	57	0	1	572
Sanayi	60	406	16	0	0	2	0	0	0	20	504
Sera	4	11	488	0	0	0	0	0	0	4	507
Yeşil alan	7	0	1	592	28	0	0	1	0	0	629
Sulu tarım	8	0	1	8	572	0	1	2	0	0	592
Kuru tarım	50	6	2	0	0	498	28	107	0	0	691
Taşlık-kayalık	94	6	11	0	0	50	552	83	0	6	802
Boşalan	22	1	20	0	0	44	19	348	0	5	459
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	600
Kar	18	40	20	0	0	0	0	2	0	564	644
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	56,17	67,67	81,33	98,67	95,33	83,00	92,00	58,00	100,0	94,00	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	58,92	80,56	96,25	94,12	96,62	72,07	68,63	75,82	100,0	87,58	
Genel Doğruluk (%): 82,62; Genel Kappa: 0,8069											

Çizelge 4.6. Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve tüm yardımcı veriler (veri seti 6) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	418	67	79	0	0	1	0	1	0	0	566
Sanayi	40	530	27	0	0	0	0	0	0	0	597
Sera	10	3	485	0	0	0	0	4	0	0	502
Yeşil alan	7	0	0	595	2	0	0	1	0	0	605
Sulu tarım	14	0	2	5	598	0	1	5	0	0	625
Kuru tarım	53	0	3	0	0	577	23	71	0	0	727
Taşlık-kayalık	33	0	0	0	0	0	576	0	0	18	627
Boşalan	25	0	4	0	0	22	0	518	0	0	569
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	600
Kar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	582	582
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	69,67	88,33	80,83	99,17	99,67	96,17	96,00	86,33	100,0	97,00	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	73,85	88,78	96,61	98,35	95,68	79,37	91,87	91,04	100,0	100,0	
Genel Doğruluk (%): 91,32; Genel Kappa: 0,9035											

Çizelge 4.7. Isparta için 2001Landsat çok bantlı görüntü (veri seti 1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu										
Sınıf	Kent	Sanayi	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	391	81	0	0	45	20	59	28	0	624
Sanayi	80	470	0	0	57	4	0	18	0	629
Yeşil alan	0	0	418	106	0	0	0	0	0	524
Sulu tarım	0	0	182	493	0	0	0	0	0	675
Kuru tarım	72	24	0	0	394	33	4	29	0	556
Taşlık-kayalık	21	5	0	0	78	467	50	13	0	634
Boşalan	25	0	0	1	26	60	487	1	0	600
Kar	11	20	0	0	0	16	0	511	0	558
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	5400
Üretici Doğruluğu (%)	65,17	78,33	69,67	82,17	65,67	77,83	81,17	85,17	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	62,66	74,72	79,77	73,04	70,86	73,66	81,17	91,58	100,0	
Genel Doğruluk (%): 78,35; Genel Kappa: 0,7565										

Çizelge 4.8. Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve tüm yardımcı veriler (veri seti 5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu										
Sınıf	Kent	Sanayi	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	432	58	0	0	77	2	17	0	0	586
Sanayi	91	540	0	0	0	0	0	0	0	631
Yeşil alan	0	0	454	168	0	0	0	0	0	622
Sulu tarım	0	0	146	424	0	0	0	0	0	570
Kuru tarım	39	1	0	0	373	2	5	6	0	426
Taşlık-kayalık	31	0	0	8	122	469	49	23	0	702
Boşalan	5	0	0	0	28	94	528	0	0	655
Kar	2	1	0	0	0	33	1	571	0	608
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	5400
Üretici Doğruluğu (%)	72,00	90,00	75,67	70,67	62,17	78,17	88,00	95,17	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	73,72	85,58	72,99	74,39	87,56	66,81	80,61	93,91	100,0	
Genel Doğruluk (%): 81,31; Genel Kappa: 0,7898										

Çizelge 4.9. Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti 2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	443	132	15	0	0	66	35	41	0	0	732
Sanayi	59	384	70	0	0	2	0	0	0	2	517
Sera	2	39	484	0	1	0	0	0	0	1	527
Yeşil alan	0	1	0	524	21	0	0	0	2	0	548
Sulu tarım	1	0	0	76	577	0	0	0	0	0	654
Kuru tarım	38	32	24	0	1	477	92	22	0	0	686
Taşlık-kayalık	26	5	4	0	0	46	433	136	0	2	652
Boşalan	19	0	0	0	0	0	4	401	0	0	424
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	598	0	598
Kar	12	7	3	0	0	9	36	0	0	595	662
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	73,83	64,00	80,67	87,33	96,17	79,50	72,17	66,83	99,67	99,17	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	60,52	74,27	91,84	95,62	88,23	69,53	66,41	94,58	100,0	89,88	
Genel Doğruluk (%):81,93 ; Genel Kappa: 0,7993											

Çizelge 4.10. Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve tüm yardımcı veriler (veri seti 6) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	508	46	51	0	0	44	86	0	0	0	735
Sanayi	8	491	0	0	0	0	0	0	0	0	499
Sera	4	55	547	0	0	0	0	0	0	0	606
Yeşil alan	2	1	0	586	41	0	0	0	2	0	632
Sulu tarım	0	0	0	14	558	0	0	0	0	0	572
Kuru tarım	37	0	0	0	1	545	62	0	0	0	645
Taşlık-kayalık	41	7	2	0	0	11	427	168	0	0	656
Boşalan	0	0	0	0	0	0	5	432	0	0	437
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	598	0	598
Kar	0	0	0	0	0	0	20	0	0	600	620
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	84,67	81,83	91,17	97,67	93,00	90,83	71,17	72,00	99,67	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	69,12	98,40	90,26	92,72	97,55	84,50	65,09	98,86	100,0	96,77	
Genel Doğruluk (%):88,20; Genel Kappa: 0,8689											

Çizelge 4.11. Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti 1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge	
Kent	205	0	0	68	10	18	5	0	0	0	306
Yeşil alan	3	598	20	1	19	10	0	0	0	1	652
Sulu tarım	0	0	555	2	0	0	0	0	0	0	557
Kuru tarım	59	0	1	339	112	29	1	0	0	0	541
Taşlık-kayalık	91	0	24	105	305	45	3	0	0	0	573
Boşalan	106	1	0	80	154	337	12	0	6	0	696
Kar	131	0	0	5	0	130	530	0	26	0	822
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	12	612
Bulut	5	0	0	0	0	31	49	0	568	0	653
Gölge	0	1	0	0	0	0	0	0	0	587	588
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	34,17	99,67	92,5	56,5	50,83	56,17	88,33	100	94,67	97,83	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	66,99	91,72	99,64	62,66	53,23	48,42	64,48	98,04	86,98	99,83	
Genel Doğruluk (%):77,07; Genel Kappa: 0,7452											

Çizelge 4.12. Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve tüm yardımcı veriler (veri seti 5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

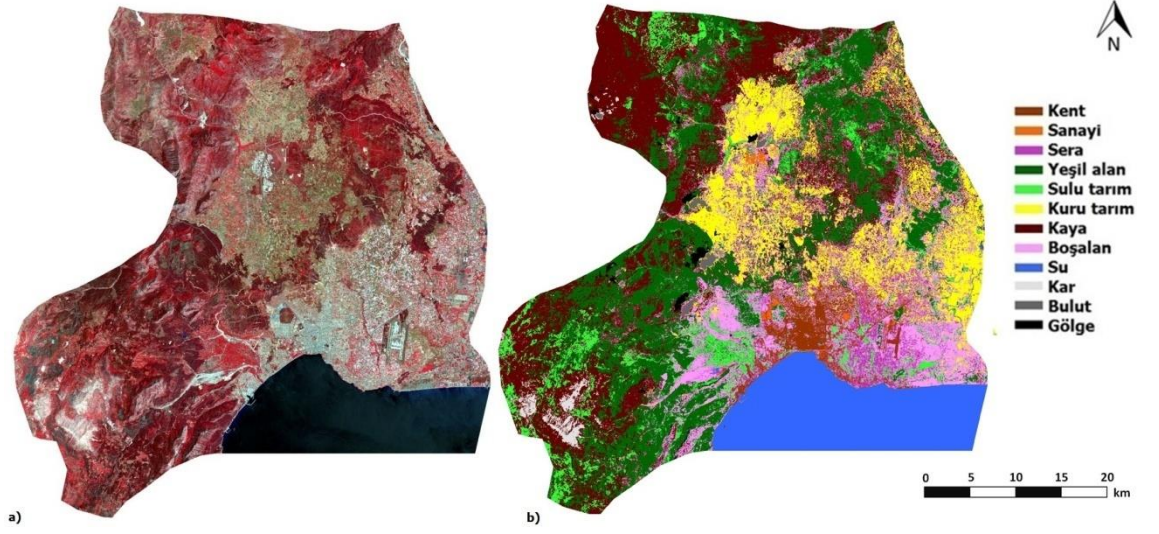
Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam	
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge		
Kent	335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	335
Yeşil alan	3	598	20	2	15	8	0	0	0	0	1	647
Sulu tarım	0	0	549	0	0	0	0	0	0	0	0	549
Kuru tarım	17	0	1	386	66	37	15	0	0	0	0	522
Taşlık-kayalık	88	0	30	157	330	27	2	0	0	0	0	634
Boşalan	11	1	0	53	189	429	0	0	11	0	0	694
Kar	146	0	0	2	0	41	583	0	38	0	0	810
Su	0	0	0	0	0	0	0	599	0	12	0	611
Bulut	0	0	0	0	0	58	0	0	551	0	0	609
Gölge	0	1	0	0	0	0	0	1	0	587	0	589
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	55,83	99,67	91,50	64,33	55,00	71,50	97,17	99,83	91,83	97,83		
Kullanıcı Doğruluğu (%)	100,0	92,43	100,0	73,95	52,05	61,82	71,98	98,04	90,48	99,66		
Genel Doğruluk (%):82,45; Genel Kappa: 0,8050												

Çizelge 4.13. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü (veri seti 2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

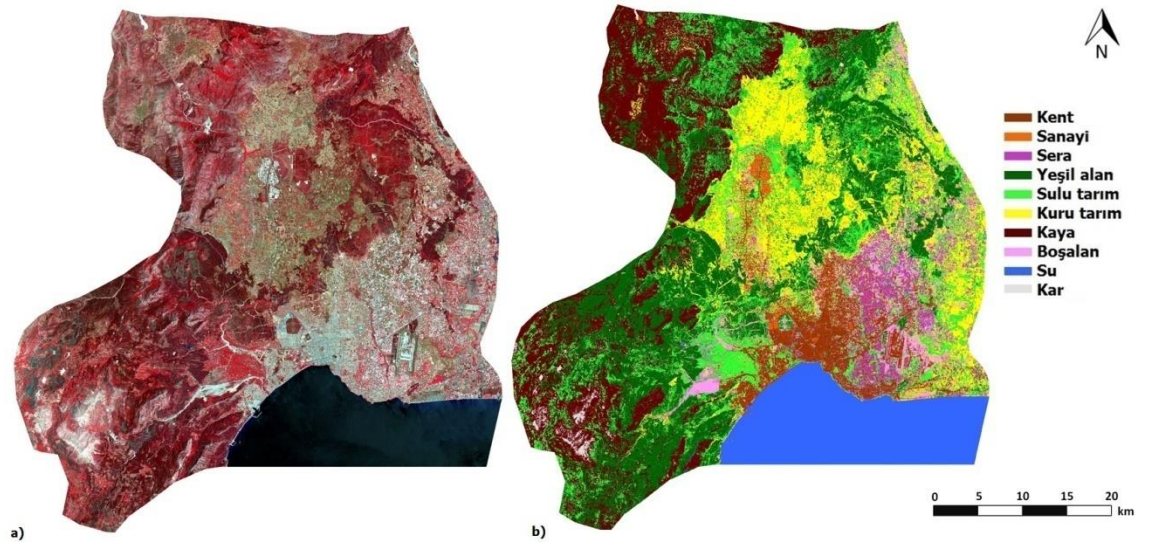
Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge	
Kent	286	0	0	28	1	31	1	0	0	0	347
Yeşil alan	4	591	0	4	12	0	0	0	0	8	619
Sulu tarım	0	1	566	0	0	0	0	0	0	0	567
Kuru tarım	63	0	0	401	86	45	8	0	0	0	603
Taşlık-kayalık	72	0	34	57	487	27	1	0	0	0	678
Boşalan	84	0	0	96	14	436	7	0	11	0	648
Kar	54	0	0	14	0	34	578	0	0	0	680
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	8	608
Bulut	36	0	0	0	0	27	5	0	589	0	657
Gölge	1	8	0	0	0	0	0	0	0	584	593
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	47,67	98,5	94,33	66,83	81,17	72,67	96,33	100	98,17	97,33	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	82,42	95,48	99,82	66,5	71,83	67,28	85	98,68	89,65	98,48	
Genel Doğruluk (%):85,30; Genel Kappa: 0,8367											

Çizelge 4.14. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve tüm yardımcı veriler (veri seti 6) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

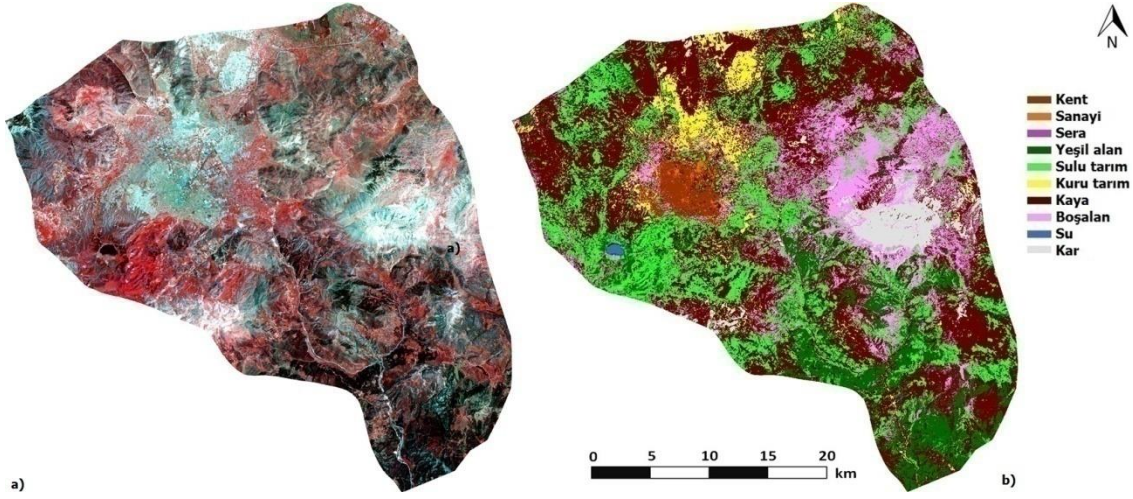
Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam	
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge		
Kent	414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	414
Yeşil alan	0	587	0	2	14	0	0	0	0	0	8	611
Sulu tarım	0	5	565	0	0	0	0	0	0	0	0	570
Kuru tarım	109	0	26	557	10	51	9	0	5	0	0	767
Taşlık-kayalık	15	0	0	27	576	0	1	0	4	0	0	623
Boşalan	5	0	9	14	0	549	0	0	0	0	0	577
Kar	56	0	0	0	0	0	585	0	2	0	0	643
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	0	0	600
Bulut	0	0	0	0	0	0	5	0	589	0	0	594
Gölge	1	8	0	0	0	0	0	0	0	592	0	601
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	69,00	97,83	94,17	92,83	96,00	91,50	97,50	100,0	98,17	98,67		
Kullanıcı Doğruluğu (%)	100,0	96,07	99,12	72,62	92,46	95,15	90,98	100,0	99,16	98,50		
Genel Doğruluk (%):93,57; Genel Kappa: 0,9285												



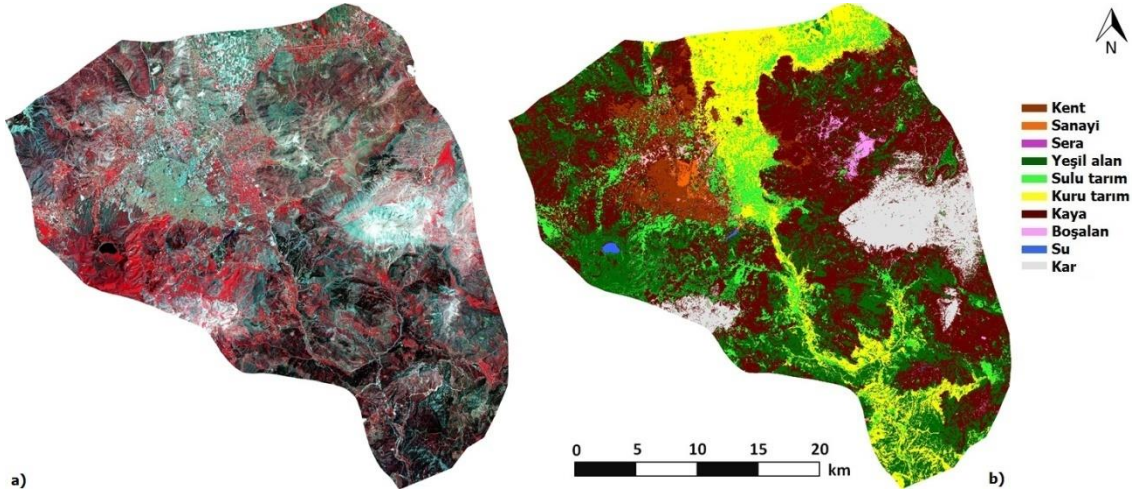
Şekil 4.1. Antalya bölgesinin (a) 2001 yılı Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası



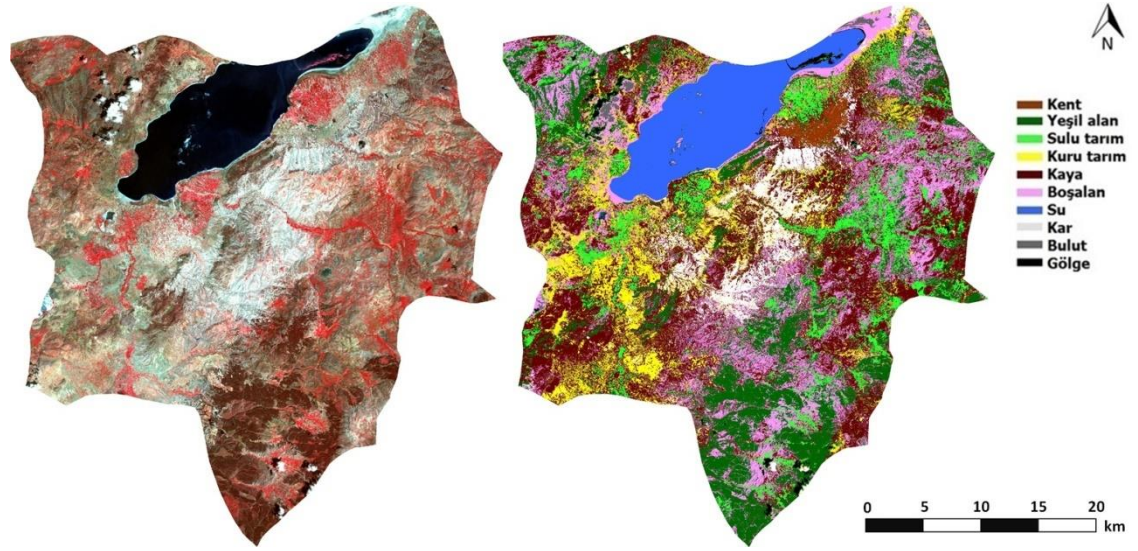
Şekil 4.2. Antalya bölgesinin (a) 2014 yılı Landsat 8 OLI görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası



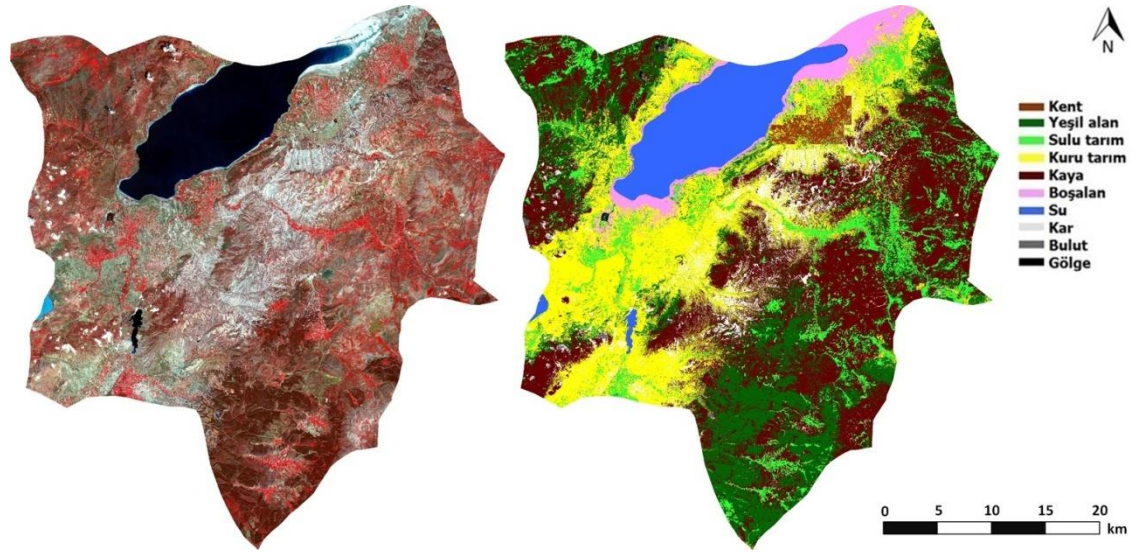
Şekil 4.3. Isparta bölgesinin (a) 2001 yılı Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası



Şekil 4.4. Isparta bölgesinin (a) 2014 yılı Landsat 8 OLI görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası



Şekil 4.5. Burdur bölgesinin (a) 2001 yılı Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası

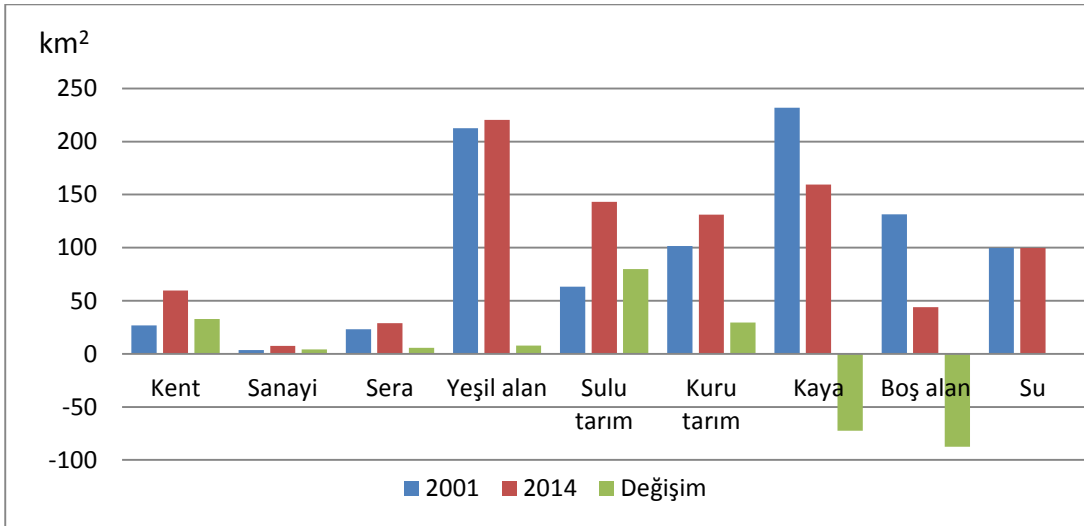


Şekil 4.6. Burdur bölgesinin (a) 2014 yılı Landsat 8 OLI görüntüsü ve (b) RF sınıflandırması sonucu elde edilen tematik arazi kullanımı/örtüsü haritası

4.2. Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi

Arazi kullanımı/örtüsü alanları incelendiğinde, taşlık-kayalık ve boş alanların 2001 yılından 2014 yılına kadar geçen sürede her 3 çalışma bölgesinde de kayda değer miktarda azaldığı görülmüştür. Buna karşın kentsel alan olarak bahsedebileceğimiz kent ve sanayi alanlarında da artış gözlenmiştir. Artış miktarının alan olarak en fazla olduğu bölge Antalya bölgesiyken, en az gözlendiği bölge ise Burdur bölgesidir.

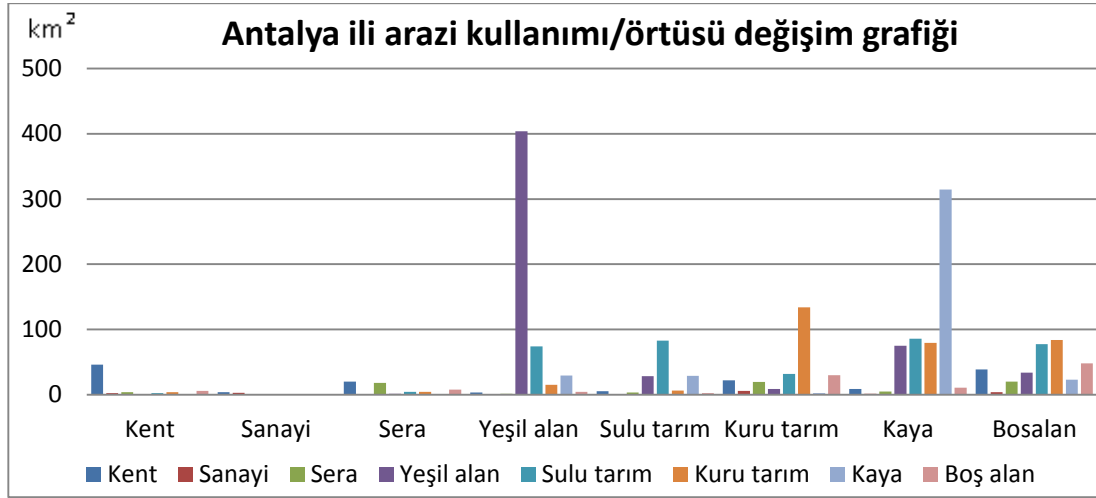
Antalya bölgesi için oluşturulan arazi kullanımı/örtüsü grafikleri Şekil 4.7 ve 4.8’de görülmektedir. Sınıflandırma sonuçlarımızdan elde edilen verilere göre, Antalya bölgesinde kentsel alanlar 2001 yılında yaklaşık 30 km²’lik bir alan iken 2014 yılında kapladıkları alan 67 km²’ye çıkmıştır ve bu alanın yaklaşık olarak 60 km²’lik bölümünü kent alanı oluşturmaktadır. Antalya ilinde tarım ve seracılık önemli geçim kaynaklarından biri durumundadır ve bu iki arazi sınıfının kapladığı alanlarında arttığı gözlenmiştir. Antalya bölgesinde alan olarak en fazla artış gösteren üç sınıf sırasıyla, sulu tarım, kent ve kuru tarım alanlarıdır. Bu alanların değişim oranları %126, %123 ve %29’dur. Sanayi sınıfındaki artış alan olarak diğerlerine oranla azdır. Ancak, artış miktarı %113’tür ve dolayısıyla sanayi alanlarının iki katına çıktığı söylenebilir. Taşlık-kayalık alanları ve boş alanlarda kayda değer miktarda azalma gözlenmiştir. Boş alandaki azalma miktarı alan olarak 87 km²’dir. Bu değer taşlık-kayalık sınıfı için 72 km²’dir. Bu iki alanın yüzde olarak azalma miktarları ise, taşlık-kayalık ve boş alan için sırasıyla, %31 ve %66’dır. Sınıflandırma sonuçları yeşil alanda %3’lük bir artış ve su yüzeylerinde de neredeyse hiç bir değişim olmadığını göstermiştir. Dolayısıyla, bu iki alandaki değişim diğer alanlarda ki değişim miktarı ile kıyaslandığında dikkate değer değildir.



Şekil 4.7. Antalya bölgesinde arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının kapladıkları alanlar ve değişimleri

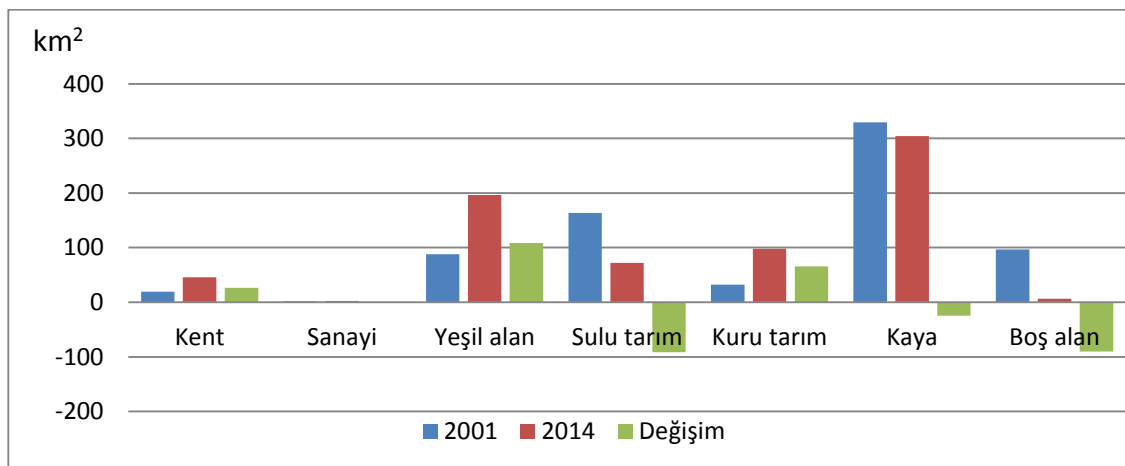
Antalya ili arazi kullanımı/örtüsü değişim grafiği (Şekil 4.7) incelendiğinde, kentsel alanların yine kentsel alan olarak kaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, önemli miktarda boş alanın kentleştiği ve boş alanlardan sonra da sera ve kuru tarım alanlarının kent alanına dönüştüğü görülmektedir. Değişim miktarının fazla olduğu alanlardan taşlık-

kayalık alanlarının da yeşil alan, sulu tarım ve kuru tarım alanlarına dönüştüğü görülmüştür. Yine tarım alanı olarak kullanılmaya başlayan başka bir sınıfta boş alan sınıfı olmuştur. Tüm sınıfların zaman içindeki değişimi Şekil 4.8’de görülmektedir.



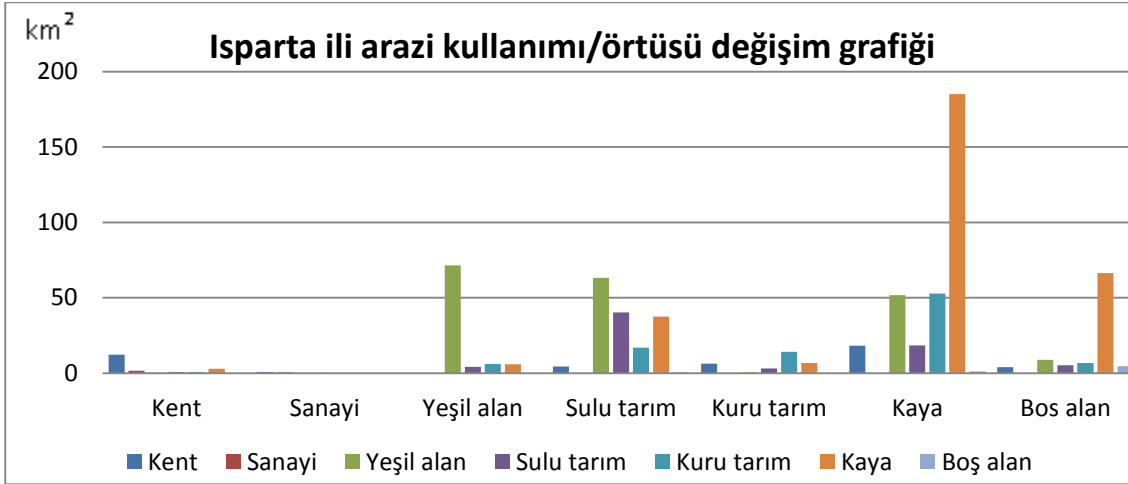
Şekil 4.8. Antalya bölgesi arazi kullanımı/örtüsü değişim grafiği

Isparta ilinde artışın en fazla olduğu arazi sınıfı 108 km²'lik artış ile yeşil alanlardır. Bu arazi sınıfını 65 km²'lik artış ile kuru tarım sınıfı ve 26 km²'lik artış ile kent sınıfı takip etmektedir (Şekil 4.9). Sulu tarım ve boş alan sınıflarında da yaklaşık 90 km²'lik bir azalma meydana gelmiştir. Bu sınıflardaki azalmayı taşlık-kayalık sınıfında ki azalma 24 km² ile takip etmektedir. Ayrıca, sanayi sınıfındaki artış 1 km²'nin altındadır. Su alanı çok az olduğu ve neredeyse hiç değişim göstermediği için bu değerlendirmenin dışında bırakılmıştır. Değişim oranlarına baktığımızdaysa kuru tarım alanlarının %200, kentin %136, yeşil alanın % 123 ve sanayinin %50 arttığı, buna karşın boş alanların %93 ve sulu tarım alanlarının da %55 azaldığı görülmüştür.



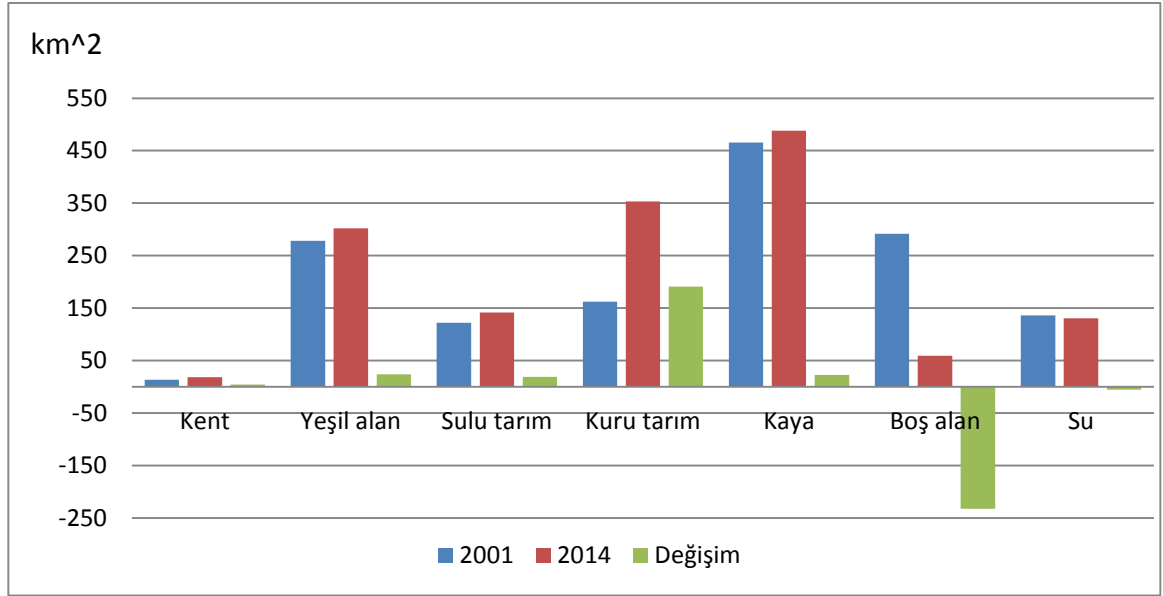
Şekil.4.9. Isparta bölgesinde arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının kapladıkları alanlar ve değişimleri

Arazi sınıflarının değişimine bakıldığında (Şekil 4.10) Isparta ilinde taşlık-kayalık, kuru tarım alanları ve boş alanların kent alanına dönüştüğü görülmektedir. Ayrıca, sulu tarım alanlarının yeşil alana, taşlık-kayalık ve kuru tarım alanlarına, taşlık-kayalık alanlarının kuru tarım, sulu tarım ve yeşil alana, boş alanlarında taşlık-kayalık alanına dönüştüğü görülmüştür. Sanayi alanlarında herhangi bir değişim dikkat çekmemektedir.



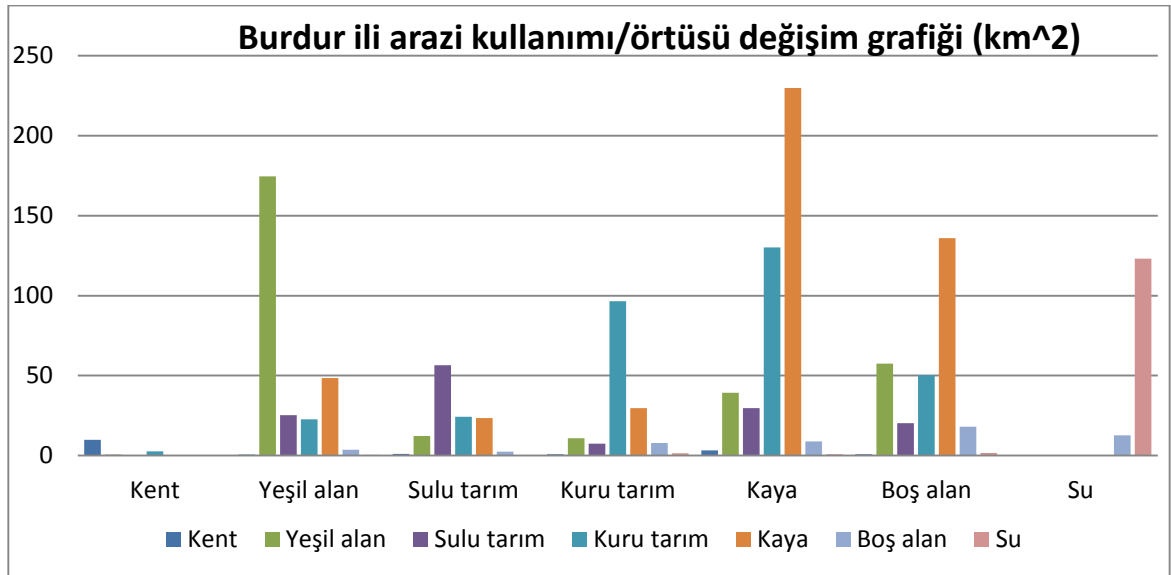
Şekil 4.10. Isparta bölgesi arazi kullanımı/örtüsü değişim grafiği

Burdur ili çalışma alanımızda kentleşmenin en az arttığı ildir. Kent alanında ki artış sadece 4 km² olarak gözlenmiştir. Burdur bölgesinin arazi kullanımı/örtüsü sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.11), kuru tarım alanında 190 km²'lik artmaya karşın boş alanda 232 km²'lik azalma olduğu görülmüştür. Taşlık-kayalık alanda azalma olmakla birlikte çok önemli miktarda değildir. Su alanının azalma 5 km²'lik bir alanı kapsamaktadır ve bu fark önemsiz görülmektedir. Ancak, bu fark bize Burdur gölünde ki kuraklaşma ile ilgili bilgi vermektedir. Çalışma süresini kapsayan 13 yılda, Burdur gölünün %4'ünden fazla bir kısmı kuraklaşmıştır ve su alanı boş alana dönmüştür. Bu durum 2001 ve 2014 yılı Landsat görüntüleri kullanılarak Burdur için hazırlanan tematik haritalarda açık bir şekilde görülmektedir. (Bkz. Şekil 4.5 ve 4.6).



Şekil 4.11. Burdur bölgesinde arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının kapladıkları alanlar ve değişimleri

Burdur ilinin arazi sınıflarının değişimi (Şekil 4.12) incelendiğinde, taşlık-kayalık, boş alan ve tarım alanlarının kent alanına dönüştüğü görülmektedir. Bunun yanında su alanının boş alan olduğu, taşlık-kayalık ve boş alanların tarım alanı olarak kullanılmaya başlandığı ve ayrıca üzerinde yeşil bitki örtüsü yetiştiği görülmektedir.



Şekil 4.12. Burdur bölgesi arazi kullanımı/örtüsü değişim grafiği

4.3. Arazi Yüzey Sıcaklık Değerleri Ve Arazi Özellikleri İlişkisi

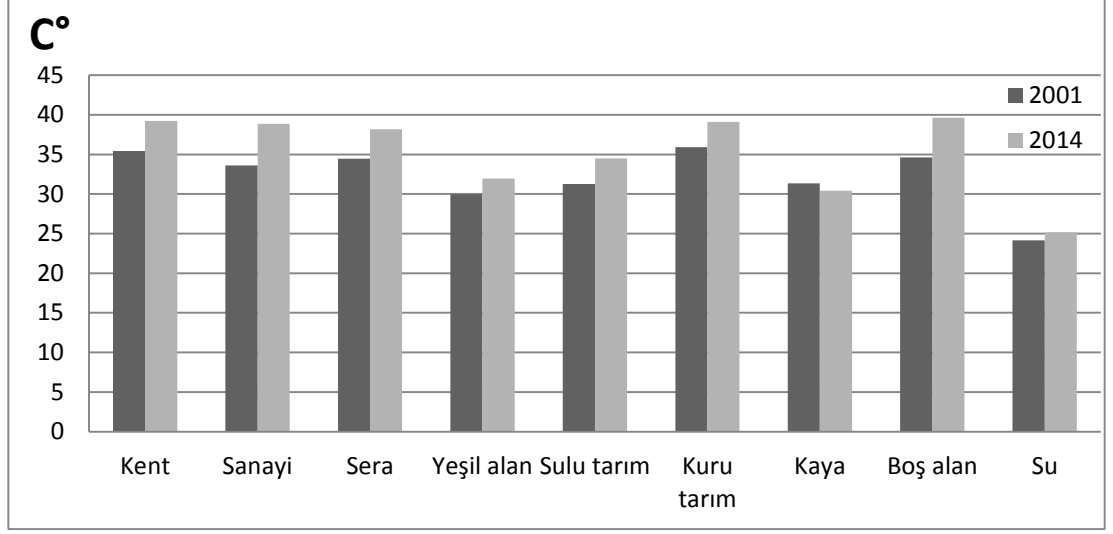
4.3.1. LST–arazi kullanımı/örtüsü sınıfları ilişkisi

Çalışmanın bu kısmında elde edilen LST değerleri ve bu değerlerin arazi sınıfları ile ilişkisi incelenmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre, arazi sınıflarının ortalama LST sıcaklıkları neredeyse tüm arazi sınıflarında 2001 yılından 2014 yılına kadar olan süreçte artış göstermiştir. Bu artış miktarı $2,56^{\circ}\text{C}$ ile en fazla Antalya çalışma alanında gözlenmiştir. Buna ek olarak, Isparta ve Burdur çalışma alanlarının ortalama yüzey sıcaklıkları sırasıyla $1,21^{\circ}\text{C}$ ve $1,13^{\circ}\text{C}$ artmıştır. Çalışılan bölgelerin LST grafikleri Şekil 4.13, Şekil 4.15 ve Şekil 4.17’de ve LST - arazi kullanımı/örtüsü görüntüleri ve tematik haritaları Şekil 4.14, Şekil 4.16 ve Şekil 4.18’de görülmektedir.

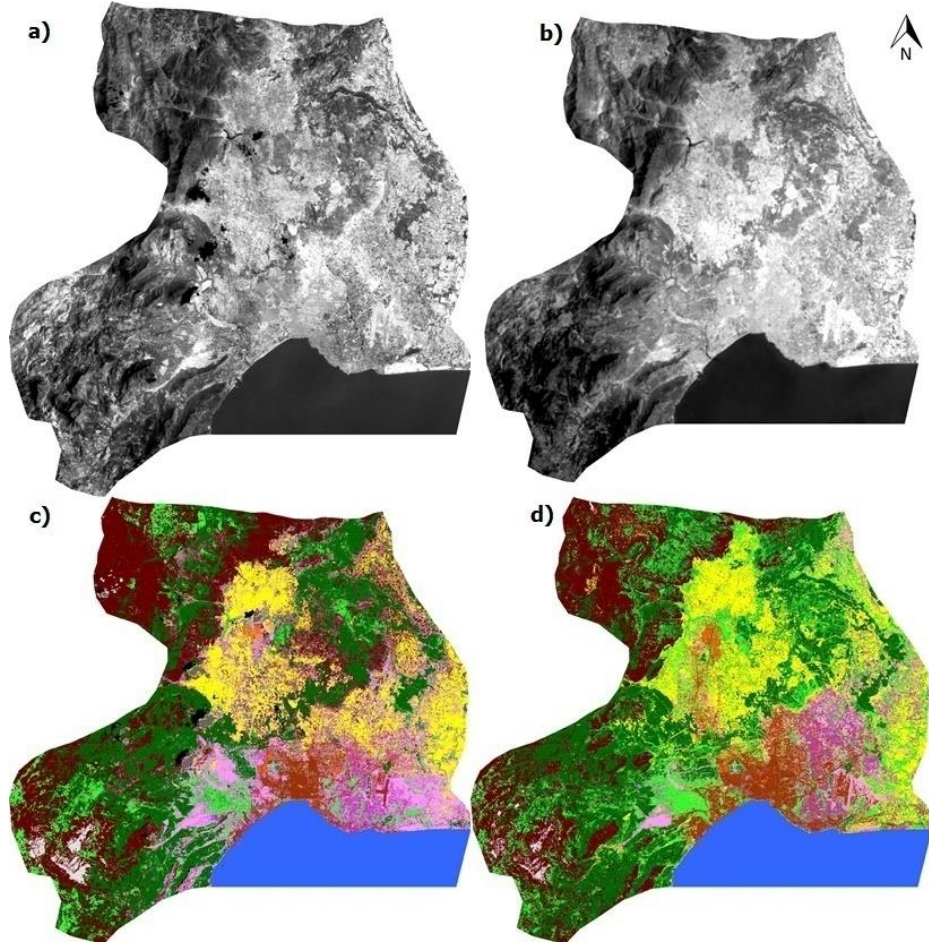
LST değerlerinin değişimi her üç çalışma alanı için de ayrı ayrı incelenmiştir. Sonuçlara bakıldığında, 2001-2014 yılları arasında Antalya çalışma alanında ortalama sıcaklık artışının en fazla $5,49^{\circ}\text{C}$ ve $5,15^{\circ}\text{C}$ ile sanayi alanlarında ve boş alanlarda olduğu gözlenmiştir. Bu alanları kent, sera, sulu ve kuru tarım alanları $3,86^{\circ}\text{C}$, $3,76^{\circ}\text{C}$, $3,72^{\circ}\text{C}$ ve $3,29^{\circ}\text{C}$ ’lik artış ile takip etmektedir. Yeşil alandaki artış ise $2,17^{\circ}\text{C}$ ile diğerlerine göre oldukça azdır. Ancak, su yüzeyleri sıcaklık artışının en az olduğu sınıftır ve artış miktarı $1,01^{\circ}\text{C}$ ’dir. Taşlık-kayalık alanlarda ise diğer arazi sınıflarının aksine sıcaklıkta $-1,1^{\circ}\text{C}$ ’lik bir azalma gözlenmiştir.

Isparta için ise, boş alan sınıfı yüzey sıcaklığındaki $3,56^{\circ}\text{C}$ ’lik artış ile en fazla ısınan alandır. Bu alanı $2,44^{\circ}\text{C}$, $1,56^{\circ}\text{C}$ ve $1,26^{\circ}\text{C}$ ’lik artış ile yeşil, sulu tarım ve sanayi alanları izlemektedir. Bu artış miktarı kentsel alan için $0,34^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur. Taşlık-kayalık alanlarda $0,2^{\circ}\text{C}$ ile en az sıcaklık artışı gözlenirken, kuru tarım alanlarının sıcaklık değerlerinde $1,1^{\circ}\text{C}$ ’lik düşüş gözlenmiştir. Diğer taraftan, Isparta ilinde bulunan su yüzeylerindeki sıcaklık artışı $1,5^{\circ}\text{C}$ bulunmuştur. Ancak, Isparta çalışma alanının sıcaklık değişimi incelenilirken çok küçük bir alan kapladıkları ve tutarlı sonuç veremeyecekleri düşünülerek su alanları ihmal edilmiştir.

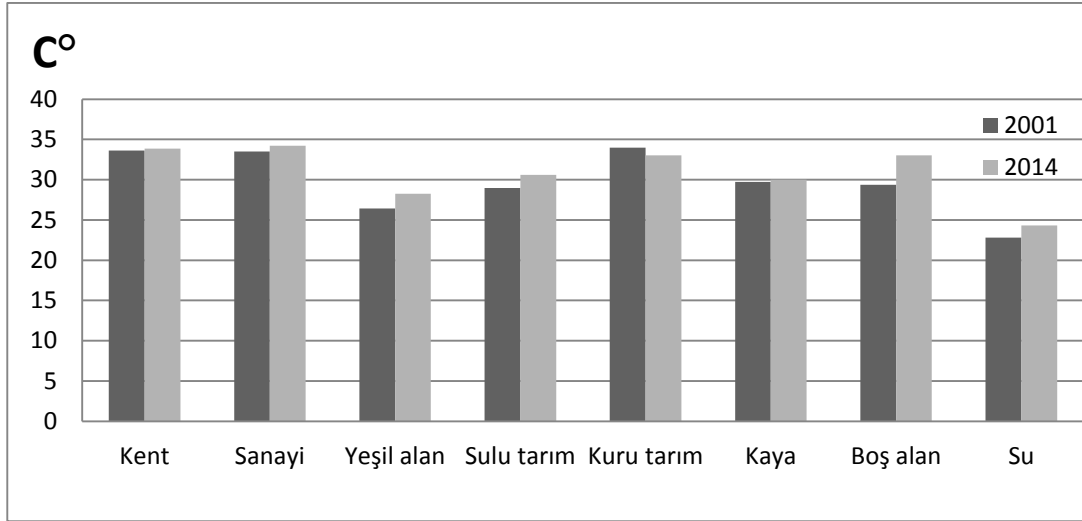
Burdur ilinin arazi sınıflarına bakıldığında boş alan ve su yüzeyleri dışındaki tüm sınıfların yüzey sıcaklıklarındaki artış 1°C ’nin altındadır. Ancak, sıcaklık değerlerindeki artış miktarı boş alanlarda $4,23^{\circ}\text{C}$ ve su yüzeylerinde $2,76^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur. Burdur ilinde sanayi alanları kent alanları ile birlikte incelenmiş ve kentsel alan olarak değerlendirilmiştir. Kentsel alandaki sıcaklık artışı ise $0,81^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur. Bu sıcaklık artışı yeşil ve sulu tarım alanları için sırasıyla, $0,85^{\circ}\text{C}$ ve $0,72^{\circ}\text{C}$ ’dir. Kuru tarım ve taşlık-kayalık alanlarda ise sıcaklıkta azalma görülmüştür. Bu değerler taşlık-kayalık alan için $-1,1^{\circ}\text{C}$ ve kuru tarım alanı için $-0,33^{\circ}\text{C}$ ’dir.



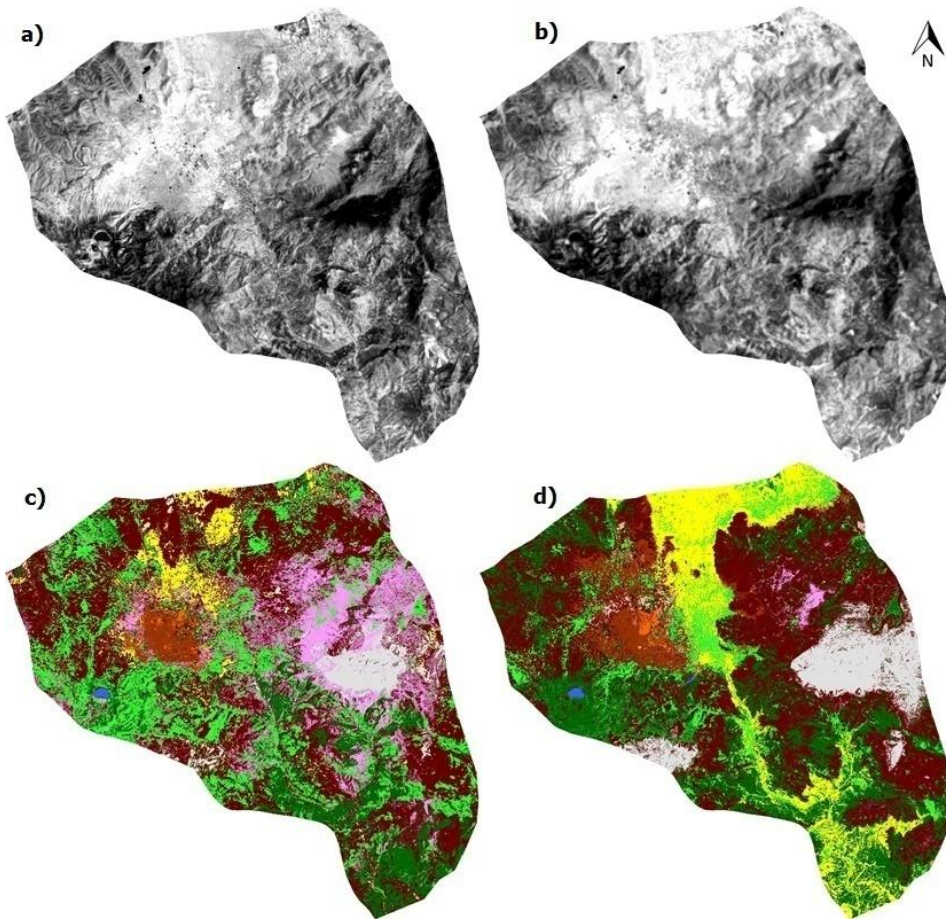
Şekil 4.13. Antalya bölgesinin 2001-2014 yılları arasındaki LST değişimi



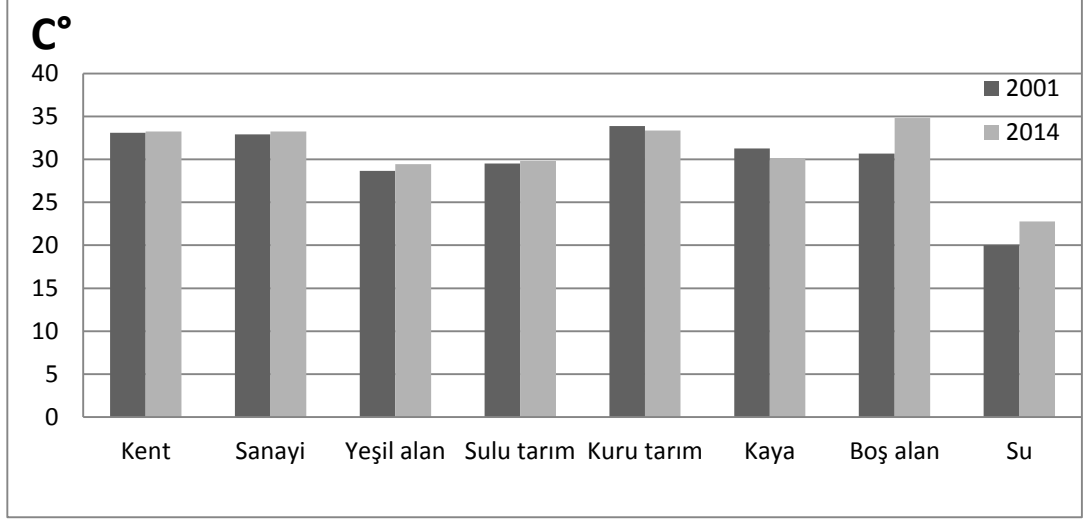
Şekil 4.14. Antalya bölgesi LST ve arazi kullanımı/örtüsü haritaları, (a) 2001 LST, (b) 2014LST, (c) 2001 Arazi kullanımı/örtüsü ve (d) 2014 Arazi kullanımı/örtüsü



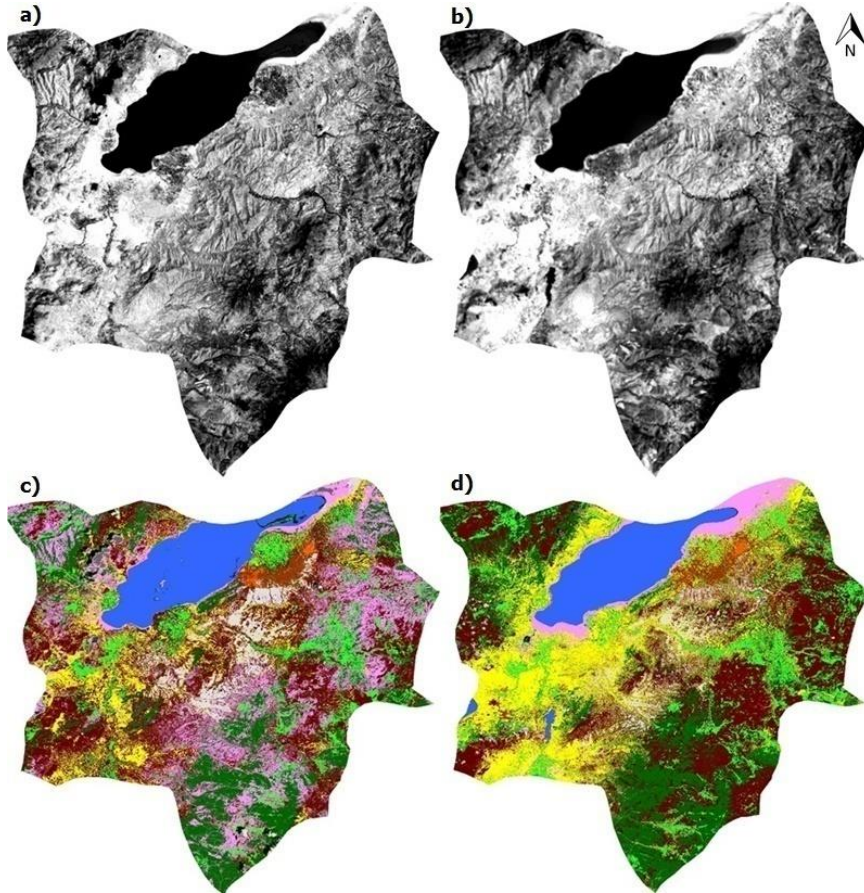
Şekil 4.15. Isparta bölgesinin 2001-2014 yılları arasındaki LST değişimi



Şekil 4.16. Isparta bölgesinin LST ve arazi kullanımı/örtüsü haritaları, (a) 2001 LST, (b) 2014 LST, (c) 2001 Arazi kullanımı/örtüsü ve (d) 2014 Arazi kullanımı/örtüsü

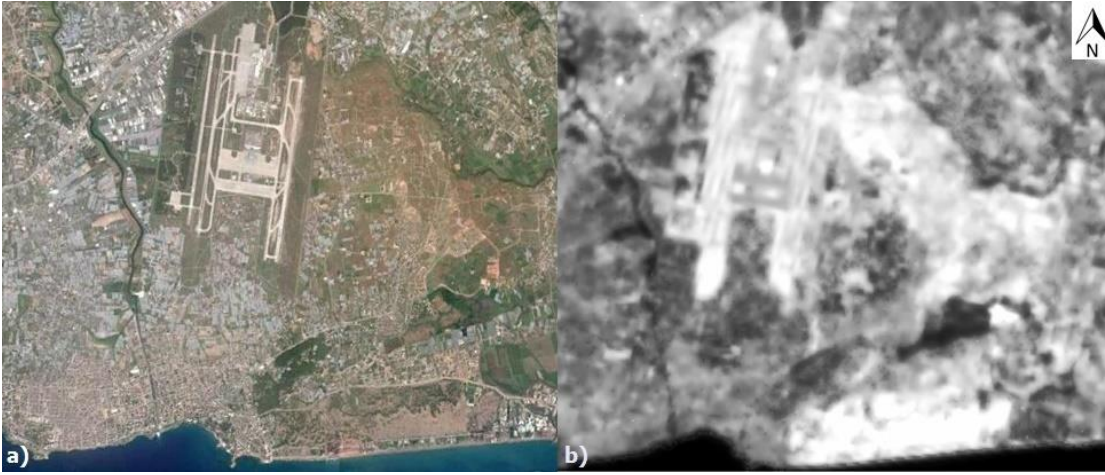


Şekil 4.17. Burdur bölgesinin 2001-2014 yılları arasındaki LST değişimi



Şekil 4.18. Burdur bölgesinin LST ve kullanımı/örtüsü haritaları, (a) 2001 LST, (b) 2014 LST, (c) 2001 Arazi kullanımı/örtüsü ve (d) 2014 Arazi kullanımı/örtüsü

Antalya çalışma alanı LST değerleri ve arazi özellikleri ilişkisinde, hava alanı en yüksek yüzey sıcaklığının görüldüğü kentsel alandır (Şekil 4.19 ve 4.120) ve hava alanının yüzey sıcaklık değeri 2001 yılında 40°C'ye kadar çıkarken 2014 yılında 45°C'ye kadar çıkmıştır. Bu değerler dikkate alındığında, hava alanının yüzey sıcaklığının ortalama kent yüzey sıcaklığından yaklaşık olarak 5°C fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca, yoğunluğu fazla olan kent alanlarında da yüzey sıcaklığının yoğunluğu az olan kent alanlarına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.20).

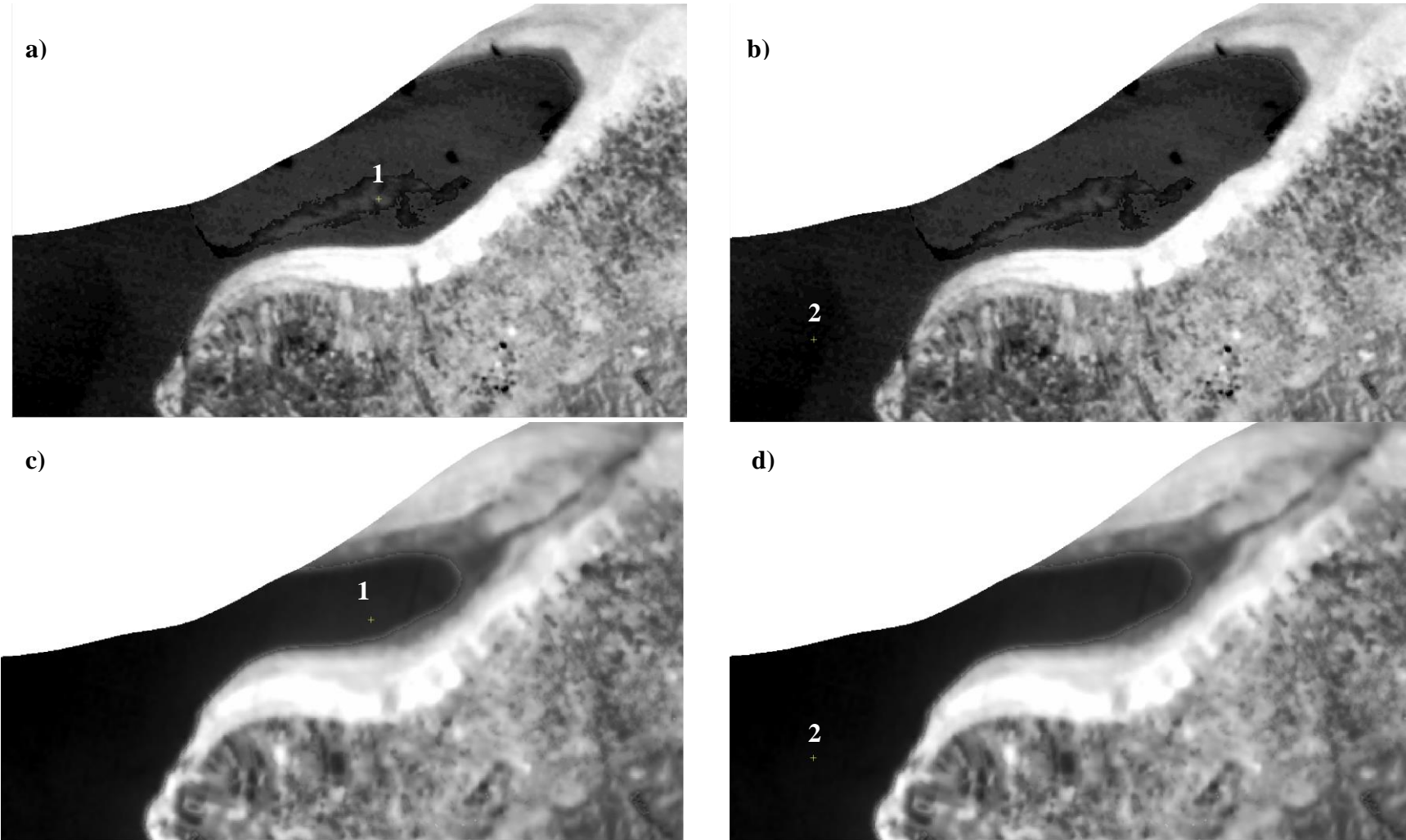


Şekil 4.19. Antalya hava alanı ve çevresi, (a) Google Earth görüntüsü, (b) Landsat 8 OLI görüntüsü



Şekil 4.20. Antalya ili kent merkezi ve çevresi, a) Google Earth görüntüsü, (b) Landsat 8 OLI görüntüsü

Burdur gölü 2001-2014 yılları arasında önemli derece de kuraklaşmıştır (Şekil 4.21). Şekil 4.21'de Burdur gölünün 2001 ve 2014 yıllarına ait görüntüleri görülmekte ve Şekil 4.22'de ise görüntülerde ki numaralı piksellerin ve etraflarındaki piksellerin sahip olduğu sıcaklık değerleri görülmektedir. Şekillerde 1 numaralı piksel kuraklaşan alanın yakınındadır (1) ve bu piksel ve etrafındaki pikseller 2001 yılında Burdur gölünün ortalama sıcaklığından (2) daha yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. 2014 yılında ise göl kuraklaşmıştır ancak yine aynı pikseller dikkate alındığında gölün ortalama sıcaklığından daha az miktarda yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.21. Burdur gölünün 2001 (a ve b) ve 2014 (c ve d) yılındaki görüntüleri

Şekil 4.22. Burdur gölünün 2001 (a ve b) ve 2014 (c ve d) yıllarında ki örnek sıcaklık değerleri

a)	26.5808	26.5808	26.5808	26.0825	26.0825	25.5822	25.5822
	26.5808	26.5808	26.5808	26.0825	26.0825	25.5822	25.5822
	26.5808	27.0772	27.0772	26.5808	26.5808	26.0825	26.0825
	26.5808	27.0772	27.0772	26.5808	26.5808	26.0825	26.0825
	25.0798	26.0825	26.0825	26.5808	26.5808	26.0825	26.0825
	25.0798	26.0825	26.0825	26.5808	26.5808	26.0825	26.0825
	24.7136	25.0798	25.0798	26.0825	26.0825	26.0825	26.0825
b)	21.7224	21.7224	21.7224	22.2615	22.2615	21.7224	21.7224
	21.7224	21.7224	21.7224	22.2615	22.2615	22.2615	22.2615
	21.7224	21.7224	21.7224	22.2615	22.2615	22.2615	22.2615
	21.7224	21.7224	21.7224	22.2615	22.2615	21.7224	21.7224
	21.7224	21.7224	21.7224	22.2615	22.2615	21.7224	21.7224
	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224
	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224	21.7224
c)	26.4473	26.4894	26.4894	26.5266	26.5266	26.5538	26.5538
	26.4473	26.4894	26.4894	26.5266	26.5266	26.5538	26.5538
	26.4671	26.4919	26.4919	26.5241	26.5241	26.5662	26.5662
	26.4671	26.4919	26.4919	26.5241	26.5241	26.5662	26.5662
	26.4869	26.4969	26.4969	26.5241	26.5241	26.5662	26.5662
	26.4869	26.4969	26.4969	26.5241	26.5241	26.5662	26.5662
	26.5241	26.534	26.534	26.5563	26.5563	26.5934	26.5934
d)	24.6067	24.6193	24.6193	24.6419	24.6419	24.6545	24.6545
	24.6092	24.6268	24.6268	24.657	24.657	24.6822	24.6822
	24.6092	24.6268	24.6268	24.657	24.657	24.6822	24.6822
	24.6118	24.6268	24.6268	24.6495	24.6495	24.6772	24.6772
	24.6118	24.6268	24.6268	24.6495	24.6495	24.6772	24.6772
	24.6118	24.6193	24.6193	24.6293	24.6293	24.647	24.647
	24.6118	24.6193	24.6193	24.6293	24.6293	24.647	24.647

4.3.2. LST - bitki yoğunluğu ilişkisi

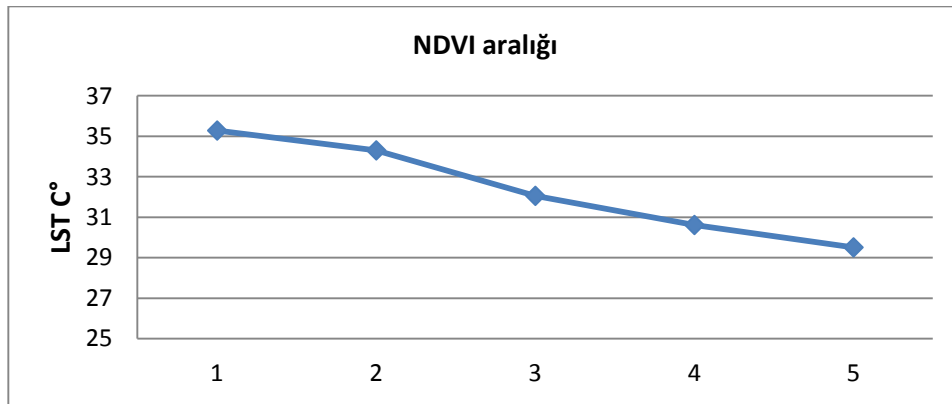
NDVI değerleri bitki yoğunluğu hakkında bilgi vermektedir. NDVI görüntüsünde su yüzeyleri 0 ve daha küçük, bitki içermeyen alanlar 0 ile 0,2 arasında, karışık pikseller 0,2 ile 0,5 değerleri arasında ve tamamen bitki içeren pikseller 0,5 değerinden büyük değer almaktadır. Bundan dolayı, NDVI değerleri yüzey özelliği hakkında bilgi vermektedir ve yüzey sıcaklığı ile ilişkilendirilmesi mümkündür. NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla, yukarıdaki değerler dikkate alınarak NDVI değerleri aralıklara bölünmüştür (Çizelge 4.15)

Çizelge 4.15. NDVI değer aralıkları

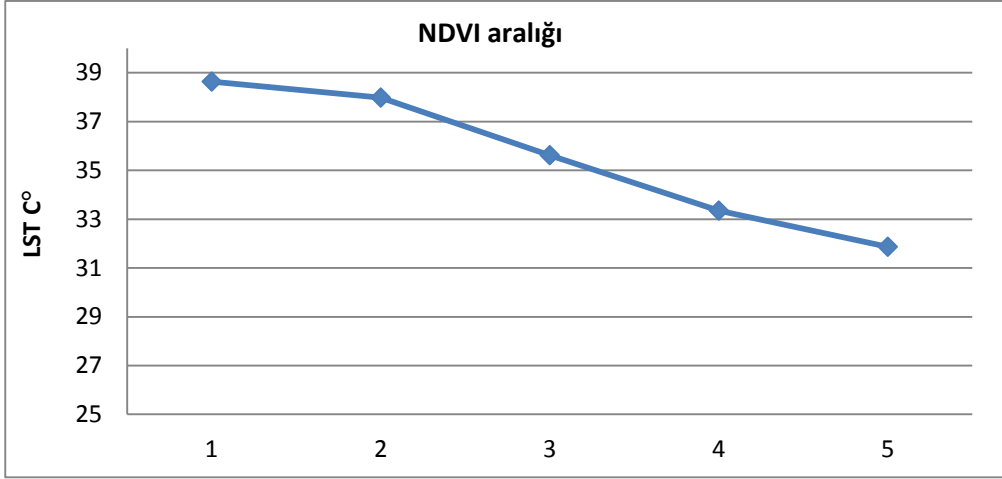
Aralık	1	2	3	4	5
NDVI değeri	0-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	<0,5

Her aralık için LST değerlerinin değişimini veren grafikler oluşturulmuştur (Şekil 4.23 - Şekil 4.28). Bulut, gölge, kar ve su yüzeyleri maskelenerek işlem yapılmıştır. NDVI değerinin değişimi incelendiğinde, sıcaklık değerlerinin en fazla düşüş gösterdiği durumun, 0,2-0,3 aralığı ile 0,3-0,4 aralığı arasında olduğu bulunmuştur. Ayrıca, yapılan karşılaştırma sonucunda, bitki yoğunluğu arttıkça yüzey sıcaklığının azaldığı gözlenmiştir. Bu durum Şekil 4.29'da kare içine alınmış alanda açıkça görülmektedir. 2001 yılında bitki örtüsüyle kaplı olan alanın yüzey sıcaklığı 28°C civarında iken, 2014 yılında alan kuraklaşarak boş araziye dönüşmüş ve yüzey sıcaklığı 47°C'ye kadar çıkmıştır. Burada sadece bitki örtüsünün yok olmasının etkisi yoktur. 2014 yılında sıcaklık değerleri bütün arazide artmıştır. Ancak artışın bu kadar yüksek olmasının en büyük sebebi yeşil alanların kurumasıdır.

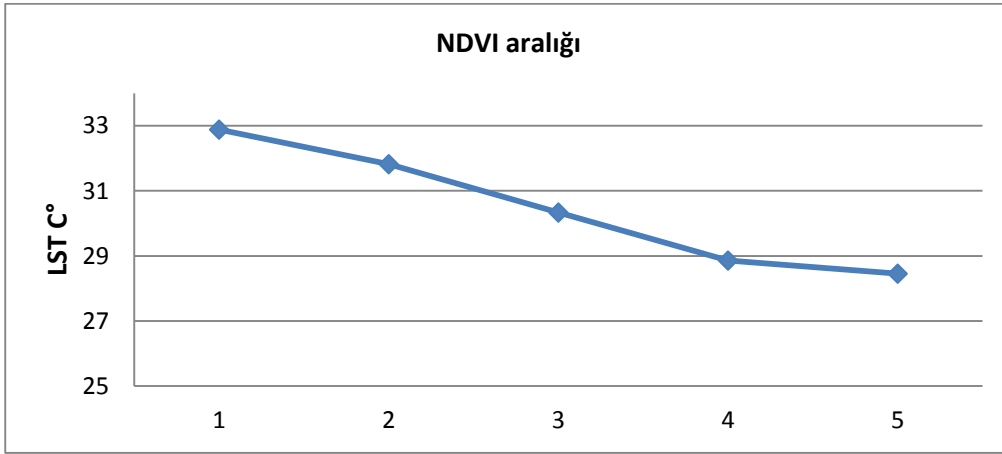
Ayrıca, Şekil 4.29 incelendiğinde daire içine alınmış alan için de aynı durum geçerlidir. Öyle ki boş arazi bitkiyle kaplanmamıştır ve boş arazi üzerine binalar inşa edilmiştir. Binalar peyzaj düzenlemesinden dolayı kısmi olarak yeşillendirilmiştir. Bu durumda dahi alanın yüzey sıcaklığı dikkate değer oranda azalmıştır.



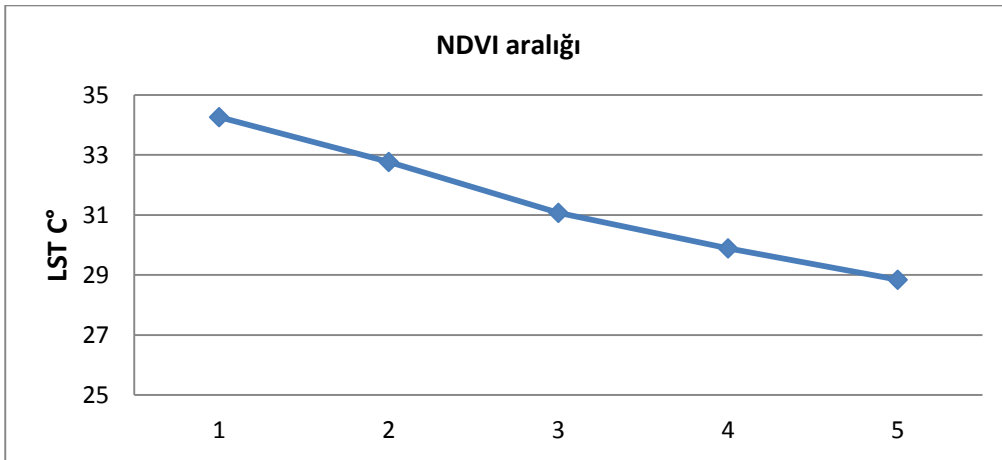
Şekil 4.23. 2001 Antalya LST - NDVI grafiği



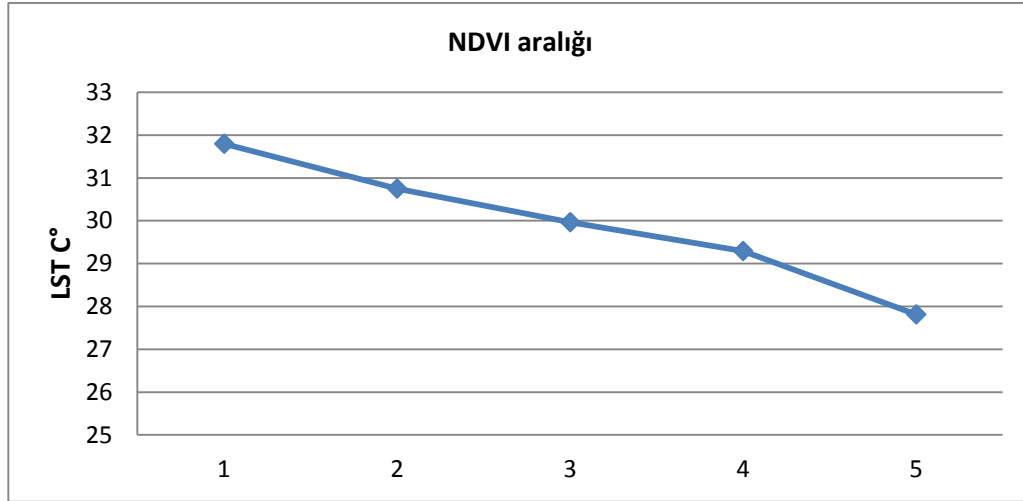
Şekil 4.24. 2014 Antalya LST - NDVI grafiği



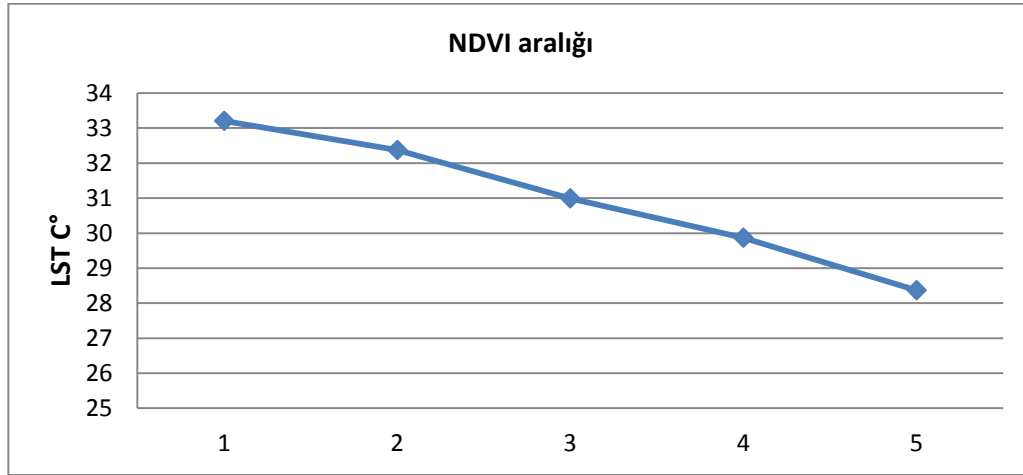
Şekli 4.25. 2001 Isparta LST - NDVI grafiği



Şekil 4.26. 2014 Isparta LST - NDVI grafiği



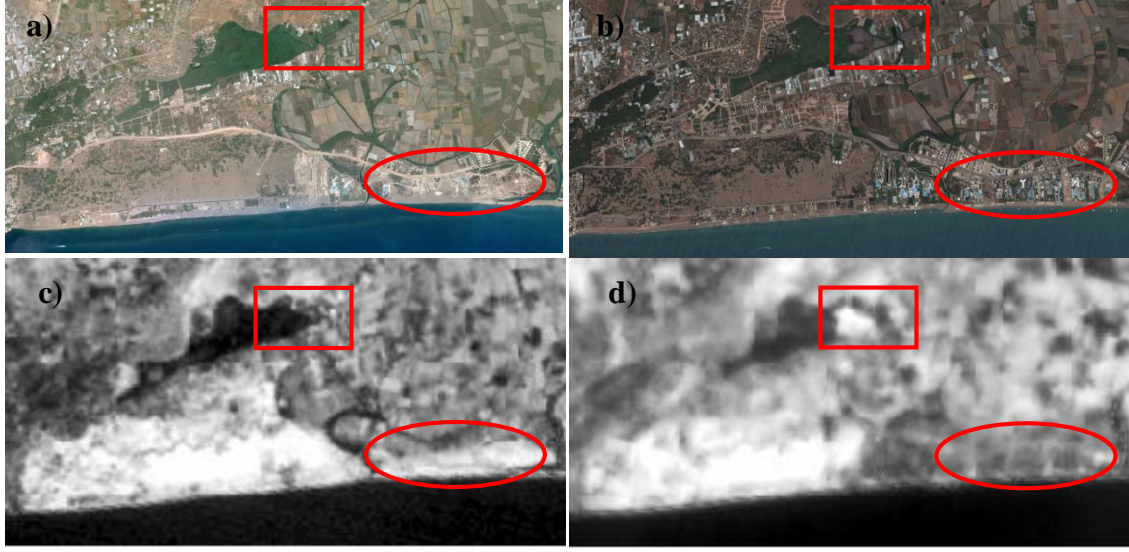
Şekil 4.27. 2001 Burdur LST - NDVI grafiği



Şekil 4.28. 2014 Burdur LST - NDVI grafiği

Yapılan incelemeler NDVI değerleri arttıkça yüzey sıcaklığının azaldığını göstermiştir. NDVI değerleri belirli aralıklara bölünerek incelenmiştir ve bu inceleme sonucuna göre;

- Çok yoğun olmasa dahi yeşil bitki ile kaplı alanlarda sıcaklık hiç yeşil bitki olmayan alanlardan daha düşüktür,
- Yeşil bitki alanlarının yüzey sıcaklığına etkileri bitki yoğunluğuna göre değişmektedir ve
- Yeşil bitki yoğunluğu arttıkça yüzey sıcaklığı azalmaktadır,
- Kent alanlarının yeşillendirilmesi yüzey sıcaklığını azaltarak, kent iklimine olumlu yönde etki etmektedir.



Şekil 4.29. Antalya Kundu oteller bölgesi, (a) 2004 Google Earth, (b) 2014 Google Earth, (c) 2001 Landsat 7 ETM+ Termal bant, (d) 2014 Landsat 8 OLI Termal bant(daire içine alınmış alan Kundu oteller bölgesini göstermekteyken, kare içinde görülen alanda 2001 yılında bitki ile kaplıyken 2014 yılında kuraklaşmış örnek alanı temsil etmektedir)

4.3.3. LST - DMSP_OLS gece ışıkları verisi ilişkisi

DMSP_OLS gece ışıkları verisi ile yüzey sıcaklıklarının karşılaştırması yapılmış ve aralarındaki korelasyon pozitif bulunmuştur. Bulunan korelasyon değeri, DMSP_OLS gece ışıkları verisinin sadece kent alanlarına ait bilgiler içermesi ve diğer alanların LST değerleriyle ilişkilendirilememesinden dolayı anlamlı olacak derecede yüksek değildir. DMSP_OLS gece ışıkları verisi ile çalışma alanındaki tüm sınıfların sahip olduğu LST değerleri arasında direk olarak bağlantı kurulamayacağı açıktır. Ancak, UHI çalışmalarında, kentsel ve kırsal alanların sıcaklık değerlerine ihtiyaç vardır. DMSP_OLS gece ışıkları verisinin LST değerleri ile ilişkisi düşünüldüğünde, NDVI verisi ile birlikte UHI çalışmalarında kullanılması faydalı olacağı öngörülmektedir. Daha önce Gallo vd (1995) tarafından da belirtildiği gibi, DMSP_OLS gece ışıkları verisinin, NDVI verisi ile birlikte büyük ölçekli ve yüksek duyarlılık gerektirmeyen çalışmalarda kent alanının çıkarımı için kullanılabileceği açıktır.

4.4. Kentsel Isı Adası Etkisi

Kentsel alanlar, kentleri oluşturan insan yapımı nesnelerin ısı tutma kapasitesi, buharlaşma mekanizmaları, kentlerin kuruldukları alanın coğrafi konumu, rüzgâr yollarının konumu, kentin dokusu gibi faktörlerden dolayı etraflarındaki alanlardan fazla ısınmaktadırlar. Kentsel ısı adalarını belirlemek için kentsel alan ile çevresinin sıcaklığının karşılaştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, karşılaştırma işlemi kent ve sanayi alanlarından oluşan kentsel alan ile yeşil alan ve sulu tarım alanlarından oluşan bitki alanları arasındaki sıcaklık farkı kullanılarak belirlenmiştir.

Kentsel alan ve bitki alanlarının sahip oldukları LST sıcaklıkları kullanılarak belirlenen UHI etkileri Antalya, Isparta ve Burdur illeri için, 2001 yılında 5,6 °C, 6,2 °C, 4,4 °C ve 2014 yılında 6,8 °C, 5,6 °C, 4,4 C olarak bulunmuştur.

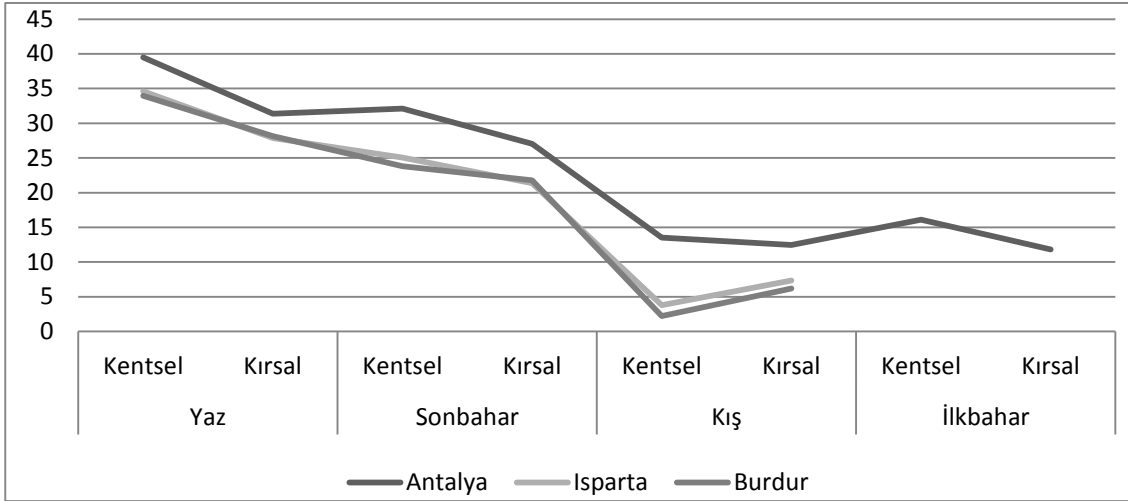
UHI etkisinin araştırılması sonucunda 2001-2014 yılları arasında;

- Antalya için UHI etkisinin 1,2 °C artmış olduğu,
- Isparta'da UHI etkisinin 0,6°C azalmış olduğu,
- Burdur'da UHI etkisinin değişmediği gözlenmiştir.

4.5. LST Değerlerinin Ve UHI Etkisi Büyüklüğünün Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi

UHI etkisinin mevsimsel olarak incelenmesi için eşik değerleri uygulanarak kentsel alanlar (Bkz. Şekil 3.28) ile bitkisel alanlar (Bkz. Şekil 3.29) belirlenmiştir. Bu işlem için, DMSP_OLS gece ışıkları verisi, ASTER SYM verisi ve emissivite verisinden faydalanılmıştır.

Öncelikli olarak, her üç çalışma alanındaki kentsel ve kırsal olarak tanımlanan alanların ortalama LST değerleri ve bu değerlerin mevsimsel olarak değişimleri incelenmiştir (Çizelge 4.16). Tanımlanan her iki arazi tipinde ve her mevsimde LST değerleri illere göre farklılık göstermektedir (Şekil 4.30).Antalya çalışma alanındaki kentsel alanlarda bütün mevsimlerde gözlenen LST değerleri, en yüksek değerlerken, en düşük değerler Burdur çalışma alanında gözlenmiştir. Kırsal alanlarda da en yüksek LST değerleri Antalya'da gözlenmesine karşın en düşük LST değerleri yaz ve sonbahar aylarında Isparta'da gözlenmiştir.



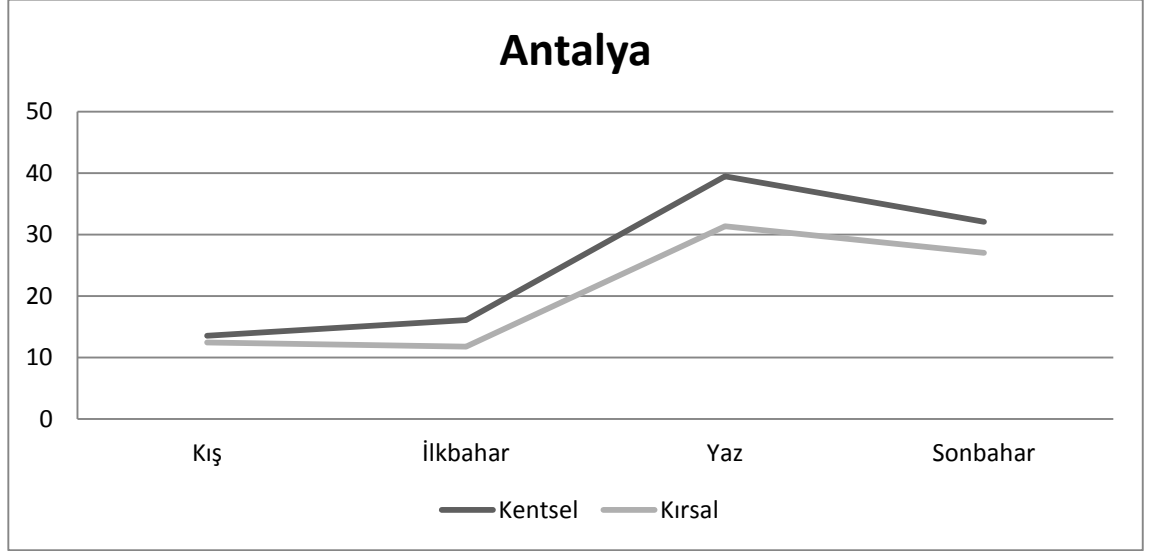
Şekil 4.30. Antalya, Isparta ve Burdur’da kentsel ve kırsal alanlarda, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerlerinin karşılaştırması

Çizelge 4.16. Antalya, Isparta ve Burdur, kentsel ve kırsal alanlarında farklı mevsimlerde gözlenen LST değerleri

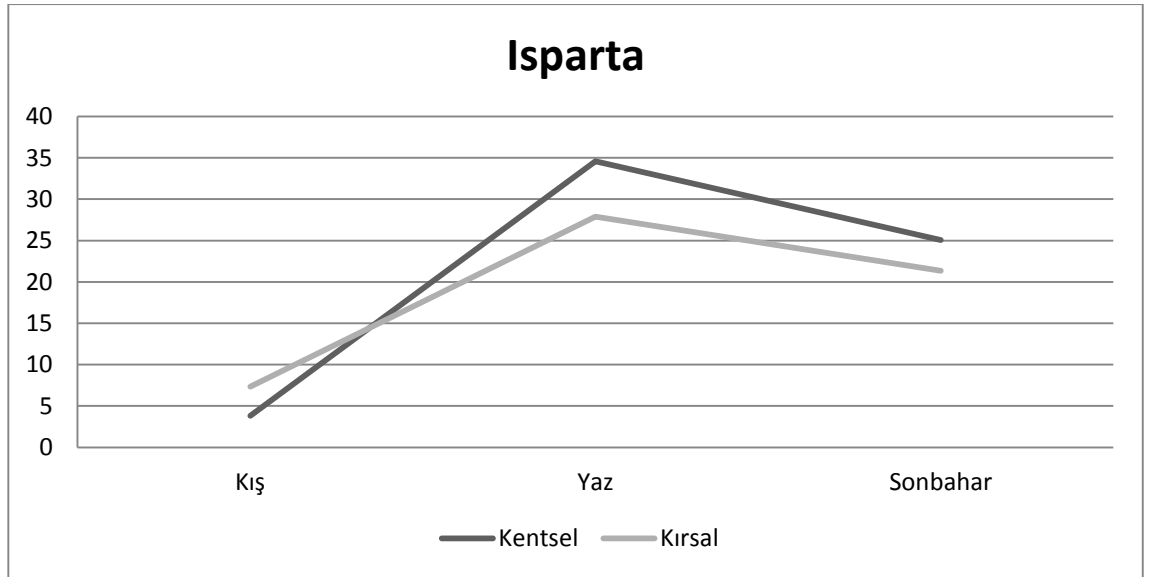
İl	Mevsim (Ay)	Arazi sınıfı	LST (°C)
Antalya	Kış (Aralık)	Kentsel	13,54 °C
		Kırsal	12,45 °C
	İlkbahar (Mart)	Kentsel	16,10 °C
		Kırsal	11,80 °C
	Yaz (Haziran)	Kentsel	39,49 °C
		Kırsal	31,37 °C
Sonbahar (Ekim)	Kentsel	32,11 °C	
	Kırsal	27,03 °C	
Isparta	Kış (Aralık)	Kentsel	3,81 °C
		Kırsal	7,35 °C
	Yaz (Haziran)	Kentsel	34,59 °C
		Kırsal	27,89 °C
	Sonbahar (Ekim)	Kentsel	25,07 °C
		Kırsal	21,35 °C
Burdur	Kış (Aralık)	Kentsel	2,23 °C
		Kırsal	6,18 °C
	Yaz (Haziran)	Kentsel	33,95 °C
		Kırsal	28,16 °C
	Sonbahar (Ekim)	Kentsel	23,81 °C
		Kırsal	21,80 °C

Çalışma alanlarının LST değerleri arasındaki bu fark, kentsel alanlarda 23 Aralık’ta (Kış) 10°C’ye kadar çıkarken, 17 Haziran’da (Yaz) 5°C’nin ve 7 Ekim’de (Sonbahar) ise 7°C’nin üstünde olmaktadır. Kırsal alanların LST değerlerine bakıldığında ise, Antalya yüzey sıcaklıkları Burdur ve Isparta yüzey sıcaklıklarından, 23 Aralık’ta 6°C’den, 17 Haziran’da 3°C’den ve son olarak 7 Ekim’de yaklaşık 6°C daha yüksektir.

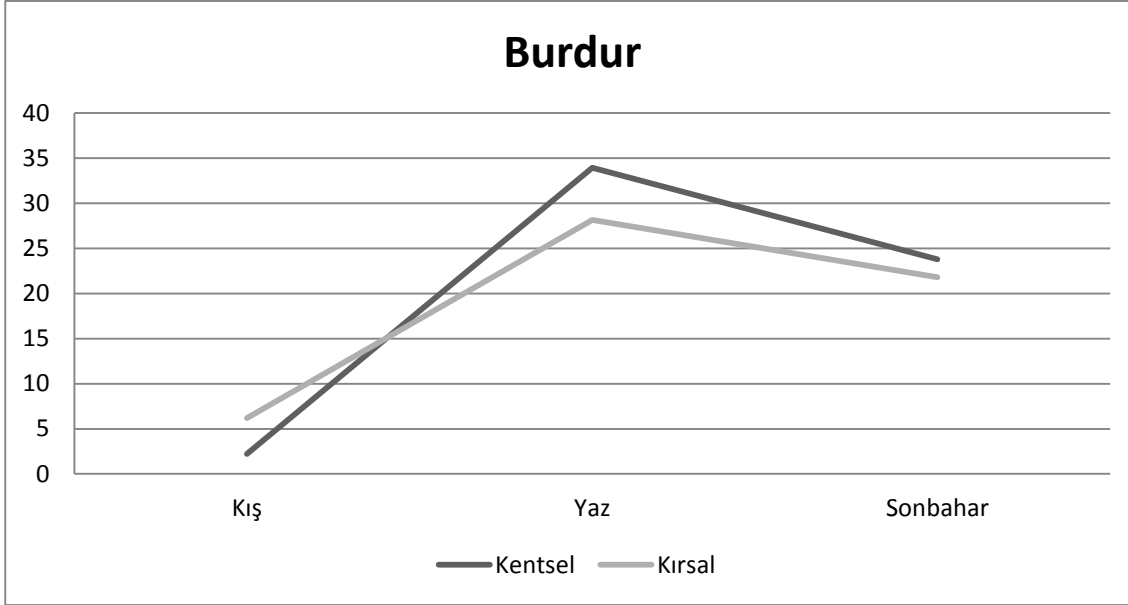
Şekil 4.30'da üç çalışma alanının LST değerlerinin karşılaştırması görülmüşken, Şekil 4.31, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'te de her ilin kentsel ve kırsal alanlarının sahip olduğu sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişiminin grafikleri ayrı ayrı görülmektedir.



Şekil 4.31. Antalya kentsel ve kırsal alanlarında, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerleri



Şekil 4.32. Isparta kentsel ve kırsal alanlarında, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerleri



Şekil 4.33. Burdur kentsel ve kırsal alanlarında, farklı mevsimlerde gözlenen LST (°C) değerleri

Bu grafikler ve Çizelge 4.16'ya göre, en yüksek LST değerleri Antalya, Isparta ve Burdur için sırasıyla, 39,49°C, 34,59°C ve 33,95°C olarak 17 Haziran'da kentsel alanlarda gözlenmiştir. En düşük LST değerleri ise Antalya için 13 Mart 2014 gününde 11,8°C ile kırsal alanda gözlenirken, Isparta ve Burdur'da sırasıyla 3,81°C ve 2,23°C ile 23 Aralık 2013 gününde kentsel alanlarda gözlenmiştir.

UHI etkisi büyüklüğünün mevsimlere göre değişimi incelendiğinde, yaz mevsiminin, her üç çalışma alanı içinde UHI etkisinin en etkili gözlendiği mevsim olduğu görülmüştür (Çizelge 4.17, Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19). Ayrıca, kış mevsiminde ki değişimi belirlemek için değerlendirilen aralık ayında Antalya'da UHI büyüklüğü 1,1°C ile en düşük bulunurken, Isparta ve Burdur'da ise UHI etkisi büyüklüğünün negatif olduğu gözlenmiştir.

Uygun görüntü bulunamaması sebebiyle ilkbahar mevsimindeki UHI etkisi büyüklüğü sadece Antalya için değerlendirilebilmiştir. Böylece Antalya çalışma alanının bütün mevsimlerde ki UHI etkisi büyüklüğü değişimleri incelenebilmiştir (Bkz. Çizelge 4.17). Yapılan incelemeler sonunda, Antalya'da, UHI etkisinin Aralık ayında yani kış mevsimi içinde, 1,1°C ile minimum hissedildiği ve ilkbahar mevsiminde havalarında ısınmasıyla UHI etkisinin 4,3'ye çıktığı saptanmıştır. Hava sıcaklıklarının en yüksek olduğu mevsim olan yaz mevsiminde UHI etkisinin, 8,1°C ile en fazla hissedildiği mevsim olduğu gözlenmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, UHI etkisinin Antalya için yaklaşık 3°C'lik azalma göstererek 5°C'ye indiği görülmüştür.

Çizelge 4.17. Antalya’da mevsimlere bağlı olarak Antalya UHI büyüklüğünün değişimi

Antalya	UHI Büyüklüğü
23 Aralık 2013	1,1 °C
13 Mart 2014	4,3 °C
17 Haziran 2014	8,1 °C
7 Ekim 2014	5,0 °C

Çizelge 4.18. Isparta’da mevsimlere bağlı olarak Isparta UHI büyüklüğünün değişimi

Isparta	UHI Büyüklüğü
23 Aralık 2013	-3,5 °C
17 Haziran 2014	6,6 °C
7 Ekim 2014	3,7 °C

Çizelge 4.19. Burdur’da mevsime bağlı olarak Burdur UHI büyüklüğünün değişimi

Burdur	UHI Büyüklüğü
23 Aralık 2013	-3,9 °C
17 Haziran 2014	5,8 °C
7 Ekim 2014	2,0 °C

Isparta ve Burdur çalışma alanları için yapılan inceleme sonuçlarına göre, bir senelik zaman dilimi içinde her iki bölge içinde UHI etkisi sırasıyla, (Çizelge 4.18 ve 4.19) -3,5°C ve -3,9°C ile kış mevsiminde en düşük değerini, yaz mevsiminde ise sırasıyla, 6,6°C ve 5,8°C ile en yüksek değerini almıştır. Sonbaharda ise düşüş göstermiş ve Isparta’da 3,7°C, Burdur’da ise 2°C olmuştur. Elde edilen 13 Mart 2014 tarihli görüntünün Isparta ve Burdur illerini içeren kısmının çok bulutlu olması nedeniyle ilkbahar mevsimi için değerlendirme bu iki alan için yapılamamıştır (Bkz. Şekil 3.5).

4.6. Çalışma Sonunda Elde Edilen Bulguların MODIS LST/Emissivite Ve Meteoroloji Verileri Kullanılarak Değerlendirilmesi

MODIS LST/Emissivite verisinin piksel değerleri yüzey sıcaklığını temsil etmektedir. Ancak, bu piksel değerleri sıcaklık biriminde değildir. Bu nedenle, MODIS LST/Emissivite verisi yeniden ölçeklenmiştir (Odindi vd 2015). Bu işlem için Formül 4.1 kullanılmıştır.

$$LST_M = (LST_I * 0.02) - 273.15 \quad (4.1)$$

LST_M: yeniden ölçeklenen MODIS DN değerleri

LSTr: orijinal MODIS LST/Emissivite DN değerleri

MODIS LST/Emissivite verisinden elde edilen LST değerleri Landsat görüntülerinin termal bantları kullanılarak elde edilen değerlerle karşılaştırılmış ve aralarındaki korelasyonun her alan için 0,9 değerinden büyük olduğu bulunmuştur. Ayrıca, sonuçlar incelendiğinde özellikle Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun termal bandından elde edilen LST değerler ile arasındaki farkın neredeyse bütün sınıflarda 1,5°C'den az olduğu görülmüştür. Landsat 7 ETM+ uydusunun termal bandından elde edilen LST değeri ile karşılaştırıldığında ise bu fark 3°C civarında olmaktadır.

Meteoroloji istasyonlarından alınan deniz suyu sıcaklığı verileri ile Landsat verilerinden elde edilen denizin ortalama yüzey sıcaklığı verileri karşılaştırıldığında, su yüzeylerinin sıcaklık farkının 2001 yılında 1,1°C civarı olduğu ve 2014 yılında 0,5°C'den az olduğu görülmüştür.

4.7. UHI Büyüklüklerinin Teorik Formüllerle Karşılaştırılması

Kentsel Isı Adası etkisinin kent nüfusuyla ilişkisini ortaya koymaya çalışan Oke (1973), Amerika (10) ve Avrupa'daki (11) kentlerle yaptığı çalışma sonucunda bu ilişkiyi tanımlayan bir denklem ortaya çıkarmıştır (4.2 ve 4.3)

$$T_{\text{KENT-KIR}} = 2,96 * \log P - 6,41 \quad (\text{Kuzey Amerika}) \quad (4.2)$$

$$T_{\text{KENT-KIR}} = 2,01 * \log P - 4,06 \quad (\text{Avrupa}) \quad (4.3)$$

Burada P, nüfusu belirtmektedir. Çalışmanın bu kısmında hesaplama yapmak için, 2001 yılının nüfus verileri temin edilememiş ve hesaplamalarda 2000 nüfus verileri kullanılmıştır. Denklem 4.3 kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çalışmada, $r^2 = 0,74$ ve standart hata $\pm 0,9^\circ\text{C}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 4.20. Denklem 4.3'e göre hesaplanan UHI büyüklükleri

Çalışma alanları	UHI büyüklüğü	
	2001	2014
Antalya	7,56 °C	8,16 °C
Isparta	4,71 °C	6,71 °C
Burdur	3,32 °C	5,98 °C

Imhoff vd (2010) yaptıkları çalışmada ABD'de bulunan 38 ili incelemiş ve kent boyutu ile UHI etkisi büyüklüğü arasında log-lineer bir ilişkinin olduğunu bulmuşlardır (4.4). Çalışmada, UHI etkisi büyüklüğü ile kent boyutu arasındaki ilişki %71 ve standart hata da $\pm 1,6^\circ\text{C}$ olarak belirtilmiştir. Ayrıca, bu sonuçların Oke (1973) ve Oke (1976) da tanımlanan UHI ile nüfus boyutu arasındaki ilişki ile benzer olduğu belirtilmiştir.

$$\Delta T_{\text{KENT-KIR}} = 3,48 * \log (\text{Alan}) + 1,75 \quad (4.4)$$

Denklem 4.4 ile hesaplanan değerler Çizelge 4.21’de görülmektedir.

Çizelge 4.21. Denklem 4.4’e göre hesaplanan UHI büyüklükleri

İller	UHI büyüklüğü	
	2001	2014
Antalya	6,89 °C	8,10 °C
Isparta	6,36 °C	7,61 °C
Burdur	5,71 °C	6,12 °C

Denklemlerden hesaplanan UHI büyüklükleri ile çalışma sonunda bulunan UHI etkisi büyüklükleri karşılaştırıldığında, Antalya için bulunan değerlerinin, UHI etkisi büyüklüğü ile hem kent boyutu hem de nüfus arasındaki ilişkiyi destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Isparta ve Burdur için ise, Imhoff vd (2010) tarafından önerilen ve UHI büyüklüğü ile kent alanı arasındaki ilişki tanımlayan denklem (4.4) ise bizim değerlerimiz uyuşmamaktadır. Ancak, 17 Haziran 2014 tarihi için, eşik değeri yöntemi kullanılarak hesaplanan UHI etkisi büyüklükleri ile Oke (1973) tarafından geliştirilen nüfus ile UHI etkisi büyüklüğü ilişkisini veren denklemden (3.3) hesaplanan üç ilin UHI etkisi değerlerinin uyumu dikkate değerdir. Yine aynı denklem ile (4.3) RF sınıflandırması sonucu belirlenen sınıflar kullanılarak hesaplanan UHI etkisi büyüklükleri arasında ise hata sınırları dahilinde fark olduğu ve sonuçlarının yakın olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır ve kentler hızla büyümektedir. Bu durum beraberinde düzensiz kentleşme, çevre kirliliği, altyapı yetersizlikleri gibi problemleri getirmektedir. Ayrıca, bu durum dünya üzerinde yaşayan canlılar için en büyük problemlerden birisi olan küresel iklim değişimini tetiklemektedir. Kentleri oluşturan alanlar kentleşmeyle birlikte çevrelerinde ki kırsal alanlardan daha fazla ısınmaktadır. Bundan dolayı, özellikle kentlerde yaşayan insan nüfusunun yaşam kalitesi, sağlık, ekonomi, konfor gibi birçok yönde olumsuz etkilenmektedir. Kent gelişiminin ve ikliminin incelenmesi, gelecekte yaşanması muhtemel kötü senaryolara hazır olmak ve daha önemlisi bu durumun önüne geçebilmek açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında Landsat uydu görüntüleri ve yardımcı veriler kullanılarak, Batı Akdeniz (TR61) bölgesindeki Antalya, Isparta ve Burdur illerinin merkezi ilçelerini kapsayan alanların UHI etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, bu alanların tematik haritaları oluşturulmuş, LST değerleri hesaplanmış ve bu verilerin aralarındaki ilişki kullanılarak UHI etkisi belirlenmiştir.

Sınıflandırma işlemi başarılı olmuştur ve sınıflandırma sonuçlarının genel doğruluk değerleri %77'nin üzerindedir. Landsat 8 uydusunun yeni iki bandı sınıflandırma doğruluğunu %2 civarında arttırmaktadır. Sınıflandırma işleminde yardımcı veri olarak kullanılan NDVI verisi sınıflandırma doğruluğunu en az etkileyen veri iken, ASTER SYM ve DMSP_OLS verileri sonuçları kayda değer oranda arttırmıştır. Bütün yardımcı verilerin kullanıldığı veri setlerinin sınıflandırma doğrulukları en yüksektir ve bütün verilerin kullanılmasının genel doğruluk değerini %11'e kadar arttırdığı görülmüştür. Bütün sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, Landsat 8 uydusunun çok bantlı görüntüleri ile yapılan sınıflandırma sonuçlarının genel doğrulukları, her veri setinde Landsat 7 uydusunun çok bantlı görüntüleri ile yapılan sınıflandırma sonuçlarının doğruluklarından daha yüksek bulunmuştur.

Çalışma alanında bulunan Antalya için elde edilen bulgular incelendiğinde, en yüksek LST değerlerinin Antalya'da gözlemlendiği görülmüştür. Antalya'nın konumu ve iklimi düşünüldüğünde bu durum olağandır. Çalışma döneminde (2001-2014), Antalya ili oldukça hızlı kentleşmiştir ve ilin temel geçim kaynaklarından olan tarım arazilerinin kapladıkları alan artmıştır. Antalya'da en yüksek yüzey sıcaklıkları kuru tarım alanı, boş alan ve kent alanında gözlenirken, en düşük sıcaklık değeri su yüzeylerinde gözlenmiştir. Boş alanlar ve sanayi alanları ise sıcaklığın 13 yıllık süreçte en çok arttığı sınıflardır ve artış miktarı 5°C'nin üzerindedir. Su yüzeyleri ise 1°C'lik artış ile sıcaklığın en az arttığı sınıftır. Bütün alanların ortalama sıcaklığı dikkate alındığında Antalya çalışma alanında sıcaklık 2001 yılından 2014 yılına kadar geçen sürede 2,5°C artmıştır.

Isparta çalışma alanının sonuçları irdelendiğinde, arazi sınıflarının ortalama yüzey sıcaklığının çalışma süresinde, 1,2°C arttığı gözlenmiştir. Bununla beraber yüzey sıcaklığının en fazla arttığı sınıfın 3,5°C'lik artış ile boş alan sınıfı olduğu görülmüştür. 2001 yılında Isparta'daki bitki alanları Antalya ve Burdur'dan daha düşük yüzey sıcaklığına sahiptir. Ayrıca, Antalya ve Burdur'da bitki alanlarının yüzey sıcaklığındaki artış diğer alanlara göre oldukça az olmasına karşın, Isparta'da bitki alanları boş

alanlardan sonra 2,44°C ile en fazla yüzey sıcaklığı artışı gözlenen alanlardır. Isparta için UHI etkisi 2001 yılında 6,2°C ve 2014 yılında 5,6°C olarak bulunmuştur.

Çalışma alanındaki en düşük ortalama yüzey sıcaklığı her iki yıl için de Burdur'da gözlenmiştir. 2001 yılında Burdur arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının sıcaklık ortalaması 29,4°C ve 2014 yılında ise 30,5°C'dir. Ayrıca, 2001 yılından 2014 yılına ortalama yüzey sıcaklığı en az artış gösteren bölgedir ve bu artış 1,1°C'dir. Ancak, boş alan sınıfı diğer iki çalışma bölgesinde olduğu gibi yüzey sıcaklığı en fazla artan sınıftır ve artış miktarı 4°C'nin üstündedir. Bölgedeki su yüzeylerinin sıcaklık artışı 2,7°C olması dikkate değerdir. Antalya için bu değer 1°C iken Burdur'da 2,5°C fazladır. Burdur gölünün yüzey alanının küçülmesinin bu durumun sebebi olması muhtemeldir.

UHI etkisinin büyüklüğü Antalya'da 13 yıllık süreçte 1,2°C artmıştır ve bu durum Voght'un 2001 yılında yaptığı çalışmada UHI etkisinin 10 yılda 1°C civarında arttığını belirtmesiyle uyumludur. Buna ek olarak, UHI etkisi Isparta 0,6°C azalmış ve Burdur'da ise değişmemiştir. Bütün çalışma alanlarının 2001 ve 2014 nüfusları incelendiğinde (Bkz. Çizelge 3.1), Antalya çalışma alanında nüfusun arttığı, Isparta'da azaldığı ve Burdur'da değişmediği gözlenmiştir. Bu durum UHI etkisinin değişimiyle uyumludur ve nüfus ile UHI etkisi arasındaki ilişkiyi gözönüne sermektedir. 2001 yılında UHI etkisinin en fazla hissedildiği bölge Isparta bölgesiyken 2014 yılında Antalya bölgesi olmuştur. Bu üç çalışma alanının ortalama yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında, çalışma süresince Antalya, Isparta ve Burdur için ortalama yüzey sıcaklıklarının sırasıyla, 2,5°C, 1,2°C ve 1,1°C arttığı görülmüştür. Ayrıca, Antalya, Isparta ve Burdur kentsel yüzey sıcaklıkları 2001 yılında birbirine yakinken, 2014 yılında Antalya kentsel alan sıcaklıkları diğerlerine oranla oldukça artmıştır. Öyle ki, Isparta ve Burdur kentsel alanlarının sıcaklık artışı 1,2°C ve daha azken, Antalya'da 3,8°C'den daha fazla olmuştur. Bu durum UHI etkisinin değişimine neden olmuştur. 2014 yılı sonuçlarına göre Antalya seçilen çalışma alanları arasında en yoğun kentleşen şehirdir ve bu sonuçlara bakılarak kentleşmenin UHI büyüklüğünü etkilediği söylenebilir. Bununla beraber, çalışma alanları içerisinde ortalama yüzey sıcaklıkları en çok artan Antalya ve en az artan Burdur'dur. Bu durum kent büyüklüğünün, kent ve çevresinin yüzey sıcaklıklarına etkisini göstermektedir.

Bunlara ek olarak, çalışma dahilinde, yüzey sıcaklık değerlerinin NDVI verisi (bitki yoğunluğu), DMSP_OLS gece ışıkları verisi ve kentsel alan yapısı ile ilişkisi de incelenmiştir. İncelemelerden elde edilen bulgulara göre, boş alanlar en yüksek sıcaklık değerlerine sahipken, hava alanı, sanayi gibi yeşil alanı içermeyen alanlar, yüzey sıcaklığının en yüksek olarak gözlemlendiği kentsel alanlardır. Yoğun olarak binaların bulunduğu kentsel alanlar daha yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir ancak bu alanların yeşillendirilmesi sıcaklık artışını olumlu yönde etkilemektedir. Çalışılan alandaki bitki yoğunluğu arttıkça yüzey sıcaklık değerleri önemli ölçüde azalmaktadır. DMSP_OLS gece ışıkları verisi ile yüzey sıcaklık değerleri arasında pozitif yönlü bir ilişki mevcut olmasına rağmen, bu iki veriyi bütün arazi yüzeylerinde birbiriyle doğrudan ilişkilendirmek doğru değildir. Ancak, DMSP_OLS gece ışıkları verisinin kentsel alan çıkarımı yapmak amacıyla UHI çalışmalarında kullanılması faydalı olmaktadır.

DMSP_OLS gece ışıkları verisi, ASTER SYM ve emissivite verisi kullanılarak belirlenen LST değerlerinin ve UHI etkisi büyüklüklerinin mevsimsel olarak değişimi incelenmiştir. 2013 ve 2014 yıllarının görüntüleri kullanılarak yapılan incelemede, her üç

çalışma alanında değerlendirilmiştir. En yüksek LST değerlerinin, Antalya’da ve yaz ayında gözlemlendiği görülmüştür. Antalya için kentsel alanların yüzey sıcaklıklarının her zaman kırsal alandan daha yüksek olduğu buna karşın Isparta ve Burdur için kış mevsiminde kırsal alanların kentsel alanlardan daha sıcak olduğu bulunmuştur. Ayrıca, UHI etkisinin en yüksek olduğu zamanın yaz mevsimi, en düşük olduğu zamanın ise kış mevsimi olduğu ve sonbaharda ilkbahardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, UHI etkisinin tüm mevsimlerde Antalya için en yüksek ve Burdur için en düşük olduğu tespit edilmiştir. UHI etkisi Antalya için hiçbir mevsimde negatif olmazken, Isparta ve Burdur illerinde aralık ayında negatif değer almıştır. Bunun nedeni kış ayında kentsel yüzeyler sürekli soğurken, bitki ile kaplı alanların sıcaklıklarını muhafaza edebilmeleridir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, daha önceki çalışmalarda önerilen ve UHI ile nüfus (4.3) ve kent boyutu (4.4) ilişkisini belirten iki farklı denklemden elde edilen UHI etkisi büyüklükleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar ve çalışmanın diğer bulgularının incelenmesiyle, kentte yaşayan nüfusun ve kent boyutunun UHI etkisi büyüklüğünü etkilediği görülmüştür. Bitkisel alanların, yeşil bitki yoğunluğuna göre değişmekle birlikte, yazın sıcaklığı düşürmekle kalmayıp kış aylarında da sıcaklığı muhafaza ettikleri görülmüştür. Bundan dolayı, bitki alanlarının korunması ve kentlerin bölgesel iklimi ve çevreyi olumsuz etkilemeyecek şekilde planlı gelişmesi önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- AKAR, Ö., ve GÜNGÖR, O. 2012. Classification of multispectral images using Random FOREST ALGORITHM. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 1 (2): 105-112.
- AKTOB. (2015).from <http://www.aktob.org.tr/pdf/AKTOB.BULTEN.KASIM.2015.pdf>
- ANIELLO, C., MORGAN, K., BUSBEY, A., ve NEWLAND, L. 1995. Mapping micro-urban heat islands using LANDSAT TM and a GIS. *Comput. Geosci.*, 21 (8): 965-969.
- ARTIS, D.A., and CARNAHAN, W.H. 1982. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12 (4): 313-329.
- ASTER_GDEM. (2015) from <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp>
- BALLING, R.C., and BRAZEL, S.W. 1988. High-Resolution Surface-Temperature Patterns in a Complex Urban Terrain. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54 (9): 1289-1293.
- BEKTAŞ BALÇIK, F. 2013. Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186 (2): 859-872.
- BELGIU, M., and DRĂGUȚ, L. 2016. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114: 24-31.
- BORNSTEIN, R.D. 1968. Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology*, 7: 575-582.
- BREIMAN, and CUTLER, A. (2016). Random Forests.
- BREIMAN, L. 2001. Random forests. *Machine Learning*, 45 (1): 5-32.
- CARLSON, T.N., and RIPLEY, D.A. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62 (3): 241-252.
- CARNAHAN, W.H., and LARSON, R.C. 1990. An Analysis of an Urban Heat Sink. *Remote Sensing of Environment*, 33 (1): 65-71.
- CASELLES, V., GARCIA, M.J.L., MELIA, J., and CUEVA, A.J.P. 1991. Analysis of the Heat-Island Effect of the City of Valencia, Spain, through Air-Temperature Transects and Noaa Satellite Data. *Theoretical and Applied Climatology*, 43 (4): 195-203.

- CHANDLER, T.J. 1965. The climate of London. Hutchinson and Co
- CHEN, X.L., ZHAO, H.M., LI, P.X., and YIN, Z.Y. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104 (2): 133-146.
- CHUN, B., and GULDMANN, J.M. 2014. Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities. *Landscape and Urban Planning*, 125: 76-88.
- CİCEK, I., and DOGAN, U. 2006. Detection of urban heat island in Ankara, Turkey. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, 29 (4): 399-409.
- DOUSSET, B. (1989, 10-14 July 1989). *Avhrr-derived Cloudiness And Surface Temperature Patterns Over The Los Angeles Area And Their Relationships To Land Use*. Paper presented at the Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1989. IGARSS'89. 12th Canadian Symposium on Remote Sensing., 1989 International.
- EFFAT, H.A., and HASSAN, O.A.K. 2014. Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, Egypt. *Urban Climate*, 10: 171-188.
- ELVIDGE, C.D., IMHOFF, M.L., BAUGH, K.E., HOBSON, V.R., NELSON, I., SAFRAN, J. vd 2001. Night-time lights of the world: 1994-1995. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 56 (2): 81-99.
- EPA. (2014). from <http://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/basicscompndium.pdf>
- FEIZIZADEH, B., and BLASCHKE, T. 2013. Examining Urban Heat Island Relations to Land Use and Air Pollution: Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis for Thermal Remote Sensing. *Ieee Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6 (3): 1749-1756.
- FENG, H.H., ZHAO, X.F., CHEN, F., and WU, L.C. 2014. Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island. *Advances in Space Research*, 53 (3): 463-473.
- GALLO, K.P., MCNAB, A.L., KARL, T.R., BROWN, J.F., HOOD, J.J., and TARPLEY, J.D. 1993a. The Use of a Vegetation Index for Assessment of the Urban Heat-Island Effect. *International Journal of Remote Sensing*, 14 (11): 2223-2230.
- GALLO, K.P., MCNAB, A.L., KARL, T.R., BROWN, J.F., HOOD, J.J., and TARPLEY, J.D. 1993b. The Use of Noaa Avhrr Data for Assessment of the Urban Heat-Island Effect. *Journal of Applied Meteorology*, 32 (5): 899-908.

- GALLO, K.P., TARPLEY, J.D., MCNAB, A.L., and KARL, T.R. 1995. Assessment of Urban Heat Islands - a Satellite Perspective. *Atmospheric Research*, 37 (1-3): 37-43.
- GISLASON, P.O., BENEDIKTSSON, J.A., and SVEINSSON, J.R. 2006. Random Forests for land cover classification. *Pattern Recognition Letters*, 27 (4): 294-300.
- HOWARD, L. 1833. The Climate of London deduced from meteorological observation (Vol. I-III). Harvey and Darton: London London,
- HU, Y.S., and JIA, G.S. 2010. Influence of land use change on urban heat island derived from multi-sensor data. *International Journal of Climatology*, 30 (9): 1382-1395.
- HUNG, T., UCHIHAMA, D., OCHI, S., and YASUOKA, Y. 2006. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8 (1): 34-48.
- IINO, A., and HOYANO, A. 1996. Development of a method to predict the heat island potential using remote sensing and GIS data. *Energy and Buildings*, 23 (3): 199-205.
- IMHOFF, M.L., ZHANG, P., WOLFE, R.E., and BOUNOUA, L. 2010. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114 (3): 504-513.
- JIMENEZ-MUNOZ, J.C., and SOBRINO, J.A. 2003. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 108 (D22).
- JIMENEZ-MUNOZ, J.C., SOBRINO, J.A., SKOKOVIC, D., MATTAR, C., and CRISTOBAL, J. 2014. Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. *Ieee Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11 (10): 1840-1843.
- JIN, M.J., LI, J.M., WANG, C.L., and SHANG, R.L. 2015. A Practical Split-Window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat-8 Data and a Case Study of an Urban Area in China. *Remote Sensing*, 7 (4): 4371-4390.
- KARACA, M., TAYANC, M., and TOROS, H. 1995. Effects of Urbanization on Climate of Istanbul and Ankara. *Atmospheric Environment*, 29 (23): 3411-3421.
- KARL, T.R., DIAZ, H.F., and KUKLA, G. 1988. Urbanization: Its Detection and Effect in the United States Climate Record. *Journal of Climate*, 1 (11): 1099-1123.
- KAYA, S., BASAR, U.G., KARACA, M., and SEKER, D.Z. 2012. Assessment of Urban Heat Islands Using Remotely Sensed Data. *Ekoloji*, 21 (84): 107-113.

- KIM, H.H. 1992. Urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*, 13 (12): 2319-2336.
- KOC-SAN, D. 2013a. Evaluation of different classification techniques for the detection of glass and plastic greenhouses from WorldView-2 satellite imagery. *Journal of Applied Remote Sensing*, 7 (1): 1-19.
- KOC-SAN, D. 2013b. Thematic mapping of urban areas from WorldView-2 satellite imagery using machine learning algorithms. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 2 (1): 29-38.
- KOLOKOTRONI, M., GIANNITSARIS, I., and WATKINS, R. 2006. The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies. *Solar Energy*, 80 (4): 383-392.
- KUŞÇU-ŞİMŞEK, Ç., ve ŞENGEZER, B. 2012. İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *MEGARON*, 7 (2): 116-128.
- LEE, H.-Y. 1993. An application of NOAA AVHRR thermal data to the study of urban heat islands. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 27 (1): 1-13.
- LILLESAND, T.M., and KIEFER, R.W. 2000. Remote Sensing and Image Interpretation (4 ed.). John Wiley & Sons,
- MALLICK, J., RAHMAN, A., and SINGH, C.K. 2013. Modeling urban heat islands in heterogeneous land surface and its correlation with impervious surface area by using night-time ASTER satellite data in highly urbanizing city, Delhi-India. *Advances in Space Research*, 52 (4): 639-655.
- MGM. (2016). from <http://dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx#sfU>
- NICHOL, J. 2005. Remote sensing of urban heat islands by day and night. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 71 (5): 613-621.
- NOAA_OLS. (2012). Operational Linescan System. from <http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/sensors/ols.html>
- ODINDI, J.O., BANGAMWABO, V., and MUTANGA, O. 2015. Assessing the Value of Urban Green Spaces in Mitigating Multi-Seasonal Urban Heat using MODIS Land Surface Temperature (LST) and Landsat 8 data. *International Journal of Environmental Research*, 9 (1): 9-18.
- OKE, T.R. 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment (1967)*, 7 (8): 769-779.
- OKE, T.R. 1976. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. *Atmosphere*, 14 (4): 268-277.

- OKE, T.R. 1982. The Energetic Basis of the Urban Heat-Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108 (455): 1-24.
- OKE, T.R. (1995). The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects. In J. E. Cermak, A. G. Davenport, E. J. Plate & D. X. Viegas (Eds.), *Wind Climate in Cities* (pp. 81-107). Dordrecht: Springer Netherlands.
- PAL, M. 2005. Random forest classifier for remote sensing classification. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (1): 217-222.
- PRICE, J.C. 1979. Assessment of the Urban Heat Island Effect through the Use of Satellite Data. *Monthly Weather Review*, 107 (11): 1554-1557.
- QIN, Z., KARNIELI, A., and BERLINER, P. 2001. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22 (18): 3719-3746.
- RAO, P.K. 1972. Remote Sensing of Urban Heat Islands from an Environmental Satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 53 (7): 647.
- ROTH, M., OKE, T.R., and EMERY, W.J. 1989. Satellite-Derived Urban Heat Islands from 3 Coastal Cities and the Utilization of Such Data in Urban Climatology. *International Journal of Remote Sensing*, 10 (11): 1699-1720.
- ROZENSTEIN, O., QIN, Z.H., DERIMIAN, Y., and KARNIELI, A. 2014. Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm. *Sensors*, 14 (4): 5768-5780.
- SEKERTEKIN, A., KUTOGLU, S.H., and KAYA, S. 2016. Evaluation of spatio-temporal variability in Land Surface Temperature: A case study of Zonguldak, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188 (1): 1-15.
- SINGH, R.B., GROVER, A., and ZHAN, J.Y. 2014. Inter-Seasonal Variations of Surface Temperature in the Urbanized Environment of Delhi Using Landsat Thermal Data. *Energies*, 7 (3): 1811-1828.
- SOBRINO, J.A., JIMENEZ-MUNOZ, J.C., and PAOLINI, L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90 (4): 434-440.
- SOBRINO, J.A., JIMENEZ-MUNOZ, J.C., SORIA, G., ROMAGUERA, M., GUANTER, L., MORENO, J. vd 2008. Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46 (2): 316-327.

- SOBRINO, J.A., and RAISSOUNI, N. 2000. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*, 21 (2): 353-366.
- SRIVASTAVA, P.K., MAJUMDAR, T.J., and BHATTACHARYA, A.K. 2009. Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data. *Advances in Space Research*, 43 (10): 1563-1574.
- STREUTKER, D.R. 2003. Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, 85 (3): 282-289.
- SUGA, Y., OGAWA, H., OHNO, K., and YAMADA, K. 2003. Detection of surface temperature from Landsat-7/ETM+. *Advances in Space Research*, 32 (11): 2235-2240.
- SUTTON, P.C., TAYLOR, M.J., and ELVIDGE, C.D. (2010). Using DMSP OLS Imagery to Characterize Urban Populations in Developed and Developing Countries. In T. Rashed & C. Jürgens (Eds.), *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas* (pp. 329-348). Dordrecht: Springer Netherlands.
- TAYANC, M., and TOROS, H. 1997. Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. *Climatic Change*, 35 (4): 501-524.
- TODAİE. (2016). İlçe nüfusları. 21.06.2016, from <http://www.yerelnet.org.tr/iller/>
- TÜİK. (2010). Bölgesel Göstergeler [TR61: Antalya, Isparta, Burdur], 2010. 21.06.2016, from http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=0&KITAP_ID=188
- TÜİK. (2013, 21.06.2016). İstatistik Araştırma sempozyumu(İAS). 21.06.2016, from http://tasam.org/Files/Icerik/File/2023_%C4%B0l_%C4%B0l_T%C3%BCrkiye_N%C3%BCfusu_Projeksiyonu_-_T%C3%9C%C4%B0K.pdf_b859cb66-68c2-4337-b973-9e7ce2e84867.pdf
- TÜİK. (2016a). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2015. 21.06.2016, from <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21507>
- TÜİK. (2016b). İstatistiksel Tablolar ve Dinamik Sorgulama. 21.06.2016, from http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059
- TÜİK. (2016c). Temel İstatistikler. 21.06.2016, from <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- UNITED_NATIONS. (2014). from <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>

- USGS. (2013). Upcoming change in Landsat 8 Radiometric Calibration (Revision). 21.06.2016, from http://landsat.usgs.gov/calibration_notices.php
- USGS. (2015a). Spectral Characteristics Viewer. 21.06.2016, from http://landsat.usgs.gov/tools_spectralViewer.php
- USGS. (2015b). Using the USGS Landsat 8 Product. 21.06.2016, from http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php
- USGS. (2016, 21.06.2016). USGS Global Visualization Viewer 21.06.2016, from <http://glovis.usgs.gov/>
- VARDOLAKIS, E., KARAMANIS, D., FOTIADI, A., and MIHALAKAKOU, G. 2013. The urban heat island effect in a small Mediterranean city of high summer temperatures and cooling energy demands. *Solar Energy*, 94: 128-144.
- VOOGT, J.A., and OKE, T.R. 2003. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86 (3): 370-384.
- WANG, F., QIN, Z.H., SONG, C.Y., TU, L.L., KARNIELI, A., and ZHAO, S.H. 2015. An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data. *Remote Sensing*, 7 (4): 4268-4289.
- WASKE, B., BENEDIKTSSON, J.A., ARNASON, K., and SVEINSSON, J.R. 2009. Mapping of hyperspectral AVIRIS data using machine-learning algorithms. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 35: S106-S116.
- WENG, Q.H., LU, D.S., and SCHUBRING, J. 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89 (4): 467-483.
- YALCIN, T., and YETEMEN, O. 2009. Local warming of groundwaters caused by the urban heat island effect in Istanbul, Turkey. *Hydrogeology Journal*, 17 (5): 1247-1255.
- YU, X.L., GUO, X.L., and WU, Z.C. 2014. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS-Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method. *Remote Sensing*, 6 (10): 9829-9852.
- ZHANG, Y. (2002a). *Problems in the fusion of commercial high-resolution satellite as well as Landsat 7 images and initial solutions*. Paper presented at the In ISPRS, Ottawa, Canada.
- ZHANG, Y. (2002b). *A new automatic approach for effectively fusing Landsat 7 as well as IKONOS images*. Paper presented at the IEEE/IGARSS'02, Toronto, Canada.

7. EKLER

Ek 1. Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu												
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Bulut	Gölge	Toplam
Kent	310	166	62	0	0	5	8	23	0	5	3	0	582
Sera	38	10	341	0	0	0	0	3	0	0	52	0	444
Yeşil alan	0	0	0	537	67	0	4	6	0	0	0	0	614
Sulu tarım	0	0	0	63	493	0	0	0	0	0	0	0	556
Kuru tarım	48	9	41	0	0	543	27	30	0	19	0	0	717
Taşlık-kayalık	68	4	29	0	40	18	502	130	0	12	0	0	803
Boşalan	42	10	3	0	0	34	55	366	0	0	0	0	510
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	599	0	0	2	601
Kar	12	30	45	0	0	0	0	1	0	564	2	0	654
Bulut	1	4	24	0	0	0	0	1	0	0	535	0	565
Gölge	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	598	599
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7200
Üretici Doğruluğu (%)	51.67	61.17	56.83	89.50	82.17	90.50	83.67	61,00	99.83	94,00	89.17	99.67	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	53.26	66.13	76.8	87.46	88.67	75.73	62.52	71.76	99.67	86.24	94.69	99.83	
Genel Doğruluk (%):73,93, Kappa:0,7811													

Ek 2. Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu													
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlı k-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Bulut	Gölge	Toplam
Kent	413	30	77	0	0	0	0	22	0	7	0	0	549
Sanayi	30	511	42	0	0	0	0	28	0	3	14	0	628
Sera	44	10	422	0	0	0	0	23	0	1	14	0	514
Yeşil alan	0	0	0	546	74	1	5	4	0	0	0	0	630
Sulu tarım	0	0	0	54	479	0	0	0	0	0	0	0	533
Kuru tarım	26	10	6	0	3	478	6	18	0	0	0	0	547
Taşlık-kayalık	36	1	18	0	37	105	555	157	0	25	0	0	934
Boşalan	51	30	2	0	7	16	34	347	0	0	0	0	487
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	0	0	600
Kar	0	5	25	0	0	0	0	1	0	535	15	0	581
Bulut	0	3	8	0	0	0	0	0	0	29	557	0	597
Gölge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7200
Üretici Doğruluğu (%)	68.83	85.17	70.33	91.00	79.83	79.67	92.50	57.83	100,0	89.17	92.83	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	75.23	81.37	82.1	86.67	89.87	87.39	59.42	71.25	100,0	92.08	93.3	100,0	
Genel Doğruluk (%):83,93 , Kappa:0,8247													

Ek 3.Antalya için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu													
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Bulut	Gölge	Toplam
Kent	351	127	97	0	0	0	0	34	0	20	1	0	630
Sanayi	61	437	21	0	0	6	0	31	0	0	10	0	566
Sera	29	3	428	0	1	0	0	6	0	0	41	0	508
Yeşil alan	0	0	0	547	33	3	12	4	0	0	0	0	599
Sulu tarım	0	0	0	53	501	0	0	2	0	0	0	0	556
Kuru tarım	90	17	43	0	37	560	25	70	0	0	0	0	842
Taşlık-kayalık	16	0	0	0	0	21	533	33	0	5	0	0	608
Boşalan	52	4	8	0	28	5	30	420	0	0	3	0	550
Su	0	1	0	0	0	0	0	0	600	0	0	0	601
Kar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	575	0	0	575
Bulut	1	11	3	0	0	0	0	0	0	0	545	0	560
Gölge	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	600	605
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7200
Üretici Doğruluğu (%)	58.50	72.83	71.33	91.17	83.50	93.33	88.83	70,00	100,0	95.83	90.83	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	55.71	77.21	84.25	91.32	90.11	66.51	87.66	76.36	99.83	100,0	97.32	99.17	
Genel Doğruluk (%):84,68, Kappa:0,8329													

Ek 4.Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntünün 6 bandı (veri seti 1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	294	147	38	0	0	6	3	27	12	0	527
Sanayi	49	394	12	0	0	0	0	0	9	0	464
Sera	6	20	480	0	0	1	0	0	9	0	516
Yeşil alan	9	0	6	591	44	0	0	2	0	0	652
Sulu tarım	11	0	1	8	556	0	1	1	0	0	578
Kuru tarım	77	16	7	1	0	481	31	103	4	0	720
Taşlık-kayalık	107	6	10	0	0	48	545	99	9	0	824
Boşalan	17	2	28	0	0	62	20	366	5	0	500
Su	30	15	17	0	0	2	0	2	552	0	618
Kar	0	0	1	0	0	0	0	0	0	600	601
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	49,00	65,67	80,00	98,50	92,67	80,17	90,83	61,00	92,00	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	55,79	84,91	93,02	90,64	96,19	66,81	66,14	73,2	89,32	99,83	
Genel Doğruluk (%):80,98, Kappa:0,7887											

Ek 5. Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti 3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	321	138	43	0	0	6	0	55	0	4	567
Sanayi	59	408	14	0	0	3	0	2	0	14	500
Sera	7	9	489	0	0	0	0	0	0	3	508
Yeşil alan	11	0	1	592	24	0	0	0	0	0	628
Sulu tarım	6	0	1	8	576	0	1	0	0	0	592
Kuru tarım	35	3	1	0	0	508	32	68	0	0	647
Taşlık-kayalık	129	3	8	0	0	49	555	115	0	4	863
Boşalan	12	1	25	0	0	34	12	358	0	6	448
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	600
Kar	20	38	18	0	0	0	0	2	0	569	647
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	53.50	68,00	81.50	98.67	96,00	84.67	92.50	59.67	100,0	94.83	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	56.61	81.60	96.26	94.27	97.30	78.52	64.31	79.91	100,0	87.94	
Genel Doğruluk (%):82,93, Kappa:0,8104											

Ek 6. Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti 4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	367	142	77	0	0	4	1	3	0	0	594
Sanayi	63	443	22	0	0	0	0	1	0	1	530
Sera	4	9	480	0	0	0	0	0	0	0	493
Yeşil alan	6	0	1	591	27	0	0	2	0	0	627
Sulu tarım	8	0	1	9	573	0	1	9	0	0	601
Kuru tarım	28	1	1	0	0	505	6	50	0	0	591
Taşlık-kayalık	100	0	11	0	0	73	590	117	0	18	909
Boşalan	22	2	3	0	0	18	2	418	0	0	465
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	600
Kar	2	3	4	0	0	0	0	0	0	581	590
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	61.17	73.83	80,00	98.50	95.50	84.17	98.33	69.67	100,0	96.83	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	61.78	83.58	97.36	94.26	95.34	85.45	64.91	89.89	100,0	98.47	
Genel Doğruluk (%):85,80, Kappa:0,8422											

Ek 7.Antalya için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve ASER SYM (veri seti 5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
Sınıf	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Su	Kar	Toplam
Kent	410	78	58	0	0	3	0	60	0	0	609
Sanayi	40	512	13	0	0	2	0	1	0	0	568
Sera	3	7	491	0	0	0	0	1	0	0	502
Yeşil alan	6	0	0	589	0	0	0	0	0	0	595
Sulu tarım	10	0	1	11	600	0	1	5	0	0	628
Kuru tarım	65	2	5	0	0	569	8	76	0	0	725
Taşlık-kayalık	36	0	0	0	0	0	590	0	0	17	643
Boşalan	29	1	32	0	0	26	1	457	0	0	546
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0	600
Kar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	583	584
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	68.33	85.33	81.83	98.17	100,0	94.83	98.33	76.17	100,0	97.17	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	67.32	90.14	97.81	98.99	95.54	78.48	91.76	83.7	100,0	99.83	
Genel Doğruluk (%):90,02, Kappa:0,8891											

Ek 8.İsparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu									
	Kent	Sanayi	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	373	75	0	0	61	39	59	23	0	630
Sanayi	81	484	0	0	43	0	0	15	0	623
Yeşilalan	0	0	426	112	0	0	0	0	0	538
Sulu tarım	0	0	174	479	1	0	0	0	0	654
Kuru tarım	79	14	0	0	348	22	6	31	0	500
Taşlık-kayalık	26	3	0	5	105	455	70	21	0	685
Boşalan	26	0	0	4	42	69	465	0	0	606
Kar	15	24	0	0	0	15	0	510	0	564
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	5400
Üretici Doğruluğu (%)	62,17	80,67	71,00	79,83	58,00	75,83	77,50	85,00	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	59,21	77,69	79,18	73,24	69,60	66,42	76,73	90,43	100,0	
Genel Doğruluk (%):76,67, Kappa:0,7375										

Ek 9. Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu									
	Kent	Sanayi	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	372	58	0	0	41	5	7	0	0	372
Sanayi	93	540	0	0	0	0	0	0	0	93
Yeşil alan	0	0	457	133	0	0	0	0	0	0
Sulu tarım	0	0	143	466	0	0	0	0	0	0
Kuru tarım	106	0	0	0	384	15	22	22	0	106
Taşlık-kayalık	22	1	0	1	125	476	34	23	0	22
Boşalan	5	0	0	0	47	87	535	3	0	5
Kar	2	1	0	0	3	17	2	552	0	2
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Üretici Doğruluğu (%)	62,00	90,00	76,17	77,67	64,00	79,33	89,17	92,00	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	77,02	85,31	77,46	76,52	69,95	69,79	79,03	95,67	100,0	
Genel Doğruluk (%):81,15, Kappa:0,7879										

Ek 10.Isparta için 2001 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu									
	Kent	Sanayi	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	408	76	0	0	70	12	43	0	0	609
Sanayi	104	519	0	0	0	0	0	104	0	727
Yeşil alan	0	0	415	132	0	0	0	0	0	547
Sulu tarım	0	0	185	467	0	0	0	0	0	652
Kuru tarım	50	5	0	0	467	14	4	24	0	564
Taşlık-kayalık	24	0	0	1	27	458	43	22	0	575
Boşalan	13	0	0	0	35	96	506	2	0	652
Kar	1	0	0	0	1	20	4	448	0	474
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	5400
Üretici Doğruluğu (%)	68,00	86,50	69,17	77,83	77,83	76,33	84,33	74,67	100,0	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	67,00	71,39	75,87	71,63	82,80	79,65	77,61	94,51	100,0	
Genel Doğruluk (%):79,41, Kappa:0,7683										

Ek 11. Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntüsünün 6 bandı (veri seti1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

	Yer Doğruluğu										
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	403	110	12	0	0	42	17	52	1	0	637
Sanayi	41	386	76	0	0	1	2	0	3	0	509
Sera	1	25	485	0	2	0	0	0	0	0	513
Yeşil alan	0	2	0	453	33	0	0	0	0	2	490
Sulu tarım	1	0	0	147	563	0	0	0	0	0	711
Kuru tarım	65	58	25	0	2	497	103	13	0	0	763
Taşlık-kayalık	31	7	1	0	0	48	426	148	3	0	664
Boşalan	34	0	0	0	0	0	8	387	0	0	429
Kar	24	12	1	0	0	12	44	0	593	0	686
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	0	598	598
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici doğruluğu (%)	67,17	64,33	80,83	75,50	93,83	82,83	71,00	64,5	98,83	99,67	
Kullanıcı doğruluğu (%)	63,27	75,83	94,54	92,45	79,18	65,14	64,16	90,21	86,44	100,0	
Genel Doğruluk (%):79,85, Kappa:0,7761											

Ek 12. Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

	Yer Doğruluğu										
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	455	143	22	0	0	75	46	47	2	0	790
Sanayi	48	387	67	0	0	15	0	0	1	0	518
Sera	1	32	488	0	0	0	0	0	1	0	522
Yeşil alan	1	0	0	515	19	0	0	0	0	2	537
Sulu tarım	0	0	0	85	580	0	0	0	0	0	665
Kuru tarım	33	31	20	0	1	464	118	24	0	0	691
Taşlık-kayalık	31	5	1	0	0	36	399	133	1	0	606
Boşalan	17	0	0	0	0	0	3	396	0	0	416
Kar	14	2	2	0	0	10	34	0	595	0	657
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	0	598	598
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici doğruluğu (%)	75,83	64,5	81,33	85,83	96,67	77,33	66,5	66,00	99,17	99,67	
Kullanıcı doğruluğu (%)	57,59	74,71	93,49	95,90	87,22	67,15	65,84	95,19	90,56	100,0	
Genel Doğruluk (%):81,28, Kappa:0,7920											

Ek 13. Isparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

	Yer Doğruluğu										
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	440	41	55	0	0	34	15	2	0	0	587
Sanayi	17	505	0	0	0	1	0	0	0	0	523
Sera	11	43	539	0	0	0	0	0	0	0	593
Yeşil alan	0	0	0	493	18	0	0	0	0	2	513
Sulu tarım	3	0	0	107	581	0	0	0	0	0	691
Kuru tarım	58	9	2	0	1	528	180	9	0	0	787
Taşlık-kayalık	44	2	2	0	0	35	379	157	1	0	620
Boşalan	25	0	0	0	0	0	5	432	1	0	463
Kar	2	0	2	0	0	2	21	0	598	0	625
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	0	598	598
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici doğruluğu (%)	73,33	84,17	89,83	82,17	96,83	88,00	63,17	72,00	99,67	99,67	
Kullanıcı doğruluğu (%)	74,96	96,56	90,89	96,1	84,08	67,09	61,13	93,3	95,68	100,0	
Genel Doğruluk (%):84,88, Kappa:0,8320											

Ek 14.İsparta için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Yer Doğruluğu											
	Kent	Sanayi	Sera	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Toplam
Kent	505	133	30	0	0	31	126	0	0	0	825
Sanayi	27	429	80	0	0	1	2	0	0	0	539
Sera	1	26	488	0	1	0	0	0	0	0	516
Yeşil alan	1	1	0	592	51	0	4	0	0	2	651
Sulu tarım	0	0	0	8	504	1	0	0	0	0	513
Kuru tarım	27	2	2	0	2	543	59	0	0	0	635
Taşlık-kayalık	39	9	0	0	42	24	386	132	0	0	632
Boşalan	0	0	0	0	0	0	1	468	0	0	469
Kar	0	0	0	0	0	0	22	0	600	0	622
Su	0	0	0	0	0	0	0	0	0	598	598
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici doğruluğu (%)	84,17	71,5	81,33	98,67	84,00	90,50	64,33	78,00	100,0	99,67	
Kullanıcı doğruluğu (%)	61,21	79,59	94,57	90,94	98,25	85,51	61,08	99,79	96,46	100,0	
Genel Doğruluk (%):85,22, Kappa:0,8357											

Ek 15. Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntüsü ve NDVI (veri seti2) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge	
Kent	178	0	0	62	12	15	7	0	0	0	274
Yeşil alan	5	599	21	8	24	15	0	0	0	1	673
Sulu tarım	0	0	554	0	0	0	0	0	0	0	554
Kuru tarım	53	0	1	330	85	33	1	0	0	0	503
Taşlık-kayalık	133	0	24	98	323	52	3	0	0	0	633
Boşalan	109	0	0	98	156	372	11	0	5	0	751
Kar	117	0	0	4	0	87	559	0	33	0	800
Su	1	0	0	0	0	0	0	599	0	12	612
Bulut	4	0	0	0	0	26	19	0	562	0	611
Gölge	0	1	0	0	0	0	0	1	0	587	589
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	29,67	99,83	92,33	55,00	53,83	62,00	93,17	99,83	93,67	97,83	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	64,96	89,00	100,0	65,61	51,03	49,53	69,88	97,88	91,98	99,66	
Genel Doğruluk (%):77,72; Genel Kappa: 0,7524											

Ek 16. Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntüsü ve DMS_OLS (veri seti3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam	
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge		
Kent	334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	334
Yeşil alan	3	599	20	7	25	13	0	0	0	0	1	668
Sulu tarım	0	0	554	2	0	0	0	0	0	0	0	556
Kuru tarım	33	0	5	382	87	24	2	0	0	0	0	533
Taşlık-kayalık	73	0	21	139	339	55	4	0	0	0	0	631
Boşalan	19	0	0	65	149	383	31	0	8	0	0	655
Kar	138	0	0	5	0	90	511	0	20	0	0	764
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	10	0	610
Bulut	0	0	0	0	0	35	52	0	572	0	0	659
Gölge	0	1	0	0	0	0	0	0	0	589	0	590
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	55,67	99,83	92,33	63,67	56,50	63,83	85,17	100,0	95,33	98,17		
Kullanıcı Doğruluğu (%)	100,0	89,67	99,64	71,67	53,72	58,47	66,88	98,36	86,80	99,83		
Genel Doğruluk (%):81,05; Genel Kappa: 0,7894												

Ek 17. Burdur için 2001 Landsat çok bantlı görüntüsü ve ASTER SYM (veri seti4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge	
Kent	271	0	0	44	1	6	2	0	0	0	324
Yeşil alan	2	599	21	8	18	10	0	0	0	1	659
Sulu tarım	0	0	552	2	0	0	0	0	0	0	554
Kuru tarım	89	0	5	351	112	29	7	0	0	0	593
Taşlık-kayalık	75	0	22	126	287	10	4	0	0	0	524
Boşalan	14	0	0	68	182	431	0	0	11	0	706
Kar	149	0	0	1	0	52	587	0	38	0	827
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	12	612
Bulut	0	0	0	0	0	62	0	0	551	0	613
Gölge	0	1	0	0	0	0	0	0	0	587	588
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	45,17	99,83	92	58,5	47,83	71,83	97,83	100	91,83	97,83	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	83,64	90,9	99,64	59,19	54,77	61,05	70,98	98,04	89,89	99,83	
Genel Doğruluk (%):80,27; Genel Kappa: 0,7807											

Ek 18. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntüsünün 6 bandı (veri seti1) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge	
Kent	265	0	0	41	24	42	5	0	4	0	381
Yeşil alan	5	591	0	3	9	0	0	0	0	8	616
Sulu tarım	0	1	565	0	0	0	0	0	0	0	566
Kuru tarım	60	0	0	389	69	51	9	0	0	0	578
Taşlık-kayalık	79	0	35	53	489	30	2	0	0	0	688
Boşalan	80	0	0	88	9	418	8	0	15	0	618
Kar	75	0	0	26	0	25	573	0	1	0	700
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	9	609
Bulut	35	0	0	0	0	34	3	0	580	0	652
Gölge	1	8	0	0	0	0	0	0	0	583	592
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	44,17	98,5	94,17	64,83	81,5	69,67	95,5	100	96,67	97,17	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	69,55	95,94	99,82	67,3	71,08	67,64	81,86	98,52	88,96	98,48	
Genel Doğruluk (%):84,22; Genel Kappa: 0,8246											

Ek 19. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve NDVI (veri seti3) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge	
Kent	239	0	0	37	33	36	3	0	0	0	348
Yeşil alan	3	587	0	2	0	0	0	0	0	8	600
Sulu tarım	0	5	590	0	0	0	0	0	0	0	595
Kuru tarım	73	0	0	406	74	59	5	0	0	0	617
Taşlık-kayalık	103	0	10	44	487	37	1	0	0	0	682
Boşalan	95	0	0	95	6	399	10	0	19	0	624
Kar	48	0	0	16	0	42	577	0	0	0	683
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	1	601
Bulut	38	0	0	0	0	27	4	0	581	0	650
Gölge	1	8	0	0	0	0	0	0	0	591	600
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	39,83	97,83	98,33	67,67	81,17	66,5	96,17	100	96,83	98,5	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	68,68	97,83	99,16	65,8	71,41	63,94	84,48	99,83	89,38	98,5	
Genel Doğruluk (%):84,28; Genel Kappa: 0,8254											

Ek 20. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve DMSP_OLS (veri seti4) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam	
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge		
Kent	407	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	410
Yeşil alan	2	591	0	3	11	0	0	0	0	0	8	615
Sulu tarım	0	1	560	0	0	0	0	0	0	0	0	561
Kuru tarım	20	0	0	397	97	47	7	0	0	0	0	568
Taşlık-kayalık	60	0	40	59	477	33	1	0	0	0	0	670
Boşalan	41	0	0	125	15	447	7	0	26	0	0	661
Kar	67	0	0	16	0	43	580	0	0	0	0	706
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	7	0	607
Bulut	2	0	0	0	0	30	2	0	574	0	0	608
Gölge	1	8	0	0	0	0	0	0	0	585	0	594
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	67,83	98,5	93,33	66,17	79,5	74,5	96,67	100	95,67	97,5		
Kullanıcı Doğruluğu (%)	99,27	96,1	99,82	69,89	71,19	67,62	82,15	98,85	94,41	98,48		

Genel Doğruluk (%):86,97; Genel Kappa: 0,8552

Ek 21. Burdur için 2014 Landsat çok bantlı görüntü ve ASTER SYM (veri seti5) ile yapılan RF sınıflandırma sonucunun hata matrisi

Sınıf	Yer Doğruluğu										Toplam
	Kent	Yeşil alan	Sulu tarım	Kuru tarım	Taşlık-kayalık	Boşalan	Kar	Su	Bulut	Gölge	
Kent	379	0	0	7	0	1	2	0	7	0	396
Yeşil alan	2	591	0	4	24	0	0	0	0	8	629
Sulu tarım	0	1	552	0	0	0	0	0	0	0	553
Kuru tarım	164	0	40	553	10	45	5	0	0	0	817
Taşlık-kayalık	8	0	0	26	566	0	2	0	3	0	605
Boşalan	1	0	8	10	0	554	0	0	0	0	573
Kar	44	0	0	0	0	0	586	0	4	0	634
Su	0	0	0	0	0	0	0	600	0	2	602
Bulut	1	0	0	0	0	0	5	0	586	0	592
Gölge	1	8	0	0	0	0	0	0	0	590	599
Toplam	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	6000
Üretici Doğruluğu (%)	63,17	98,5	92	92,17	94,33	92,33	97,67	100	97,67	98,33	
Kullanıcı Doğruluğu (%)	95,71	93,96	99,82	67,69	93,55	96,68	92,43	99,67	98,99	98,5	
Genel Doğruluk (%):92,62; Genel Kappa: 0,9180											

ÖZGEÇMİŞ



Nagihan ASLAN 1989 yılında Bursa’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bursa’da tamamladı. 2007 yılında girdiği Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü’nden 2012 yılında 1.’lik derecesi ve onur belgesi olarak mezun oldu. Ayrıca, 2010 yılında Ege Üniversitesi İstatistik Bölümü’nde çift anadal programına başladı ve 2013 yılının başında bu programdan da mezun oldu. 2013 yılında Akdeniz Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Teknolojileri bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve halen devam etmektedir.

Yayımlar

Aslan N., Koc San D., (2015) “*The Usage of Combined Landsat 8 Imagery and Additional Bands for Random Forest Classification Improvement*”, The 36th Asian Conference On Remote Sensing, Manila, Filipinler, 19-25 Ekim 2015.

Aslan N., Koc-San D. (2016) “*Analysis of Relationship between Urban Heat Island Effect and Land Use/Cover Type Using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI Images*”, ISPRS 2016 - XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech republic, 12-19 July 2016.