

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YER YÜZEY SICAKLIĞININ UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE
MEKANSAL İSTATİSTİK YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ:
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazal CİĞERCİ

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2021

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YER YÜZEY SICAKLIĞININ UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE
MEKANSAL İSTATİSTİK YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ:
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazal CİĞERCİ
501171627**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Filiz BEKTAŞ BALÇIK

ŞUBAT 2021

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501171627 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Hazal CİĞERCİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YER YÜZEY SICAKLIĞININ UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE MEKANSAL İSTATİSTİK YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Filiz BEKTAŞ BALÇIK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 21 Ocak 2021
Savunma Tarihi : 18 Şubat 2021





Anneme,



ÖNSÖZ

Öncelikle tez yazım sürecim boyunca sonsuz desteği ve değerli bilgileri ile yanımda olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Filiz BEKTAŞ BALÇIK’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Doç. Dr. Alihsan ŞEKERTEKİN’e de çalışmama değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Değerli jüri üyelerim Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU ve Prof. Dr. Füsün BALIK ŞANLI’ya katkıları ve görüşlerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma sürecinde desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili arkadaşlarım Mehmet EROĞLU, Gizem ŞENEL, Ateş KARATAŞ, Buket KOÇAK, Erhan UÇAKER ve Ahmet SÖNMEZ’e teşekkür ederim.

Destekleriyle her zaman yanımda olan anneme, babama ve kardeşime teşekkür ederim. Ayrıca teyzem Belgin ŞEN’e tüm bu süreç boyunca sabrı ve desteği için teşekkür ederim.

Tez çalışmamın bir bölümü Doç. Dr. Filiz BEKTAŞ BALÇIK tarafından yürütülen MGA-2018-41235 nolu “Arazi Örtüsü ve Kullanımı Değişimlerinin Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Termal Uzaktan Algılama ile Belirlenmesi İstanbul Örneği” başlıklı Genel Araştırma Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederim.

Şubat 2021

Hazal Cığerci
(Harita Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	5
1.2 Literatür Araştırması	6
2. UZAKTAN ALGILAMA.....	13
2.1 Elektromanyetik Spektrum	13
2.2 Elektromanyetik Işınımın Atmosfer ile Etkileşimi	14
2.3 Elektromanyetik Işınımın Yeryüzü Cisimleri ile Etkileşimi	16
2.4 Isıl Uzaktan Algılama.....	17
2.4.1 Kinetik ısı	17
2.4.2 Isıl kızıl ötesi bölge	18
2.4.3 Siyah cisim ışıması.....	18
2.4.4 Yeryüzü cisimlerinin ısı özellikleri	18
3. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ.....	21
3.1 Çalışma Alanı.....	21
3.2 Uygulamada Kullanılan Veriler	22
3.2.1 Landsat 5 TM uydu verisi.....	22
3.2.2 Landsat 8 (OLI & TIRS) uydu verisi	23
3.2.3 Meteorolojik istasyon verileri	25
4. YÖNTEM.....	27
4.1 Görüntü Ön işleme	27
4.1.1 Radyometrik düzeltme.....	27
4.2 Spektral İndeksler	28
4.2.1 Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI)	28
4.2.2 Kentsel indeks (UI).....	28
4.3 Sınıflandırma	29
4.3.1 Maksimum benzerlik sınıflandırması	30
4.3.2 Doğruluk analizi.....	30
4.4 Yer Yüzey Sıcaklığı Belirleme Yöntemleri.....	30
4.4.1 Mono-window algoritması.....	31
4.4.1.1 TM bant 6 ve TIRS bant 10 için parlaklık sıcaklığının hesaplanması.....	32
4.4.1.2 Ortalama atmosferik sıcaklık hesaplanması.....	33
4.4.1.3 Atmosferik geçirgenlik hesaplanması.....	33

4.4.1.4 Yer yüzey yayınlılığı hesaplanması	34
4.5 Mekansal İstatistik Yöntemleri.....	35
4.5.1 Mekansal otokorelasyon.....	35
4.5.1.1 Global mekansal otokorelasyon	35
4.5.1.2 Lokal mekansal otokorelasyon.....	36
4.4.2 Sıcak alan analizi	36
5. UYGULAMA VE BULGULAR.....	39
5.1 Görüntü Önışleme	39
5.2 Spektral İndeksler	41
5.3 Sınıflandırma Sonuçları.....	46
5.3.1 Doğruluk analizi.....	50
5.4 Yer Yüzey Sıcaklığı Hesaplanması.....	51
5.4.1 Mono-window algoritması ile yer yüzey sıcaklığı hesaplanması	54
5.5 Uzaktan Algılama İndekslerinin YYS ile İlişkisi	57
5.6 Sıcak Alan Analizi	58
5.6.1 NDVI sıcak alan analizleri	59
5.6.2 UI sıcak alan analizleri	60
5.6.3 YYS sıcak alan analizleri	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	67
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

AÖ/AK	: Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
ISODATA	: Iterative Self Organizing Data Analysis Technique
KIA	: Kentsel Isı Adası
NDVI	: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi
NIR	: Near Infrared (Yakın Kızılötesi)
OLI	: Operasyonel Yer Görüntüleyicisi
SWIR	: Kısa Dalga Kızılötesi
TIRS	: Thermal Infrared Sensor (Isıl Kızılötesi Algılayıcı)
TM	: Thematic Mapper
UA	: Uzaktan Algılama
UI	: Şehir İndeksi
USGS	: United States Geological Survey
YIA	: Yüzey Isı Adası
YYS	: Yer Yüzey Sıcaklığı



SEMBOLLER

T_a	: Ortalama Atmosferik Sıcaklık
T₀	: Yakın Atmosferik Sıcaklık
c	: Işık hızı
λ	: Dalga boyu
v	: Frekans
Q	: Bir fotonun radyant enerjisi
h	: Planck Sabiti
μm	: Mikro metre
T	: Mutlak Sıcaklık
W	: Wien katsayısı
E_r	: Yansıyan Işıma
E_a	: Yutulan Işıma
E_t	: İletilen Işıma
K	: Kelvin
°C	: Derece



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Landsat 5 TM bantlarının dalga boyu aralığı ve çözünürlükleri .	23
Çizelge 3.2 : Çalışmada kullanılan Landsat 5 TM uydu görüntülerinin özellikleri...	23
Çizelge 3.3 : Landsat 8 OLI&TIRS bantlarının dalga boyu aralığı ve çözünürlükleri	24
Çizelge 3.4 : Çalışmada kullanılan Landsat 8 OLI&TIRS uydu görüntülerinin özellikleri.	24
Çizelge 4.1 : Ortalama atmosferik sıcaklık ve yakın atmosferik sıcaklık arasındaki lineer ilişki denklemleri.	33
Çizelge 4.2 : Landsat 5 TM için atmosferik geçirgenlik hesaplama denklemleri.....	34
Çizelge 4.3 : Landsat 8 OLI&TIRS için atmosferik geçirgenlik hesaplama denklemleri.....	34
Çizelge 4.4 : NDVI yer yüzey yayınlılığı ilişkisi	34
Çizelge 5.1 : Standardizasyon formülleri.	43
Çizelge 5.2 : Arazi örtüsü sınıfları.	46
Çizelge 5.3 : Arazi örtüsünde yer alan sınıfların yıllara göre alanları.....	48
Çizelge 5.4 : Alansal sınıf değişim analizi (ha).	49
Çizelge 5.5 : 5 Eylül 2009 tarihli görüntünün doğruluk analizi.....	50
Çizelge 5.6 : 11 Eylül 2017 tarihli görüntünün doğruluk analizi.....	51
Çizelge 5.7 : 2009 görüntüleri YYS hesaplama parametreleri	52
Çizelge 5.8 : 2017 görüntüleri YYS hesaplama parametreleri	53



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Elektromanyetik spektrum	14
Şekil 2.2 : Elektromanyetik ışıının atmosfer ile etkileşimi.....	15
Şekil 2.3 : Elektromanyetik ışıının yeryüzü cisimleri ile etkileşimi.	16
Şekil 2.4 : Isı enerjisinin transferi.	17
Şekil 3.1 : Çalışma alanı.	22
Şekil 5.1 : Çalışma iş akışı.....	40
Şekil 5.2 : Ortalama a) 2009 ve b) 2017 NDVI görüntüleri..	42
Şekil 5.3 : Normalize edilmiş NDVI görüntülerinin alansal değişimi.	43
Şekil 5.4 : Ortalama a) 2009 ve b) 2017 UI görüntüleri.....	45
Şekil 5.5 : Normalize edilmiş UI görüntülerinin alansal değişimi.....	46
Şekil 5.6 : a) 2009, b) 2017 yılı sınıflandırılmış görüntüleri... ..	47
Şekil 5.7 : Ortalama a) 2009 ve b) 2017 yer yüzey sıcaklığı görüntüleri.....	55
Şekil 5.8 : Normalize edilmiş YYS görüntülerinin alansal değişimi... ..	57
Şekil 5.9 : Uzaktan algılama indekslerinin YYS ile ilişkisi.....	58
Şekil 5.10 : a) NDVI 2009, b) NDVI 2017 c) NDVI 2009 sıcak ve soğuk alanları d) NDVI 2017 sıcak ve soğuk alanları.....	59
Şekil 5.11 : a) UI 2009, b) UI 2017 c) UI 2009 sıcak ve soğuk alanları d) UI 2017 sıcak ve soğuk alanları.....	60
Şekil 5.12 : a) YYS 2009, b) YYS 2017 c) YYS 2009 sıcak ve soğuk alanları d) YYS 2017 sıcak ve soğuk alanları....	61



YER YÜZEY SICAKLIĞININ UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE MEKANSAL İSTATİSTİK YÖNTEMLERİ İLE ANALİZİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

ÖZET

Hızlı nüfus artışı ile birlikte şehir alanlarının düzensiz şekilde büyümesi, beton, asfalt gibi yapay malzemelerle kaplı alanların, endüstriyel yapıların hızla artması ve bunlara paralel olarak doğal alanların tahrip edilmesi, yaşam alanlarında sera gazı artışı, çevre kirliliği, kentsel ısı adası (KIA) etkisi ve yer yüzey sıcaklığı (YYs) artışı gibi çok sayıda olumsuzluk yaratmaktadır. Bu olumsuzlukların başında, şehrin yoğun yapılaşmış bölgelerinin kırsal alanlara göre daha sıcak olması gelmektedir. Hızlı kentleşmenin en önemli etkilerinden biri olan KIA, kentlerin, kırsal çevrelerine göre daha sıcak olmasına neden olan antropojenik kaynaklı bir olgudur. KIA, Atmosferik Kentsel Isı Adaları (AKIA) ve Yüzey Isı Adaları (YIA) olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Yeryüzüne ulaşan ışıınım YIA oluşumunu etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Kırsal ve kentsel alanlarındaki farklı zemin özellikleri bu bölgelerde önemli derecede ısı farklılıklarına neden olmaktadır. Bu sebeple YYS'nin araştırılması YIA çalışmalarında kilit bir unsurdur.

Bu çalışmada, İstanbul'da özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerin YYS üzerindeki etkisinin mekansal bir istatistiksel yöntem olan sıcak alan (hotspot) analizi ile birlikte belirlenmesi ve analizi amaçlanmıştır. Çalışmanın İstanbul'a odaklanmasının sebebi, Türkiye'nin ekonomi, kültür ve eğitim merkezi olan bu kentin, yıllar içerisinde hızlı nüfus artışı ve kırsal bölgelerden gelen göçler sebebiyle hızlı bir kentleşme süreci geçirmiş olmasıdır. Çalışmanın gerçekleştirilmesi için 17 Haziran 2009, 19 Temmuz 2009 ve 5 Eylül 2009 tarihli Landsat 5 TM ve 23 Haziran 2017, 25 Temmuz 2017 ve 11 Eylül 2017 tarihli Landsat 8 OLI & TIRS görüntüleri kullanılmıştır.

2009 ve 2017 yıllarına ait arazi örtüsü sınıflarının belirlenmesinde, maksimum benzerlik sınıflandırma yönteminden yararlanılmıştır. Sınıflandırma işleminin sonuna doğruluk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada YYS ile ilişkilendirilmesi ve sıcak alan analizlerinde kullanılması amacıyla 2009 yılına ait üç görüntüden ve 2017 yılına ait üç görüntüden Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) ve Kentsel İndeks (UI) hesaplanmıştır. Bu görüntülerin yıllara göre ortalamaları alınıp, atmosferik ve zamansal etkilerinin giderilmesi için normalize edilmiştir.

Bir sonraki aşama olan YYS verilerinin elde edilmesinde mono-window algoritması kullanılmış ve belirtilen tarihlere ait görüntüler ile eş zamanlı meteorolojik istasyon (yakın yüzey sıcaklığı ve nisbi nem) verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir. Hava sıcaklığı ve nisbi nem değerleri, YYS elde edilmesi için gereken atmosferik geçirgenlik, ortalama atmosferik sıcaklık parametrelerinin ve yer yüzey yansırılığının hesaplanmasında kullanılmıştır. Her tarih

için hesaplanan YYS görüntülerinin ortalaması alınmış ve bu ortalama görüntüler normalize edilmiştir.

Son aşamada ise YIA etkilerini incelemek ve yerleşim alanlarının etkisini idari sınırdaki belirlemek için mekansal bir otokorelasyon yöntemi olan Getis Ord Gi* istatistiği normalize edilmiş YYS, NDVI ve UI görüntülerine uygulanmıştır.

Hesaplanan indeksler, sınıflandırma görüntüleri, mono-window algoritması ile elde edilen YYS verileri analiz edildiğinde; yeşil alanların ve su ile kaplı alanların daha düşük sıcaklıkta, yerleşim alanlarının ise daha yüksek sıcaklıkta olduğu gözlenmiştir. Sıcak alan analizi ile elde edilen veriler ise bu sonuçları desteklemektedir.



ANALYSING THE LAND SURFACE TEMPERATURE BY USING REMOTE SENSING DATA AND SPATIAL STATISTICS TECHNIQUES : ISTANBUL CASE STUDY

SUMMARY

With the rapid global population growth in the last century, urban populations have started to increase dramatically due to the change in economic relations. According to the World Urbanization Report published by the United Nations in 2018, it is predicted that more than half of the world's population (approximately 55%) will be concentrated in cities and this rate will reach 88% in 2050.

The urbanization phenomenon, which is an inevitable result of economic and social development, especially after the Industrial Revolution in the 18th and 19th centuries, is expressed as the transformation of rural life into urban life. Irregular and unplanned urbanization based on both spatial distribution and population is one of the most serious challenges that our world is facing.

Urbanization, which depends on demographic and physical expansion in urban land, leads to a dramatic land use transformation in which the boundaries of the city are also changed. With urbanization, rural land cover types such as soil, water and vegetation are replaced by building materials with impervious surfaces such as asphalt, concrete and metal. Building materials used in these urban surfaces can absorb heat more than the surfaces in natural structure due to their high heat retention and low reflectance properties. Heat absorption on these surfaces then spreads to the environment, causing a noticeable increase in temperature. In addition, with urbanization, environmental problems such as greenhouse gas increase, environmental pollution, urban heat island (UHI) effect and ground surface temperature increase also occur.

UHI, one of the most important effects of rapid urbanization, is an anthropogenic phenomenon that causes cities to be warmer than their rural surroundings. This climatic difference between urban and rural areas was first defined by Luke Howard for the city of London in 1820 as the “urban heat island”, and in the literature, many studies have investigated this phenomenon in many cities til now.

UHIs are grouped under two main headings: Atmospheric Urban Heat Islands (AUHI) and Surface Heat Islands (SUHI). These two types of heat islands differ according to the techniques used in detection and measurement types. While AUHIs are defined by direct measurements of meteorological stations and mobile transitions, SUHIs are determined by indirect measurements such as remote sensing technology. The SUHI effect has a negative impact on both the environment and people as it increases air pollution, causes high energy consumption and affects human health.

The sun radiation reaching the earth is one of the most important factors affecting the formation of SUHI. Different ground features in rural and urban areas cause significant temperature differences in these areas. For this reason, the investigation of LST is a key element in SUHI studies. LST studies were initially carried out with data obtained

from meteorological stations. However, these data only represented the location and vicinity of the stations, and continuous temperature data could not be obtained from these stations for the entire region. With the advances in remote sensing technology, different sensors with thermal infrared imaging capability have begun to be widely used to obtain LST, and they provide basic data in UHI analysis. In the context of climate research, thermal remote sensing is more advantageous than traditional methods in terms of cost and time. It is also an advantageous method in terms of its wide applicability.

The impervious surfaces that cause an increase in temperature in Istanbul, which is a megacity, are constantly expanding, especially due to the population growth. Although these changes contribute to the social characteristics of daily life, they have inevitable and permanent effects on nature and the ecosystem. It is known that the mega projects, the Yavuz Sultan Selim Bridge and the connection roads, particularly in the region where the northern forests are located, destroy the green areas.

The heat island problem, which is based on many parameters, should be evaluated from a broad perspective with correct data. Nowadays, the issue is getting more and more critical for Istanbul. In order to analyze the negative effects caused by all these changes, determining the statistical relationship between Land Use and Land Cover (LU/LC) classes and surface temperature is of great importance for the sustainable management of Istanbul.

The aim of this study is to analyze the effects of LU/LC classes determined by remote sensing spectral indexes and image classification methods on SUHI for the sustainable management and planning of Istanbul. Also, it aims to investigate spatial distribution to reveal these effects on an administrative scale and to show the establishment of cause that affect the relationships.

In this context, images of Landsat 5 TM dated 17 June 2009, 19 July 2009, 5 September 2009 and Landsat 8 OLI & TIRS dated 23 June 2017, 25 July 2017, 11 September 2017 were used.

NDVI and UI were calculated from three images of 2009 and three images of 2017 in order to associate them with LST and use them in hot spot analysis. These images are averaged over the years and normalized to eliminate their atmospheric and temporal effects.

The maximum likelihood classification method was used in determining the LU/LC classes. The classes were determined for the images of both years, and feature files based on specific sample regions with spectral properties were created to be used as training data for each class. Accuracy analyzes were applied as the last step of the classification process.

In the next step, Mono-window algorithm was used to obtain LST data, and simultaneous meteorological station data (near surface temperature and relative humidity) were obtained from meteorology stations affiliated to Istanbul Metropolitan Municipality.

LST, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Urban Index (UI) images calculated for each date were averaged and these averaged images were normalized to reduce temporal and atmospheric effects.

In the last stage, Getis Ord Gi* statistics, a spatial statistical method, was applied to normalized LST, NDVI and UI images to examine the effects of UHI and determine the effect of settled areas at the administrative border.

When the calculated indexes, classification images, LST data obtained by the mono-window algorithm are analyzed; it was observed that green areas and water bodies have lower temperatures, while residential areas have higher surface temperatures. The outcomes obtained by hot spot analysis support these results.





1. GİRİŞ

Son yüzyılda hızla artan dünya nüfusuyla birlikte, ekonomik ilişkilerdeki değişime bağlı olarak kent nüfusları hızla artmaya başlamıştır. 2018 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan Dünya Kentleşme Raporu'na göre Dünya nüfusunun yarısından fazlasının (yaklaşık %55) kentlerde yoğunlaştığı ve bu oranın 2050 yılında %88 oranına ulaşacağı öngörülmektedir (United Nations, 2019).

Özellikle 18. ve 19. Yüzyıllarda meydana gelen Sanayi Devrimi sonrası ekonomik ve sosyal kalkınmanın kaçınılmaz bir sonucu olan kentleşme olgusu kırsal yaşamın, kentsel yaşama dönüşümü olarak ifade edilmektedir (Sekertekin ve diğ, 2018). Hem mekansal dağılım, hem nüfusa dayalı düzensiz ve plansız kentleşme dünyamızın karşı karşıya olduğu ciddi zorluklardan biridir.

Kentsel arazideki demografik ve fiziksel genişlemeye bağlı olan kentleşme, şehrin sınırlarının da değiştiği çarpıcı bir arazi kullanımı dönüşümüne yol açmaktadır (Grimm ve diğ, 2008; Sun ve Zhao, 2018). Kentleşmeyle birlikte toprak, su ve bitki örtüsü gibi kırsal arazi örtüsü türleri asfalt, beton ve metal gibi geçirimsiz yüzeyli yapı malzemeleri ile yer değiştirmektedir (Yusuf ve diğ., 2014). Bu kentsel yüzeylerde kullanılan yapı malzemeleri, kırsal bölgedeki yüzeylere nazaran yüksek ısı tutabilmeleri ve düşük yansıtım özellikleri nedeniyle ısıyı daha fazla soğurabilmektedirler (Stone ve Rodgers, 2001). Bu yüzeylerdeki ısı emilimi daha sonra çevreye yayılarak hissedilebilir bir ısı artışına neden olmaktadır (Santamouris, 2001). Ayrıca kentleşmeyle birlikte sera gazı artışı (Dhakal, 2010), çevre kirliliği (Liang ve diğ, 2019), kentsel ısı adası (KIA) etkisi (Anniballe ve diğ, 2014; Liu ve diğ, 2020) ve yer yüzey sıcaklığı (YYs) artışı (Balçık, 2014; Morabito ve diğ, 2016; Şekertekin ve diğ, 2015) gibi çevresel problemler de ortaya çıkmaktadır.

Hızlı kentleşmenin en önemli etkilerinden biri olan KIA, kentlerin, kırsal çevrelerine göre daha sıcak olmasına neden olan antropojenik kaynaklı bir olgudur (Deng ve diğ, 2014). Kentsel ve kırsal alan arasındaki bu iklimsel farklılık “kentsel ısı adası” olarak ilk kez 1820’de Londra kenti için Luke Howard tarafından tanımlanarak literatüre

girmiş ve günümüze kadar birçok kentte araştırılmıştır (Howard, 1833). Kentsel Isı Adaları, Atmosferik Kentsel Isı Adaları (Atmospheric Urban Heat Island, AUHI) ve Yüzey Isı Adaları (Surface Urban Heat Island, SUHI) olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Bu iki tip ısı adası, oluşum şekillerine, tespit edilmeleri ve ölçümlerinde kullanılan tekniklere göre farklılıklar gösterir. Atmosferik kentsel ısı adaları, meteorolojik istasyonlar ve mobil geçişlerin doğrudan ölçümleriyle tanımlanırken, yüzey ısı adaları uzaktan algılama teknolojisi gibi dolaylı ölçümlerle belirlenir. YIA etkisi hava kirliliğini arttırması, yüksek enerji tüketimine sebep olması ve insan sağlığını etkilemesi sebebiyle hem çevre hem insanlar üzerinde olumsuz etkiye sahiptir.

Yeryüzüne ulaşan ışıınım YIA oluşumunu etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Kırsal ve kentsel alanlarındaki farklı zemin özellikleri bu bölgelerde önemli derecede ısı farklılıklarına neden olmaktadır. Bu sebeple YYS'nin araştırılması YIA çalışmalarında kilit bir unsurdur. YYS çalışmaları ilk başlarda meteorolojik istasyonlardan elde edilen verilerle yürütölmekteydi (Khorrami ve Gunduz, 2019). Ancak bu veriler sadece istasyonların bulunduğu nokta ve civarını temsil etmekteydi ve bu istasyonlardan bölgenin geneli için sürekliliğı olan sıcaklık verileri elde edilememekteydi. Uzaktan algılama teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, ısı kızıllötesi görüntöleme yeteneğıne sahip farklı algılayıcılar YYS'yi elde etmek ve YIA analizinde temel veriler sağlamak için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Streutker, 2002). İklim araştırmaları çerçevesinde ısı uzaktan algılama maliyet ve zaman bakımından geleneksel yöntemlerden daha avantajlıdır. Aynı zamanda geniş ölçekte uygulanabilirliğı açısından da avantajlı bir yöntemdir (Şekertekin ve Arslan, 2019).

Kentsel alanlardaki ısı adalarının uzaktan algılama uydusu tarafından elde edilen ısı kızıllötesi verilerin analiziyle belirlenebileceğini gösteren ilk çalışma Rao (1972) tarafından yapılmıştır. Bölgesel ölçekte YYS dağılımını belirlemek için son zamanlarda, sırasıyla 120 m ve 60 m mekansal çözünürlöklere sahip Landsat Thematic Mapper (TM) ve Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), 100 m çözünürlöğe sahip ısı kızıllötesi (TIR) verileri, yerel ölçekli YIA çalışmaları için kullanılmıştır (Liu ve Zhang, 2011; Şekertekin ve diğ, 2015; Weng ve diğ, 2004). YYS değerlerini hesaplamak için Mono Window Algoritması (Mono-window Algorithm, MWA) (Qin ve diğ, 2001), Işıınımsal Transfer Denlemi (Radiative Transfer Equation, RTE), Tek

Kanal Yöntemi (Single Channel Method, SCM) (Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2003) ve Bölünmüş Pencere Yöntemi (Split-window Algorithm, SWA) (Sobrino ve diğ., 1996) gibi çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. (Sekertekin ve Bonafoni, 2020) çalışmalarında MWA, RTE ve SCA yöntemlerinin Landsat 5, 7 ve 8 uydu görüntülerini kullanarak doğruluk performanslarını değerlendirmiştir. Performans karşılaştırması sonucunda en iyi doğruluk değeri 2,39 K karesel ortalama hata (KOH) ile MWA'dan elde edilmiştir. Bendib ve diğ. (2016), MWA ile Doğu Cezayir'deki Batna kentindeki YYS dağılımını tahmin etmek için Landsat 8 OLI ve TIRS verilerini kullanmıştır. Elde edilen YYS değerleri MODIS verileri ile karşılaştırılarak doğruluk değerlendirilmesi yapılmış aralarındaki korelasyon 0,850 bulunmuş bu da algoritmanın YYS elde edilmesinde kullanılabilirliğini göstermiştir. Ayrıca çalışmalarında sanayi bölgesi, kamu tesisleri ve askeri alanların (37 °C), yeşil alan (34 °C) ve ormanlık alanlardan (29 °C) daha sıcak olduğunu belirlemişlerdir. Rongali ve diğ. (2018), YYS tahmini için MWA kullanmış, YYS'nin çorak arazide daha yüksek ve karla kaplı alanlarda daha düşük olduğunu göstermiştir.

YIA'nın mekansal modellerinin analizinde arazi örtüsü/arazi kullanımı (AÖ/AK) zamansal değişimlerini ve mekansal dağılımlarını ve bu değişiklerin YYS üzerindeki etkisini incelemek oldukça önemlidir. Birçok araştırmacı AÖ/AK sınıflarını arazi örtüsü/arazi kullanımı için paralel kenar, minimum uzaklık, maksimum benzerlik, tekrarlı veri analizi yöntemi (Self Organising Data Analysis Technique, ISODATA), gibi çeşitli görüntü sınıflandırma yöntemlerini kullanarak arazi örtüsü değişimlerinin YYS üzerindeki etkisini araştırmıştır (Fashae ve diğ, 2020; Fatemi ve Narangifard, 2019; Pal ve Ziaul, 2017).

Diğer yandan İstanbul gibi metropol şehirlerde bitki örtüsü, tarım alanları, kentsel alanlar, denizler gibi arazi sınıflarının birbirine komşu ve heterojen yapıda olması nedeniyle oluşan karışık piksel probleminin çözülmesi ve arazi kullanım sınıflarının hassas bir şekilde belirlenebilmesi için spektral uzaktan algılama indeksleri geliştirilmiştir. Spektral indeksler arazi örtüsü türlerini nicel olarak temsil edebilmektedir; bu yüzden YIA çalışmalarında kullanılmaktadır. Birçok çalışmada heterojen şehirlerde vejetasyon verimliliğini tahmin etmek için kullanılan Düzeltilmiş Toprak Bitki İndeksi (Soil-Adjusted Vegetation Indeks, SAVI) (Weng ve Yang, 2004), Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), yapay yüzeylerin spektral yansıtma özelliklerine dayalı Normalize Edilmiş

Fark Yerleşim Alanı İndeksi (Normalized Difference Built-up Index, NDBI), kentsel ve yerleşim alanı (yapay yüzey) özelliklerinin hızlı bir şekilde tanımlanması için İndeks Tabanlı Yapı İndeksi (Index-based Built-up Index, IBI) ve Kentsel İndeks (Urban Index, UI) gibi spektral indekslerin YYS ile ilişkisi araştırılmıştır. Bu çalışmalarda da genel olarak, yerleşim ve yapay alanların YIA etkisinde artışa yol açan daha yüksek YYS değerlerine sahip olduğu ve bitkisel alanları YIA etkisini azaltan düşük YYS değerlerine sahip olduğunu gösteren benzer sonuçlar elde edilmiştir (Kikon ve diğ, 2016; Liu ve Zhang, 2011; Zhao ve diğ, 2020).

YYS'nin analizi ve değerlendirilmesinde uzaktan algılama tabanlı tekniklerin yanı sıra Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknikleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürle ilgili olarak, Mean LST (Chaudhuri ve Mishra, 2016) Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI) (Ahmed, 2018) ve Discomfort Index (DI) (Giles ve diğ, 1990; Sobrino ve Irakulis, 2020) YIA etkisinin mekansal dağılımını ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Bu yöntemlerin dışında, her verinin mekansal otokorelasyonlarını tanımlayan bir ölçü olan Getis-Ord G_i^* istatistiği (Getis ve Ord, 1992), sıcak ve soğuk alanların mekansal modellerini göstermenin en çok tercih edilen yollarından biridir.

Yukarıda bahsedilen YYS ve YIA çalışmaları, genellikle bitki örtüsü ve yerleşim alanları veya genel arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıfları dikkate alınarak YYS değişikliklerini analiz etmeye odaklanmıştır. Bu çalışmaların sonuçları YIA olgusunu anlamak için önemli olsa da, idari ölçekte YIA etkisinin araştırılması daha önemlidir. Birçok çalışmada YYS'nin mekansal dağılımı herhangi bir sınır belirlenmeden doğrudan YYS görüntülerinin pikselleri üzerinden analiz edilmiştir (Guerri ve diğ, 2021; Mavrakou ve diğ, 2018). Ranagalage ve diğ. (2018) tarafından gerçekleştirilen tek çalışmada ise, Kolombo'daki YIA oluşumunun mekansal dağılımı idari sınırlara göre incelemiştir. Ancak yazarlar, 1997 ve 2017'de elde ettikleri iki uydu görüntüsünü normalize etmeden analizlerine dahil etmişlerdir.

Türkiye'nin ekonomi, kültür ve eğitim merkezi olarak İstanbul, yıllar içerisinde nüfusun aşırı artışı ve kırsal bölgelerden gelen göçler sebebiyle hızlı bir kentleşme süreci geçirmiştir. Bu hızlı kentleşme sürecinde planlanmamış peyzaj değişiklikleriyle, doğal bitki örtüsüne sahip alanların çoğu yol, bina, endüstriyel alanlar gibi geçirimsiz yüzeylerle yer değiştirmiştir. Bu değişimler günlük yaşamın sosyal özelliklerine katkıda bulunsa da doğa ve ekosistem üzerinde kaçınılmaz ve kalıcı etkileri vardır (Göksel ve diğ, 2018). Özellikle kuzey ormanlarının bulunduğu

bölgede yapılan mega projeler 3. Köprü ve bağlantı yolları için Avrupa Yakası'nda 1.416 ha, Anadolu Yakası'nda ise 1.126 ha olmak üzere, toplam 2.542 hektar orman alanının, 3. Havalimanı için ise 6.173 ha orman alanının yok olduğu bilinmektedir (Url-1). Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın 2012-2018 CORINE (Coordination of Information on the Environment) arazi örtüsü sınıfları incelendiğinde, yapay alanların yaklaşık 12.705 ha arttığı ve yeşil alanların yaklaşık 7.900 ha azaldığı görülmüştür (Url-2). Kentleşmenin bir sonucu olarak arazi örtüsünün dramatik bir şekilde değişikliğe uğraması, hava kirliliğine ve mevsim normallerine göre yüzey sıcaklığında artışlara neden olmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınan meteorolojik veriler irdelendiğinde 2009-2017 sıcaklık ortalamalarında istasyon noktalarına göre 1.5 ile 3 derece arasında değişen artışların olduğu tespit edilmiştir. Birçok parametrenin etken olduğu bu ısı adası problemi, doğru verilerle geniş bir bakış açısıyla değerlendirilmelidir. Tüm bu antropojenik kaynaklı değişimlerin sebep olduğu negatif etkilerin analizi ve azaltmaya yönelik önlemlerin alınması için arazi örtüsü ve kullanımı sınıfları ile yer yüzey sıcaklığı arasındaki istatistiksel ilişkiyi belirlemek, İstanbul'un sürdürülebilir yönetimi için büyük önem taşımaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, İstanbul ilinin sürdürülebilir yönetimi ve planlanması için, uzaktan algılama spektral indeksleri ve görüntü sınıflandırma yöntemleri ile belirlenmiş AÖ/AK sınıflarının YYS üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi, bu etkilerin idari ölçekte ortaya konması için mekansal istatistik analizlerinin yapılması ve neden sonuç ilişkilerinin kurulmasıdır. Bu çalışma kapsamında; (i) 2009 yılına ait 17 Haziran, 19 Temmuz ve 5 Eylül tarihli üç Landsat 5 TM görüntüsü ve 2017 yılına ait 23 Haziran, 25 Temmuz ve 11 Eylül tarihli üç Landsat 8 OLI&TIRS görüntüsünden YYS, NDVI ve UI görüntüleri elde edilmiş ve her yıl için üç görüntünün ortalaması alınmıştır. (ii) Ortalaması alınmış görüntüler, zamansal atmosferik etkileri azaltmak için normalize edilmiştir. (iii) YYS'nin mekansal-zamansal dağılımı, arazi örtüsü/arazi kullanımı haritalarına göre incelenmiştir. (iv) YIA etkisini keşfetmek ve YIA etkisi, bitki örtüsü ve yerleşim alanları arasındaki etkileşimi idari ölçekte ortaya çıkarmak için, Getis-Ord Gi* istatistiği normalize edilmiş YYS, NDVI ve UI görüntülerine uygulanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Literatür araştırmaları, bugün dünya üzerinde hızla artan kentleşmenin bir sonucu olan YIA etkisinin kentlerdeki ısıyı giderek arttırdığını göstermektedir. Bu durumun insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri bu konu ile ilgili çalışmaları arttırmıştır. YIA etkisini anlamak için AÖ/AK sınıflarındaki değişiklikleri keşfetmek, kentleşme ve sanayileşmenin genellikle hızla gerçekleştiği ancak tutarlı planlama ve kontrol politikalarının uygulanmadığı gelişmekte olan ülkelerdeki toplumlar ve yerel yönetimler için değerlidir (Tran ve diğ., 2017). Birçok çalışmada AÖ/AK sınıfları çeşitli görüntü sınıflandırma yöntemleri kullanılarak belirlenmiş ve YYS üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar genel olarak, yerleşim ve çıplak arazilerin genellikle YIA etkisinde artışa yol açan daha yüksek YYS değerlerini koruduğunu ve bitkisel alanların YIA etkisini azaltmaya yardımcı olan düşük YYS değerlerine sahip olduğunu gösteren benzer sonuçlar sunmuştur.

Şekertekin ve Marangoz (2019) çalışmalarında 24 Mayıs 2017 tarihinde alınan Landsat 8 uydu görüntüsü kullanarak Zonguldak bölgesi için AÖ/AK ve Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. YYS elde etmek için MWA kullanılmıştır. Ayrıca AÖ/AK sınıflarının belirlenmesi için piksel tabanlı maksimum benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. YYS ve AÖ/AK sınıfları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için her bir AÖ/AK sınıfından kesitler alınarak bu kesitlere karşılık YYS değerleri çıkarılmıştır. Sonuç olarak yerleşim alanları ile açık yüzeyler yüksek YYS değerlerine sahipken, orman alanları ve bitki örtüsü ile kaplı bölgelerdeki YYS değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yerleşim alanlarındaki YYS değerlerinin, bitki örtüsü kaplı alanlara nazaran ortalama 4 °C daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Fashae ve diğ. (2020) çalışmalarında 1984 ile 2019 yılları arasında hızla kentleşen tropikal bir şehir olan Ibadan'da değişen AÖ/AK sınıfları ve YYS arasındaki ilişkiyi analiz etmeyi amaçlamışlardır. Bunun için Aralık 1984, Aralık 2002 ve Ocak 2019 tarihlerine ait sırasıyla Landsat TM, ETM ve OLI görüntüleri Google Earth Engine (GEE) platformunda, Rastgele Orman (Random Forest, RF) sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak yoğun yerleşim alanı, normal yerleşim alanı, normal bitkisel alan, yoğun bitkisel alan ve su alanları olmak üzere her bir görüntü için beş sınıf elde edilmiştir. Sınıflandırma sonuçlarında yerleşim alanlarında 1984 yılından

2019 yılına kadar geçen sürede, 178,76 km² artış olduğu, bitkisel alanlarda ise 394,737 km² düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Kuzey-güney ve batı-doğu yönünde alınan kesitler incelendiğinde, 1984 yılında YYS değerlerinin 17-28 °C aralığında olduğu ve en yüksek değerlerin yerleşim alanlarında olduğu görülürken, 2019 yılında Ibadan şehir merkezinde bulunan yüksek oranda kentleşmiş alanların yaklaşık 38 °C ile en yüksek YYS değerlerine, bitkisel alanlarda ise 19 °C ile en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Şehir içindeki AÖ/AK değişimi YYS değerlerinde önemli bir fark yaratmıştır. Yıllar içerisinde yerleşim alanlarının arttığı bölgelerde yaklaşık 0,96 °C artış olurken, bitki örtüsünün azaldığı bölgelerde ise yaklaşık 3,6 °C artış olduğu belirlenmiştir.

Babalola ve Akinsanola (2016) çalışmalarında Afrika'nın en kalabalık ülkesi olarak kabul edilen Nijerya'nın, Lagos şehrindeki kentleşme ve bunun sonucunda AÖ/AK sınıfı değişimin YYS'ye olan etkisini araştırmak için Aralık 1984, Aralık 2001 ve Aralık 2013 tarihlerine ait Landsat TM ve Landsat ETM görüntülerini kullanmışlardır. Görüntüler maksimum benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemi ile yerleşim alanları, bitkisel alanlar ve çıplak alanlar olmak üzere üç ana sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarına göre bitkisel alanlarda 1984 yılından 2013 yılına kadar geçen sürede %70,04 oranından %10,13 oranına büyük bir düşüş gözlemlenmiştir. Bunun yanında yerleşim alanları ise %27,43'ten %79,56 oranına yükselmiştir. YYS değerlerinin, yerleşim bölgelerinde 1984 yılında ortalama 21 °C'den 2013 yılında 35 °C'ye kadar değiştiği belirlenmiştir.

El-Zeiny ve Effat (2017) çalışmalarında Mısır'ın orta-kuzey kesiminde bulunan El-fayoum kentinde değişen AÖ/AK değişiminin YYS'ye etkisini araştırmışlardır. AÖ/AK sınıflarını belirlemek ve YYS görüntülerini elde etmek için 3 Ağustos 1990, 30 Temmuz 2003, 10 Ağustos 2013 ve 2 Ağustos 2016 tarihli Landsat TM, ETM+ ve OLI uydu görüntülerini kullanılmıştır. Arazi Örtüsü sınıflarını belirlemek için görüntülere maksimum benzerlik sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve çıplak (çöl) alanlar, yerleşim alanları, bitkisel alanlar ve su alanları olmak üzere dört sınıf oluşturulmuştur. Sınıflandırma sonuçlarına göre 1990 ve 2003 yılları arasında yerleşim sınıfının yıllık ortalama 5,32 km², bitkisel alanların 0,36 km² arttığı, bunun yanında çıplak alanların 5,5 km² civarında azaldığı gözlemlenmiştir. Yine 2013 ve 2016 yılları arasında yerleşim ve bitki alanlarında sırasıyla yıllık ortalama 6,32 km² ve 5,88 km² artış olduğu, ancak çıplak alanlarda 7,72 km² azalma olduğu görülmüştür.

Yıllar arasında yerleşim ve bitki sınıflarında artış gözlemlenirken, çıplak alanlar ve su alanlarında azalma gözlemlenmesi kentleşmenin, bitkisel alanlardan daha çok şehrin etrafında ve daha az oranda şehir merkezinde de bulunan çöl alanlarında meydana geldiğini göstermiştir. AÖ/AK değişiminin YYS üzerindeki etkisinin anlaşılması için her bir arazi örtüsü sınıfının ısı değerleri elde edilmiş, 2016 yılı için ortalama YYS'nin en yüksek olduğu sınıf çıplak alanlar (47,62 °C) olarak gözlemlenirken bunu sırasıyla yerleşim alanları (41,73 °C), bitkisel alanlar (39,12 °C) ve su alanları (33,41 °C) takip etmiştir.

AÖ/AK'nin belirlenmesinde görüntü sınıflandırma yöntemleri sıkça kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler kentlerdeki heterojen yapılaşma sebebiyle spektral yansıtılardaki karışıklıklardan dolayı tatmin edici bir doğruluk sağlamayabilir. Bu nedenle, birçok çalışma sadece tek bir sınıflandırma yöntemi kullanmakla kalmamış aynı zamanda bu AÖ/AK sınıflarının ayrılması için geliştirilmiş spektral indekslerden de yararlanmıştır.

Balçık (2014) çalışmasında YIA adalarının İstanbul şehri üzerindeki etkisini araştırmak için YYS değerleri ve yapay alanlar arasındaki istatistiksel ilişkiyi araştırmıştır. Bu bağlamda YYS belirlenmesi için MWA'dan yararlanarak 5 Eylül 2009 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü kullanılmıştır. Yapay alanların belirlenmesinde İndeks tabanlı yapı indeksi (IBI) kullanılmıştır. IBI'nın elde edilmesi için; yeşil alanlar için SAVI, yerleşim alanları için NDBI ve su ile kaplı alanlar için MNDWI hesaplanmıştır. YYS görüntüleri incelendiğinde en düşük sıcaklık değeri 292 K, en yüksek sıcaklık değeri ise 320 K olarak gözlemlenmiştir. Orman alanlarında sıcaklık değerleri 299-304 K gözlemlenirken, ticari alanların bulunduğu kırsal kesimlerde 306-312 K arası, havaalanlarının olduğu bölgelerde 312-314 K değerleri görülmüştür. Daha sonra elde edilen YYS görüntüsü ile indeksler arasında regresyon analizleri yapılmıştır. YYS ile IBI arasında pozitif korelasyon gözlemlenirken, MNDWI ve SAVI indeksleri arasında negatif korelasyon görülmüştür. İstatistiksel sonuçlar da yapay alanların artmasının YIA etkisinin en önemli sebeplerinden biri olduğunu göstermiştir.

NDVI'nın mevsimsel olarak izlenmesi, bir bölgedeki bitki örtüsü değişiklikleri hakkında bilgi verirken, bunun YYS zaman serileri ile kombinasyonu, mevsimsel davranışın arazi örtüsündeki değişimin mevcut bitki örtüsü üzerindeki etkisi hakkında bilgi çıkartmaya olanak tanır. Fatemi ve Narangifard (2019) çalışmalarında İran'ın

Şiraz şehrinde AÖ/AK değişiminin tespiti ve NDVI değerlerinin mevsimsel olarak izlenmesi için 1986'dan 2011'e kadar iki grup Landsat TM görüntüsünden oluşan çok zamanlı bir veri seti kullanmışlardır. Kasım 1986 ve Ekim 2011 tarihlerine ait görüntüler maksimum benzerlik yöntemiyle sınıflandırılmış ve sonuçlar; şehrin büyük bir kentsel büyüme yaşadığını, geçen sürede yerleşim alanlarının 13,17 km² arttığını, bitki örtüsünün (bahçe) 4,6 km² ve çıplak alanların sırasıyla 4,6 ve 8,63 km² azaldığını göstermiştir. İlkbaharda, en yüksek YYS aralığı, 17 ila 18 °C iken, 14–16 °C YYS aralığı bitki örtüsüne denk gelmiştir. Yaz aylarında ise en düşük YYS aralığı, NDVI değerlerinin en yüksek olduğu bölgelere denk gelmiştir. YYS ve NDVI arasındaki korelasyon mevsimsel bazda incelendiğinde; -0,58 değeriyle en yüksek negatif korelasyon yaz ayları için bulunurken, sonbahar, kış ve ilkbahar ayları için sırasıyla -0,3, 0,28 ve 0,29 değerleri bulunmuştur. Genel olarak, bitki örtüsü ile YYS arasındaki negatif korelasyon 1986'ya kıyasla 2011'de daha düşük değerdeyken, yazın bitki örtüsü ile LST arasındaki korelasyon diğer mevsimlere göre daha yüksek çıkmıştır. Bu bulgular bitki örtüsünün YYS'yi azaltıcı etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Xu ve diğ. (2009) çalışmalarında kentsel yerleşim alanları, bitki örtüsü ve YYS arasındaki ilişkiyi inceleyerek, Çin'in Quanzhou şehrindeki kentsel dinamikleri ve iklim değişikliklerini ortaya koymak için 30 Eylül 1987, 17 Mayıs 1996 ve 18 Eylül 2006 tarihli Landsat TM görüntülerini kullanmıştır. NDBI, MNDWI ve SAVI, yapay alanların belirlenmesi için kullanılan IBI'nın elde edilmesi için hesaplanmıştır. Geçen sürede yerleşim alanlarında 117,9 km² artış olduğu ve kentsel alanların 1986'ya göre yaklaşık 4.5 kat arttığı gözlemlenmiştir. Kentsel ve kırsal kesim arasındaki ortalama YYS farkını hesaplayarak YIA yoğunluğunun analizi, YIA'nın 1987'de 2,2 °C'den 2006'da 3,2 °C'ye, neredeyse 20 yıllık bir dönemde 1 °C daha yüksek bir büyüklükte arttığını göstermektedir. IBI ve YYS arasındaki istatistiksel ilişkiyi anlamak için yapılan regeresyon analizleri, yerleşim alanlarının bölgedeki YYS ile pozitif bir ilişkide olduğunu ortaya koymuştur.

Liu ve Zhang (2011) çalışmalarında Hong Kong şehrindeki yeşil alanların ve yerleşim alanlarının YIA üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu bağlamda 23 Kasım 2005 tarihli Landsat TM görüntüsü için MWA, 1 Aralık 2005 tarihli Aster görüntüsü için ise SWA uygulanarak YYS değerleri elde edilmiştir. Ortalama sıcaklıklar Kasım ve Aralık ayları için sırasıyla 21,6 °C ve 21,9 °C olarak bulunmuştur. Hong Kong'da birçok bölgede YIA tespit edilmiştir. Bunlar çoğunlukla Kowloon yarımadasındaki

ticaret merkezleri, Hong Kong havaalanı gibi kentsel alanlarda yayılmıştır ve bu bölgelerde YYS 29 °C'nin üzerinde tespit edilmiştir. Kentsel alanlardaki ısıl değişiklikleri doğrudan yansıtmak için ekolojik değerlendirme indeksine göre UTFVI değerleri hesaplanmıştır. En yüksek ekolojik değer indeksine sahip alanların tümü yoğun yeşil bitki örtüsüne sahipken, en düşük ekolojik değer indeksine sahip alanlar ise yoğun kentsel gelişimin olduğu bölgelerde toplanmıştır. YYS ile, yeşil alanların tespiti için kullanılan NDVI, yerleşim bölgelerini ayırt etmek için kullanılan NDBI arasındaki istatistiksel ilişki incelendiğinde ise YYS ve NDVI arasında -0.41 değerinde negatif korelasyon görülürken, YYS ve NDBI arasında 0.71 oranında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Bu sonuca göre yeşil alanların YIA etkilerini zayıflatacağı, yapay alanların ise bu etkiyi arttıracacağı ortaya çıkmaktadır.

Guha ve diğ. (2018) çalışmalarında İtalya'nın Floransa ve Napoli şehirlerinde YYS dağılımı ve YYS'nin NDVI ve NDBI ile olan ilişkisini incelemişlerdir. Floransa için 10 Temmuz 2016, Napoli için ise 21 Temmuz 2016 tarihli Landsat 8 OLI görüntülerinden YYS elde edilmiş, UTFVI indeksi YIA'nın tespiti için kullanılmıştır. Ortalama YYS değerleri Floransa ve Napoli için sırasıyla YIA'nın olduğu bölgelerde 34,86 °C ve 35,24 °C, YIA olmayan bölgelerde ise 31,71 °C ve 31,93 °C bulunmuştur. Ekolojik değerlendirme indekslerine göre sınıflandırılan YYS görüntülerinde en kötü ekolojik değer indeksine denk gelen bölgeler iki şehir için de çoğunlukla yerleşim alanlarının ve bitki örtüsü olmayan açık alanların olduğu bölgelere denk gelmiştir. YYS ve yeşil alanların varlığını gösteren NDVI arasında iki şehir için sırasıyla -0.71 ve -0.57 negatif değerleri bulunurken, YYS ve yerleşim alanlarının tespitinde kullanılan NDBI arasında sırasıyla 0.7 ve 0.61 pozitif değerleri bulunmuştur. Tüm bulgular yeşil alanların YIA etkilerini azaltmaya yardımcı olduğunu göstermiştir.

Literatürde YIA etkisinin mekansal dağılımını ortaya çıkarmak için her verinin mekansal otokorelasyonlarını tanımlayan bir ölçü olan Getis-Ord Gi* istatistiği ile birçok çalışma yapılmıştır.

Ranagalage ve diğ. (2018) çalışmalarında Kolombo bölgesindeki YIA oluşumunun mekansal modellerini incelemişlerdir. 1997 ve 2017 yılları için Getis Ord Gi* istatistiğini kullanarak, YYS, NDVI, NDBI ve nüfus yoğunluğu verilerinin üzerinde sıcak alan analizi uygulanmıştır. 1997 yılında YYS'nin yüksek olduğu yerler şehrin batı kısımlarındayken 2017 yılında şehrin doğu kısımlarına doğru genişlemesiyle yüksek değerler bu bölgelerde de artmıştır. YYS görüntülerinden elde edilmiş sıcak

alan haritalarında da sıcak alanlar genellikle şehrin batı kısmında oluşmuştur. Birçok sıcak alan 1997 yılından 2017 yılına geçerken daha sıcak alanlara dönüşmüştür, sıcak alanların yoğunluğu %27,8'den %36,6'ya yükselmiştir. Aynı zamanda şehrin en doğu kısmında bulunan yeşil alanların bulunduğu bölgelerde oluşan soğuk alanlar da geçen zamanda artış gözlemlenmiştir, soğuk alan yoğunluğu ise %24,1'den %26,9'a yükselmiştir. NDVI sıcak alan haritasında NDVI için sıcak alan olan kümelenmelerin yine şehrin doğusundaki yeşil alanlarda olduğu gözlemlenmiştir. Yıllar içinde NDVI sıcak alanları %24,8'den %36,3'e yükselmiştir. NDBI sıcak alan haritalarındaki sıcak alanların ise şehrin yerleşim alanlarının olduğu batı kısmında yoğunlaştığı ve yıllar içerisinde yerleşim alanlarının genişlemesiyle arttığı görülmüştür. NDBI için sıcak alan olan kümelenmelerin ise %30,3'ten %37,2'ye yükseldiği belirlenmiştir. Çalışmada yüksek YYS değerlerinin ve kümelenmelerinin, şehrin batısında bulunan yerleşim bölgelerinde ve nüfus yoğunluğunun görüldüğü yerlerde olduğu görülmüştür.

Das ve Angadi (2020) çalışmalarında Hindistan'ın Bengal şehrindeki AÖ/AK değişimi ve YYS ilişkisinin mekansal analizini yapmışlardır. Hem mevsimsel hem de zamansal olarak inceleme yapabilmek için Ocak, Nisan ve Kasım aylarına ait 1990 ve 2016 tarihli altı görüntü kullanılmıştır. Görüntüler maksimum benzerlik yöntemiyle sınıflandırılmış yerleşim alanlarında %15,51 artış, bitkisel alanlarda ise %50'ye yakın azalma gözlemlenmiştir. YYS değerlerinin en yüksek olduğu bölgelerin yerleşim alanlarında olduğu bulunmuştur. Doğrudan YYS görüntüleri üzerinde oluşturulan sıcak nokta analizinde de sıcak noktalar kentsel bölgelerde kümelenmiştir. 1990 ve 2016 yılına kadar geçen sürede sıcak alan kümelenmeleri mevsimsel olarak incelendiğinde Ocak ayı için %19,9'dan %35,3'e, Nisan ayında %10,25'ten %16,40'a, Kasım ayı için ise %1,38'den %37,4'e yükseldiği görülmüştür.



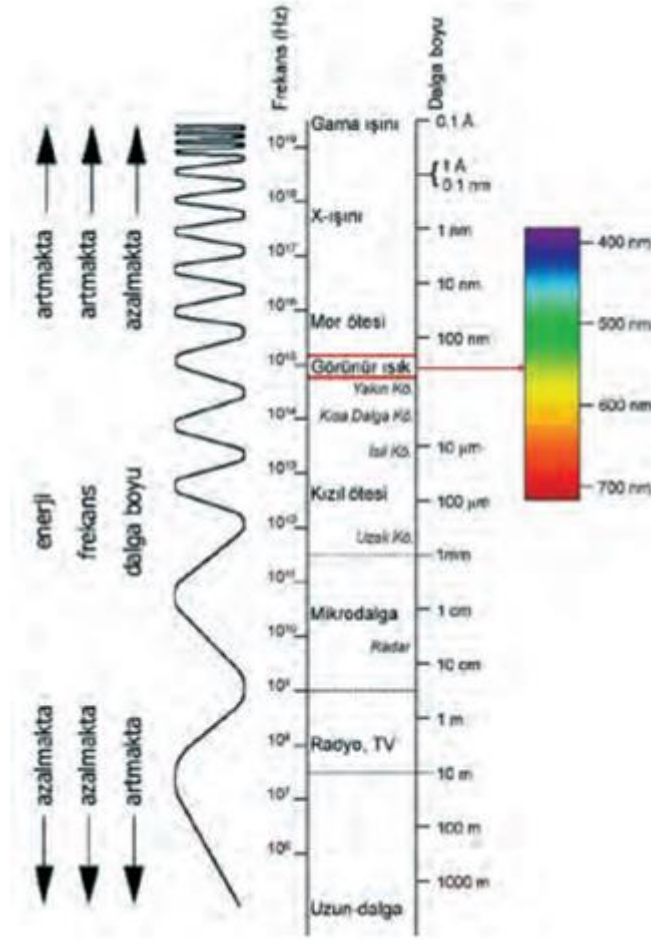
2. UZAKTAN ALGILAMA

Uzaktan algılama (UA) doğal veya yapay yeryüzü elemanlarından yayılan veya yansıyan elektro manyetik ışınımın fiziksel bir temas olmaksızın, hava araçları veya uydu sistemleri aracılığıyla kaydedilerek, bu yüzeylerin özelliklerinin ortaya çıkarılmasıdır. Geleneksel ölçüm yöntemlerine göre, tek bir seferde daha geniş alanlarda gözlem yapılabildiği ve algılayıcının zamansal çözünürlüğüne göre değişmekle birlikte kısa periyotlarda ölçüm yapılabildiği için U.A. verileri son yıllarda çevresel değişimlerin tespit edilmesinde birincil kaynak olarak kullanılmaktadır (Khorram ve diğ, 2012).

2.1 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik ışınım , hem parçacık hem de dalga benzeri özelliklere sahip fotonların ışık hızında ilerlediği bir enerji yayılım şeklidir. Mutlak sıcaklığın (0 K) üzerindeki her cisim sahip oldukları kinetik enerji nedeniyle ışınım yapar. Bunun yanında cisimler , diğer cisimler tarafından yayılan ışınımı da yansıtır. Uzaktan algılama sisteminde yayılan veya yansıyan ışınım kaydedilerek yeryüzündeki bitki örtüsü, yapılar, topraklar, kaya veya su kütleleri gibi özelliklerin karakteri hakkında bilgi toplanır. Uzaktan algılama görüntülerinin doğru yorumlanabilmesi elektromanyetik ışınımın atmosferle ve yüzeylerle etkileşime girdiğinde davranışlarının iyi bir şekilde anlaşılmasına bağlıdır (Campbell ve Wynne, 2012).

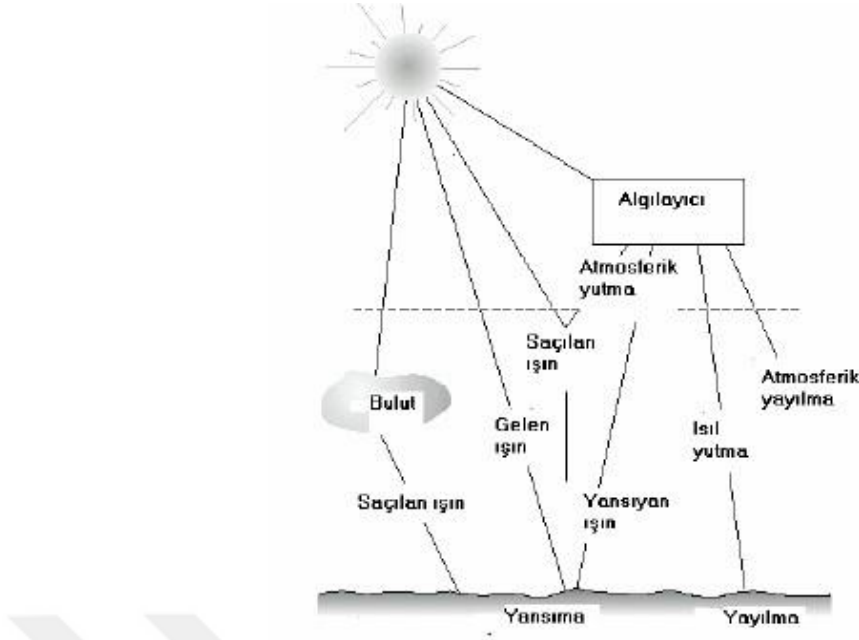
Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik radyasyonun toplam dalga boyu aralığıdır ve frekans ve dalga boylarının sürekliliklerine göre uzaktan algılama alanında kullanılan dört ana bölüme ayrılır. Bunlar ultraviyole, görünür, kızılötesi ve mikrodalga bölgeleridir. Bu bölgeler Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Elektromanyetik spektrum (Sunar, 2011).

2.2 Elektromanyetik Işınımın Atmosfer ile Etkileşimi

Dünya'nın yüzeyi, gaz, katı ve sıvı parçacıkların karışımından oluşan bir atmosfer tabakası ile kaplıdır (Campbell ve Wynne, 2012). Güneşten gelen elektromanyetik dalgalar atmosfere ulaştığında bu parçacıklarla etkileşimde bulunurlar. Bu etkileşim; yutulma (absorbtion), saçılma (scattering) veya iletme (transmission) şeklinde gerçekleşmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Elektromanyetik ışınının atmosfer ile etkileşimi.

Atmosferik gazlar veya büyük atmosferik gaz molekülleri, yeniden yönlendirerek elektromanyetik ışınının saçılmasına neden olur. Saçılma, izlenen yol farkına, atmosferdeki parçacıkların yoğunluğuna ve dalga boyuna bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Saçılma sonucunda ışınının bir kısmı uzaya geri yansırken, diğer kısmı yeryüzüne doğru iletilir. Atmosferde Rayleigh, Mie ve Seçici olmayan olmak üzere üç çeşit saçılım gerçekleşir (Sunar, 2011).

Rayleigh Saçılımı; atmosferde etkileşimde olunan maddelerin, elektromanyetik ışınının dalga boyundan daha küçük olduğu durumlarda gerçekleşir. Bu saçılmanın etkisi dalga boyu ile ters orantılıdır ve kısa dalga boylarında daha fazla saçılmaya uğrar. Saçılma, atmosferin kendi parlaklığına sahip olmasına neden olur (Campbell ve Wynne, 2012). Bu yüzden gökyüzü Güneş ışığının saçılması sonucu görünen ışığın en küçük dalga boyu olan mavi olarak görünür.

Mie saçılımı; ışığın dalga boyu ile aynı büyüklükte parçacıklarla (toz, polen, duman vb.) etkileşimden kaynaklanır. Havanın kapalı olduğu zamanlarda daha belirgin gözlemlenir.

Seçici olmayan saçılma; atmosferin alt katmanlarında, parçacıkların çapları ışınının dalga boyundan çok daha büyük olduğunda meydana gelir. Saçılma dalga boyuna bağlı değildir. Bu saçılmanın bir sonucu olarak, bulutlar beyaz ve pus gri görünür.

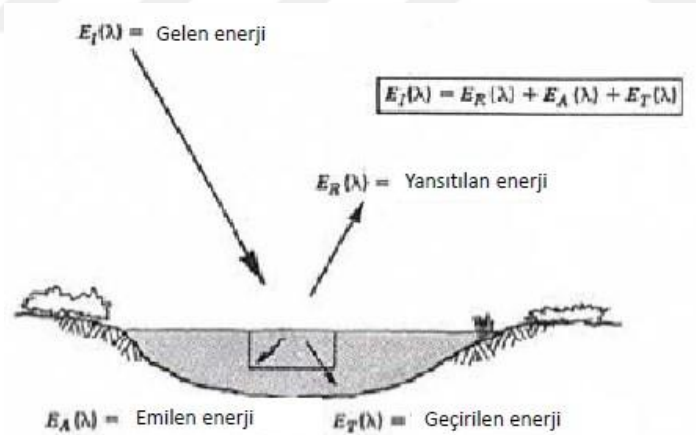
Yutulma ise; ışınının zayıflaması veya iletiminin önlenmesiyle, enerjinin başka bir forma dönüştürülmesidir. Atmosferde ozon, karbon dioksit ve su buharı olmak üzere yutulmaya sebep olan üç ana bileşen vardır (Campbell, 1996). Enerjinin bir kısmı genellikle uzun dalga boylarında geri yansıtılır, bir kısmı ise yutularak hedefin ısınımasını artırır.

2.3 Elektromanyetik Işınımın Yeryüzü Cisimleri ile Etkileşimi

Elektromanyetik enerji dünya yüzeyine ulaştığında; yüzeyin doğasına, cismin fiziksel koşullarına ve kimyasal bileşenlerine bağlı olarak yutulur (absorbed), geçirilir (transmitted) ya da yansıtılır (reflected) (Şekil 2.3). Bu üç enerji etkileşimi arasındaki ilişki, denklem 2.1’de verilen enerjinin korunumu ilkesiyle ifade edilir.

$$E_T(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda) \quad (2.1)$$

Burada; EI yeryüzüne ulaşan toplam elektromanyetik enerjiyi, ER yansıtılan enerjiyi, EA yutulan enerjiyi ve ET geçirilen enerjiyi temsil eder.



Şekil 2.3 : Elektromanyetik ışınımın yeryüzü cisimleri ile etkileşimi (Lillesand ve Kiefer, 1994).

Güneş ışınımının yüzey tarafından yutulan bir kısmı, cisim tarafından uzun dalga boylarında tekrar yayılır, diğer kısmı ise cisimde kalarak cismin tekrar ısınmasına neden olur.

Uzaktan algılama için cisimlerden yansıtılan enerji miktarı önemlidir. Yansıtılan yüzeyin geometrik yapısına göre genel olarak iki farklı şekilde spektral yansıtım oluşur.

Yüzey düz ise “aynaya benzer “ yansıtım olarak adlandırılan düz bir şekilde yansır. Yüzeyin pürüzlü olduğu durumlarda ise dağınık (tüm doğrultularda) yansıma oluşur (Sunar 2011).

Toplam yansıma miktarı ölçülerek yüzeylerin yansıtma özellikleri belirlenebilir. Buna spektral yansıtma ρ_λ denir (Denklem 2.2).

$$\rho_\lambda = \frac{\text{cisimden yansıtılan ışınım}}{\text{gelen toplam ışınım}} \times 100 \quad (2.2)$$

Farklı dalga boylarında her cismin kendine özgü bir spektral yansıtım değeri vardır. Cisimlere ait bu farklı yansıtım değerlerinin grafiği spektral yansıtım eğrisi olarak tanımlanır. Çalışmada kullanılacak algılayıcıya ve spektral bölgeye karar verilmesinde spektral yansıtım eğrileri önemli bir role sahiptir.

2.4 Isıl Uzaktan Algılama

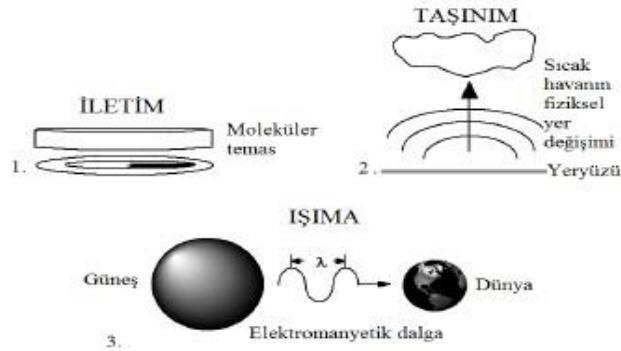
2.4.1 Kinetik ısı

Bir cismi oluşturan atomların titreşmesi, hareket etmesi ve dönmesi sonucunda sahip olunan kinetik enerji, cismin kinetik ısısı olarak tanımlanır. Isının artmasıyla sıcaklığı artan bir cisim, sıcaklığını elektromanyetik ışımaya çevirir.

İşıma ile ısı enerjisi, başka bir ortama;

1. İletim (moleküler temas),
2. Taşınım (ısıtılan malzemenin fiziksel yer değişimi),
3. Işıma (elektromanyetik dalga)

ile üç farklı şekilde transfer edilebilir (Norman ve Francois, 1995) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : Isı enerjisinin transferi.

Cisimler ısındıkça, ışıınım yaptıkları maksimum dalga boyu kısaldığından genellikle elektromanyetik spektrumun ısı kızıı ötesi (3 – 14 μm) bölgesinde ışıınım gerçekleşir.

2.4.2 Isıl kıızıı ötesi bölge

Isıl kıızıı ötesi bölge elektromanyetik spektrumun 0.7 μm ile 14 μm arasında kalan bölgedir. Isıl kıızıı ötesi bölgede atmosferin geçirimli olduğu bölgeler 3 μm ile 5 μm ve 8 μm ile 14 μm aralıklarıdır. Bu bölgede algılayıcılar, yansıtılan enerji yerine, cisimlerin sıcaklıklarına bağılı olarak yaydıkları ışıını baskın olarak kullanırlar.

2.4.3 Siyah cismin ışıını

Mutlak sıfırın (0 K, -273.15 C) üzerinde bir sıcaklığa sahip tüm nesneler, elektromanyetik ışıınım enerjisi yayar. Ancak siyah cisim, üzerine düşen tüm ışıını yutan, hiçbirini yansıtmayan veya iletmeyen, cisimlerin kinetik ısı enerjilerine bağılı olarak yaptıkları ısı ışıını açıklamak için kullanılan teorik bir cisim veya modeldir. Siyah cisim ışıması bir cismin sıcaklığına bağılı olarak yaydığı elektromanyetik ışıımadır.

Siyah cisim ışıını; dört ışııma yasası ile açıklanır.

Bunlar;

- Planck ışıınım Yasası (Planck 1914) : belirli bir sıcaklıkta ısıı denge durumunda bulunan bir siyah cisim ışımasının yaydığı elektromanyetik ışıını tanımlar.
- Stefan Boltzmann Yasası : Siyah bir cismin sıcaklığı ile ışıınım arasındaki ilişkiyi veren bir fizik yasasıdır.
- Wien Yerdeğıştirme Yasası : Siyah cisim ışıınımda sıcaklık ile ışıık dalga boyu arasındaki ilişkiyi verir.
- Kirchoff ışııma yasası : Yansıma, iletim, yutulma ve yaymanın katsayıları arasındaki ilişkiyi düzenler.

2.4.4 Yeryüzü cisimlerinin ısıı özellikleri

Cisimler farklı yansıım değıerlerinden ayırt edilebildiğı gibi, yaydıkları ısıı ışıınım özellikleri ile de ayırt edilebilmektedirler. Isıl enerji üç farklı şekilde algılanabilir:

1. Direkt cisimden yayılan enerji,
2. Atmosferden yayılıp cisimden yansıyan enerji,

3. Cisimle temas etmeden atmosferden yayılan enerji.

Yeşil bitkiler fotosentez için ihtiyaç duydukları enerjiyi çoğunlukla görünür bölgeden sağlarlar. Sıcaklığı artan bitki enerji dengesine bağlı olarak ısıl bölgede ışıınım yapar. Bitki örtüsü kanopisinin sıcaklığı, yüzey alanının geniş olmasına ve yüksek terleme oranına bağlı olarak değişir. Bu ısınma ve soğuma dolayısıyla bitki örtüsü gece çevresinden daha fazla ışıınım oranına sahiptir.

Toprağın ısıl bölgedeki davranışı su içeriğine bağlı olarak belirlenir. Su içeriği fazla olan zeminler buharlaşma sebebiyle soğurlar ve ışıınım oranları düşer. Toprağın su oranı ne kadar çok ise gün içinde o kaadar serin ve gece de ılık olabilmektedir.

Su kötü bir yansıtıcı iyi bir yayıcıdır. Su diğer cisimlere göre daha fazla ısıl ataletine sahiptir. Gelen ışıınım güçlü bir şekilde yutulur ve taşıma hareketleriyle su yüzeyi boyunca iletilir. Isıl bölgede su gün boyunca çevredeki kara cisimlerinden daha soğuk olur (Sunar, 2011).



3. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak, Türkiye'nin kuzeybatısında, 28 ° 01 ' ila 29 ° 55 ' E boylamları ve 40 ° 28 ' ila 41 ° 33 ' enlemleri arasında yer alan İstanbul seçilmiştir (Şekil 3.1). Toplam 39 ilçeye sahip olan İstanbul yaklaşık 16 milyon nüfusuyla, dünyanın en büyük 15. megakenti konumundadır (Url-3). Asya ve Avrupa kıtaları arasında bir köprü oluşturan şehir, Karadeniz ve Marmara Denizi'ni birbirine bağlayan önemli deniz ulaşım yollarından biri olan İstanbul Boğazı ile iki ayrı parçaya bölünür. Ayrıca önemli bir ekonomik ve kültürel merkez olan İstanbul, gelişmiş endüstrisiyle sanayi istihdamının %20'sini karşılamaktadır. İstanbul özellikle ekonomik sebeplerden dolayı son 65 yılda hızlı ve düzensiz bir nüfus artışına maruz kalmıştır. Bu duruma bağlı olarak şehirde, plansız kentleşme ve sanayi alanlarının arttığı tespit edilmiştir (Kivilcim ve Duran, 2015). Bu durum arazi örtüsünün dramatik bir şekilde değişmesine, çevresel problemlere ve yer yüzey sıcaklık değerlerinde normalin dışında bir artışa sebep olmuştur. Tüm bu değişimlerin sonucu olarak yüzey ısı adası (YIA) oluşumu beklenen bir durumdur. Değişimlerin uzaktan algılama ve mekansal istatistik yöntemleri kullanılarak belirlenmesi ve analiz edilmesi sürdürülebilir şehir izleme ve şehir planlama için büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3.1 : Çalışma alanı.

Yaz ayları genellikle sıcak geçen, kış ayları bölgeyi etkisi altına alan sistemlere bağlı olarak fazla soğuk geçmeyen İstanbul, bulunduğu coğrafyaya bağlı olarak Karadeniz iklimi, Akdeniz iklimi ve Marmara iklimi etkisi altındadır. Yerleşimin daha yoğun olduğu ilin güney kesimleri yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklimine daha yakın karakteristiklere sahipken, kuzeye doğru gidildikçe iklim özellikleri yazları sıcak ve kışları ılık ama her mevsim yağışlı Karadeniz iklimine doğru evrilir.

3.2 Uygulamada Kullanılan Veriler

3.2.1 Landsat 5 TM uydu verisi

Landsat 5, NASA'nın (Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) 50 yılı aşkın süredir var olan Landsat programının 5. Uydusu olup, 1 Mart 1984'te fırlatılmıştır. Landsat 5'in sahip olduğu Thematic Mapper (TM) algılayıcısı, arazi örtüsü haritalaması, peyzaj ekolojisi ve değişim tespiti dahil olmak üzere birçok farklı uygulama için uygun orta mekansal çözünürlüğe sahip görüntüler sağlar. Landsat 5 TM 30 m mekansal çözünürlüğe sahip biri ısı (bant 6) olmak üzere 7 spektral banttan

oluşmaktadır. Landsat 5 TM bantların dalga boyu aralığı ve çözünürlükleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Landsat 5 TM bantlarının dalga boyu aralığı ve çözünürlükleri.

Landsat 5 TM - Bands	Wavelength range (µm)	Resolution (m)
Bant 1 – Mavi	0.45-0.52	30
Bant 2 – Yeşil	0.52-0.60	30
Bant 3 – Kırmızı	0.63-0.69	30
Bant 4 – Yakın Kızılötesi (NIR)	0.76-0.90	30
Bant 5 – Kısadalga Kızılötesi (SWIR) 1	1.55-1.75	30
Bant 6 – Isıl Kızılötesi (TIRS)	10.40-12.50	120*(30)
Bant 7 - Kısadalga Kızılötesi (SWIR) 2	2.03-2.35	30

Landsat 5 uydusunun zamansal çözünürlüğü 16 gün olmakla birlikte, Dünya’nın etrafındaki dönüşü yaklaşık 99 dakikada tamamlar. Bu çalışmada 17 Haziran 2009, 19 Temmuz 2009 ve 5 Eylül 2009 tarihli Landsat 5 TM uydu verileri kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 : Çalışmada kullanılan Landsat 5 TM uydu görüntülerinin özellikleri.

İsim	Tarih	Path	Row
LT51800322009168MOR00	17 Haziran 2009	180	31
LT51800322009168MOR00	17 Haziran 2009	180	32
LT51800322009200MOR00	19 Temmuz 2009	180	31
LT51800322009200MOR00	19 Temmuz 2009	180	32
LT51800312009248MOR00	5 Eylül 2009	180	31
LT51800322009248MOR00	5 Eylül 2009	180	32

3.2.2 Landsat 8 (OLI&TIRS) uydu verisi

NASA’nın (Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) Landsat uydu serisindeki 8. uydu olan Landsat 8 11 Şubat 2013 tarihinde fırlatılmıştır. Bu uydu, Landsat programının en önemli rolü olan tarım alanları, su ve ormanlar gibi canlıların yaşamı için gerekli olguların gözlenmesi amacının devam etmesini sağlamıştır.

Landsat 8 uydusu Operational Land Imagery (OLI) ve ısı kızı ötesi algılayıcılar (TIRS) olmak üzere iki adet algılayıcı taşımaktadır. OLI'den alınan görüntüler 15

metre pankromatik ve 30 metre mekansal çözünürlüğe sahiptir. Isıl kızıl ötesi algılayıcılar (TIRS) 100 m çözünürlüğe sahip bant 10 ve bant 11 olmak üzere iki ısı banta sahiptir. Daha önceki Landsat uyduları, görüş alanını yüzey boyunca taramak ve ışığı dedektöre iletmek için “whiskbroom” dedektörü taşırken, OLI algılayıcısı bant başına 7000’den fazla düşen “pushbroom” dedektörü taşımaktadır. Landsat 8 OLI&TIRS bantların dalga boyu aralığı ve çözünürlükleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3: Landsat 8 OLI&TIRS bantların dalga boyu aralığı ve çözünürlükleri.

Landsat 8 - Bantlar	Dalga Boyları (μm)	Mekansal Çözünürlük (m)
Bant 1 – Ultra Mavi(Kıyı/Aerosol)	0.43-0.45	30
Bant 2 – Mavi	0.45-0.51	30
Bant 3 – Yeşil	0.53-0.59	30
Bant 4 – Kırmızı	0.64-0.67	30
Bant 5 – Yakın Kızılötesi (NIR)	0.85-0.88	30
Bant 6 – Kısadalga Kızılötesi (SWIR) 1	1.57-1.65	30
Bant 7 - Kısadalga Kızılötesi (SWIR) 2	2.11-2.29	30
Bant 8 – Pankromatik	0.50-0.68	15
Bant 9 – Cirrus	1.36-1.38	30
Bant 10 –Isıl Kızılötesi (TIRS)	10.60-11.59	100 * (30)
Bant 11 - Isıl Kızılötesi (TIRS)	11.50-12.51	100 * (30)

Çalışmada 23 Haziran 2017, 25 Temmuz 2017 ve 11 Eylül 2017 tarihli Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 : Çalışmada kullanılan Landsat 8 OLI&TIRS uydu görüntülerinin özellikleri.

İsim	Tarih	Path	Row
LC81800322017174LGN00	23 Haziran 2017	180	31
LC81800322017174LGN00	23 Haziran 2017	180	32
LC81800322017206LGN00	25 Temmuz 2017	180	31
LC81800322017206LGN00	25 Temmuz 2017	180	32
LC81800312017254LGN00	11 Eylül 2017	180	31
LC81800322017254LGN00	11 Eylül 2017	180	32

3.2.3 Meteorolojik istasyon verileri

Yer yüzey sıcaklığı elde edilirken, atmosferik etkileri gidermek için, atmosferik geçirgenlik ve ortalama atmosferik sıcaklık parametrelerinin hesaplanabilmesi için meteorolojik istasyonlardan elde edilmiş bağıl nem ve sıcaklık verilerine ihtiyaç vardır. Çalışmada kullanılmak üzere 17 Haziran 2009, 19 Temmuz 2009, 5 Eylül 2009 ve 23 Haziran 2017, 25 Temmuz 2017, 11 Eylül 2017 tarihli veriler İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait meteoroloji istasyon arşivlerinden alınmıştır. Veriler Landsat 5 uydusunun İstanbul üzerinden geçiş anı (GMT 8.30) ve Landsat 8 uydusunun geçiş anı (GMT 8:45) dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Algoritmada kullanmak için sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ortalamaları alınmıştır. İstasyonlardan elde edilen veriler koordinatlarıyla birlikte çizelge EK A'da verilmiştir.



4. YÖNTEM

4.1 Görüntü Ön İşleme

Uzaktan algılama görüntüleri elde edilirken, piksel parlaklık değerlerinde sistematik karakterli bazı radyometrik hatalar oluşabilir. Görüntülerin yorumlanmasında ve analizinde istenen doğrulukta sonuçlara ulaşabilmek için bu hataların düzeltilmesi gerekmektedir. Görüntü ön işleme olarak adlandırılan bu süreç, bu hataların fiziksel ve matematiksel yöntemlerle giderilmesini sağlayarak, daha ileri analizler için görüntü kalitesinde bir iyileştirme sağlar (Sunar, 2011).

4.1.1 Radyometrik düzeltme

Algılayıcı sistemler tarafından kaydedilen ışınlılık, aydınlanma geometrisindeki, atmosferik koşullardaki, bakış geometrisindeki ve algılayıcı karakteristiklerindeki değişimlerden etkilenmektedir. Uzaktan algılama verilerini yorumlamak ve analiz etmek için bu radyometrik hataların giderilmesi ya da minimize edilmesi gerekir. Bu hataların giderilmesi algılayıcı sisteme ve uygulama çeşidine bağlı olarak farklılık gösterir (Sunar, 2011).

Uydu görüntülerinin karşılık gelen bantlarının piksel değerleri (DN'ler), meta veri dosyasındaki yeniden ölçeklendirme katsayıları kullanılarak Top of Atmosphere (TOA) spektral ışınlım değerlerine dönüştürülür (Denklem 4.1).

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_{\rho} * Q_{cal} + A_{\rho}}{\cos(\theta_{sz})} \quad (4.1)$$

Burada: ρ_{λ} = TOA spektral ışınlım değeri,

M_{ρ} = Hesaplanan bant için ışınlım çarpımsal ölçeklendirme faktörü,

A_{ρ} = Hesaplanan bant için ışınlım ilave ölçeklendirme faktörü,

Q_{cal} = Ürün sayısal değeri (DN),

θ_{sz} = Güneş yükseklik açısıdır.

4.2 Spektral İndeksler

Uzaktan algılama verileri, farklı ölçeklerde arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerinin tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzaktan algılama verileri ile özellik çıkartımı için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden yaygın olarak kullanılanlardan biri uzaktan algılama indeksleridir (Liu ve Zhang, 2011; Xu ve diğ., 2009). Uzaktan algılama spektral indeksleri spektral yansıtım eğrisinin eğimlerindeki değişkenliklerden faydalananarak yeşil alanlar, su yüzeyleri, tarım alanları, yapay yüzeyler, boş alanlar gibi arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarını belirlemek için çeşitli bantların oranlanmasıyla elde edilir (Sunar, 2011).

4.2.1 Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI)

Farklı spektral bant değerlerinin oranlanması ile bir pikseldeki bitki örtüsü miktarını göstermeye yönelik tek bir değer elde etmek için tasarımılanmış nicel ölçüler bitki örtüsü indeksleri olarak tanımlanmaktadır. Bu indeksler arasından en yaygın olarak kullanılan NDVI'dır (Sunar, 2011). NDVI, bitki örtüsü büyümesi ve biyokütlesinin nicel bir tahminini verir ve bitki örtüsü ve biyokütle arttıkça NDVI değerleri de artar (Wu ve diğ., 2016). NDVI, elektromanyetik spektrumun kırmızı (RED) ve yakın kızılötesi (NIR) kısımları kullanılarak elde edilir (Denklem 4.2).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (4.2)$$

NDVI değerleri [-1, +1] değerleri arasında değişim göstermektedir. NDVI ile sağlıklı bitki örtüsünün ayırt edilmesinin yanında bitki örtüsünün zayıf olduğu veya olmadığı alanlar da tespit edilebilir. NDVI değerinin +1'e yakın değerleri sağlıklı bitki örtüsünün bulunduğu, -1'e yakın değerler ise bitki örtüsünün bulunmadığı alanları göstermektedir.

4.2.2 Kentsel indeks (UI)

Kentsel İndeks (Urban Index, UI) (Kawamura ve diğ., 1996), yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgedeki kentsel alanların yansımaları arasındaki ters ilişkiden yararlanır. UI kentsel yoğunluk ile artar ve yerleşim alanlarının tespitinde kullanılır (Gautam ve diğ., 2018). UI, elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi bölgesi (SWIR) kullanılarak elde edilir (Denklem 4.3).

$$UI = \frac{(SWIR2 - NIR)}{(SWIR2 + NIR)} \quad (4.3)$$

4.3 Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemi, görüntüyü oluşturan piksellerin spektral yansıtım değerleri göz önüne alınarak her bir pikselin AÖ/AK sınıflarına atanmasıyla tematik harita oluşturulmasıdır (Çetin ve Musaoğlu, 2008). Başka bir ifadeyle, sınıflandırma aynı spektral özellikleri taşıyan görüntü elemanlarının gruplandırılmasıdır. Uzaktan algılama görüntülerinde her bir piksel temsil ettiği nesnenin kendi spektral yansıtım ve yutulma değerine göre bir sayısal değer alır. Bu değerler sınıflandırma işlemi için temel oluşturur (Campbell ve Wynne, 2012).

Sınıflandırma yöntemleri kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde, uzaktan algılama görüntüsündeki belirli bir kriteri sağlayan doğal gruplar (kümeler) kullanıcı müdahalesi olmadan algoritmalar ile otomatik olarak gruplandırılır (Sunar, 2011). Kümeleme algoritmasını yönlendirmek için kullanıcının, yineleme sayısı, istenen çıktı kümelerinin sayısı ve kümelerin sınıflandırılması için kullanılmak üzere istatistiksel eşik değerleri vermesi gerekmektedir (Khorram ve diğ., 2012). Kontrolsüz sınıflandırmanın sonucunda spesifik spektral benzerliklere dayalı kümeler üretilir. En yaygın kullanılan kontrolsüz sınıflandırma yöntemi Tekrarlı veri Analizi Yöntemi (Iterative Self Organizing Data Analyses Technique, ISODATA)'dır.

Kontrollü sınıflandırmada, seçilen yöntem fark etmeksizin kullanıcı tarafından; görüntüde gruplandırılacak olan arazi örtüsü sınıflarına karar verilerek, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri belirli örnek bölgelere dayalı özellik dosyaları oluşturulur. Bu özellik dosyaları görüntüyü sınıflandırmada eğitim verisi olarak kullanılır. Sınıflandırma sonrası sonuçlar tematik harita olarak sunulur. Sınıflandırma işleminin son aşamasında ise doğruluk analizi yapılmalıdır. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden biri olan Maksimum Benzerlik Sınıflandırması kullanılmıştır.

4.3.1 Maksimum benzerlik sınıflandırması

Maksimum benzerlik sınıflandırma yönteminde piksel, maksimum olasılık değerine sahip olduğu sınıfa atanır (Khorram ve diğ, 2012). Bu olasılıkları hesaplamak için dağılım modeli gerektiğinden uygulamada genellikle normal dağılım modeli kullanılmaktadır (Sunar, 2011). Bilinmeyen bir pikseli sınıflandırırken, maksimum benzerlik sınıflandırması, kategori spektral tepki modellerinin hem varyansını hem de kovaryansını nicel olarak değerlendirir. Maksimum benzerlik sınıflandırması, her sınıf için eğitim sahası verilerinin (ilgili piksellerin spektral değerleri) normal olarak dağıtıldığı (Gaussian) varsayımına dayanmaktadır (Khorram ve diğ, 2012). Bu varsayımına dayanarak, bir modelin dağılımı, belirli bir arazi örtüsü sınıfı için belirli bir piksel değerinin istatistiksel olasılığını hesaplamak için kullanılan ortalama vektör ve kovaryans matrisi parametreleri ile tanımlanabilir. Bu parametrelerle, bir pikselin belli bir sınıfa ait olma olasılığı hesaplanır ve maksimum olasılıklı sınıfa atanır.

4.3.2 Doğruluk analizi

Anlamlı bir doğruluk analizi gerçekleştirebilmek için, doğruluğu ispatlanmış referans verinin varlığı şarttır. Doğruluk analizinin ilk aşamasında sınıflandırılmış görüntü ve referans alınan veriye ait hata matrisi oluşturulur. Matrisin sütunları referans veriyi, satırları ise sınıflandırılmış görüntüde tanımlanmış arazi örtüsünün sınıf karşılığını ifade eder (Campbell ve Wynne, 2012). Köşe elemanları ise iki verinin uyduğu örnek sayısını vermektedir. Sınıflandırmanın tematik doğruluğunu belirlemek için; kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğunun analiz edilmesi gerekir. Üretici doğruluğu; bir sınıftaki doğru örnek sayısının o sınıfa ait referans veri sayısına oranlanmasıyla bulunur ve bu sınıflandırmayı gerçekleştiren kullanıcının doğru sınıflandırma yapıp yapmadığını gösterir. Kullanıcı doğruluğu ise sınıftaki örnek sayısının doğru örnek sayısına oranlanmasıyla elde edilir.

4.4 Yer Yüzey Sıcaklığı Belirleme Yöntemleri

YYs, hidroloji, meteoroloji vb. konularda çok önemli bir iklim parametresidir (Şekertekin ve diğ, 2015). YYs genellikle zeminin cilt sıcaklığı olarak tanımlanır. Çıplak toprak yüzeyi için, YYs toprak yüzey sıcaklığıdır (Dai ve diğ, 2016). Uzaktan algılamada yer yüzey sıcaklığı hesaplanmasının temelinde, zemin yüzeyi tarafından yayılan toplam ışıma enerjisi vardır. Isıl banta sahip uydularla algılanmış görüntülerle

YYS elde etmek için yöntemler geliştirilmiştir. Bölünmüş pencere (split-window) yöntemi sıcaklık/yayınrlık ayırma (temperature/emissivity separation) yöntemi, tek pencere (mono window) algoritması, tek kanal (single channel) yöntemi en sık kullanılan algoritmalarıdır. Bu çalışmada Mono-window algoritması kullanılmıştır.

4.4.1 Mono-window algoritması

Mono-window algoritması (Qin ve diğ, 2001), tarafından ısı transfer denkleminde dayanarak, sadece bir ısı kanal verisinden YYS elde etmek için geliştirilmiştir (Dai ve diğ, 2016). Bu algoritmayı hesaplamak için; (i) parlaklık sıcaklığı, (ii) ortalama atmosferik sıcaklık (iii) atmosferik geçirgenlik ve (iv) yeryüzü yayınlılığı parametrelerine ihtiyaç vardır. Algoritma Denklem 4.4'ten yararlanılarak hesaplanır:

$$T_s = \{a \cdot (1 - C - D) + [b \cdot (1 - C - D) + C + D] \cdot T_i - D \cdot T_a\} \div C \quad (4.4)$$

Burada a ve b algılayıcıya bağlı katsayılar olup Landsat 5 için a=-67.355351, b=0.458606, Landsat 8 için a = -62.7182, b = 0.4339'dur. C ve D algılayıcıya bağlı hesaplanan algoritma parametreleridir. Yüzey yayınlılığı (ϵ_i) ve atmosferik geçirgenlik (τ_i) kullanılarak hesaplanır. Denklem 4.5 ve 4.6'da parametre hesabı için uygulanan formüller gösterilmiştir.

$$C = \epsilon_i \times \tau_i \quad (4.5)$$

$$D = (1 - \tau_i)[1 + (1 - \epsilon_i) \times \tau_i] \quad (4.6)$$

Atmosferik geçirgenlik (τ_i), su buharı (ω_i) değerlerine bağlı olarak Denklem 4.7 ve 4.8'deki formüller uygulanarak elde edilmiştir.

$$T_i = 0.974290 - 0.080007 \times W_i \quad (4.7)$$

$$T_i = 1.016300 - 0.133000 \times W_i \quad (4.8)$$

Ortalama atmosferik sıcaklık T_a ↑, mono-window algoritması için orta enlem kuşağı yaz şartları için verilen değerlerle yakın yüzey hava sıcaklığı T_0 kullanılarak Denklem 4.9 ile hesaplanmıştır:

$$T_a = 16.0110 + 0.92621 \times T_0 \quad (4.9)$$

4.4.1.1 TM bant 6 ve TIRS bant 10 için parlaklık sıcaklığının hesaplanması

Dünya atmosferinin en yüksek noktasından yayılan mikrodalga ışıının parlaklığına, parlaklık sıcaklığı denmektedir. Landsat 5 uydusunun ısı bantı bant 6'nın ve Landsat 8 uydusunun ısı bantı bant 10'un piksel değerleri (DN) spektral ışıına dönüştürmek için gerekli formüller sırasıyla Denklem 4.10 ve 4.11'de verilmiştir.

$$L\lambda = \frac{L_{max} \lambda - L_{min} \lambda}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \times (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min} \quad (4.10)$$

$$L\lambda = Ml \times Q_{cal} + Al \quad (4.11)$$

$L\lambda$ = Spektral ışıınım,

L_{max} = Q_{calmax} 'a göre ölçeklendirilmiş spektral ışıınım,

L_{min} = Q_{calmin} 'e göre ölçeklendirilmiş spektral ışıınım,

ML = Hesaplanan bant için ışıınım çarpımsal ölçeklendirme faktörü,

AL = Hesaplanan bant için ışıınım ilave ölçeklendirme faktörü,

Q_{cal} = Ürün piksel değeri (DN).

Spektral ışıına döndürülmüş olan piksel değerleri, daha sonra her iki görüntü Denklem 4.12 yardımıyla parlaklık sıcaklığına dönüştürülür.

$$Tb = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda}\right) + 1} \quad (4.12)$$

Burada;

Tb = Parlaklık sıcaklığı,

$L\lambda$ = TOA spektral ışıınım,

$K1$ = Bant 6 ve Bant 10 için verilen $K1$ kalibrasyon katsayısı,

$K2$ = Bant 6 ve Bant 10 için verilen $K2$ kalibrasyon katsayısı.

Parlaklık Sıcaklığı formülünde kullanılan K1 ve K2 katsayıları ve ML, AL, ölçeklendirme faktörü, Qcalmin, Qcalmax, TOA spektral ışıınım değerleri EK B’de paylaşılan metaveri dosyasından alınmıştır.

4.4.1.2 Ortalama atmosferik sıcaklık hesaplanması

Ortalama atmosferik sıcaklık (T_a), Çizelge 4.1 ile verilen lineer denklemler ve meteorolojik istasyonlardan elde edilen yakın yüzey sıcaklıklarının ortalama (T_0) değerleri kullanılarak hesaplanır. Bu çalışmada orta-enlem yaz koşullarına denk gelen denklem seçilmiştir.

Çizelge 4.1 : Ortalama atmosferik sıcaklık ile yakın atmosferik sıcaklık arasındaki lineer ilişki denklemleri.

Atmosfer	Lineer İlişki Denklemi
Tropikal model	$T_a = 17.9769 + 0.9172 T_0$
Orta enlem yaz	$T_a = 16.0110 + 0.9262 T_0$
Orta enlem kış	$T_a = 19.2704 + 0.9112 T_0$

4.4.1.3 Atmosferik geçirgenlik hesaplanması

Mono-window algoritmasının parametrelerinden biri olan atmosferik geçirgenlik değerinin hesaplanabilmesi için, öncelikle atmosferik su buharı'nın (ω_i) hesaplanması gerekmektedir.

Meteorolojik istasyonlardan elde edilen sıcaklık ve bağıl nem verilerinin ortalamaları alınarak, atmosferik su buharı Denklem 4.13'teki formül yardımıyla hesaplanır.

Bu çalışmada 2009 yılında Landsat 5 uydusunun çalışma bölgesinden geçiş saati olan 8.30 GMT zamanına denk gelen veriler ve 2017 yılında Landsat 8 uydusunun geçiş saati olan 08:45 GMT zamanına denk gelen veriler kullanılmıştır.

$$w_i = 0.0981 \times \left\{ 10 \times 0.6108 \times \exp \left[\frac{17.27 \times (T_0 - 273.15)}{237.3 + (T_0 - 273.15)} \right] \times RH \right\} + 0.169 \quad (4.13)$$

Atmosferik geçirgenliğin hesaplanabilmesi için atmosferik su buharı değerleri Çizelge 4.2 ve 4.3'te gösterilen denklemlere çalışma şartlarına göre uygulanır.

Çizelge 4.2 : Landsat 5 TM için atmosferik geçirgenlik hesaplama denklemleri.

Profiller	Su Buharı (wi)(g/cm2)	Geçirgenlik Tahmini Denklemi (τi)
Yüksek Hava	0.4-1.6	$0.974290-0.08007 \times w_i$
Sıcaklığı	1.6-3.0	$1.031412-0.11536 \times w_i$
Düşük Hava	0.4-1.6	$0.982007-0.09611 \times w_i$
Sıcaklığı	1.6-3.0	$1.053710-0.14142 \times w_i$

Çizelge 4.3 : Landsat 8 OLI & TIRS için atmosferik geçirgenlik hesaplama denklemleri.

Profiller	Su Buharı (wi)(g/cm2)	Geçirgenlik Tahmini Denklemi (τi)
Orta enlem yaz	0.2-1.6	$0.9184-0.0725 \times w_i$
	1.6-4.4	$1.0163-0.1330 \times w_i$
	4.4-5.4	$0.7029-0.0620 \times w_i$
Tropikal model	0.2-2.0	$0.9220-0.0780 \times w_i$
	2.0-5.6	$1.0222-0.1310 \times w_i$
Orta enlem kış	5.6-6.8	$0.5422-0.0440 \times w_i$
	0.2-1.4	$0.9228-0.0735 \times w_i$

4.4.1.4 Yer yüzey yayınlığı hesaplanması

Yayınlık; gelen ışın enerjisinin toplamının, emilen ışın enerjisine oranı olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak, madde ne kadar mat olursa, yayınlığı 1'e yaklaşır, ve ne kadar yansıtıcı olursa, yayınlığı o oranda düşük olur. NDVI kullanarak yayınlık görüntüsü elde etmek alternatif ve uygulaması kolay bir yöntemdir. Yayınlık hesabı Çizelge 4.4'te verilen NDVI değerleri yardımıyla hesaplanabilmektedir (Liu ve Zhang, 2011).

Çizelge 4.4: NDVI yer yüzey yayınlığı ilişkisi (Liu ve Zhang, 2011).

NDVI	Yer Yüzey Yayınlığı
NDVI<-0.185	0.995
$-0.185 \leq \text{NDVI} < 0.157$	0.970
$0.157 \leq \text{NDVI} \leq 0.727$	$1.0094+0.047 \ln(\text{NDVI})$
NDVI>0.727	0.990

4.5 Mekansal İstatistik Yöntemleri

4.5.1 Mekansal otokorelasyon

Klasik istatistik yöntemlerinde, olayların birbirinden bağımsız gerçekleştiği ve mekansal olarak bir bağımlılıkları olmadığı varsayılmaktadır. Mekansal istatistik yöntemlerinde ise bir nesnenin yakınındaki bir diğer nesneye ne kadar benzediği araştırılır ve Tobler'in her nesne birbiriyle ilişkilidir, ancak yakın olan nesneler daha çok ilişkili olma eğilimindedir mantığı temel alınmıştır (Waters, 2016).

Coğrafi bilgi sistemlerinde mekansal otokorelasyon, bir nesnenin yakındaki diğer nesnelere ne derece benzediğini anlamaya yardımcı olur. Mekansal otokorelasyon; (i) pozitif, (ii) negatif ve (iii) sıfır (önemsiz) otokorelasyon olarak belirlenebilir. (O'Sullivan and Unwin, 2002). Pozitif otokorelasyon birbirine yakın ve benzer özellikteki nesnelerin belli yerlerde kümelenmeleri anlamına geliyorken, negatif korelasyon nesnelerin birbirine yakın olması ancak benzer özellik göstermemesi anlamına gelir.

Mekansal otokorelasyon istatistikleri; global ve lokal olmak üzere ikiye ayrılır. Global istatistik yöntemleri veride kümelenme olup olmadığını araştırırken, lokal yöntemler global kümelenmelerden yola çıkarak kümelenmelerin yerinin belirlenmesini sağlar.

4.5.1.1 Global mekansal otokorelasyon

Global otokorelasyon yöntemleri, bölgedeki kümelenme derecelerini istatistiksel olarak tanımlar. Kümelenmeler araştırılırken hangi birimlerin komşuluk içerisinde olduğuna karar verilmesi ve bunun için kritik bir değer belirlemesi gerekmektedir. Moran's I, Geary C ve Getis-Ord Genel G sık kullanılan istatistik yöntemleridir (Yalçın ve Kaya, 2019).

Moran's I olayların kümelenme eğilimini veya birbirine yakın noktaların ortalama olarak benzer değerlere sahip olma derecesini, olay yerlerine ve bunların öznitelik değerlerine göre, birbirinden uzak olanlara göre ölçer (Denklem 4.14 ve 4.15).

$$I = \frac{n}{S_o} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.14)$$

Burada; n bölge sayısı (bu çalışma için 977 mahalleyi temsil etmektedir), w_{ij} i ve j gözlem çiftine karşılık gelen mekansal ağırlık matrisindeki eleman, x_i ve x_j i ve j elemanları için gözlemler, $\bar{x}$ ve x_i 'nin ortalamasıdır.

$$S_o = \sum_i \sum_j w_{ij} \quad (4.15)$$

S_o tüm mekansal ağırlıkların toplamıdır.

Moran's I istatistiği [-1,+1] aralığında değerler alır ve pozitif değerler kümelenmeyi belirtirken, negatif değerler dağınıklığı belirtmektedir. Bu çalışmada Moran's I istatistiği kümelemeyi destekleyen mekansal süreçlerin en belirgin olduğu mesafeleri belirlemek için kullanılmıştır.

4.5.1.2 Lokal mekansal otokorelasyon

Lokal mekansal otokorelasyon yöntemleri, mekansal kümelenmelerin çalışma alanında nerede bulunduğunu gösterir. Local Moran's I ve Getis Ord G_i^* en sık kullanılan lokal yöntemlerdir. Getis Ord G_i^* bir sonraki bölümde daha kapsamlı bir şekilde anlatılacaktır (Yalçın ve Kaya, 2019).

4.5.2 Sıcak alan analizi

Sıcak alan analizi yöntemi, verideki her bir özellik için ayrı ayrı Getis Ord G_i^* istatistiğini hesaplar (Denklem 4.16 ve 4.17).

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n \omega_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (4.16)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (4.17)$$

Burada ω_{ij} I ve j elemanlarının arasındaki ağırlık matrisi, x_j j özelliğinin değeri, n toplam özellik sayısını vermektedir.

Sonuç verisi olarak ortaya çıkan Z-skoru ve P-değerleri verideki istatistiksel olarak anlamlı olan yüksek ve düşük değerlere sahip özelliklerin kümelenmeleri temsil eder

(Grigoraş ve Urişescu, 2018). İstatistiksel olarak anlamlı negatif z-skorları için, Z skoru ne kadar büyük olursa, yüksek değerlerin (sıcak alan) kümelenmesi o kadar yoğun olur. Z skoru ne kadar küçük olursa, düşük değerlerin (soğuk alan) kümelenmesi o kadar yoğun olur.

Bu yöntemde her bir özelliğe komşu özellikler bağlamında bakılır bu yüzden yüksek değere sahip her özellik sıcak alan olmak zorunda değildir. İstatistiksel olarak önemli bir sıcak alan olmak için, bir özelliğin yüksek bir değere sahip olmasının yanısıra yüksek değerlere sahip diğer özelliklerle çevrenmesi gerekmektedir. Bir özellik ve komşularının bölgesel toplamı, tüm özelliklerin toplamı ile orantılı olarak karşılaştırılır; bölgesel toplam beklenen bölgesel toplamdan çok farklı olduğunda ve bu fark rastgele şansın sonucu olamayacak kadar büyük olduğunda, istatistiksel olarak anlamlı bir z skoru ortaya çıkar (Url-4).

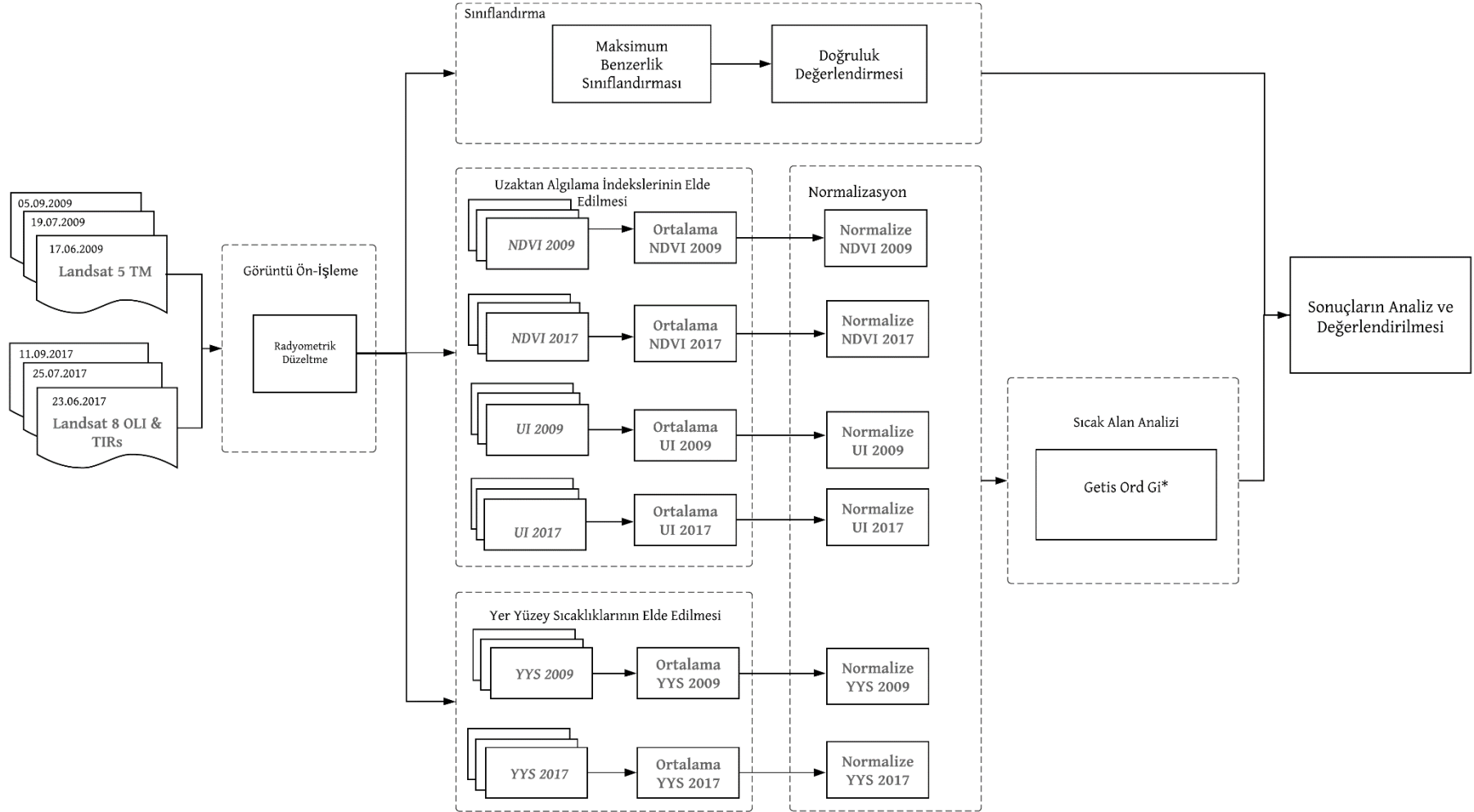


5. UYGULAMA VE BULGULAR

Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır; (i) Landsat veri kümesinden NDVI ve UI indekslerinin hesaplanması, (ii) iki yıla ait görüntülerin sınıflandırılması (iii) mono-window algoritması kullanılarak uydu görüntülerinden Yer Yüzey Sıcaklığı (YYs) hesaplanması, (iv) mekansal istatistik yöntemleri kullanılarak sıcak alan analizi uygulaması. Çalışmanın iş akışı Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

5.1 Görüntü Önışleme

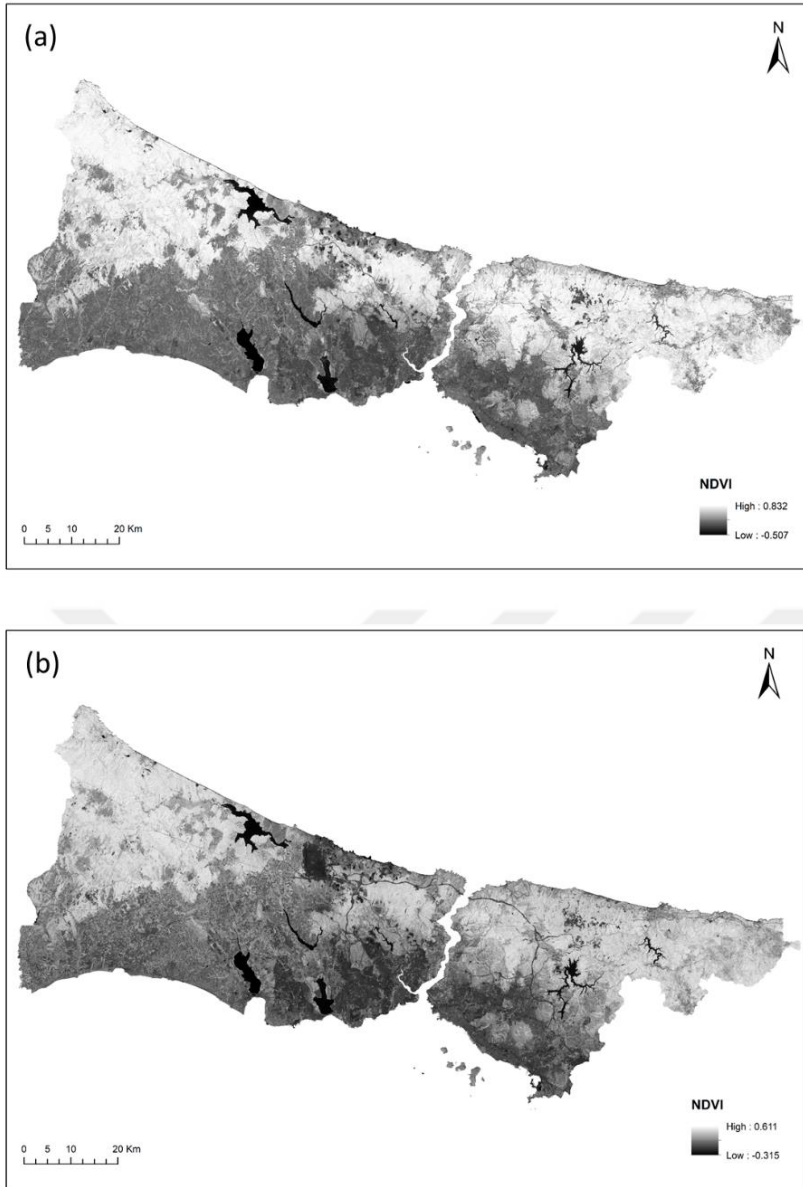
Çalışmaya başlamadan önce görüntü önışleme aşamasında uydu görüntülerinde bulunan sistematik hataların giderilmesi amacıyla Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI & TIRS uydularına ait görüntüler üzerinde radyometrik düzeltme yapılmıştır. Çalışmada Landsat 5 TM uydu görüntüsüne ait 6 bant (Mavi, Yeşil, Kırmızı, NIR, SWIR1, ve TIRS), Landsat 8 OLI & TIRS uydu görüntüsüne ait 7 bant (Mavi, Yeşil, Kırmızı, NIR, SWIR1, SWIR2 ve TIRS) kullanılmıştır. Radyometrik düzeltme için bu bantlara ait piksel değerleri (DN), metaveri dosyasındaki (EK B) yeniden ölçeklendirme katsayıları kullanılarak daha önce Bölüm 4.1.1’de verilen Denklem 4.1’den yararlanılarak TOA spektral ışı nım değerine dönüştürülmüştür.



Şekil 5.1 : Çalışma iş akışı.

5.2 Spektral İndeksler

Uzaktan algılama indeksleri arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir (Li ve diğ, 2017). NDVI bitki örtüsünü tespit etmek için geliştirilmiştir (Tucker, 1979). Bununla birlikte heterojen yapıdaki kentsel bölgelerde, çıplak toprak ve kentsel bölgelerin ayırt edilmesi spektral yansıtım değerlerindeki yakınlıktan dolayı oldukça zordur (Li ve diğ, 2017). Birçok çalışmada kentsel indeksin (UI) yapay yüzey yoğunluğunu yüksek doğrulukla tespit etmek için kullanabileceği görülmüştür (Ali ve diğ, 2019). Bu çalışmada NDVI ve UI indeksleri 17 Haziran, 19 Temmuz ve 5 Eylül 2009 tarihli Landsat 5 TM ve 23 Haziran, 2 Temmuz ve 11 Eylül 2017 tarihli Landsat 8 OLI & TIRS görüntülerinden hesaplanmıştır. Sonraki aşamada ise hesaplanan indekslerin yıllara göre ortalamaları alınmıştır. 2009 ve 2017 yıllarına ait ortalama NDVI sonuç görüntüleri Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.2 : Ortalama a) 2009 ve b) 2017 NDVI görüntüleri

İstanbul için hesaplanan ve NDVI ve UI sonuçları ilçe sınırları kullanılarak incelendiğinde 2009 yılı için en yüksek NDVI değerlerine sahip ilçelerin Şile (0.62) ve Beykoz (0.59) olduğu görülmüştür. En düşük NDVI değerlerine sahip ilçelerin Bayrampaşa (0.11) ve Bağcılar (0.11) ilçeleri olduğu gözlemlenmiştir. 2017 yılı NDVI görüntüleri incelendiğinde ise en yüksek NDVI değerleri Şile (0.43) ve Çatalca (0.41) ilçelerinde gözlemlenirken, en düşük NDVI değerlerinin Bayrampaşa (0.10) ve Bağcılar (0.09) ilçeleri olduğu görülmüştür. Çekmeköy, Eyüp, Beykoz, Şile, Sarıyer ve Çatalca ilçelerinde 2009 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede NDVI değerlerinde 0.12 ve üzerinde düşüş gözlemlenmiştir. İncelenen periyotta Avcılar ve Büyükçekmece ilçelerinde ortalama NDVI değerlerinde artış görülürken, diğer tüm ilçelerde düşüş görülmüştür (EK C).

Bir sonraki aşamada spektral indeks görüntüleri hotspot analizinde kullanılmak için normalize edilmiştir. Normalize edilen NDVI görüntüleri çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek ölçeklerinde standardize edilerek sınıflandırılması amacıyla Çizelge 5.1'deki formüllerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.1 : Standardizasyon formülleri.

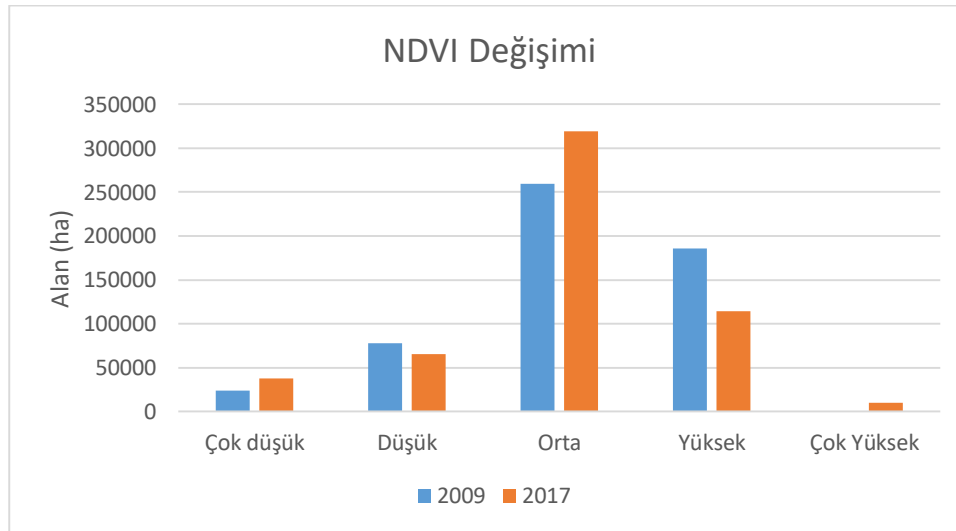
Sınıf	Sınıf Aralığı
Çok Düşük	$DN \leq DN_{mean} - 1.5 * \sigma$
Düşük	$DN_{mean} - 1.5 * \sigma < DN \leq DN_{mean} - \sigma$
Orta	$DN_{mean} - \sigma < DN \leq DN_{mean} + \sigma$
Yüksek	$DN_{mean} + \sigma < DN \leq DN_{mean} + 1.5 * \sigma$
Çok Yüksek	$DN > DN_{mean} + 1.5 * \sigma$

Burada: DN (Digital Number) = Sayısal değer,

DNmean = Ortalama sayısal değer,

σ = standart sapmadır.

Çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek ölçeklerinde sınıflandırılan NDVI değerlerinin yıllara göre değişim grafiği Şekil 5.3'de verilmiştir.

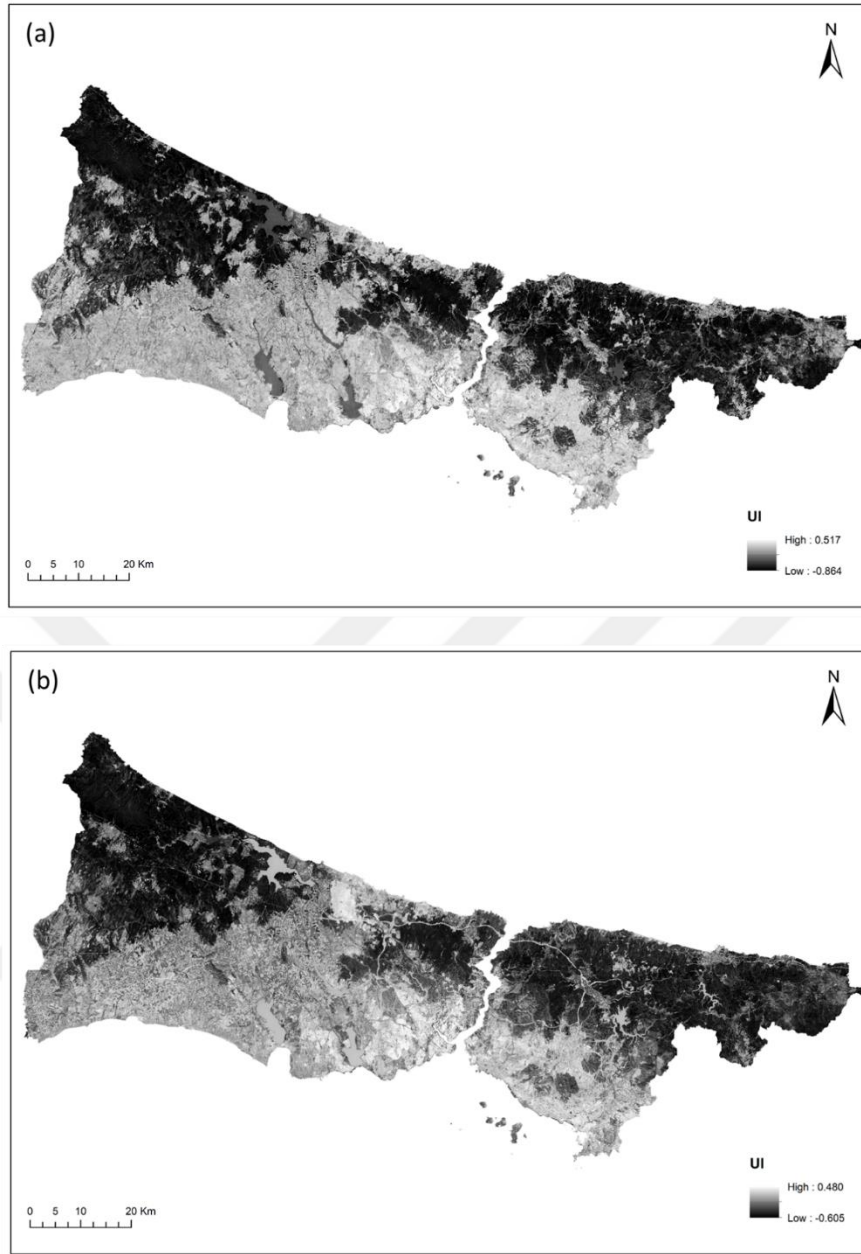


Şekil 5.3 : Normalize edilmiş NDVI görüntülerinin alansal değişimi.

Çok düşük sınıfı alansal olarak 2009 yılından 2017 yılına 13.648,32 ha alan artış gösterirken, yüksek sınıfında 71.256,3 ha alan azalma olduğu gözlemlenmiştir.

İlçe idari sınırları içerisinde 2009 yılı ortalama UI görüntüleri incelendiğinde (EK C), en yüksek UI değerlerine sahip ilçelerin Güngören (0.02) ve Gaziosmapaşa (0.01) olduğu

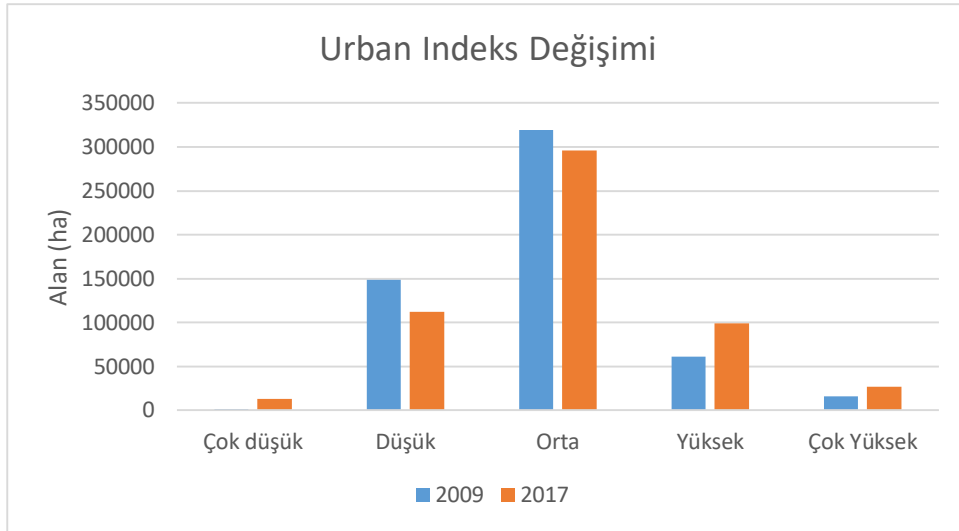
görülmüştür. En düşük UI değerleri ise Beykoz (-0.51) ve Şile (-0.53)'dir. 2017 yılı UI değerleri incelendiğinde en yüksek değerler Güngören (-0.04) ve Gaziosmanpaşa (-0.05); en düşük değerler ise Şile (-0.40) ve Çatalca (-0.37) ilçelerinde gözlemlenmiştir. Arnavutköy, Beykoz, Çekmeköy, Çatalca, Eyüp, Sarıyer, Şile gibi yeşil alanların daha yoğun olduğu ilçelerde 2009 yılından 2017 yılına 0.09 ve üzeri değerlerde artış gözlemlenmiştir. Bunun yanında Avcılar, Eyüp, Kartal, Küçükçekmece, Pendik, Sancaktepe ve Sultangazi gibi ilçelerde de artış gözlemlenmiştir. İlçe bazında elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, UI ve NDVI değerleri arasında tutarlı sonuçlar olduğu görülmüştür. Bitki alanlarının belirlenmesi için kullanılan NDVI değerlerinin yüksek çıktığı ilçelerde, yerleşim alanlarının belirlenmesinde kullanılan UI değerleri düşük çıkarken, NDVI değerlerinin düşük çıktığı ilçelerde ise UI değerleri yüksek çıkmıştır. Örnek vermek gerekirse, 2009 yılı için, Beykoz ilçesi NDVI değeri 0.59 iken UI değeri -0.50'dir. UI sonuç görüntüleri Şekil 5.4'te görülebilir.



Şekil 5.4 : Ortalama a) 2009 ve b) 2017 UI görüntüleri.

Analizler için normalize edilen UI görüntüleri Çizelge 5.1’deki formüllerden yararlanılarak çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek ölçeklerinde sınıflandırılmıştır.

UI değerlerinin yıllara göre değişim grafiği Şekil 5.5’te verilmiştir.



Şekil 5.5 : Normalize edilmiş UI görüntülerinin alansal değişimi.

Yüksek ve çok yüksek sınıfı 2009 yılından 2017 yılına 48.481,83 ha artış gösterirken, düşük sınıfından 36.528,1 ha azalma olduğu gözlemlenmiştir.

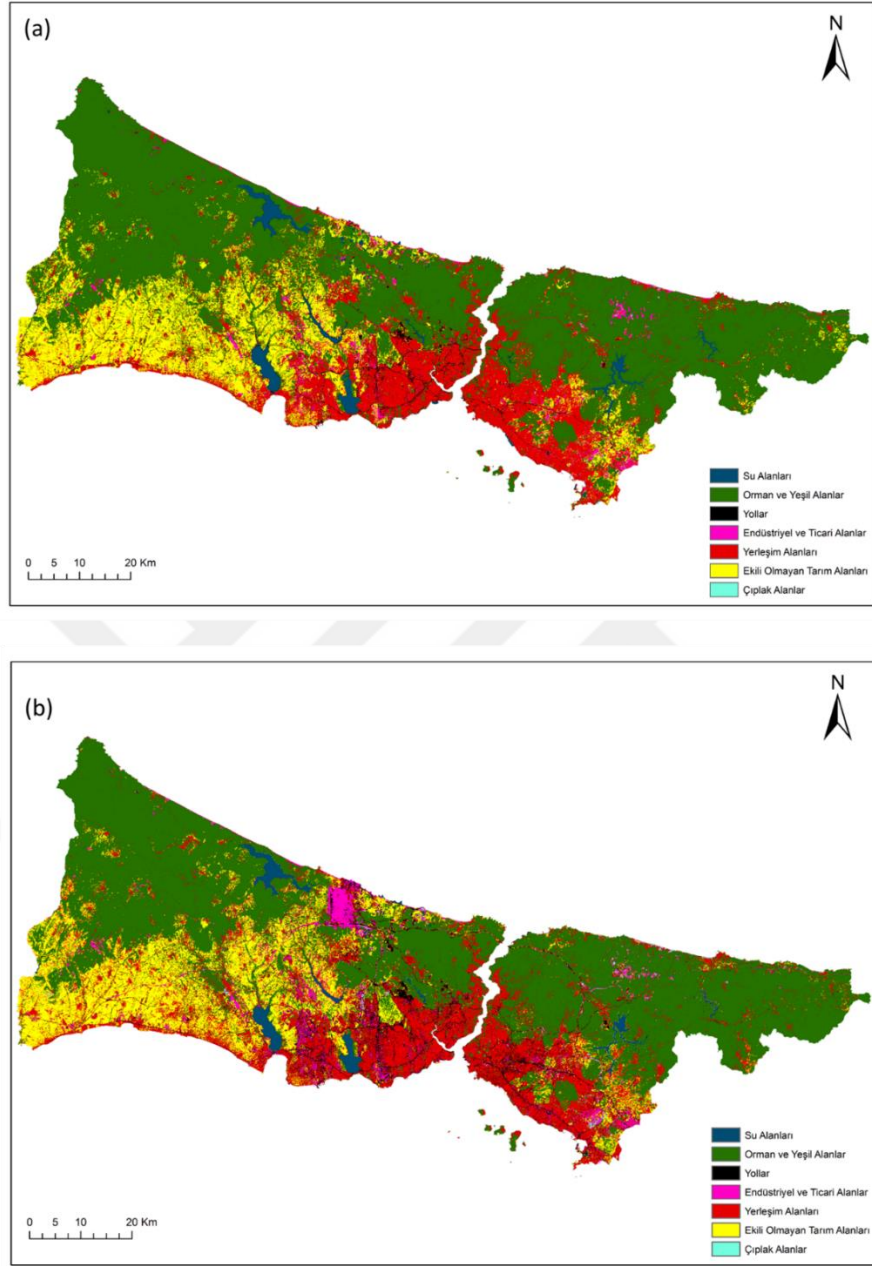
5.3 Sınıflandırma Sonuçları

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarını belirlemek ve ısıl çevre ile kentsel özellikler arasındaki istatistiksel ilişkiyi kurmak için; 5 Eylül 2009 tarihli Landsat 5 TM ve 11 Eylül 2017 tarihli Landsat 8 OLI & TIRS görüntülerine maksimum benzerlik kontrollü sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Her iki görüntü için de sınıflar CORINE sınıflandırma sisteminin birinci seviyesine ait yedi adet arazi örtüsü sınıfından yararlanılarak belirlenmiştir. Bu sınıflar; su alanları, orman ve yeşil alan, yol, endüstriyel ve ticari birimler, yerleşim alanları, ekili olmayan tarım alanları, çıplak alanlardan oluşmaktadır. Sınıfların detaylı açıklamaları Çizelge 5.2’de görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Arazi örtüsü sınıfları.

Sınıf	Tanımlama
Su Alanları	Göller, nehirler
Orman ve Yeşil Alanlar	Tek ve çok yıllık bitki ekili olan alanlar
Yollar	Ulaşım birimleri
Endüstriyel ve Ticari Birimler	Sanayiler, havalimanları, limanlar
Yerleşim Alanları	Şehir alanları
Ekili Olmayan Tarım Alanları	Açık toprak alanları
Çıplak Alanlar	Çıplak kayalıklar, maden çıkarım sahaları, inşaat sahaları

Görüntülerde bu sınıfları tanıtmak için eğitim verileri seçilmiştir. Sınıflandırılmış görüntüler Şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 5.6 : a) 2009, b) 2017 yılı sınıflandırılmış görüntüleri.

Çalışma bölgesi olan İstanbul ili genelinde Arazi örtüsünde yer alan sınıfların yıllara göre alanları Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.3 : Arazi örtüsünde yer alan sınıfların yıllara göre alanları.

Sınıf	Alan				Değişim Oranı (%)
	2009 Ha	2009 %	2017 Ha	2017 %	
Su Alanları	10.500	1.93	9.700	1.78	-7.62
Orman ve Yeşil Alanlar	325.600	59.68	296.900	54.42	-8.81
Yollar	10.200	1.87	25.300	4.64	148.04
Endüstriyel ve Ticari Alanlar	10.500	1.92	19.200	3.52	82.86
Yerleşim Alanları	96.100	17.61	101.600	18.62	5.72
Ekili Olmayan Tarım Alanları	92.000	16.86	91.100	16.70	-0.98
Çıplak Alanlar	700	0.13	1.800	0.32	157.14
Toplam	545.600	100	545.600	100	

Yıllara göre sınıflar alanlarına göre incelendiğinde orman ve yeşil alanlar sınıfının en geniş yüzölçümlerine sahip olduğu görülmektedir. Ancak geçen sekiz yıllık süreçte orman ve yeşil alanlarda %8.81 oranında azalma görülmüştür. Yollarda %148.04, endüstriyel ve ticari alanlarda %82.86 ve yerleşim alanlarında %5.72 oranında artış olduğu gözlemlenmiştir. Orman alanları, tarım alanları sınıflarının sürekli olarak azalmasına ters orantılı olarak geçirimsiz yüzeylerde ise artış mevcuttur.

Çalışma alanında özellikle İstanbul Havalimanı'nın inşa edildiği Arnavutköy ilçesi ve etrafında yeni yapılaşmaların ortaya çıktığı, endüstriyel birimlerin de bu bölge ve yakınlarında artmaya başladığı şehrin özellikle Havalimanının bulunduğu yöne doğru belirgin bir şekilde genişlediği gözlemlenmiştir. Havalimanı ulaşım sağlamasının yanında iki yakayı bağlayan Yavuz Sultan Selim köprüsü ve bağlantı yollarının yapılmasıyla bölgedeki yeşil arazi örtüsünde azalma görülmüştür. Buna ek olarak, Avrupa yakasında Sarıyer, Kâğıthane, Eyüp ve Anadolu yakasında Beykoz, Çekmeköy, Şile bölgelerinde yeni yerleşim alanlarının oluşması bu değişime katkıda bulunmaktadır.

AÖ/AK sınıflarının değişimlerinin irdelenmesi için 2009 ve 2017 yıllarına ait iki görüntünün sınıflandırma sonuçlarına değişim analizi uygulanmıştır. Bu yöntem ile sınıflandırılmış görüntülerden elde edilen görüntü matrisleri birbirleri ile karşılaştırılarak hiç değişim göstermeyen alanlara ve değişim gösteren alanlarda hangi sınıfın hangi sınıfa dönüştüğü bilgilerine ulaşılmıştır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 : Alansal sınıf değişim analizi (ha).

		2017							
Sınıflar		Çıplak Alanlar	Ekili Olmayan Tarım Alanları	Endüstriyel ve Ticari Alanlar	Orman ve Yeşil Alanlar	Su Alanları	Yerleşim Alanları	Yollar	Genel Toplam
2009	Çıplak Alanlar	86,02	156,29	149,98	49,55	0,25	197,95	93,65	733,72
	Ekili Olmayan Tarım Alanları	411,90	64.025,5	3.738,87	5.660,50	10,05	14.901,40	3.723,08	92.471,31
	Endüstriyel ve Ticari Alanlar	363,34	1.229,79	4.460,84	328,33	48,15	2.490,19	1.160,32	10.080,97
	Orman ve Yeşil Alanlar	629,89	17.255,00	5.126,62	28.317,00	289,36	15.924,70	4.132,45	326.529,03
	Su Alanları	12,37	209,09	364,58	272,33	9.199,25	223,19	215,78	10.496,61
	Yerleşim Alanları	292,06	7.558,59	4.521,24	7.705,40	47,01	65.066,9	10.742,80	95.934,00
	Yollar	31,55	1.294,06	568,86	540,56	142,37	2.754,77	4.228,56	9.560,74
Genel Toplam		1.827,17	91.728,33	18.931,00	297.727,68	9.736,46	101.559,10	24.296,64	545.806,41

Çalışmanın sonuçları, İstanbul'un geçen bu sekiz yıllık süreçte yerleşim ve üstyapı odaklı AÖ/AK değişimine yoğun bir şekilde maruz kaldığını göstermektedir. Bu değişim özellikle İstanbul'un kuzey yarısında bulunan ormanlık alanların ve doğal alanların tahribine neden olmaktadır. CORINE sınıflandırmasına göre, bu çalışmada ayrı ayrı ele aldığımız yerleşim alanları ile endüstriyel ve ticari birimler ve ulaşım birimleri, bölgede insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmış yapay yüzeyleri oluşturmaktadır (Yılmaz, 2010). Değişimler sınıf bazında irdelendiğinde çıplak alanlar sınıfından yapay alanlara toplam 441,59 ha, ekili olmayan tarım arazileri sınıfından toplam 22.363,35 ha ve orman ve yeşil alanlar sınıfından toplam 25.183,77 ha alanın yapay alanlara dönüştüğü görülmektedir.

5.3.1 Doğruluk analizi

Doğruluk analizi her iki görüntüde de her sınıf için 100 adet toplam 700 adet kontrol noktası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sınıf doğruluğunun yer gerçekliği ile karşılaştırma aşamalarında farklı bant kombinasyonları oluşturulmuş uydu görüntülerinden, Google Earth web harita servisinin sunduğu eski ve güncel tarihli uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Noktaların sınıfları ve noktalara karşılık gelen referanslarla hata matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrislerden kullanıcı ve üretici doğrulukları ve sınıflandırmaların genel doğrulukları belirlenmiştir.

Çizelge 5.5 ve 5.6'da görüldüğü üzere, 2009 görüntüsünde % 90.42 genel doğruluğa ulaşılrken, 2017 görüntüsünde % 91.14 genel doğruluğa ulaşılmıştır. Sınıf bazında hatalar irdelendiğinde spektral yansıtımlarındaki benzerlikten dolayı ekili olmayan tarım arazileri, yol ve yerleşim sınıfına karıştığı görülebilir.

Çizelge 5.5 : 5 Eylül 2009 tarihli görüntünün doğruluk analizi.

SINIF ADI	Referans Toplamı	Sınıf Toplamı	Doğru Nokta	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Su Alanları	100	100	100	100.00	100.00
Orman ve Yeşil Alanlar	100	95	95	95.00	100.00
Yollar	100	84	82	82.00	98.79
Endüstriyel ve Ticari Alanlar	100	91	91	91.00	100.00
Yerleşim Alanları	100	106	84	84.00	80.00
Ekili Olmayan Tarım Alanları	100	124	91	91.00	73.38
Çıplak Alanlar	100	100	90	90.00	90.00
TOPLAM	700	700	633		
Genel Doğruluk (%)	90.42				
Kappa	0.89				

Çizelge 5.6 : 11 Eylül 2017 tarihli görüntünün doğruluk analizi.

SINIF ADI	Referans Toplamı	Sınıf Toplamı	Doğru Nokta	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Su Alanları	100	100	100	100.00	100.00
Orman ve Yeşil Alanlar	100	96	96	96.00	100.00
Yollar	100	92	86	86.00	93.48
Endüstriyel ve Ticari Alanlar	100	90	90	90.00	100.00
Yerleşim Alanları	100	100	84	84.00	84.00
Ekili Olmayan Tarım Alanları	100	118	91	91.00	77.12
Çıplak Alanlar	100	104	91	91.00	87.50
TOPLAM	700	700	638		
Genel Doğruluk (%)	91.14				
Kappa	0.90				

5.4 Yer Yüzey Sıcaklığı Hesaplanması

Bu çalışmada yer yüzey sıcaklıklarının hesaplanabilmesi için mono-window algoritması, Landsat 5 uydusunun ısı bandı olan band 6 (10.44-12.42 μm) ve Landsat 8'in ısı bandı band 10 (10.60 - 11.19 μm) üzerinde uygulanmıştır. Mono-window algoritması için parlaklık sıcaklığı (BT), atmosferik su buharı, atmosferik geçirgenlik, ortalama atmosferik sıcaklık ve yer yüzey yansırılığı olmak üzere beş ana parametrenin hesaplanması gereklidir. Bu parametrelerin hesaplanma yöntemleri daha önce bölüm 3.3.1'de anlatılmıştır. Hesaplanan parametreler Çizelge 5.7 ve 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 : 2009 görüntüleri YYS hesaplama parametreleri.

Tip	Parametre	Amaç	17 Haziran 2009	19 Temmuz 2009	5 Eylül 2009
Hesaplanan Parametreler	Yakın Yüzey Sıcaklığı	Ortalama Atmosferik Sıcaklık ve Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması	$T_0 = 299.2 \text{ K}$	$T_0 = 303.1 \text{ K}$	$T_0 = 302.78 \text{ K}$
	Ortalama Atmosferik Sıcaklık	Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması	$T_a = 293.133 \text{ K}$	$T_a = 296.74 \text{ K}$	$T_a = 296.428 \text{ K}$
	Bağıl Nem	Atmosferik Su Buharının Hesaplanması	$RH = 0.4793$	$RH = 0.5098$	$RH = 0.3330$
	Atmosferik Su Buharı	Atmosferik Geçirgenliğin Hesaplanması	$w_i = 1.46051$	$w_i = 1.85254$	$w_i = 1.24897$
	$\epsilon i1, \epsilon i2, \epsilon i3, \epsilon i4$	Yüzey Yayınlırlığının Hesaplanması	NDVI values	NDVI values	NDVI values
Sabit Parametreler	a,b	Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması	$a = -67.3553$ $b = 0.4586$	$a = -67.3553$ $b = 0.4586$	$a = -67.3553$ $b = 0.4586$
	K1, K2	Parlaklık Sıcaklığının Hesaplanması	$K1 = 607.76$ $K2 = 1260.56$	$K1 = 607.76$ $K2 = 1260.6$	$K1 = 607.76$ $K2 = 1260.56$

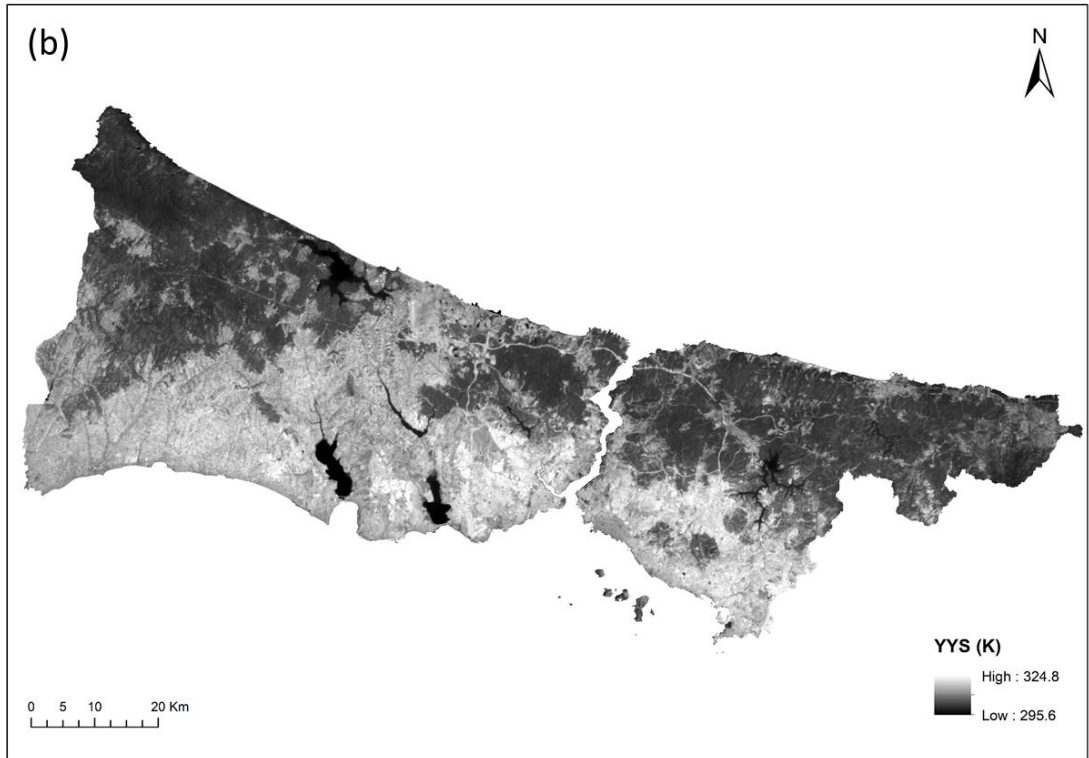
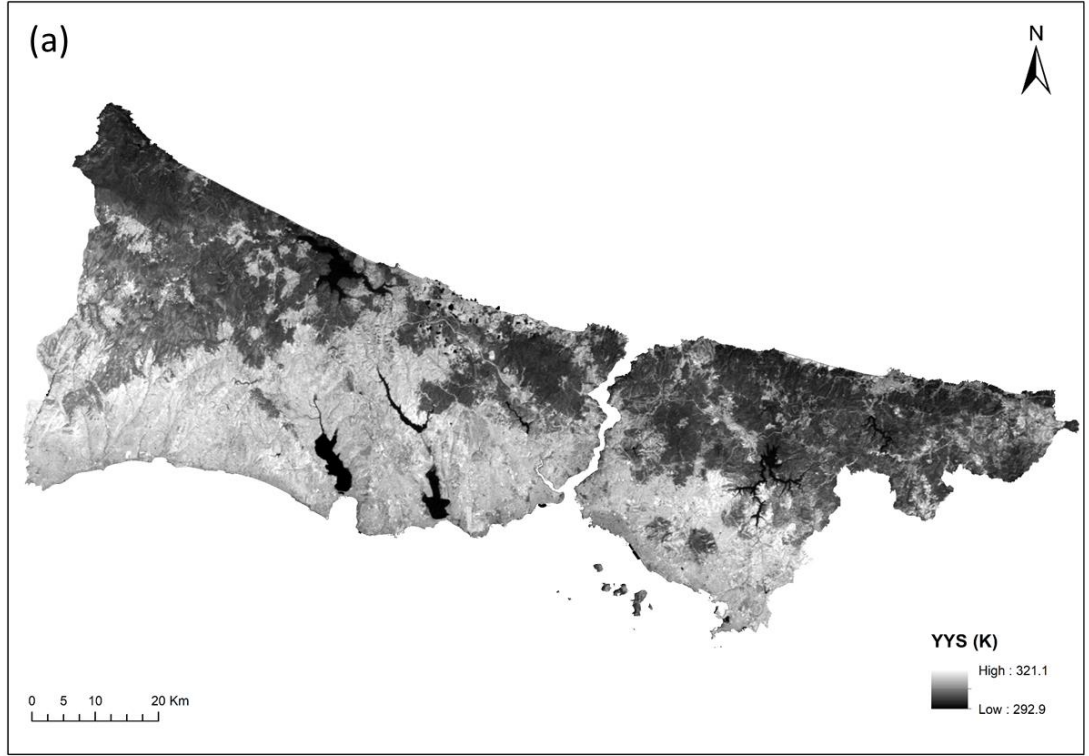
Çizelge 5.8 : 2017 görüntüleri YYS hesaplama parametreleri.

Tip	Parametre	Amaç	23 Haziran 2017	25 Temmuz 2017	11 Eylül 2017
Hesaplanan Parametreler	Yakın Yüzey Sıcaklığı	Ortalama Atmosferik Sıcaklık ve Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması	$T_0 = 302.163 \text{ K}$	$T_0 = 306.649 \text{ K}$	$T_0 = 304.064 \text{ K}$
	Ortalama Atmosferik Sıcaklık	Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması	$T_a = 295.877 \text{ K}$	$T_a = 300.032 \text{ K}$	$T_a = 297.640 \text{ K}$
	Bağıl Nem	Atmosferik Su Buharının Hesaplanması	$RH = 0.3917$	$RH = 0.3451$	$RH = 0.4571$
	Atmosferik Su Buharı	Atmosferik Geçirgenliğin Hesaplanması	$w_i = 1.40393$	$w_i = 1.53281$	$w_i = 1.75370$
	$\epsilon i1, \epsilon i2, \epsilon i3, \epsilon i4$	Yüzey Yayınlırlığının Hesaplanması	NDVI values	NDVI values	NDVI values
Sabit Parametreler	a,b	Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması	$a = -67.3553$ $b = 0.4586$	$a = -67.3553$ $b = 0.4586$	$a = -67.3553$ $b = 0.4586$
	K1, K2	Parlaklık Sıcaklığının Hesaplanması	$K1 = 774.89$ $K2 = 1321.08$	$K1 = 774.89$ $K2 = 1321.08$	$K1 = 774.89$ $K2 = 1321.08$

5.4.1 Mono-window algoritması ile yer yüzey sıcaklığı hesaplanması

Bu çalışmada mono-window algoritması Landsat 5 uydusu bant 6 ve Landsat 8 uydusu bant 10 ile uygulanmıştır. Algoritmanın uygulanabilmesi için; (i) parlaklık sıcaklığı, (ii) ortalama atmosferik sıcaklık, (iii) atmosferik geçirgenlik ve (iv) yer yüzey yansırılığı parametreleri hesaplanmıştır. Eşitlik 4.7 kullanılarak yer yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır. Denklemdaki a ve b katsayıları için 0 C -50 C aralığı baz alınarak $a_6 = -67.35351$ ve $b_6 = 0.458606$ değeri kullanılmıştır. Sonraki aşamada her iki yıla ait görüntüler için de hesaplanan YYS görüntülerinin yıl bazında ortalamaları alınmış ve bu sonuçlar normalize edilerek karşılaştırılmıştır. Elde edilen ortalama yer yüzey sıcaklık görüntüleri Şekil 5.7’de gösterilmiştir.





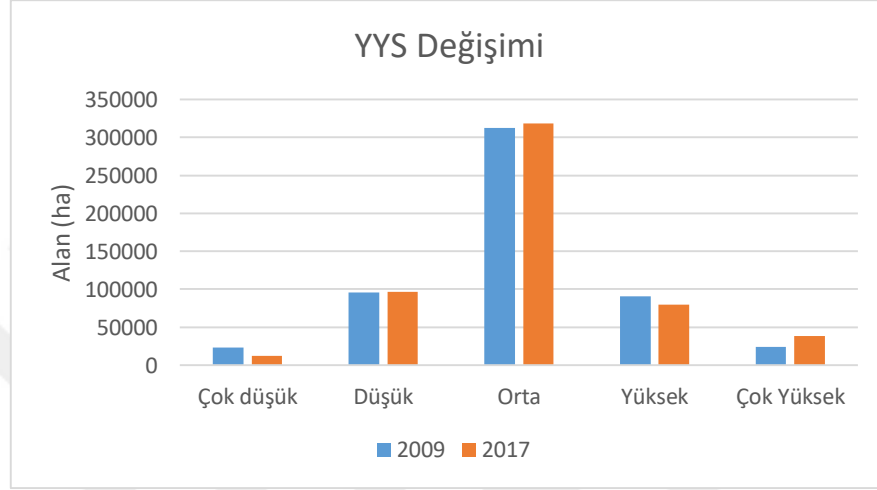
Şekil 5.7 : Ortalama a) 2009 ve b) 2017 yer yüzey sıcaklığı görüntüleri.

YYs haritalarına göre, 2009 yılı için en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri sırasıyla 321,1 K ve 292,9 K, 2017 yılı için ise 324,8 K ve 295,6 K olarak tespit edilmiştir. En sıcak ve en soğuk alanlar arasında sıcaklık farkı ise yaklaşık olarak 29 K olarak hesaplanmıştır. YYS'ler ilçe bazında incelendiğinde; 2009 yılı için en düşük değerler Şile (301,47 K), Adalar (301,51 K), ve Beykoz (302,07 K) ilçelerindeyken, en yüksek sıcaklıklar Gaziosmanpaşa (309,09 K), Bağcılar (309,02 K) ve Sultanbeyli (308,97 K) ilçelerinde gözlemlenmiştir. 2017 yılı için en düşük değerler Şile (302,67 K), Beykoz (303,27 K) ve Adalar (303,32 K) ilçelerindeyken, en yüksek sıcaklıklar Bayrampaşa (312,56 K), Gaziosmanpaşa (312,37 K) ve Bağcılar (312,02 K) ilçelerinde gözlemlenmiştir. Ortalama YYS değerleri ilçe idari sınırları bazında incelendiğinde (EK C) ise Silivri ilçesi hariç diğer tüm ilçelerde artış olduğu görülmüştür. Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Bayrampaşa, Beyoğlu, Esenyurt, Fatih, Güngören, Gaziosmanpaşa, Kağıthane, Kartal, Şişli ve Zeytinburnu ilçelerinde minimum 2.5 K değerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. YYS sonuçları irdelendiğinde her iki yıl için de yüksek değerlere sahip ilçelerin sınıflandırılmış görüntülerinde de yerleşim alanlarına denk gelen bölgeler olduğu görülürken, en düşük YYS değerlerine sahip ilçeler yeşil alanların yoğunlukta olduğu bölgelerdedir. Yeşil alanlara denk gelen bölgelerdeki ortalama YYS değerleri 2009 yılında 302,40 K iken 2017 yılında 303,56 K'e yükselmiştir. Kentsel alanlarda kullanılan yapı malzemelerinin kırsal alanlardaki yüzeylere göre ısıyı daha çok tutabildiği ve daha sonra çevreye yayılarak ısı artışına sebep olduğu daha önce de belirtilmiştir. Yerleşim yerlerine denk gelen bölgelerdeki ortalama YYS değerleri 2009 yılında 308,18 K iken 2017 yılında 311,09 K'e yükselmiştir.

Ayrıca belirtmek gerekir ki; yapılan bu ölçümler hava sıcaklığı ölçümü değil, yüzey sıcaklığı ölçümüdür ve bu yüzden yüksek sıcaklık farklarının oluşması olasıdır. Sonuç görüntüler incelendiğinde yeşil alanlar en düşük YYS değerine sahip bölgelerdir ve bu bölgeler İstanbul il alanının %54.41'ini oluşturmaktadır. Yerleşim alanları ve endüstriyel yapılar ise en yüksek değerlerin görüldüğü bölgelerdir. Ancak bu çalışmada 2009 yılına ait YYS sıcaklığı haritalarında ekili olmayan tarım arazilerinin de yüksek sıcaklıkta çıktığı gözlemlenmiştir. Toprak zeminlerin ısıl kızılötesi bölgede yayılımları su içeriğiyle belirlenmektedir (Sunar, 2011). Su oranı daha fazla olan zeminler buharlaşma sebebiyle soğuyacaklarından ısınım oranları düşmektedir. Kuru zeminler ise Güneş enerjisini yutup ısındıklarından daha fazla ısınım yapmaktadırlar.

(Yang ve diğ, 2017) çalışmalarında özellikle kuru sezonlar seçmiş ve toprak zeminler neredeyse yerleşim alanlarıyla aynı YYS değerlerine sahip olduğu bulunmuştur.

Analizler için normalize edilen YYS görüntüleri de Çizelge 5.1'deki formüllerden yararlanılarak çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek ölçeklerinde sınıflandırılmıştır. Çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek ölçeklerinde sınıflandırılan YYS değerlerinin yıllara göre değişim grafiği Şekil 5.8'de verilmiştir.



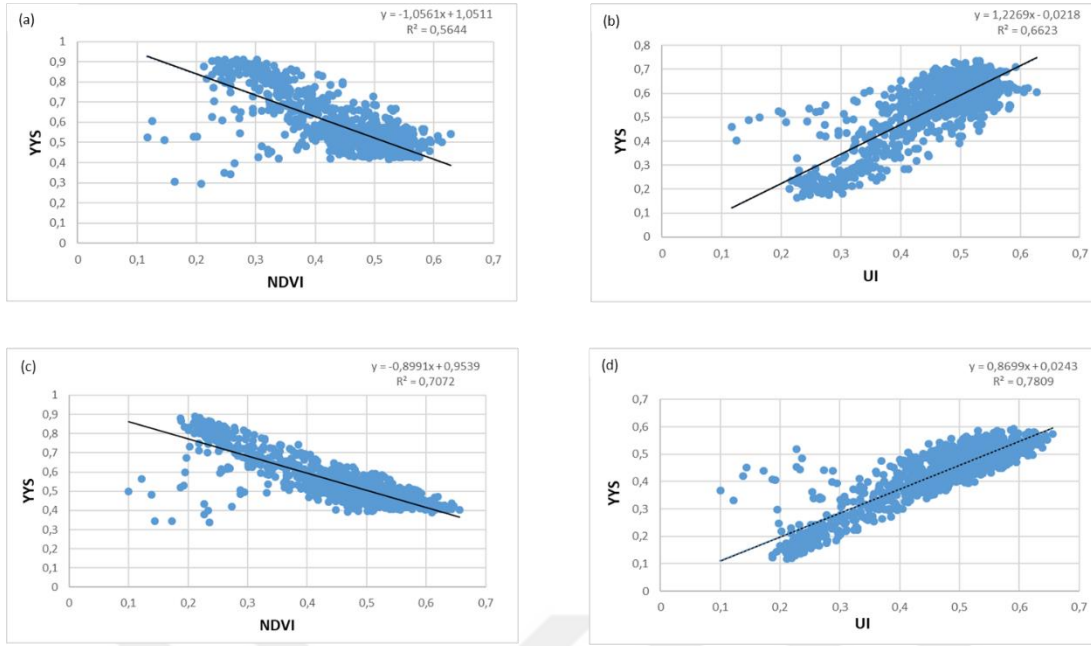
Şekil 5.8 : Normalize edilmiş YYS görüntülerinin alansal değişimi.

Çok yüksek sınıfı alansal olarak 2009 yılından 2017 yılına 14.442,21 ha artış gösterirken, çok düşük sınıfından 11.424,90 ha azalma olduğu gözlemlenmiştir.

5.5 Uzaktan Algılama İndekslerinin YYS ile İlişkisi

Yeşil alanların ve yeni yerleşim alanlarının YIA üzerindeki etkilerini irdelemek için NDVI, UI indeks görüntüleri ve YYS görüntüleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Her bir görüntüde aynı piksele denk gelen, rastgele noktalar seçilerek dağılım grafikleri oluşturulmuş (Şekil 5.9) ve korelasyon hesaplanmıştır.

2009 yılı için korelasyon katsayıları sırasıyla NDVI-YYS için -0.71, UI-YYS için 0.81 olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı için ise NDVI-YYS için -0.84 ve UI-YYS için 0.88 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.9 : Uzaktan algılama indekslerinin YYS ile ilişkisi.

Geçen 8 yıl içinde YYS ile NDVI arasındaki korelasyonun negatif yönde azalması ve YYS- UI arasındaki pozitif korelasyonun artması; çalışma alanı içinde bitki örtüsünün YIA etkisinde bir azalmaya katkıda bulunurken, yerleşim alanının YIA etkisini güçlendirdiğini göstermektedir (Liu ve Zhang, 2011).

5.6 Sıcak Alan Analizi

Çalışmanın son bölümünde mekansal bir otokorelasyon yöntemi olan Sıcak alan Analizi Getis Ord Gi* istatistiğinden yararlanılarak, normalize edilmiş NDVI, UI ve YYS görüntülerine sırayla uygulanmıştır.

İstatistiksel olarak sıcak ve soğuk alanların haritalanması için öncelikle raster veriler vektör (point)'e dönüştürülmüş daha sonra her bir idari sınır için (mahalle sınırı) ortalama piksel değeri atanmıştır ve toplam 977 idari bölge için Sıcak alan analizi yapılmıştır.

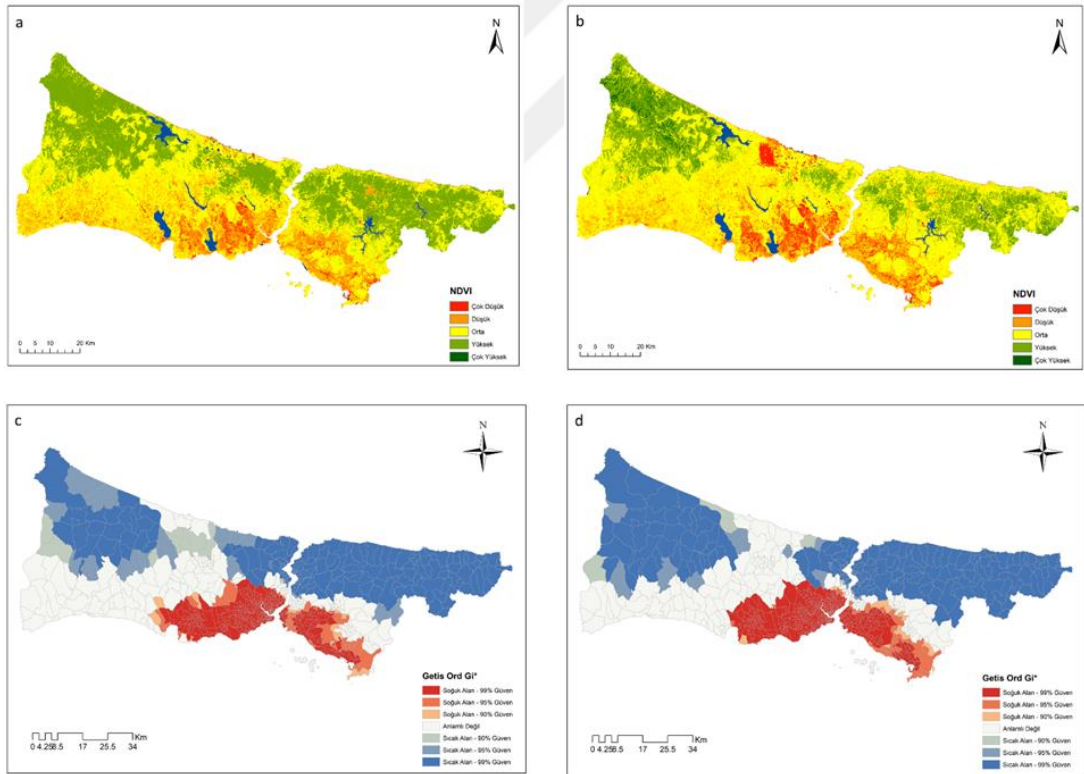
Sıcak alan analizi uygulanmadan önce uygun bir analiz mesafesi seçmek için Global Moran's I istatistiğini kullanan artımlı mekansal otokorelasyon aracı kullanılmıştır. Artımlı Mekansal Otokorelasyon aracı, bir dizi artan mesafe için mekansal kümelenmenin yoğunluğunu ölçer. Kümelemenin yoğunluğu, z-skoruna göre belirlenir. Tipik olarak, mesafe arttıkça, kümelenmenin yoğunlaştığını gösteren z-skoru da artar. Bununla birlikte, belirli bir mesafede, z-skoru genellikle zirve yapar.

Bu çalışma bölgesinde z-skorunun zirve yaptığı birden çok mesafe olmuştur. Ancak birbirini ile komşu olan idari birimlerin kümelenmeleri dikkate alınarak bir mesafe seçilmiştir.

Z-skorlarına göre kümelenen Sıcak ve soğuk alanlar sıcak alan (% 99 anlamlı), sıcak alan (% 95 anlamlı), sıcak alan (% 90 anlamlı), istatistiksel olarak anlamlı değil, soğuk alan (% 90 anlamlı), soğuk alan (% 95 anlamlı) ve soğuk alan (% 99 anlamlı) olmak üzere yedi kategoriye ayrılmıştır.

5.6.1 NDVI sıcak alan analizleri

Yıllar arasındaki değişim incelendiğinde sıcak alanların (istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek NDVI değerlerine sahip kümelenmiş alanlar) İstanbul'un ormanların yoğunlukla bulunduğu kuzey kesiminde, soğuk alanların ise çoğunlukla yerleşim alanlarının bulunduğu İstanbul'un orta-güney kesiminde kümelenmiş olduğu görülmüştür (Şekil 5.10).



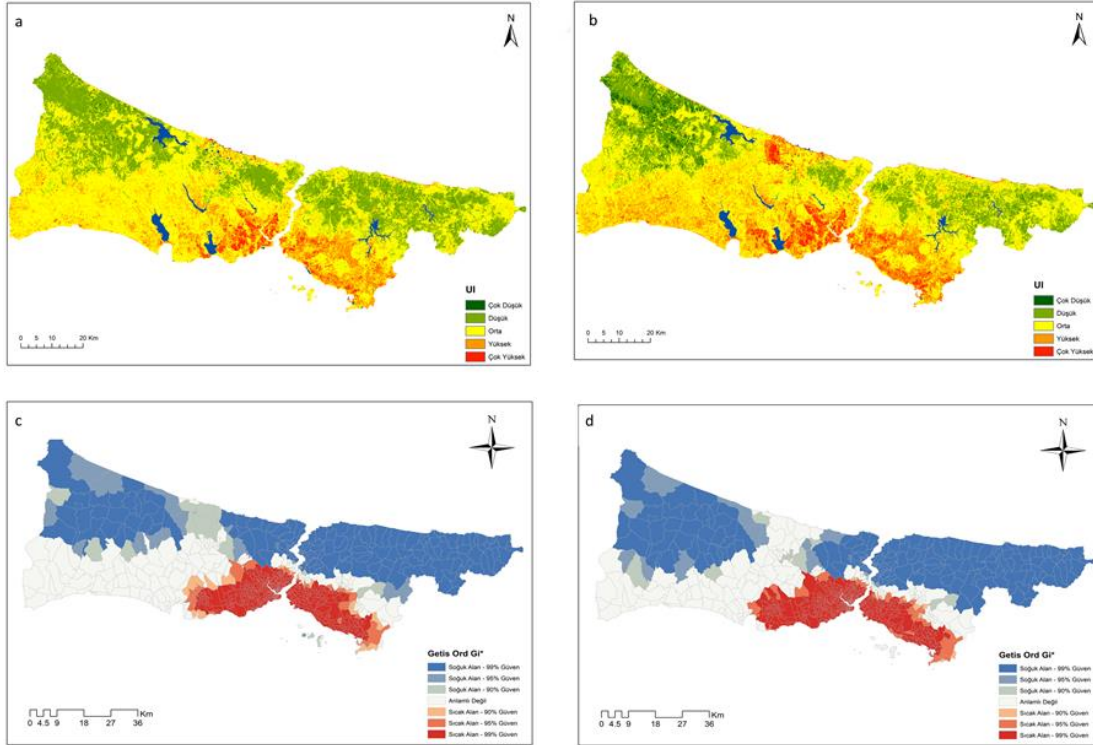
Şekil 5.10 : a) NDVI 2009, b) NDVI 2017 c) NDVI 2009 sıcak ve soğuk alanları d) NDVI 2017 sıcak ve soğuk alanları.

2009 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede 9.021,71 ha alanın sıcak alanlardan anlamlı olmayan alanlara dönüşürken, 22.588,00 ha alanın ise soğuk alanlardan anlamlı olmayan alanlara dönüştüğü gözlemlenmiştir. 8 yıllık dönemde ayrıca anlamlı

olmayan alanlardan 23.998 ha soğuk alan ve 4.161 ha sıcak alan oluştuğu görülmüştür. Değişimler ilçe bazında incelendiğinde ise yerleşim alanlarında yıllar içerisinde artışın görüldüğü Başakşehir ilçesinde 3.984,45 ha alanın %90 güven aralığı soğuk alan sınıfından %99 güven aralığı soğuk alan sınıfına geçtiği, 1.7021,01 ha alanın ise anlamlı olmayan alanlardan soğuk alanlara dönüştüğü görülmüştür. Bunun yanında Beylikdüzü ilçesinde 821,99 ha, Üsküdar'da 473,92 ha, Ümraniye'de 204,63 ha, Beşiktaş'ta 543,8 ha alanın anlamlı olmayan alanlardan soğuk alanlara dönüşerek yeni soğuk alanlar oluşturduğu belirlenmiştir. 3. Havalimanının inşa edildiği Arnavutköy ilçesinde ise 6.862,48 ha alanın sıcak alanlardan anlamlı olmayan alanlara dönüştüğü belirlenmiştir.

5.6.2 UI sıcak alan analizleri

Yıllar arasındaki değişim incelendiğinde sıcak alanların çoğunun İstanbul'un orta-güney kesiminde bulunduğu soğuk alanların ise kuzeyde toplandığı görülmektedir (Şekil 5.11). 2009 yılından 2017 yılları arasında 15.455 ha alanın soğuk alanlardan anlamlı olmayan alanlara dönüşürken, 1.779 ha alanın ise sıcak alanlardan anlamlı olmayan alanlara dönüştüğü gözlemlenmiştir.

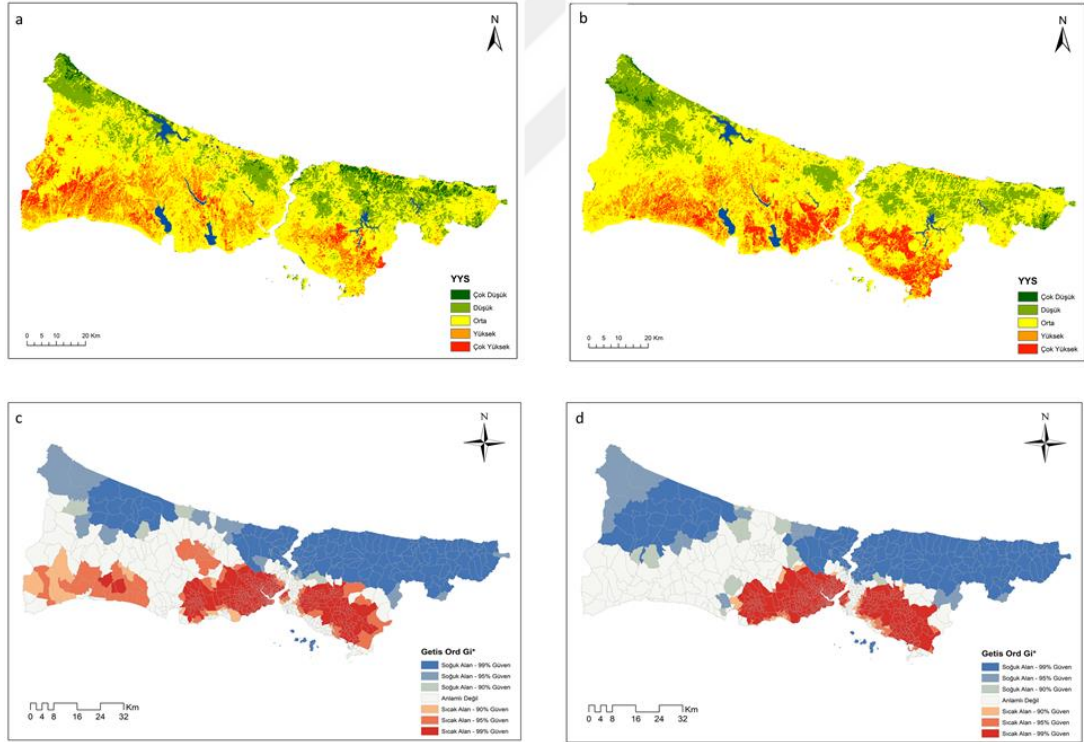


Şekil 5.11 : a) UI 2009, b) UI 2017 c) UI 2009 sıcak ve soğuk alanları d) UI 2017 sıcak ve soğuk alanları.

8 yıllık dönemde ayrıca anlamlı olmayan alanlardan 3.202 ha sıcak alan ve 19.013 ha soğuk alanların oluştuğu görülmüştür. Değişim ilçe bazında incelendiğinde yıllar içerisinde yeni yerleşim alanlarının arttığı bilinen Başakşehir ilçesinde toplam 4.214,83 ha alanda, Büyükçekmece ilçesinde ise 1.765,82 ha alanda yeni sıcak alanların oluştuğu görülmüştür. Bunun yanında Arnavutköy ilçesinde 10.042,84 ha alanın soğuk alanlardan anlamlı olmayan alana dönüştüğü gözlemlenmiştir.

5.6.3 YYS sıcak alan analizleri

İstanbul yüzey sıcaklık haritası incelendiğinde, yerleşim alanlarının daha ayrık ve yeşil alanların görece daha yüksek olduğu Anadolu yakası sahil kesimi ile Boğaz boylarında sıcaklıkların daha düşük olduğu ve buralarda anlamlı kümelenmelerin olmadığı, merkez ve gecekonduyla başlayan ve gelişen yoğun dokunun hakim olduğu alanlarda sıcaklıkların yüksek olduğu ve sıcak alanların buralarda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 : a) YYS 2009, b) YYS 2017 c) YYS 2009 sıcak ve soğuk alanları d) YYS 2017 sıcak ve soğuk alanları.

Orman alanları, en serin bölgelerdir. 2009 yılına ait haritada ise Avrupa Yakasında ekili olmayan tarım alanların da yüksek sıcaklıkta olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi ise daha önceki bölümlerde de ısıl bölgede toprağın yansıyan sıcaklığının su içeriğiyle değişmesiyle açıklanmıştır. Ayrıca İstanbul Havalimanı'nın inşa edildiği

bölgedeki soğuk alanların da ısınmanın etkisiyle kümelenmenin anlamlı olmayan dağılıma dönüştüğü görülmektedir. Yıllar içerisindeki değişim istatistiksel olarak incelendiğinde 3.148 ha alana karşılık gelen soğuk alanın, 71.955 ha alan sıcak alanın anlamlı olmayan kümelenmeye dönüştüğü görülmüştür. Ayrıca anlamlı olmayan bölgelerin 49.624 ha alan yeni soğuk alan ve 10.032 ha yeni sıcak alana dönüştüğü gözlemlenmiştir. Değişim ilçe bazında irdelendiğinde yerleşim alanlarının bulunduğu bölgeler olan Bakırköy ilçesinde 1.789,116 ha, Avcılar'da 479,83 ha, Küçükçekmece 'de 426,32 ha, Kadıköy'de 881,99 ha, Maltepe'de 1.686,14 ha Kartal'da 1.463,56 ha alanda yeni sıcak alanların oluştuğu görülmüştür. Arnavutköy ilçesinde ise 3.183,36 ha alanın soğuk alandan anlamlı olmayan kümelenmeye dönüştüğü gözlemlenmiştir.

Sınıflandırma sonuçlarına göre yerleşim alanlarını da içermesine rağmen Sarıyer, Beykoz, Şile ve Çatalca ilçelerinde soğuk alanlar oluşmaktadır. Bunun sebebi yeşil ve orman alanlarının bu ilçelerde çok yoğun olmasıdır. Yerleşimin her zaman yoğun olduğu ve zamanla arttığının bilindiği Avrupa yakasında Küçükçekmece, Bahçelievler, Güngören, Bayrampaşa, Beyoğlu, Fatih ilçelerinde, Anadolu yakasında ise Ümraniye ve Sancaktepe ilçelerinde her iki yılda da sıcak alanlar görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin önemli ekonomi, kültür ve eğitim merkezlerinden olan İstanbul, yıllar içerisinde nüfusun aşırı artışı ve kırsal bölgelerden gelen göçler sebebiyle hızlı bir kentleşme süreci geçirmiştir. Bu hızlı kentleşme sürecinde planlanmamış peyzaj değişiklikleriyle, doğal bitki örtüsüne sahip alanların çoğu yol, bina, endüstriyel alanlar gibi geçirimsiz yüzeylerle yer değiştirmiştir. Arazi kullanımındaki bu değişim YYS artışına dolayısıyla YIA etkisinin artmasına sebep olmuştur. YIA etkisinin artmasının sonucu olarak; kentlerin mikroiklimsel yapılarında değişim olmakta ve bölgesel ısınmalar gözlemlenmektedir. Bu değişimlerin insan sağlığı ve canlı yaşamı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu sebeplerden dolayı antropojenik etkilerin ısı değişimleri üzerindeki etkilerinin araştırılması ve azaltmaya yönelik önlemlerin alınması önemlidir.

YIA etkilerinin araştırılmasında YYS ile birlikte bölgesel analizlerin yapıldığı birçok çalışma vardır. Ancak YYS oluşum modelini idari sınırlara dayalı olarak mekansal ve zamansal bağlamda incelemek karar vericiler için çok daha verimlidir.

Bu bağlamda çalışmada AÖ/AK sınıflarının belirlenmesi için maksimum benzerlik sınıflandırması uygulanmıştır. Çalışma bölgesi su alanları, orman ve yeşil alan, yol, endüstriyel ve ticari birimler, yerleşim alanları, ekili olmayan tarım alanları, çıplak alanlar olmak üzere yedi ayrı sınıfa ayrılmıştır. Geçen bu süre içerisindeki değişimler sınıf bazında analiz edildiğinde orman ve yeşil alanlar sınıfının 28.700 ha, su alanlarının 800 ha alan azaldığı; bunun yanında yerleşim alanları sınıfının 5.500 ha, endüstriyel ve ticari birimler sınıfının 8.700 ha, yol sınıfının ise 15.100 ha alan arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçların sebepleri irdelendiğinde İstanbul'un kuzey ormanlarının bulunduğu bölgede yapılan 3. Havalimanının ve Yavuz Sultan Selim köprüsü il bağlantı yollarının yapımının etkili olduğu görülmüştür. Bu yapay yüzeyler inşa edilirken, orman alanlarının tahrip edildiği bilinmektedir. Algancı (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada İstanbul ilinde kentleşmenin hızla artış göstermesine bağlı olarak arazi örtüsünde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışmada 2013-2017 yılları arasında algılanan çok zamanlı Landsat-8 uydu görüntülerinin üzerinde nesne tabanlı sınıflandırma analizi gerçekleştirilmiş ve

özellikle üst yapı odaklı değişimlere bağlı olarak bu beş yıllık süreçte toplam 16.509,67 ha alanın yerleşim ya da üst yapıya dönüştüğü belirtilmiştir. Bu çıktıların, bu tez kapsamında elde edilen arazi örtüsü değişim sonuçlarını desteklediği görülmüştür. 2009 görüntüsünde % 90.42 genel doğruluğa ulaşılırken, 2017 görüntüsünde % 91.14 genel doğruluğa ulaşılmıştır. Minimum tolere edilebilir genel doğruluk değeri Congalton ve Green (2008) tarafından %85 olarak belirtildiğinden çalışmada elde edilen genel doğruluk değerlerinin kabul edilebilir olduğu görülmüştür. Sınıf bazında hatalar irdelendiğinde spektral yansıtımlarındaki benzerlikten dolayı ekili olmayan tarım arazilerinin, yol ve yerleşim sınıfına karıştığı görülmüştür.

YYs ile ilişkilendirilmesi ve sıcak alan analizlerinde kullanılması amacıyla 2009 yılına ait üç görüntüden ve 2017 yılına ait üç görüntüden NDVI ve UI hesaplanmıştır. Bu görüntülerin yıllara göre ortalamaları alınıp, atmosferik ve zamansal etkilerinin giderilmesi için normalize edilmiştir. Elde edilen spektral indeks sonuçları irdelendiğinde, UI ve NDVI değerleri arasında tutarlı sonuçlar olduğu görülmüştür. Literatürde bitki alanlarının belirlenmesi için kullanılan NDVI değerlerinin yüksek çıktığı ilçelerde, yerleşim alanlarının belirlenmesinde kullanılan UI değerleri düşük çıkarken, NDVI değerlerinin düşük çıktığı ilçelerde ise UI değerleri yüksek çıkmıştır.

YYs değerleri Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI&TIRS uydu verileri kullanılarak, MWA'dan yararlanılarak elde edilmiştir. YYs sonuçları irdelendiğinde her iki yıl için de yüksek değerlere sahip ilçelerin sınıflandırma görüntülerinde de yerleşim alanlarına denk gelen bölgeler olduğu görülürken, en düşük YYs değerlerine sahip ilçelerin yeşil alanların yoğunlukta olduğu bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Yeşil alanlara denk gelen bölgelerdeki ortalama YYs değerleri 2009 yılında 302,40 K iken 2017 yılında 303,56 K'e yükselmiştir. Yerleşim yerlerine denk gelen bölgelerdeki ortalama YYs değerleri 2009 yılında 308,18 K iken 2017 yılında 311,09 K'e yükselmiştir. Kentsel alanlarda kullanılan yapı malzemelerinin kırsal alanlardaki yüzeylere göre ısıyı daha çok tutabildiği ve daha sonra bu ısıyı çevreye yayılarak ısı artışına sebep olduğu bilinmektedir. Örneğin; Balçık (2014) tarafından İstanbul'da gerçekleştirilen çalışmada endüstriyel alanların yoğunlukla bulunduğu Tuzla, Kartal, Kağıthane, Zeytinburnu gibi ilçelerde YIA oluşumu gözlemlenmiştir. Ayrıca Atatürk Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havalima'nın ve bunları çevreleyen alanların YYs değerlerinin sırasıyla 312 K ve 314 K değerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yeşil alanların ve yeni yerleşim alanlarının YIA üzerindeki etkilerini irdelemek için NDVI, UI indeks görüntüleri ve YYS görüntüleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. 2009 yılı için korelasyon katsayıları sırasıyla NDVI-YYS için -0.71, UI-YYS için 0.81 olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı için ise NDVI-YYS için -0.84 ve UI-YYS için 0.88 olarak hesaplanmıştır. Geçen sekiz yıl içinde YYS ile NDVI arasındaki korelasyonun negatif yönde artması ve YYS-UI arasındaki pozitif korelasyonun artması; çalışma alanı içinde bitki örtüsünün YIA etkisinde bir azalmaya katkıda bulunurken, yerleşim alanının YIA etkisini güçlendirdiğini göstermektedir. Ranagalage ve diğ. (2018) çalışmalarında iki farklı yıla ait Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntülerinden elde edilen NDVI-YYS arasındaki korelasyon katsayılarını sırasıyla -0.77 ve -0.88 bulurken, NDBI-YYS arasındaki korelasyon katsayıları 0.80 ve 0.91 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, tez kapsamında elde edilen çıktılarla tutarlılık göstermektedir.

Çalışmanın son aşamasında YIA etkilerinin mekansal istatistik yöntemleriyle analiz edilmesi amacıyla; normalize edilmiş NDVI, UI ve YYS görüntüleri üzerinde Getis Ord Gi* istatistik yöntemini kullanan, sıcak alan analizi yapılmıştır. İstatistiksel olarak sıcak ve soğuk alanların haritalanması için öncelikle raster veriler vektöre dönüştürülmüş daha sonra her bir idari sınır için (mahalle sınırı) ortalama piksel değeri atanmıştır ve toplam 977 idari bölge için sıcak alan analizi yapılmıştır. NDVI üzerinde yapılan sıcak alan analizine göre 9.021,71 ha alanın NDVI görüntülerinde yeşil alanları temsil eden “sıcak alanlar” sınıfından “anlamalı değil” sınıfına dönüştüğü görülmüşken, 23.998 ha alanın anlamsız kümelenmeden sıcak alanlara dönüştüğü gözlemlenmiştir. UI üzerinde yapılan sıcak alan analizine göre 15.455 ha alanın “soğuk alanlar” sınıfından “anlamalı değil” sınıfına dönüştüğü, bunun yanında 3.202 ha alan yeni “sıcak alan” sınıfının oluştuğu görülmüştür. YYS üzerinde yapılan sıcak alan analizinde ise 3.148 ha alan “soğuk alanlar” sınıfından “anlamalı değil” sınıfına dönüşürken, 10.032 ha alan yeni “sıcak alan” sınıfının oluştuğu görülmüştür. Sıcak alan analizlerinin sonuçları YIA’ların İstanbul’da yerleşim bölgelerinin arttığı alanlarda kümелendiğini ortaya koymuştur. Bu bölgelerdeki endüstriyel alanlar, binalar, yollar ve diğer inşaat faaliyetleri, İstanbul’daki YIA fenomeninin oluşumuna katkıda bulunmaktadır.

Çalışma sırasında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri kentsel bölgelerin heterojen ve kompleks yapıda olmalarıdır. Görüntü sınıflandırma sonuçlarında da gözlemlendiği

üzere yerleşim bölgeleri özellikle bina çatıları gibi belirli bir standartta olmayan yerler yansıtım değerlerindeki benzerliklerden dolayı diğer sınıflara kolayca karışmaktadır. Bir diğer problem ise ekili olmayan tarım arazilerinin bazı kurak dönemlerde yüksek yansıtımlardan dolayı yerleşim alanları ile karışmasıdır. Bu problemler bir sonraki çalışmalarda daha yüksek çözünürlüklü görüntülerin kullanılması ve kurak olmayan dönemlerden görüntülerin seçilmesi ile çözümlenebilir. Yansıtımdaki değişim problemlerinin giderilmesi açısından ise YYS hesaplanırken uydu verilerinin yanı sıra yersel ölçümlerle de desteklenebilir.

Ekonomik ve toplumsal parametreler kentlerde yoğunlaşmaya neden olurken bu gelişmeler çevresel problemlere yol açmaktadır. Yoğun ve yüksek binalar, ısı emilimini arttırması yanı sıra, hava akımını engellemesi nedeniyle de sıcaklık artışında etken olabilmektedir. Sera gazları, trafik yoğunluğu, yoğun enerji kullanımı gibi antropojenik nedenler de kent merkezlerinde sıcaklıkların artma sebeplerindendir. Bu olumsuz etkileri minimum düzeylere indirmek için önlemler alınmalıdır.

Alexandri (2002) kentsel alanlarda ısıнын düşürebilmesinin ölçütünü; bitkilendirmeye, var olan kentsel geometriye bağlamıştır. Yapılan çalışmalar, bu parametrelerin 0.4 C'den 19.9 C'ye kadar etkili olduğunu göstermektedir. Kent ormanları, yeşil alanlar, serin çatı ve kaplamaların, uygun geometrili yapılaşmaların ısı adalarının azaltılmasında etken faktörler olduğu belirtilmektedir. Yapılaşması oturmuş mevcut kentsel alanlarda, geniş yeni yeşil alanlar yaratmak mümkün olmadığından yeşil alanların arttırılması için başka çözümler yaratılmalı; bina çatıları, cepheleri, yol kenarları potansiyel alanlar olarak görülmelidir.

Çok fazla parametrenin etken olduğu ısı adaları problemi, doğru veriler ve doğru analizlerle süzgeçten geçirilerek, geniş bir bakış açısıyla değerlendirilmelidir. Günümüzde hızla plansız bir şekilde büyüyen İstanbul için konu günden güne önem kazanmaktadır. Genel olarak bu çalışmanın bulguları, İstanbul için daha etkili şehir planlaması ve YIA'nın insanlar ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirme çalışmalarında karar vericiler için kullanılabilecek bir altlık olabilir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, S.** (2018). Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(1), 15-25.
- Alexandri, E.** (2002). The effect of green roofs on the urban climate-A quantitative approach. *Oral Presentation at the Meeting of the PLEA* (ss. 311-316).
- Algancı, U.** (2018). Arazi örtüsü değişimlerinin çok zamanlı Landsat 8 uydu görüntüleri ile belirlenmesi: İstanbul örneği. *Harita Dergisi*, 160, 24-33.
- Ali, M. I., Hasim, A. H., & Abidin, M. R.** (2019). Monitoring the built-up area transformation using urban index and normalized difference built-up index analysis. *International Journal of Engineering Transactions B: Applications*, 32(5), 647-653.
- Anniballe, R., Bonafoni, S., & Pichierri, M.** (2014). Spatial and temporal trends of the surface and air heat island over Milan using MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 150, 163-171.
- Babalola, O. S., & Akinsanola, A. A.** (2016). Change detection in land surface temperature and land use land cover over Lagos Metropolis, Nigeria. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 5(3). doi:10.4172/2469-4134.1000171.
- Balçık, F. B.** (2014). 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.
- Bendib, A., Hadda, D., & Kalla, M. I.** (2016). Contribution of Landsat 8 data for the estimation of land surface temperature in Batna city, Eastern Algeria. *Geocarto International*, 32(5), 503-513.
- Campbell, J. B.** (1996). *Introduction to Remote Sensing*. New York.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H.** (2012). *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press.
- Chaudhuri, G., & Mishra, N. B.** (2016). Spatio-temporal dynamics of land cover and land surface temperature in Ganges-Brahmaputra delta: a comparative analysis between India and Bangladesh. *Applied Geography*, 68, 68-83.
- Congalton, R. G., & Green, K.** (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. CRC press.
- Çetin, M. ve Musaoğlu N.** (2008). İbrelî Orman Türlerinin Hiperspektral Uydu Görüntüsü İle Ayırt Edilebilirliğinin Araştırılması. *İTÜ Dergisi*, 7, 34 – 40.
- Çölkesen, İ., & Yomralıoğlu, T.** (2014). Arazi örtüsü ve kullanımının haritalanmasında WorldView-2 uydu görüntüsü ve yardımcı verilerin kullanımı. *Harita Dergisi*, 152(2), 12-24.

- Dai, X., Guo, Z., & Chen, C.** (2016). Improvement of mono-window algorithm for land surface temperature retrieval integrated with subpixel mapping for Landsat imagery. In *4th International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA)* (ss. 24-27). IEEE.
- Das, S., & Angadi, D. P.** (2020). Land use-land cover (LULC) transformation and its relation with land surface temperature changes: a case study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19. doi:10.1016/j.rsase.2020.100322.
- Deng, X., C, Z., Y, L., T, Z., Y, Q., F, Z., Z, W., & F, W.** (2014). Downscaling the impacts of large-scale LUCC on surface temperature along with IPCC RCPs: a global perspective. *Energies*, 2720-2739.
- Dhakar, S.** (2010). GHG emissions from urbanization and opportunities for urban carbon mitigation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 277-283.
- El-Zeiny, A. M., & Effat, H. A.** (2017). Environmental monitoring of spatiotemporal change in land use/land cover and its impact on land surface temperature in El-Fayoum governorate, Egypt. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 266-277. doi:10.1016/j.rsase.2017.10.003.
- Fashae, O. A., Adagbasa, E. G., Olusola, A. O., & Obateru, R. O.** (2020). Land use/land cover change and land surface temperature of Ibadan and environs, Nigeria. *Environmental monitoring and assessment*, 192(2), 1-18. doi:10.1007/s10661-019-8054-3.
- Fatemi, M., & Narangifard, M.** (2019). Monitoring LULC changes and its impact on the LST and NDVI in District 1 of Shiraz City. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(4). doi:10.1007/s12517-019-4259-6.
- Gautam, V. K., Murugan, P., & Annadurai, M.** (2018). A New Three Band Index for Identifying Urban Areas using Satellite Images. *Proceedings Volume of International Conference*, (pp. 27-31).
- Getis, A., & Ord, J. K.** (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis* 24(July), 189-206.
- Giles, B. D., Balafoutis, C., & Maheras, P.** (1990). Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology*, 34(2), 98-104.
- Göksel, Ç., David, R. M., & Dogru, A. O.** (2018). Environmental monitoring of spatio-temporal changes in northern Istanbul using remote sensing and GIS. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 5(1), 94-103.
- Grigoraş, G., & Urişescu, B.** (2018). Spatial hotspot analysis of Bucharest's urban heat island (UHI) using modis data. *Annals of Valahia University of Targoviste, Geographical Series*, 18(1), 14-22.
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M.** (2008). Global change and ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760.
- Guerri, G., Crisci, A., Messeri, A., Congedo, L., Munafò, M., & Morabito, M.** (2021). Thermal summer diurnal hot-spot analysis: the role of local urban features layers. *Remote Sensing*, 13(3). doi:10.3390/rs13030538.

- Guha, S., Govil, H., Dey, A., & Gill, N.** (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 667-678. doi:10.1080/22797254.2018.1474494.
- Howard, L.** (1833). The Climate of London; London Harvey and Dorton: London, UK. Volume 2, 188-1820.
- Jimenez-Munoz, J. C., & 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).
- Kawamura, M., Jayamanna, S., & Tsujiko, Y.** (1996). Relation between social and environmental data. In *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 31, (ss. 321–326).
- Khorram, S., Koch, F. H., van der Wiele, C. F., & Nelson, S. A.** (2012). Using remote sensing for terrestrial applications. In *Remote Sensing* (ss. 63-80). Springer, Boston, MA.
- Khorrami, B., & Gunduz, O.** (2019). Uzaktan algılama ve CBS'nin yüzey sıcaklığı ve kentsel ısı adası tespit ve analizinde uygulanması. *Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu*. Antalya, Türkiye.
- Kikon, N., Singh, P., Singh, S. K., & Vyas, A.** (2016). Assessment of urban heat islands (UHI) of Noida City, India using multi-temporal satellite data. *Sustainable Cities and Society*, 22, 19-28.
- Kivilcim, C. Ö., & Duran, Z.** (2015). Impact of rapid urbanization on the morphology of historical İstanbul: Üsküdar district case study. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24, 14-18.
- Li, H., Wang, C., Zhong, C., Su, A., Xiong, C., Wang, J., & Liu, J.** (2017). Mapping urban bare land automatically from Landsat imagery with a simple index. *Remote Sensing*, 9(3), 249.
- Liang, L., Wang, Z., & Li, J.** (2019). The effect of urbanization on environmental pollution in rapidly developing urban agglomerations. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117649.
- Lillesand, T. M. & Kiefer, R. W.** (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd ed. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons.
- Liu, F., Zhang, X., Murayama, Y., & Morimoto, T.** (2020). Impacts of Land Cover/Use on the Urban Thermal Environment: A Comparative Study of 10 Megacities in China. *Remote Sensing*, 12(2), 307.
- Liu, L., & Zhang, Y.** (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: a case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552. doi:10.3390/rs3071535.
- Mavrakou, T., Polydoros, A., Cartalis, C., & Santamouris, M.** (2018). Recognition of thermal hot and cold spots in urban areas in support of mitigation plans to counteract overheating: application for Athens. *Climate*, 6(1). doi:10.3390/cli6010016.

- Morabito, M., Crisci, A., Messeri, A., Orlandini, S., Raschi, A., Maracchi, G., & Munafò, M.** (2016). The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of the Total Environment*, 551, 317-326.
- Norman, J. M., & Francois, B.** (1995). Terminology in thermal infrared remote sensing of natural surfaces. *Agricultural and Forest Meteorology*, 77(3-4), 153-166.
- Pal, S., & Ziaul, S.** (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125-145. doi:10.1016/j.ejrs.2016.11.003.
- Qin, Z., Karnieli, A., & 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.
- Ranagalage, M., Estoque, R., Zhang, X., & Murayama, Y.** (2018). Spatial changes of urban heat island formation in the Colombo District, Sri Lanka: Implications for sustainability planning. *Sustainability*, 10(5). doi:10.3390/su10051367.
- Rao, P. K.** (1972). Remote sensing of urban "heat islands" from an environmental satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 53(7), 647-648.
- Rongali, G., Keshari, A. K., Gosain, A. K., & Khosa, R.** (2018). A mono-window algorithm for land surface temperature estimation from Landsat 8 thermal infrared sensor data: a case study of the Beas River Basin, India. *Pertanika J Sci Technol*, 26(2), 829-840.
- Santamouris, M.** (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. James&James.
- Sekertekin, A., Abdikan, S., & Marangoz, A. M.** (2018). The acquisition of impervious surface area from LANDSAT 8 satellite sensor data using urban indices: a comparative analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(7), 1-13.
- Sekertekin, A., & Bonafoni, S.** (2020). Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas: assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation. *Remote Sensing*, 12(2), 294.
- Sobrino, J. A., & Irakulis, I.** (2020). A methodology for comparing the surface urban heat island in selected urban agglomerations around the world from Sentinel-3 SLSTR data. *Remote Sensing*, 12(12), 2052.
- Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P., & Becker, F.** (1996). Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. *International Journal of Remote Sensing*, 17(11), 2089-2114.
- Stone Jr, B., & Rodgers, M. O.** (2001). Urban form and thermal efficiency: how the design of cities influences the urban heat island effect. *Journal of the American Planning Association*, 67(2), 186-198.
- Streutker, D. R.** (2002). A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2595-2608.

- Sun, Y., & Zhao, S.** (2018). Spatiotemporal dynamics of urban expansion in 13 cities across the Jing-Jin-Ji urban agglomeration from 1978 to 2015. *Ecological Indicators*, 87, 302-313.
- Sunar, F.** (2011). *Uzaktan algılama*. Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Şekertekin, A., & Arslan, N.** (2019). Discovering the changes in land surface temperature caused by the conversion of agricultural lands to residential and urban use. *9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)*. Istanbul, Turkey.
- Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş. H., Kaya, Ş., & Marangoz, A. M.** (2015). Uydu verileri ile arazi örtüsündeki yer yüzey sıcaklığı değişimlerinin analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye. *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara, Türkiye.
- Şekertekin, A., & Marangoz, A. M.** (2019). Zonguldak metropolitan alanındaki arazi kullanımı arazi örtüsünün yer yüzey sıcaklığına etkisi. *Geomatik*, 4(2), 101-111.
- Tran, D. X., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S. W., Caetano, M., & Kieu, H. V.** (2017). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 124, 119-132. doi:10.1016/j.isprsjprs.2017.01.001.
- Tucker, C. J.** (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.** (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations.
- Unwin, D. J., & O'Sullivan, D.** (2002). *Geographic Information Analysis*. Wiley.
- Waters, N.** (2016). Tobler's First Law of Geography. *International encyclopedia of geography: People, the earth, environment and technology*, 1-15.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J.** (2004). Estimation of land surface temperature vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- Weng, Q., & Yang, S.** (2004). Managing the adverse thermal effects of urban development in a densely populated Chinese city. *Journal of Environmental Management*, 70(2), 145-156.
- Wu, Y., Li, W., Wang, Q., & Yan, S.** (2016). Landslide susceptibility assessment using frequency ratio, statistical index and certainty factor models for the Gangu County, China. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(2), 84.
- Xu, H., Ding, F., & Wen, X.** (2009). Urban expansion and heat island dynamics in the Quanzhou Region, China. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2(2), 74-79. doi:10.1109/jstars.2009.2023088.
- Yalçın, M., & Kaya, K.** (2019). Türkiye’de solunum sistemine bağlı ölüm oranlarının mekansal kümelenmelerinin incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 750-761.

- Yang, Y., Chen, R. S., Song, Y. X., Liu, J. F., Han, C. T., & Liu, Z. W.** (2017). New methods for calculating bare soil land surface temperature over mountainous terrain. *Journal of Mountain Science*, 14(12), 2471-2483.
- Yılmaz, R.** (2010). Monitoring land use/land cover changes using CORINE land cover data: a case study of Silivri coastal zone in Metropolitan Istanbul. *Environmental monitoring and assessment*, 165(1), 603-615.
- Yusuf, Y. A., Pradhan, B., & Idrees, M. O.** (2014). Spatio-temporal assessment of urban heat island effects in Kuala Lumpur metropolitan city using landsat images. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(4), 829-837.
- Zhao, H., Tan, J., Ren, Z., & Wang, Z.** (2020). Spatiotemporal characteristics of urban surface temperature and its relationship with landscape metrics and vegetation cover in rapid urbanization region. *Complexity*, 2020, 1-12.
- Url-1** <http://politeknik.org.tr/wp-content/uploads/2015/06/cmo_eko_yikim.pdf>, erişim tarihi 14.03.2021.
- Url-2** <<https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/>>, erişim tarihi 14.03.2021.
- Url-3** <<http://www.istanbul.gov.tr/nufus-bakimindan-turkiyenin-en-buyuk-kenti-istanbul>>, erişim tarihi 16.03.2021
- Url-4** <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/hot-spot-analysis.htm>>, erişim tarihi 21.01.2021.

EKLER

EK A: Meteorolojik istasyon verileri

17 Haziran 2009

Meteorolojik İstasyon	Sıcaklık (K)	YYs
Akom	302.72	307.73
Arnavutköy	294.63	300.31
Bakırköy	298.07	305.78
Beşiktaş	297.32	303.81
Beykoz	300.37	303.81
Çavuşbaşı	302.81	307.73
Haliç	297.68	303.32
Uğurmumcu	298.72	302.32
Ümraniye	300.53	304.80
Korelasyon = 0.85913687		

19 Temmuz 2009

Meteorolojik İstasyon	Sıcaklık (K)	YYs
Akom	307.24	310.04
Bakırköy	302.45	307.51
Beşiktaş	300.92	304.93
Beykoz	302.61	304.42
Çavuşbaşı	305.65	309.03
Haliç	301.23	304.42
Uğurmumcu	301.70	306.48
Ümraniye	303.00	304.42
Korelasyon = 0.830488173		

5 Eylül 2009

Meteorolojik İstasyon	Sıcaklık (K)	YYS
AKOM	303.92	307.6726
Aksaray	301.08	306.4958
Arnavutköy	301.2	304.9313
Beykoz	301.32	305.9373
Çavuşbaşı	303.94	307.7895
Esenler	303.13	308.6993
Kartal_Üğurmumcu	302.11	306.0534
Maslak İTÜ	302.03	307.4722
Olimpiyat	304.43	309.2138
Ömerli	302.62	307.6372
Terkos	301.59	308.2316
Ümraniye	303.81	307.161
Zincirlikuyu	302.87	307.1173
Korelasyon = 0.671343		

23 Haziran 2017

Meteorolojik İstasyon	Sıcaklık (K)	YYS
Akom	308.48	314.1053
Bakırköy	303.61	309.4839
Beşiktaş	305.23	310.2946
Beykoz	305.48	306.0117
Çavuşbaşı	304.65	308.7724
Haliç	313.45	316.1422
Üğurmumcu	305.92	309.513
Ümraniye	306.37	311.2739
Korelasyon = 0.839801		

23 Temmuz 2017

Meteorolojik İstasyon	Sıcaklık (K)	YYs
Akom	302.75	308.2004
Bakırköy	301.7	307.0883
Beşiktaş	300.13	304.0377
Beykoz	303.29	306.2271
Çavuşbaşı	302.08	307.4448
Uğurmumcu	301.63	305.5345
Ümraniye	303.56	308.4479
Korelasyon = 0.781928		

11 Eylül 2017

Meteorolojik İstasyon	Sıcaklık (K)	YYs
AKOM	306.47	307.29
Aksaray	300.74	311.62
Arnavutköy	304.69	304.23
Beykoz	303.85	303.57
Çanta	301.36	314.01
Çavuşbaşı	304.82	306.45
Kartal_Uğurmumcu	302.25	304.48
Maslak İTÜ	305.98	307.85
Ömerli	306.14	307.59
Terkos	303.02	304.14
Ümraniye	305.55	306.56
Korelasyon = 0.766259		

EK B: Metaveri dosyaları

5 Eylül 2009 Landsat 5 TM ROW31 Metaveri dosyası

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0701709262386_00021"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LC81800322017254LGN00"
  LANDSAT_PRODUCT_ID = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1"
  COLLECTION_NUMBER = 01
  FILE_DATE = 2017-09-27T17:23:08Z
  STATION_ID = "LGN"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.7.0"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1TP"
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 180
  WRS_ROW = 32
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 180
  TARGET_WRS_ROW = 32
  DATE_ACQUIRED = 2017-09-11
  SCENE_CENTER_TIME = "08:45:54.2620010Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 41.39090
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 27.31339
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 41.35072
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 30.05645
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 39.28817
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 27.30381
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 39.25085
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 29.96316
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 526200.000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4582200.000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 755700.000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4582200.000
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 526200.000
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4348800.000
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 755700.000
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4348800.000
  PANCHROMATIC_LINES = 15561
  PANCHROMATIC_SAMPLES = 15301
  REFLECTIVE_LINES = 7781
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7651
  THERMAL_LINES = 7781
  THERMAL_SAMPLES = 7651
  FILE_NAME_BAND_1 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B1.TIF"
  FILE_NAME_BAND_2 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B2.TIF"
  FILE_NAME_BAND_3 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B3.TIF"
  FILE_NAME_BAND_4 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B4.TIF"
  FILE_NAME_BAND_5 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B5.TIF"
  FILE_NAME_BAND_6 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B6.TIF"
  FILE_NAME_BAND_7 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B7.TIF"
  FILE_NAME_BAND_8 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B8.TIF"
  FILE_NAME_BAND_9 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B9.TIF"
```

FILE_NAME_BAND_10 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B10.TIF"
 FILE_NAME_BAND_11 = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_B11.TIF"
 FILE_NAME_BAND_QUALITY =
 "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_BQA.TIF"
 ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =
 "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_ANG.txt"
 METADATA_FILE_NAME = "LC08_L1TP_180032_20170911_20170927_01_T1_MTL.txt"
 CPF_NAME = "LC08CPF_20170701_20170930_01.02"
 BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20170911082147_20170911091845.02"
 BPF_NAME_TIRS = "LT8BPF20170906225803_20170920110733.01"
 RLUT_FILE_NAME = "LC08RLUT_20150303_20431231_01_12.h5"
 END_GROUP = PRODUCT_METADATA
 GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
 CLOUD_COVER = 0.04
 CLOUD_COVER_LAND = 0.04
 IMAGE_QUALITY_OLI = 9
 IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
 TIRS_SSM_MODEL = "FINAL"
 TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "ESTIMATED"
 TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
 ROLL_ANGLE = -0.001
 SUN_AZIMUTH = 149.49783280
 SUN_ELEVATION = 50.22117046
 EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0066317
 SATURATION_BAND_1 = "Y"
 SATURATION_BAND_2 = "Y"
 SATURATION_BAND_3 = "Y"
 SATURATION_BAND_4 = "Y"
 SATURATION_BAND_5 = "Y"
 SATURATION_BAND_6 = "Y"
 SATURATION_BAND_7 = "Y"
 SATURATION_BAND_8 = "N"
 SATURATION_BAND_9 = "N"
 GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4
 GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 584
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 7.135
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 4.854
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 5.230
 GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 181
 GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 4.532
 TRUNCATION_OLI = "UPPER"
 END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
 GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 750.08099
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -61.94193
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 768.09210
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -63.42929
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 707.79028
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -58.44955
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 596.84863
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -49.28796
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 365.24161
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -30.16177
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 90.83227
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.50096
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.61534
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.52822
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 675.46844
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -55.78040
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 142.74471

RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.78790
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
 END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
 GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
 END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
 GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
 END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
 GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
 RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2391E-02
 RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2688E-02
 RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1692E-02
 RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.8596E-03
 RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.0336E-03
 RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5005E-03
 RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.0575E-04
 RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1158E-02
 RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3581E-03

RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
 RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
 RADIANCE_ADD_BAND_1 = -61.95433
 RADIANCE_ADD_BAND_2 = -63.44198
 RADIANCE_ADD_BAND_3 = -58.46125
 RADIANCE_ADD_BAND_4 = -49.29782
 RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.16781
 RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.50246
 RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.52873
 RADIANCE_ADD_BAND_8 = -55.79156
 RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.79026
 RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
 RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
 REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
 REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
 REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
 END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
 GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
 K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
 K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
 K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
 K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
 END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
 GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
 MAP_PROJECTION = "UTM"
 DATUM = "WGS84"
 ELLIPSOID = "WGS84"
 UTM_ZONE = 35
 GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
 GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
 GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
 ORIENTATION = "NORTH_UP"
 RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
 END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
 END_GROUP = L1_METADATA_FILE
 END

11 Eylül 2017 Landsat 8 OLI&TIRS ROW31 Metadata dosyası

GROUP = L1_METADATA_FILE
 GROUP = METADATA_FILE_INFO
 ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
 REQUEST_ID = "0501610196671_05020"
 LANDSAT_SCENE_ID = "LT51800322009248MOR00"
 LANDSAT_PRODUCT_ID = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1"

COLLECTION_NUMBER = 01
 FILE_DATE = 2016-10-21T03:24:03Z
 STATION_ID = "MOR"
 PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_12.8.2"
 DATA_CATEGORY = "NOMINAL"
 END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
 GROUP = PRODUCT_METADATA
 DATA_TYPE = "L1TP"
 DATA_TYPE_L0RP = "TMR_L0RP"
 COLLECTION_CATEGORY = "T1"
 ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
 OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
 EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"
 SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_5"
 SENSOR_ID = "TM"
 SENSOR_MODE = "BUMPER"
 WRS_PATH = 180
 WRS_ROW = 032
 DATE_ACQUIRED = 2009-09-05
 SCENE_CENTER_TIME = "08:35:25.5110130Z"
 CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 41.28840
 CORNER_UL_LON_PRODUCT = 27.23766
 CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 41.24742
 CORNER_UR_LON_PRODUCT = 30.08026
 CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 39.37214
 CORNER_LL_LON_PRODUCT = 27.23103
 CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 39.33383
 CORNER_LR_LON_PRODUCT = 29.99451
 CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 519900.000
 CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4570800.000
 CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 758100.000
 CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4570800.000
 CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 519900.000
 CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4358100.000
 CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 758100.000
 CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4358100.000
 REFLECTIVE_LINES = 7091
 REFLECTIVE_SAMPLES = 7941
 THERMAL_LINES = 7091
 THERMAL_SAMPLES = 7941
 FILE_NAME_BAND_1 = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_B1.TIF"
 FILE_NAME_BAND_2 = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_B2.TIF"
 FILE_NAME_BAND_3 = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_B3.TIF"
 FILE_NAME_BAND_4 = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_B4.TIF"
 FILE_NAME_BAND_5 = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_B5.TIF"
 FILE_NAME_BAND_6 = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_B6.TIF"
 FILE_NAME_BAND_7 = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_B7.TIF"
 FILE_NAME_BAND_QUALITY =
 "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_BQA.TIF"
 GROUND_CONTROL_POINT_FILE_NAME =
 "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_GCP.txt"
 ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =
 "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_ANG.txt"
 REPORT_VERIFY_FILE_NAME =
 "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_VER.txt"
 BROWSE_VERIFY_FILE_NAME =
 "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_VER.jpg"
 METADATA_FILE_NAME = "LT05_L1TP_180032_20090905_20161021_01_T1_MTL.txt"
 CPF_NAME = "LT05CPF_20090701_20090930_01.03"
 END_GROUP = PRODUCT_METADATA

GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
 CLOUD_COVER = 0.00
 CLOUD_COVER_LAND = 0.00
 IMAGE_QUALITY = 9
 SUN_AZIMUTH = 143.46384205
 SUN_ELEVATION = 50.95631513
 EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0081944
 SATURATION_BAND_1 = "Y"
 SATURATION_BAND_2 = "Y"
 SATURATION_BAND_3 = "Y"
 SATURATION_BAND_4 = "Y"
 SATURATION_BAND_5 = "Y"
 SATURATION_BAND_6 = "Y"
 SATURATION_BAND_7 = "Y"
 GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4
 GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 188
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 4.162
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 2.943
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 2.943
 GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 1993
 GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 0.116
 GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UL = 0.143
 GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UR = 0.116
 GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LL = 0.124
 GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LR = 0.107
 END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
 GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 193.000
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -1.520
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 365.000
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -2.840
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 264.000
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -1.170
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 221.000
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -1.510
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 30.200
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.370
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 15.303
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = 1.238
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 16.500
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.150
 END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
 GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 0.317029
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.002497
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 0.662621
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.005156
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 0.565791
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.002507
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 0.683173
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.004668
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 0.460102
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.005637
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 0.640677
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.005824
 END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
 GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 255
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 255
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 255
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
 END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
 GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
 CORRECTION_GAIN_BAND_1 = "CPF"
 CORRECTION_GAIN_BAND_2 = "CPF"
 CORRECTION_GAIN_BAND_3 = "CPF"
 CORRECTION_GAIN_BAND_4 = "CPF"
 CORRECTION_GAIN_BAND_5 = "CPF"
 CORRECTION_GAIN_BAND_6 = "INTERNAL_CALIBRATION"
 CORRECTION_GAIN_BAND_7 = "CPF"
 CORRECTION_BIAS_BAND_1 = "CPF"
 CORRECTION_BIAS_BAND_2 = "CPF"
 CORRECTION_BIAS_BAND_3 = "CPF"
 CORRECTION_BIAS_BAND_4 = "CPF"
 CORRECTION_BIAS_BAND_5 = "CPF"
 CORRECTION_BIAS_BAND_6 = "CPF"
 CORRECTION_BIAS_BAND_7 = "CPF"
 END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
 GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
 RADIANCE_MULT_BAND_1 = 7.6583E-01
 RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.4482E+00
 RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.0440E+00
 RADIANCE_MULT_BAND_4 = 8.7602E-01
 RADIANCE_MULT_BAND_5 = 1.2035E-01
 RADIANCE_MULT_BAND_6 = 5.5375E-02
 RADIANCE_MULT_BAND_7 = 6.5551E-02
 RADIANCE_ADD_BAND_1 = -2.28583
 RADIANCE_ADD_BAND_2 = -4.28819
 RADIANCE_ADD_BAND_3 = -2.21398
 RADIANCE_ADD_BAND_4 = -2.38602
 RADIANCE_ADD_BAND_5 = -0.49035
 RADIANCE_ADD_BAND_6 = 1.18243
 RADIANCE_ADD_BAND_7 = -0.21555
 REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 1.2580E-03
 REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.6290E-03
 REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.2374E-03
 REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.7080E-03
 REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 1.8336E-03
 REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.5453E-03
 REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.003755
 REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.007785
 REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.004745
 REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.007376
 REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.007471
 REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.008370
 END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
 GROUP = THERMAL_CONSTANTS
 K1_CONSTANT_BAND_6 = 607.76
 K2_CONSTANT_BAND_6 = 1260.56
 END_GROUP = THERMAL_CONSTANTS

```
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 35
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
MAP_PROJECTION_L0RA = "NA"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```



EK C: NDVI, UI ve YYS için ilçe bazında değerler tablosu.

	NDVI		UI		YYS	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017
Adalar	0.37	0.25	-0.30	-0.23	301.51	303.33
Arnavutköy	0.37	0.25	-0.32	-0.23	304.92	306.52
Ataşehir	0.15	0.13	-0.04	-0.09	308.54	310.74
Avcılar	0.15	0.15	-0.15	-0.14	305.95	307.27
Bağcılar	0.11	0.09	-0.02	-0.06	309.03	312.02
Bahçelievler	0.13	0.11	-0.01	-0.06	308.17	310.99
Bakırköy	0.21	0.15	-0.14	-0.13	306.93	309.56
Başakşehir	0.23	0.20	-0.13	-0.17	308.13	309.23
Bayrampaşa	0.11	0.09	-0.02	-0.07	308.93	312.57
Beşiktaş	0.29	0.22	-0.17	-0.18	305.92	307.87
Beykoz	0.60	0.40	-0.51	-0.37	302.07	303.28
Beylikdüzü	0.19	0.16	-0.13	-0.14	306.88	309.25
Beyoğlu	0.14	0.11	-0.02	-0.07	307.87	310.69
Büyükkçekmece	0.16	0.17	-0.16	-0.16	306.06	307.36
Çatalca	0.56	0.41	-0.47	-0.38	303.64	304.09
Çekmeköy	0.54	0.35	-0.47	-0.34	302.65	304.20
Esenler	0.17	0.15	-0.07	-0.11	308.88	311.17
Esenyurt	0.15	0.11	-0.08	-0.09	308.59	311.54
Eyüp	0.47	0.30	-0.40	-0.28	303.47	304.96
Fatih	0.17	0.13	-0.05	-0.07	306.35	309.58
Gaziosmanpaşa	0.12	0.10	0.01	-0.05	309.09	312.37
Güngören	0.13	0.10	0.01	-0.04	308.42	311.63
Kadıköy	0.22	0.15	-0.06	-0.10	305.70	307.95
Kağıthane	0.16	0.12	-0.04	-0.09	308.34	311.00
Kartal	0.24	0.18	-0.14	-0.14	306.11	308.81
Küçükçekmece	0.12	0.11	-0.13	-0.12	305.83	308.19
Maltepe	0.24	0.20	-0.13	-0.16	306.63	308.78
Pendik	0.36	0.25	-0.25	-0.21	306.48	307.92
Sancaktepe	0.30	0.22	-0.19	-0.19	307.65	309.15
Sarıyer	0.52	0.34	-0.45	-0.33	302.43	304.22
Şile	0.62	0.43	-0.53	-0.40	301.47	302.67
Silivri	0.37	0.31	-0.26	-0.26	308.13	307.19
Şişli	0.16	0.12	-0.04	-0.08	307.61	310.49
Sultanbeyli	0.23	0.18	-0.11	-0.14	308.97	310.55
Sultangazi	0.22	0.17	-0.17	-0.16	307.07	308.76
Tuzla	0.26	0.20	-0.12	-0.15	308.34	310.08
Ümraniye	0.20	0.15	-0.08	-0.11	308.35	310.31
Üsküdar	0.26	0.19	-0.12	-0.13	306.28	308.14
Zeytinburnu	0.14	0.11	-0.05	-0.09	307.63	310.37

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Hazal Cığerci

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği

İŞ TECRÜBESİ:

- **2019 -** : İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Emlak Müdürlüğü, Harita Mühendisi
- **2016 - 2018** : Infotech Bilişim, Harita Mühendisi