

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**UZAKTAN ALGILAMA VERLERİ KULLANILARAK
İSTANBUL'DA ISI ADALARININ ZAMANSAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Umut Gül BAŞAR

Anabilim Dalı: İleri Teknolojiler

Programı: Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama

OCAK 2008

**UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK
İSTANBUL'DA ISI ADALARININ ZAMANSAL ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Umut Gül BAŞAR
(705061011)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 24 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 2008**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Cankut ÖRMECİ (İTÜ)
Doç. Dr. Ömer Lütfi ŞEN (İTÜ)**

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Tarihi dokusu ve eşsiz güzelliği ile insanları her gün biraz daha içine çeken İstanbul İlinde nüfus giderek artmaktadır. Nüfusun ve yerleşim alanlarının giderek arttığı İstanbul ili için yoğunlaşan yerleşim alanlarına bağlı olarak oluşan şehir ısı adalarını incelediğimiz bu çalışmada; benden desteğini hiç esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA ve Prof Dr. Mehmet KARACA'ya en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmamda emeği olan sevgili arkadaşım Damla AVCI'ya ve her zaman yanımda olan aileme sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2007

Umut Gül BAŞAR

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	III
KISALTMALAR	V
TABLO LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
SEMBOL LİSTESİ	IX
ÖZET	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
2. METEOROLOJİ	7
2.1. Meteorolojik Kavramlar	8
2.2. Meteorolojide Uydu Verileri Kullanımı	9
2.3. Meteorolojide Uydu Verisi Yorumlama	10
3. UZAKTAN ALGILAMA	12
3.1. Uzaktan Algılamada Genel Bilgiler	12
3.2. Elektromanyetik Enerji	13
3.3. Elektromanyetik Spektrum	17
3.4. Isıl (Termal) Kanal	18
3.5. Spektral Özellik	20
4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	22
4.1. Radyometrik Düzeltme	22
4.2. Geometrik Düzeltme	23
4.3. Atmosferik Düzeltme	25
4.4. Görüntü Zenginleştirme	26
4.5. Sınıflandırma	26
4.5.1. Kontrolsüz Sınıflandırma	27
4.5.2. Kontrollü Sınıflandırma	28
5. UZAKTAN ALGILAMADA ISIL KANALA SAHİP UYDULAR	
5.1. LANDSAT Uyduları	31
5.2. TERRA Uydusu	34
5.2.1. ASTER	35
5.2.2. MODIS	36
5.2.3. CERES	36
5.3. NOAA Uyduları	36
5.3.1. AVHRR	38

6. KRİGİNİ	40
7. UYDU GÖRÜNTÜLERİ VERİLERİ ve SICAKLIK VERİLERİ ile İSTANBUL İLİ için ISI ADALARI TESPİTİ	42
7.1. Şehir Isı Adası	42
7.1.1. Şehir Isı Adası Tanımı	42
7.1.2. Şehir Isı Adası Çeşitleri	43
7.1.3. Şehir Isı Adalarının Oluşum Nedenleri	45
7.2. Çalışma Alanı	47
7.3. Uydu Verisi Kullanımı ile Isı Adalarının Tespiti	50
7.3.1. Şehir Alanlarının Sınıflandırması	56
7.3.2. Termal Bant Sınıflandırması	67
7.3.3. İstanbul İli İçin 1987, 1997 ve 2007 Yıllarına Ait Yerleşim Sınırlarının Termal Bant Üzerinde Gösterimi	76
7.4. Sıcaklık Verilerinin İlişkilendirilmesi	80
8. SONUÇLAR	86
KAYNAKLAR	89
EKLER	100
ÖZGEÇMİŞ	103

KISALTMALAR

CCRS	: Kanada Uzay Ajansı
CNES	: Ulusal Uzay Çalışmaları Merkezi
CSA	: Kanada Uzay Ajansı
CSCRS	: İTÜ Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DN	: Yansıtım, parlaklık değeri
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
ETM	: Gelişmiş Tematik Haritalayıcı
ETM	: Gelişmiş Tematik Haritalayıcı
KOH	: Karese Ortalama Hata
MS	: Multispektral Görüntü
NASA	: Ulusal Uzay ve Havacılık Dairesi
NDVI	: Bitki İndeksi
NOAA	: ABD Okyanus ve Atmosfer Araştırma Ajansı
PAN	: Pankromatik görüntü
RADAR	: Radyo Algılama ve Mesafe Tayini
TIR	: Isıl kızılötesi
TM	: Tematik Haritalayıcı
UV	: Ultraviyole
VNIR	: Görünür ve yakın kızılötesi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1 Landsat uydularının yörüngeye oturtulma ve yörüngeden geri çekilme tarihleri.....	31
Tablo 5.2 Landsat 5 ve Landsat 7 uydularının çözünürlük özellikleri.....	32
Tablo 5.3 ASTER algılayıcısının termal kanalları.....	35
Tablo 5.4 NOAA Uydularının yörüngeye oturtulma ve yörüngeden geri çekilme tarihleri.....	38
Tablo 5.5 NOAA Uydularında termal bantlar.....	50
Tablo 7.1 1987, 1997, 2007 yılları için İstanbul iline ait şehir sınıflandırması sonuçları.....	60
Tablo 7.2 20 yıllık dönem olan 1987, 1997, 2007 yıllarında İstanbul'da üç sınıflı sınıflandırma sonuçları.....	64
Tablo 7.3 1987, 1997, 2007 yıllarında yerleşim alanlarında oluşan farklılıklar ve yerleşim alanlarının büyüme yüzdesi.....	64
Tablo 7.4 İstanbul İli için meteorolojik istasyonlardan alınan sıcaklık verileri ve uydu verisindeki radyans değeri.....	81

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1	a - Pasif Uzaktan Algılamayı, b - Aktif Uzaktan Algılamayı temsil eden şekiller.....13
Şekil 3.2	Elektrik alan ve manyetik alan gösterimi.....14
Şekil 3.3	Siyah cisim için genel eğriler.....16
Şekil 3.4	6000°K ve 300°K de siyah cisim eğrisi.....16
Şekil 3.5	Elektromanyetik spektrum (NASA).....18
Şekil 3.6	Yeryüzünde farklı yüzeylerin yansıtım eğrileri.....20
Şekil 4.1	Yeniden örnekleme yöntemleri; (a) En yakın komşuluk yöntemi, (b) Bilineer enterpolasyon yöntemi, (c) Kübik enterpolasyon yöntemi (CCRS, 2007).....25
Şekil 4.2	Güneşten gelen, atmosferden, yerden yansıyan ya da saçılan radyasyonun görünümü.....26
Şekil 4.3	Uzaktan algılamada sınıflandırmanın genel hali.....27
Şekil 4.4	Kontrollü sınıflandırma.....28
Şekil 4.5	a- Parallelpiped yöntemi ile yapılan sınıflandırmada sınıfları dağılımı b- en yakın mesafe yöntemi ile yapılan sınıflandırma.....29
Şekil 4.6	En çok benzerlik metodu ile sınıflandırmanın yapılışı.....30
Şekil 5.1	a- Landsat 5 TM Uydusu, b- Landsat 7 ETM Uydusu.....32
Şekil 5.2	Landsat 5 TM 2007 İstanbul ve Marmara Denizi görüntüsü.....33
Şekil 5.3	Landsat Uydusu VIS/NIR olarak alınmış görüntü ile 6. Bant olan termal bant ile alınmış (10.4-12.5µm) görüntü.....34
Şekil 5.4	Terra uydusu.....34
Şekil 5.5	ABD’de çıkan yangınların Terra Uydusu ile alınmış görüntüsü.....34
Şekil 5.6	Terra –Aster İstanbul boğazı.....35
Şekil 5.7	ASTER algılayıcısı ile Vis/NIR ve termal bantı olan TIR-1 (8.125-8.475 µm) görüntüsü.....36
Şekil 5.8	Terra-Modis tüm Türkiye.....36
Şekil 5.9	NOAA uydusu.....37
Şekil 5.10	NOAA/NASA - Kıtaların ve okyanusların termal görüntüsü.....39
Şekil 6.1	Kriging enterpolasyon yönteminde yüzeyin görünüşü.....41
Şekil 6.2	Kriging enterpolasyon yönteminde değer ve mesafenin grafiksel ifadesi.....41
Şekil 7.1	Şehir ısı adsı profili.....42
Şekil 7.2	Isı adalarının oluştuğu bölgelerin gösterimi.....44
Şekil 7.3	İstanbul ili siyasi haritası.....47
Şekil 7.4	İstanbul ili yıllarla nüfus artışının harita üzerinde gösterimi.....49
Şekil 7.5	İstanbul 1987 Landsat 5 TM görüntüsü (3.2.1 bant birleşimi).....51
Şekil 7.6	İstanbul 1997 Landsat 5 TM görüntüsü (3.2.1 bant birleşimi).....51
Şekil 7.7	İstanbul 2007 Landsat 5 TM görüntüsü (3.2.1 bant birleşimi).....52
Şekil 7.8	1987 İstanbul rektifiye edilmiş görüntüsü (3.2.1).....53
Şekil 7.9	1997 İstanbul rektifiye edilmiş görüntüsü (3.2.1).....54
Şekil 7.10	2007 İstanbul rektifiye edilmiş görüntüsü (3.2.1).....55

Şekil 7.11	İstanbul ilinin 1987 verisi ile şehir için sınıflandırması.....	57
Şekil 7.12	İstanbul ilinin 1997 verisi ile şehir için sınıflandırması.....	58
Şekil 7.13	İstanbul ilinin 2007 verisi ile şehir için sınıflandırması.....	59
Şekil 7.14	İstanbul 1987 verisinde yerleşim alanları gösterimi.....	61
Şekil 7.15	İstanbul 1997 verisinde yerleşim alanları gösterimi.....	62
Şekil 7.16	İstanbul 2007 verisinde yerleşim alanları gösterimi.....	63
Şekil 7.17	İstanbul 2007 görüntüsü üzerine oturtulmuş 1987, 1997 ve 2007 yerleşim alanları sınırları.....	66
Şekil 7.18	İstanbul 1987 termal görüntüsü.....	68
Şekil 7.19	İstanbul 1997 termal görüntüsü.....	69
Şekil 7.20	İstanbul 2007 termal görüntüsü.....	70
Şekil 7.21	İstanbul 1987 termal bant sınıflandırması.....	72
Şekil 7.22	İstanbul 1997 termal bant sınıflandırması.....	74
Şekil 7.23	İstanbul 2007 termal bant sınıflandırması.....	75
Şekil 7.24	1987 yılı termal verisinin sınıflandırılmış hali üzerine 1987 yılıın yerleşim sınırlarının eklenmiş görüntüsü.....	76
Şekil 7.25	1987 yılı termal verisinin sınıflandırılmış hali üzerine 1997 yılıın yerleşim sınırlarının eklenmiş görüntüsü.....	78
Şekil 7.26	1987 yılı termal verisinin sınıflandırılmış hali üzerine 2007 yılıın yerleşim sınırlarının eklenmiş görüntüsü.....	79
Şekil 7.27	2007 yılında İstanbul ili için sıcaklık değerleri ile radyans değerleri arasındaki ilişki.....	83
Şekil 7.28	2007 yılında İstanbul ili için sıcaklık değerleri ile radyans değerleri arasındaki ilişki.....	84
Şekil 7.29	İstanbul İli için sıcaklık verilerine kriging interpolasyon yöntemi uygulaması.....	84
Şekil 7.30	İstanbul İli için sıcaklık verileri ile yapılan kriging uygulamasının renklendirilmiş hali.....	85

SEMBOL LİSTESİ

λ	: Dalga Boyu
ν	: Frekans
h	: Planck sabiti (6.6260×10^{-34} jul/sn)
c	: Işık hızı 3×10^8 m/s
E	: Enerji
m	: Cisim yüzeyinden yayılan toplam enerji Watt (W) m^{-2}
σ	: Stefan-Boltzman sabiti 5.6697×10^{-8} W $m^{-2}K^{-4}$
T	: Mutlak sıcaklık (°K)
DN	: Digital Number

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK İSTANBUL'DA ISI ADALARININ ZAMANSAL ANALİZİ

ÖZET

Şehirlerde ya da şehre yakın kesimlerde nüfusun hızla artışı şehirleşmeye neden olmaktadır. İnsanların belirli bir bölgede ya da şehirde yerleşirken, o şehrin topografik özelliklerini yani, karaların kullanım şeklini değiştirmesi sonucu şehirleşme oluşmaktadır. Karaların kullanım şeklinin değişmesi lokal ya da bölgesel iklimin değişmesine sebep olmaktadır ve şehirleşmenin artışı son iki yüzyılda şehir ikliminde değişikliklere neden olmuştur. Endüstriyel gelişim sonucu şehirlerde nüfusun artışı, şehirleşmenin iklimi etkilemesinin nedenlerinden biridir.

Şehirleşme, şehir atmosferini etkileyen değişikliklere sebep olmaktadır. Bunlar; doğal yüzeylerin yerini binaların ve ısıyı daha çok tutup, ısıyı ve havayı geçirmeyen yapay maddelerin alması ve hava kirlenmesidir. Yüzeyin değişmesi, yüzey radyasyonunu, su ve enerji dengesini etkilemektedir. Isıyı ve suyu geçirmeyen maddelerin kullanımının artması, asfalt gibi koyu renkli yüzeylerin giderek artması evaptranspirasyonun ve yüzeyden gerçekleşen gizli ısı akısının azalmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda bu maddeler ısıyı yer yüzeyine kıyasla daha fazla tutma kapasitesine sahiptirler. Geometrik etki olarak tanımlanan, şehirlerdeki yüksek binaların artması nedeni ile rüzgarın hareketi kısıtlanmakta ve dar sokaklarda hava akımının oluşmaması şehrin daha fazla ısınmasına ve neden olmaktadır. Tüm bunlar şehir atmosferinin etrafına göre daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. Bu durum "şehir ısı adası" olarak isimlendirilmektedir. Şehir ısı adaları en çok bulutsuz gecelerde, radyatif soğumanın şehirler ve etrafı arasında çok farklı değerlere sahip olduğu zamanlarda belirgin olmaktadır.

41,01 °N ve 28,58 °E koordinatlarına sahip olan İstanbul şehri 12,5 milyon ile Türkiye'nin nüfusu en yoğun olan şehridir. 1980 ile 2000 yılları arasındaki 20 yıllık dönem İstanbul ilinin en hızlı büyüdüğü dönemdir ve nüfusu yaklaşık iki katı değerlere ulaşmıştır. Bu dönemde İstanbul ilinde; merkezi bölgelerdeki büyüme oranı %29,64, kırsal kesimlerdeki büyüme oranı ise % 81dir. Şehrin toplam büyüme oranı ise % 33.1dir ve 2030 yılında şehrin 20 milyon nüfusu olması beklenmektedir.

Bu çalışmada da nüfusu hızla artan İstanbul ilinde ısı adalarının oluşumu incelenmiştir. Isı adalarının incelenebilmesi için İstanbul ili için Landsat 5 TM uydusundan alınan 25 Eylül 1987, 18 Temmuz 1997 ve 28 Haziran 2007 yıllarına ait görüntüler ve yine aynı tarihler için Devlet Meteoroloji Müdürlüklerinden sağlanan sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Görüntüler şehir kanalları ve termal kanal için ayrı ayrı sınıflandırılmış, yapılan sınıflandırmalar birbiri ile ilişkilendirilmiştir.

İstanbul ili için İstanbul Boğazının güney kısmında, Avrupa ve Asya Kıtalarında oluşmuş şehir ısı adası ile şehrin güney doğusunda oluşmuş başka bir ısı adası bulunmuştur. Şehir ısı adalarının oluştuğu yerler özellikle yerleşimin çok yoğun olduğu bölgeler olarak tespit edilmiştir. Bunun temel nedeni plansız olarak hızlı bir şekilde şehirleşmenin artmasıdır.

EVALUATION OF URBAN HEAT ISLAND IN ISTANBUL TROUGH REMOTE SENSING TECHNIQUES

SUMMARY

Urbanization is the development of cities and suburban areas as a result of population growth. Urbanization is also a land-use change that was made by humans. Land-use changes such as urbanization are becoming factors in the alteration of local and regional climate. Researchers have speculated that the rise of urbanization two centuries ago has made an impact in urban climate. There are many influences of urbanization that can contribute to the alteration in climate. The primary influence is the Industrial Revolution, which caused the rise of urban society. There are still uncertainties as to whether urbanization has an impact on global climate change. Researchers are sure that urbanization has definite impact on regional climate.

Urbanization comes with three major changes that may have impact on the urban atmosphere; replacement of the natural surfaces with buildings and impermeable pavements, heat of anthropogenic origin and air pollution. The changes at the surface properties affect the surface radiation, energy and water balance. An increase of impermeable surfaces, decreasing of the vegetation and dark roofs result in a decrease in evapotranspiration and loss of latent heat from the ground, thus causing a warming of the urban areas. Impermeable materials do also have greater specific heat capacity that delay the loss of energy absorbed by the ground. Geometric effects of city, such as “canyon effect” or blocking of wind by tall buildings, work towards heating of the urban areas or inhibiting cooling of the urban areas. Heat generation and pollution as a result of human activity are other sources of the increase in temperature of the urban areas. All these make the urban atmosphere warmer than its surroundings. This phenomenon is commonly called “urban heat island”. The urban heat island is best observed at clear and calm nights because radiative cooling differences are maximized between urban and surrounding rural areas.

The city of Istanbul, which is located at 41,01 °N, 28,58 °E, is the largest city of Turkey with a population of over 12 million. Istanbul’s population was nearly doubled in 20 years between 1980 and 2000, the fastest growth period for the population. For the period between 1990 and 2000, the population growth rate of Istanbul is 29,64% for urban parts and 81% for rural parts of the city. Total population growth rate is 33.1% for the same period. In near future its population is expected to reach 20 million by 2030.

Urban Heat Island in Istanbul has been previously studied by several researchers using longterm temperature data from meteorological stations within and around the city. In this work, we use the thermal remote sensing to study of urban climate in Istanbul from 1987 to 2007 for the first time. Thermal and other channels of the Landsat satellite images were used for 1987, 1997 and 2007 years. In addition, meteorological data which are temperature, precipitation, humidity, for the same period which are 25 September 1987, 18 July 1997 and 28 June 2007, were used.

The images that we have are classified for thermal channel; also the temperature knowledge and the coordinate knowledge of the stations have been added to this classification.

Two major centers for urban heat island is found in Istanbul: a) in the South of The Bosphorus side and b) in the South-east of the city. Our major finding is that expansion of urban areas in Istanbul lead growth in thermal radiation of land surface in highly dense areas. This is mainly due to unplanned and unorganized rapid urbanization in last two decades.

1. GİRİŞ

Yaşamın temeli olan zaman dünyanın oluşumundan beri pek çok sürece tanık olmuştur. Bu süreçlere yalnızlıkla başlayan insan yaşamak için zaman içinde diğer insanlara ihtiyaç duymuş ve onlarla ortak yaşam alanları oluşturmuştur. Başlangıçta sadece birkaç hanenin oluşturduğu birbirlerinden çok uzakta bulunan bu küçük yerleşim birimlerinden, bugünün modern, büyük ve gelişmiş şehirleri oluşmuştur.

Tek başına olma duygusu insanı mutsuz eden ve güçsüz kılan bir olgudur. İnsanlar yalnızlık duygusunun sebep olduğu rahatsızlıktan kurtulmanın yanı sıra iş sahibi olma, eğitim, güvenlik, teknolojik gelişmeleri takip edebilme, eğlence, moda ve alışveriş, tarihi değerler gibi nedenlerle bir arada, hatta büyük şehirlerde yaşamaktadır. Günümüzde özellikle iş alanlarının ya da fabrikaların bulunduğu alanlar giderek gelişmekte, insanlar iş bulmak ya da daha rahat yaşayabilmek için sürekli bu tip iş alanlarının bulunduğu bölgelere yerleşmektedir. Sırf bu sebeplerle dünyada bugün milyonlarca insanın yaşadığı çok büyük şehirler bulunmaktadır. Dünya nüfusunun %47'si şehirlerde yaşamaktadır. Nüfusundan dolayı dünyanın en büyük şehri olma özelliğini Tokyo şehri taşımaktadır. Nüfusun en fazla olduğu Tokyo şehrini Mecixo, New York, Seul kentleri izlemektedir. İstanbul şehri de 12,5 milyonluk (12,573,836) nüfusu ile dünyanın büyük şehirleri arasındaki yerini almıştır.

Şehirlerin giderek büyümesi yaşamı daha kolay ve zevkli hale getirirken, ulaşım problemleri, hava kirliliği, güvenlik sorunları gibi olaylar ile de birçok açıdan zorlaştırmaktadır.

Şehirler her geçen gün biraz daha büyürken çevreye ve doğaya verilen zararlar göz ardı edilmektedir. Nüfus arttıkça, karaların kullanım şekli değişmekte, karaların kullanımındaki değişim lokal ve bölgesel iklimi etkilemektedir. Özellikle şehirlerde yerleşim alanlarının, iş alanlarının artması şehir iklimini etkiler. Örneğin kaynakların bilinçsizce tüketimi, yol yapımlarının artışıyla giderek artan asfalt miktarı, yükseklikleri, genişlikleri ve sayıları sürekli artan binalar, giderek artan otopark

alanları, daralan sokaklar ve tüm bunların inşası için kesilen ağaçlar, kurutulan dereler, göller, yok edilen park, bahçe ve ormanlar. Tüm bunların sonucunda azalan ormanlar ya da su kaynakları hızla büyüyen şehirlerde bir problem haline gelmektedir.

Amerika Birleşik Devletlerinin Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency - EPA) ısı adalarının oluşumuna sebep olarak aşağıdaki maddeleri göstermektedir.

- Ağaçların ve bitki örtüsünün azalmasından dolayı gölgelik alanların, dolayısıyla rüzgârın azalması ile toprak ve su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmanın azalması
- Gökdelenler gibi yüksek binaların yanı sıra dar sokakların artması bu yapıların arasında kalan havanın daha fazla ısınması ve hava akışının azalması
- Araç sayılarındaki artışa paralel olarak artan ve araçlardan çıkan zararlı gazların ve aynı şekilde fabrikalardan ve klimalardan çıkan gazların artışı (EPA, 2008)

Tüm bu etkiler soluduğumuz havanın kirlenmesine sebep olduğu gibi havayı ısıtarak şehirlerdeki ısı adalarının oluşumuna da sebep olmaktadır.

Şehirlerde oluşan ısı adaları insan yaşamını olumsuz etkilediği gibi uzun vadede iklim değişimine bile neden olduğundan dolayı birçok çalışmanın temel konusu olmuştur.

Yüzey sıcaklığı şehir ısı adaları çalışmasında birinci derecede önemli yere sahiptir. Yüzey sıcaklığı, şehir atmosferinde özellikle sınır tabaka dediğimiz alt tabakalardaki hava sıcaklığının değişimi üzerinde büyük önem taşımaktadır. Yine yüzey sıcaklığı, yüzeyin enerji dengesinin temeli olduğu gibi şehirlerde meydana gelen enerji değişiminin ve binaların etkisi ile oluşan iklimsel değişikliklerin ortaya koyulmasında büyük rol oynar. (Voogt, 2002)

Şehirleşmeden kaynaklanan aşağı seviye atmosferindeki ve yüzeydeki sıcaklık değişimleri uzun yıllar boyunca yüzey bazlı ölçmeler ile yapılmıştır. Yüzey bazlı ölçümlerin temelini sıcaklık ölçmeleri oluşturmaktadır. Zamanla gelişen uydu teknolojisi sayesinde kullanılan veriler sadece yersel veriler olmaktan çıkıp hava

fotoğrafları ya da uydu görüntüleri gibi yüksek çözünürlüklü veriler haline gelmiştir. Böylece şehir ısı adaları tespiti kolaylaşmıştır.

Şehir yüzeyi ısı adaları (Surface Urban Heat Islands - SUHI) konusunda bilinen en eski çalışma 1972 yılında Rao tarafından yapılmıştır. Uydu teknolojisi geliştikçe bu konudaki çalışmalar hızla artmıştır. 1988 yılında Balling ve Brazel AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) uydu verisini kullanarak yüzey sıcaklık verileri paternleri ile karaların kullanımının arasındaki ilişkiyi uzaysal paternlerin gün gün değişikliği ile incelemiştir.

Şehir yüzey ısı adası uydu verileri ile ilk olarak 1972 yılında Rao'nun yaptığı çalışmada ortaya koyulmuştur. Daha sonra algılayıcı platformlarının çeşitliliğinin artması ile şehir yüzey ısı adalarının araştırılması daha da kolaylaşmış ve uzaktan algılama ile şehir yüzey sıcaklıklar ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. 1989 yılında Roth ve diğerleri şehrin termal iklimi konulu bir çalışma yayınlanmıştır.

Aşağıda 1989 yılından bugüne kadar yapılan çalışmalar genel bir tablo olarak verilmiştir. Bu çalışmalara bakıldığında çalışmaların genel olarak belirli başlıklar altında toplandığı görülmektedir.

İlk çalışmalar termal uzaktan algılamayı şehir termal paternlerinin ve onların şehir yüzey karakteristikleri ile ilişkisinin anlayabilmek için kullanılmıştır. Bu konudaki ilk çalışmayı 1972 yılında Rao yapmış ve yayınlamıştır. Uydu verileri ile yapılan çalışmalarda AVHRR ya da Landsat termal verileri, kara kullanımı (kara yüzeyinde yapılan şehir aktiviteleri) verileri ile bir arada kullanılmıştır. Yüzey ile ilgili bilgiler için materyaller ya da yapılar hakkında bilgi veren özel haritalardan da yararlanılmıştır. Balling ve Brazel'in 1988 yılında Carnahan ve Larson'un 1990 yılında ve Lougeay, Brazel ve Hubble'in 1996 yılında yaptıkları 'Karasal alanların kullanımı ve kullanımının değişiminin sıcaklık paternleri ile ilişkilendirilmesi' konulu çalışmaları, yüzey ile ilgili bilgilerin kullanıldığı çalışmalara örnektir.

Termal veri ile birlikte –multispektral- çok bantlı verilerde karaların kullanımını belirlemek için çok sık kullanılmıştır. Bunlara örnekler ise Aniello, Morgan, Busbey ve Newland'ın 1995 yılında, Dousset'in 1991, Gallo ve Owen'ın 1998, Lougeay ve diğerlerinin 1996 ve yine 1996 yılında Nichol'un yaptığı çalışmalar gösterilebilmektedir.

Hava fotoğraflarının yüksek çözünürlüklü hale gelmesi ve şehir yüzeylerinin termal davranışının yüzey karakteristiği ile ilişkisi ise Eliasson'un 1992 yılındaki çalışmasında incelenmiştir. Şehir yüzeylerinin termal davranışının yüzey karakteristiği ile ilişkisi, bitki indeksi olan NDVI ile ilişkilendirilmiş ve bu çalışma 1997 yılında Lo, Quattrochi, & Luvall tarafından yayımlanmıştır. Yine aynı konunun yüzey materyalleri ile ilişkilendirilmiş hali için ise Ben-Dor ile Saaroni, 1997 yılında ve 1994 yılında Quattrochi ile Ridd benzer çalışmalar yapmışlardır.

Algılayıcıların sahip olduğu çözünürlüğün her geçen gün artışı ve uçaklardan alınan verilerin her geçen gün gelişmesi, lokal şehir yüzeyi analizlerinde ya da model kullanımında sıcaklık değerlerinin elde edilmesinde çok faydalı olmuştur. Bu konudaki çalışmalardan bazıları ise Quattrochi & Ridd, 1994; Shoshany, Aminov, ve Goldreich, 1994 Iino & Hoyano, 1996 ile Voogt ve Grimmond'un 2000 yılında yaptığı çalışmalardır.

1991 yılında Johnson ve diğerleri tarafından şehir yüzey sıcaklıklarının tespit edilmesi için bir yüzey ısı adası modeli sunulmuştur. Oke, Johnson, Steyn ve Watson (1991) bu modelin ısı adalarının başlangıç mekanizmasını anlatan bir model olarak kabul edilmesini önermişlerdir. Bu modelin sonuçları; yüzey geometrisinin ve yüzey sıcaklık özelliklerinin şehir ısı adalarının oluşumunda ne kadar önemli rol oynadığını vurgulamış ve yine bu paternlerin şehir ile kırsal alanlarda ne kadar etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Verilen tabloda yer alan çalışmaları tanımlamak için yapılabilecek ikinci grupta ise şehir yüzeyinin enerji dengesi için termal uzaktan algılama verileri ile uygulamaların yapıldığı çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalar tam olarak, şehir atmosferi için şehir iklim modelleri ile uzaktan algılama verilerinin bir arada kullanımından oluşmaktadır. Bu konuda en çok kullanılan yaklaşım 1981 yılında Carlson, Dodd, Benjamin ve Cooper'ın makalesinde yer alan yaklaşımdır. Bu yaklaşıma göre uzaktan algılanmış sıcaklık değerleri ile bir boyutlu atmosferik modeller yüzey enerji dengesi ile termal kapasite, yüzey nemliliği gibi yüzey özellikleri tahmininde kullanılmaktadır. Buradaki yaklaşım Hafner ve Kidder (1999) tarafından Atlanta için yapılan bir uygulamada biraz daha farklılaştırılıp; atmosfer için üç boyutlu sayısal model kullanılmıştır. Kim (1992) ve Parlow (1999), termal veri ve diğer spektral bantlardan edinilen bilgi ile özellikle kısa dalga boylu yansıtım için yüzeyin kısa

dalga boylu radyasyonu absoblama yani yutma modelini ve yüzey ısı akısının hesaplanması için de NDVI bitki indeksini kullanmıştır.

Carlson & Sanchez-Azofeifa (1999) ve Owen, Carlson & Gillies (1998) kendi çalışmalarında NDVI bitki indeksi ve brightness temperature olarak adlandırılan parlaklık sıcaklığı şehir iklimindeki değişimlerin çalışılması ve şehir alanlarındaki değişikliklerin sebep olduğu iklimsel değişikliklerin izlenmesi amacı ile kullanmışlardır.

Voogt ve Grimmond'un 2000 yılında yaptıkları çalışmada kullandıkları ısı transferi yaklaşımı uzaktan algılama ile belirlenmiş radyometrik sıcaklığa dayandırılmış ve özellikle tarımsal alanlar, bitki örtüsü ve şehir alanları için uygulanmıştır. Aynı çalışma Hoyano, Asano ve Kanamaru (1999) tarafından tarımsal alanlar, bitki örtüsü ve şehir alanlarının yanı sıra binalar içinde yapılmıştır.

Yine aynı tablodaki çalışmalar belirli gruplar altında toplarken üçüncü temayı ise atmosferik ısı adaları ile şehir yüzey ısı adaları için termal uzaktan algılama ile yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Bazı çalışmalarda uzaktan algılama ile yüzey bazlı ölçümler bir arada kullanırken (Ben-Dor & Saaroni, 1997; Caselles, Lopez Garcia, Melia, & Perez Cueva, 1991; Dousset, 1989, 1991; Lee, 1993; Stoll & Brazel, 1992) bazılarında ise yüzey çalışmaları için şehir atmosfer modelleri (Hafner ve Kidder, 1999; Henry, Dicks, Wetterqvist, & Roguski, 1989) ve hava sıcaklığı ile ilişkisi kullanılmıştır.

Epperson ve diğerleri (1995), Gallo ve arkadaşları (1993a, 1993b), Gallo ile Owen, (1999), Gallo ile Tarpley (1996), ve Johnson (1994) yaptıkları çalışmalarda; uydu ile yapılan ölçümleri kullanarak, hava sıcaklığı kayıtları ile şehirde oluşan zararlı etkinin araştırılıp, doğrulanabileceğini savunmuşlardır. Gallo ve arkadaşlarının (1995) çalışmalarında ise uydu verileri değerlendirilerek şehir ısı adalarının etkisi ve yine uydu verileri ile gelecekte oluşabilecek şehir ısı adalarının teyit edilmesi ve gözlenmesine değinilmiştir. Tarpley'in 1996 yılında yaptığı çalışmasında özellikle NDVI bitki indeksi kullanılarak şehir alanları ile kırsal alanlarda bitki örtüsü ve ısı kapasitesi, buharlaşma, kırsal kesimlerde en düşük hava sıcaklığının ölçümü gibi yüzey özellikleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

Gallo ve Owen'in 1998 yılındaki çalışmalarında uydulardan gece alınan verilerin, şehir ve kırsal alanlar arasındaki farklılıkların ayırt edilmesinde çok etkili olduğunu

bulmuşlardır. Yine aynı çalışmalarında NDVI bitki indeksi bazlı ölçümlerin, yüzey sıcaklıkları farkını veren uydu verilerinden biraz daha iyi olduğunu savunulmaktadır.

Yukarıda adı geçen çalışmalar ekler kısmında bulunan tabloda verilmiştir.

Bu çalışmada da nüfusu 12,5 milyona ulaşmış olan ve halen hızla büyümeye devam eden İstanbul ilinde; uzaktan algılama verileri kullanılarak, şehirleşmeye bağlı olarak oluşan ısı adalarının oluşumu incelenmiştir. Sonucunda İstanbul ilinin güney kısımlarında ve Avrupa ve Asya kıtalarında kalan kısımlarında 2 hücre halinde ısı adası olduğu ortaya koyulmuştur.

2. METEOROLOJİ

Meteoroloji terimini kökeni, Yunan filozofu Aristo'nun (M.Ö. 340) Meteorologica adlı eserine dayanır. Aristo bu kitabında hava, iklim, astronomi, coğrafya, kimya vb. konularla çağın mevcut bilgi birikimini ve görüşlerini ortaya koymaktadır. Aristo'nun yaşadığı çağlarda, gökten düşen ve havada görülen her şey meteor olarak adlandırılmıştır. Bu terimin, bilim anlamına gelen loji kelimesi ile birleştirilmesi sonucu meteoroloji terimi doğmuştur. Meteorolojide meteor, atmosferde veya yeryüzünde gözlenmiş, buluttan başka, her türlü meteorolojik olayı kapsar. Bu olaylar katı ve sıvı parçacıkların düşmesi, çökmesi, havada asılı vaziyette bulunması veya yeryüzünde birikmesi şeklinde meydana gelebileceği gibi elektriksel veya optik olaylar şeklinde de meydana gelebilir. Astronomide ise meteor, göktaşı, kayan yıldız vb. astronomik meteorları belirlemek için kullanılmaktadır.

Aristo Meteorologica' da, atmosferik olayları felsefi bir tarzda ele alışı 2000 yıl boyunca kabul görmüş olup, meteorolojini bir doğal bilim olarak ortaya çıkması ve gelişmeye başlaması 16. yüzyılın sonunda termometrenin, 1643 yılında barometrenin ve 1700'lü yılların sonlarına doğru higrometrenin icadıyla mümkün olmuştur. Bu aletler yardımıyla yapılan gözlemler, bilimsel deneyler ve fizik yasaları kullanılarak bazı atmosferik olayların incelenmesi girişimleri gündeme gelmiştir.

1843 yılında telgrafın icadı, meteorolojik gözlemlerin bir başka yere gönderilmesine imkân sağlamış, bu sayede rüzgâr ve fırtına sistemleri kısmen de olsa anlaşılmiş ve hava haritalarının ilk örnekleri çizilmiştir (Koçak, 2001). İlk meteorolojik haritalar 1869 yılında Prof. C. Abbe ve Buchan tarafından yapılmıştır. 1882 yılında Loomis, ilk dünya yağış dağılım haritasını, 1887 yılında Hann ise, ilk meteoroloji atlasını hazırlamışlardır.

1920'lerde hava kütlesi ve cephe gibi önemli kavramlar meteoroloji bilimine dâhil olmuş, 1940'larda sıcaklık basınç ve nem için yapılan yukarı seviye balon gözlemleri sayesinde atmosfer 3 boyutlu olarak incelenmeye başlamıştır. 1950'li yıllarda yüksek performanslı bilgisayarların devreye girmesiyle de atmosferi idare eden denklemlerin çözümü mümkün olmuştur. Bununla birlikte hava haritalarının çizimi ve atmosferin

gelecekteki durumunun belirli bir süre önceden kestirilmesi vb, bilgisayarların sağlamış olduğu önemli imkânlardan birkaçıdır. Yine 1950'li yıllarda devreye sokulan radarlar kullanılarak bulutların ve dolayısı ile yağışın izlenmesi meteoroloji bilimine önemli katkılar sağlamıştır. (Koçak, 2001)

Meteoroloji için kullanılan aletler zamanla gelişmiştir. Bu aletler; sıcaklık, basınç, nem, yağış rüzgâr, radyasyon, güneşlenme müddetini ölçen ya da yukarı seviye atmosferi ölçümleri için kullanılanlar olarak sıralanabilir. Teknolojideki hızlı gelişim sayesinde günümüzde meteorolojik hizmetler tamamen bilimsel yöntemlerle ve uluslararası işbirliği içerisinde yürütülmektedir. Teknolojideki gelişim ile birlikte otomatik gözlem istasyonu kavramı ortaya çıkmıştır. Bugün dünyada, 24 saat sürekli çalışan on bin civarında kara istasyonu, açık denizlerde görev yapan altı binden fazla gözlem gemisi ve yüksek hava sondajları yapan binden fazla meteoroloji istasyonu vardır. Türkiye'de meteorolojik ölçümleri yapan kuruluş DMİ yani Devlet Meteoroloji İşleridir (DMİ, 2008).

Otomatik meteoroloji istasyonları; meteorolojik parametrelerdeki değişimlere duyarlı ve bu değişimlerin miktarını ölçen algılayıcılardan oluşmaktadır. Otomatik istasyonlar, ölçülen ve hesaplanan çeşitli meteorolojik parametrelerin belirli formatlarda meteorolojik mesajlara dönüştürülmesi, belirli formatlarda saklanması, yine bu bilgilerin, grafiklere dönüştürülmesi ve yazıcılarda kaydedilmesi işlerini de yaparlar. Bu yolla, günümüzde her meteorolojik bilgi veri kaybı olmaksızın, daha doğru olarak, gündüz, gece ayırımı olmaksızın ve çevre şartlarında etkilenmeden sürekli olarak kaydedilmektedir.

2.1. Meteorolojik Kavramlar

Meteorolojide sıcaklık, basınç, nem miktarı, rüzgâr, yağış, buharlaşma, güneşlenme miktarı, radyasyon gibi kavramlar vardır ve tüm bunların ölçümünü yapan aletler bulunmaktadır. Buna ek olarak yüksek atmosfer ölçümleri yapan aletler ve otomatik istasyonlar kullanılmaktadır.

Gözlemi yapılan meteorolojik olaylar ve elemanlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

- Rüzgâr yönü, hızı, hamlesi
- Hava sıcaklığı
- İşba, ıslak termometre, nisbi nem ve su buharı

- Toprak üstü minimum sıcaklık
- Hava basıncı (aktüel, denize indirgenmiş, üç saatlik tendans durumu ile miktarı)
- Hava olayları
- Yatay görüş uzaklığı
- Bulutluluk
- Yerin hali ve toplam taze kar kalınlığı
- Günlük buharlaşma, güneşlenme ve radyasyon miktarı
- Yağış miktarı ve günlük toplam yağış miktarı
- Denizin hali ve denize doğru görüş uzaklığı
- Deniz suyu sıcaklığı

2.2. Meteorolojide Uydu Verileri Kullanımı

Yer gözlem istasyonlarına ek olarak, meteorolojik amaçlı ilk uydu olan TRIOS 1 uydusu, 1 Nisan 1960'da fırlatıldı. Bu önemli gelişmeyi ilerleyen yıllarda daha gelişmiş uyduların fırlatılması takip etti. Meteorolojik uydular sayesinde ölçüm ağının yetersiz olduğu bölgeler (okyanuslar, çöller, dağlık alanlar, kutup bölgeleri vb.) üzerindeki meteorolojik koşullar hakkında bilgi edinilmesi mümkün olmaktadır.

Uyduların uzaktan algılama sistemleri cisimler tarafından yansıtılan ve cisimlerin vücut sıcaklığına bağlı olarak yaydıkları elektromanyetik radyasyonun, uzaya yerleştirilen platformlar (uydu) üzerinde bulunan radyometreler (pasif algılama) ve radarlar (aktif algılama) tarafından ölçülmesi prensibine dayanır. Bulutluluk, ozon miktarı ve konsantrasyonu, buzul alanlarının, atmosferik sıcaklık ve nem profillerinin, yağış miktarının tespiti, kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi pasif algılama ile okyanus dalga boyu, dalga yüksekliği, deniz yüzeyi rüzgâr hızı ve yönünün tespiti aktif algılama ile yapılır (DMİ, 2008).

Meteorolojik uydular yörüngelerine göre temel olarak iki kısma ayrılırlar. Bunlardan birincisi geostationary yani yer sabit yörüngeli uydular, ikincisi ise polar yani kutupsal yörüngeli uydulardır.

Meteorolojide uydu verileri hava olaylarını küresel olarak inceleme olanağı sağlayarak, gözlem yapmanın güç olduğu ya da mümkün olmadığı bölgelerden veri elde edilmesinde, yağış, yıldırım, sel ve taşkın gibi doğa olaylarının kısa vadeli

tahmin edilmesinde (özellikle 6-12 saatlik), sayısal hava tahmin modellerine girdi verisi olarak önemli rol oynamaktadır. Bununla beraber uydu verileri sinoptik ölçekli analizler için özellikle geniş alanlara yayılmış olan bulut modellerinin analizinde ve orta ölçekli hava sistemlerinin belirlenmesi, yüzey rüzgâr hızı ve yönü, türbülans, atmosferik stabilite, yağış ihtimali ve miktarı, squall hatları ve orajlar de önemli rol oynamaktadır.

Terra uydusuna ait olan ve özellikle meteorolojik veri elde ediniminde kullanılan MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) algılayıcısının verileri kullanılarak da şehirlerde oluşan ısı adaları direkt olarak tespit edilmektedir.

2.3. Meteorolojide Uydu Verisi Yorumlama

Uydu görüntülerindeki bulutların ayırt edici yapısı hava tahmini yapılmasında hava sistemlerini tanımlama ve izleme olanağı vermektedir. Atmosferik depresyonlar ve ilgili cephe sistemleri kendine özgü bulutluluk yapısıyla kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Uydu görüntüleri aynı zamanda atmosferin yapısı ve düşey sıcaklığı hakkında bilgi vermektedir. Birbiri ardına elde edilen görüntüler yardımıyla bulut yerlerindeki değişimin aynı zamanda rüzgâr hız ve yönlerinin hesaplanmasını da sağlamaktadır. Ayrıca yağış miktarının belirlenmesi ve deniz dalga yüksekliklerinin hesaplanması da gerçekleştirilmektedir.

Sabit yörüngeli uydular her yarım saatte bir görüntü alabildiklerinden, sistem hareketlerinin oluşumunun ve hava olaylarının dinamik evriminin yapısının tanımlanmasına yardımcı olurlar.

Elektromanyetik spektrumun görünür bölgesindeki veriler dünya yüzeyi veya bulutlardan güneş radyasyonu yansımalarının ölçülmesiyle elde edilmektedir. Görünür bölge verilerinde bulut kalınlığı görüntülerin albedosunu belirler.

IR yani kızılötesi görüntüleri, yüzeyden ve atmosferden yayılan kızılötesi radyasyonun ölçülmesiyle elde edilir ve dünyanın yüzeyi ile bulut tavanı sıcaklıkları hakkında bilgi verir. Görüntülerde soğuk yüzeyler daha beyaz, sıcak yüzeyler ise daha koyu olarak görünür. Kızılötesi görüntüler genellikle yüksek, orta ve alçak bulutların tanımlanmasında kullanılır. Görünür ve kızılötesi görüntülerinin birlikte incelenmesi, görüntüde var olan belirsizliklerin çözülmesine yardımcı olur. Örneğin kullanılan iki görüntüde de belirli bir alan beyaz olarak görülüyorsa, bu alanın

yüksek ve kalın bulutluluğu temsil etmesi olasılığı oldukça yüksektir. Fakat görünür bölge görüntüsü aynı alanı parlak olarak gösteriyor ve kızılötesi görüntüde daha koyu olarak gösteriyorsa bu alçak bulutların veya sisin varlığını gösterir. Su buharı görüntü spektrumunda ölçülen su buharı radyasyonları daha sıcak ve atmosferin alt tabakaları siyah görünecektir. Atmosferin alt tabakalarındaki su buharı radyasyonu sadece üst katmanlar kuru olduğu zaman alınabilmektedir.

Meteorolojik uyduların büyük çoğunluğu elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesi bölgelerinde ölçüm yapmaktadır. Görünür bölge için 0,4–0,7 μm de ölçüm yaparlar. Bulutlar, kara ve okyanuslar kolaylıkla ayırt edilebilirler. Kızılötesi bölge için 10-12,5 μm arası kullanılmaktadır uydu meteorolojisinde kızılötesi bölge görüntüleri için renk skalası ters kullanılır yani daha büyük radyans değerleri koyu renkli piksellerle gösterilir. Bu sayede yüzeyden daha soğuk olan bulutlar beyaz ve daha sıcak olan kara yüzeyleri ve okyanuslar görünür bölge verilerinde olduğu gibi bulutlardan daha koyu görünmektedir (DMI, 2008).

Su buharı kanalları uydunun radyasyonu su buharı absorpsiyon bantlarında ölçmesinden dolayı bu isimle adlandırılmıştır. Burada birçok dalga boyu kullanılmakla birlikte en genel olarak kullanılan 6.7 mm dir. Bu dalga boyunda uydunun hassasiyet gösterdiği radyasyonun çoğu, atmosferik tabakanın 300 – 600 hPa'dan gelmektedir, bu yüzden bu bant, troposferin orta seviyelerini ölçer. Su buharı görüntüsü atmosferin bulutsuz bölgelerindeki karakterleri göstermek için genellikle hareketlendirilmektedir (DMI, 2008).

3. UZAKTAN ALGILAMA

3.1. Uzaktan Algılamada Genel Bilgiler

Uydu teknolojisi ilk olarak meteoroloji için kullanıldıktan sonra hızla gelişmiş, birçok alanda kullanılmaya başlamıştır. Bu gün uydu teknolojisinin en etkili olduğu konulardan birisi de uzaktan algılamadır.

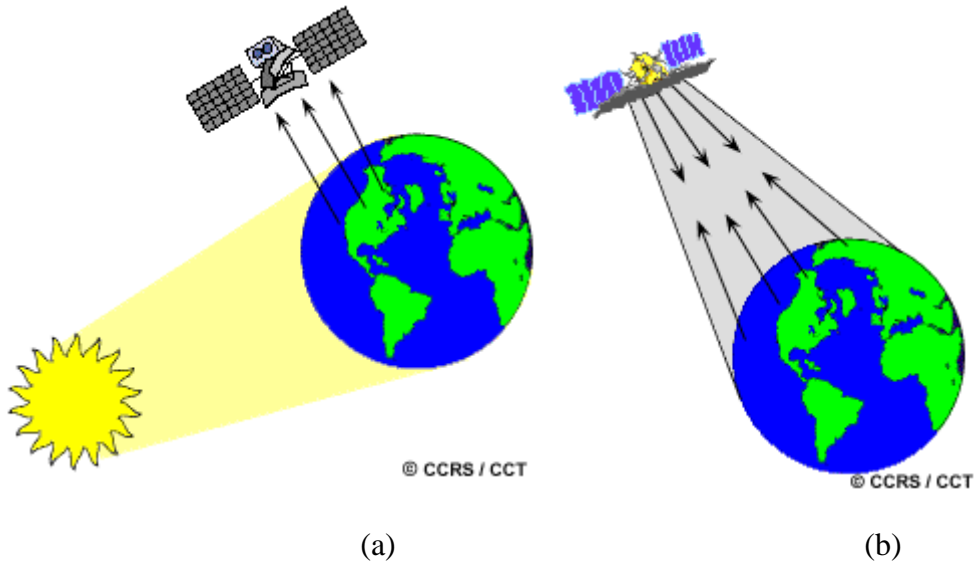
Uzaktan algılama, arada fiziksel temas olmaksızın, uçak veya uyduya monte edilmiş algılayıcı sistemler yardımıyla yeryüzü ve atmosfer ile ilgili bilgilerin elde edilmesidir. Yer yüzeyinden yayılan ve yansıyan enerji uydular tarafından algılanır, kaydedilir ve elde edilen sinyal işlenip, analiz edilerek uygulama amacına yönelik bilgi haline getirilir. Bu teknoloji ile yeryüzü ve atmosfere ait cisimler hakkında doğrudan bilgi edinilemeyip, bilgi, ölçülen yansıtım değerlerine bağlı olarak çıkartılmaktadır (Mather, 1987).

Uygulama amacına göre uydu üzerindeki algılayıcılar kullanılarak elektromanyetik spektrumun farklı bölümlerinden yararlanılarak veri sağlanır.

Uydu teknolojisi geliştikçe elde edilen görüntülerin çözünürlüğünün (geometrik, zamansal, radyometrik ve spektral) giderek artışı, kullanım amacına bağlı olarak değişiklik gösterse de renkli görüntülerin varlığı, farklı uyduların varlığı sayesinde verilerin çok zamanlı olmaları ve kolay ulaşılabilirliği uydu verilerinin önemli özelliklerindedir. Bunun yanı sıra uçaklarla alınan hava fotoğrafları ile yersel veri ile ve sayısal arazi modelleri ile bir arada, birbirine entegre edilerek kullanılabilir oluyor olmaları sayesinde tarım, jeoloji, meteoroloji, orman, hidroloji, coğrafya alanlarında ve savunma teknolojilerinde oldukça başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Gelişen teknoloji, çalışılması ya da çözüm getirilmesi istenen konuların hem daha kolay ve hızlı hem de daha ekonomik olarak sonuca varılmasını sağlamaktadır.

Uydular algılama tekniğinde kullandıkları enerji kaynaklarına göre Aktif algılama ve Pasif algılama olmak üzere ikiye ayrılırlar. Pasif algılamada, yeryüzünün doğal yayılım enerjisi veya güneş enerjisinin yansıtımını algılayan optik, ısı ve mikrodalga

algılayıcılar söz konusudur (Smith, 2000). Yani güneş gibi başka bir kaynaktan gelen ışınların cisimlere çarptıktan sonra geri dönüp uyduya ulaşması ile elde edilen algılama yöntemidir. Aktif algılamada ise sistemler kendi enerji kaynaklarını kullanırlar. Hedefe ürettikleri elektromanyetik dalgaları sinyallerini yollar ve hedeften saçılan enerjiyi algırlar (Smith, 2000). Aktif algılamada gece ya da gündüz olması veya meteorolojik etmenler önemli değilken pasif algılamada gece ve gündüz olmasının yanı sıra meteorolojik etmenler oldukça etkilidir.



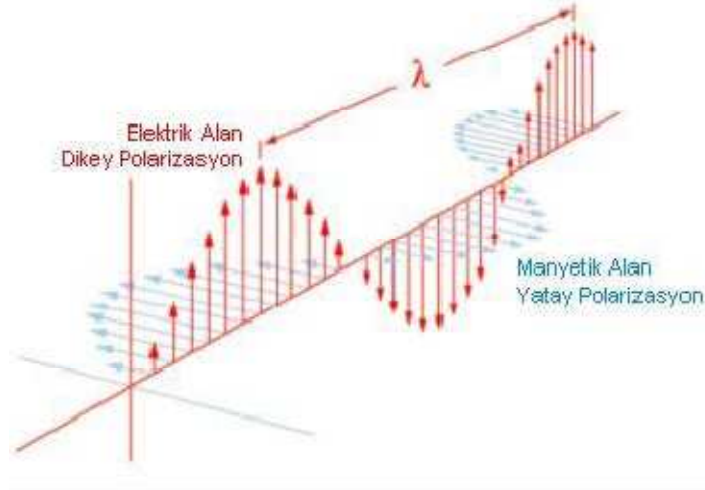
Şekil 3.1 a - Pasif Uzaktan Algılamayı, b - Aktif Uzaktan Algılamayı temsil eden şekiller. (CCRS)

3.2 Elektromanyetik Enerji

Elektromanyetik radyasyon (ışın) bir enerji çeşididir ve gözümüzle gördüğümüz ışık elektromanyetik radyasyon için basit bir örnektir. Algılayıcıların yeryüzünden algıladıkları veriler, yeryüzündeki farklı özelliğe sahip cisimlerin ya da maddelerin yaydığı ve yansıttığı elektromanyetik radyasyondur.

Elektromanyetik enerji dalgalar halinde yayılır. Elektromanyetik radyasyonun dalgalar halinde yayılımının karakteristiği Maxwell teorisinde anlatılmaktadır. Elektromanyetik yayılımı açıklamak için türetilmiş bu eşitliğe dayanarak ışınım (radyasyon), yüklü bir parçacığın etrafındaki elektromanyetik alandaki hızlı değişimler (varyasyonlar) olarak tanımlanmaktadır. Elektromanyetik alandaki bu söz konusu varyasyonlar ise parçacığın vibrasyonundan kaynaklanmaktadır (Slater, 1980., Özkuralpli, 2006). Maxwell teorisine göre elektromanyetik dalgalar birlikte

değişen ve birbirine dik düzlemdeki (x-z ve y-z düzlemlerinde) sinüs dalgası şeklinde ve aynı fazlı elektrik ve manyetik alanlardan oluşmaktadır. Uzayda değişen elektrik alanlar manyetik alanları oluşturur. Bu değişim sinüzoidal bir eğri şeklindedir. Bir ortamda elektrik alanı değiştirmek için yüklü cisimleri ivmeli hareket ettirmek gerekir. Dolayısıyla ivmeli hareket eden yükler elektromanyetik dalga yayar.



Şekil 3.2: Elektrik alan ve manyetik alan gösterimi

Elektromanyetik dalgalar ivmelendirilmiş elektrik yükleri tarafından oluşturulurlar. Yayınlanan bu tür dalgalar birbirlerine ve dalganın yayılma doğrultusuna dik olan ve titreşen elektrik ve manyetik alanlardan ibarettir. Bu nedenle elektromanyetik dalgalar enine dalgalardır (Yıldız, 2003).

Elektromanyetik dalgaların yayılımı ışık hızında gerçekleşmektedir. Hız ise dalga boyu (λ) ile frekansın (ν) çarpımına eşittir;

$$C = \lambda * \nu$$

Denklemden $c = 3.10^8$ m/s,

dalga boyu (λ) μ m ya da m,

frekans (ν) ise Hz dir.

Denklemden ifadeye göre frekans ve dalga boyu birbirleri ile ters orantılı büyüklüklerdir. Bu durumda dalga boyu arttıkça frekans azalmaktadır.

Enerjinin frekans ile doğru orantılı olduğunu ve enerjinin miktarını hesaplamak için ise aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır. Bu eşitlik Planck eşitliği olarak kabul edilmiştir.

$$E=h.\nu$$

Bu formüle göre E : enerji,

h : Planck sabiti ($6.6260*10^{-34}$ jul/saniye),

ν : frekanstır.

Verilen eşitliğe göre yüksek frekansta hareket eden fotonlar daha yüksek enerjiye sahiptir (NASA, 2008). Dalga boyu ve frekans arasındaki ters orantıyı da göz önüne aldığımız zaman uzun dalga boylarında enerjinin kısa dalga boyundakinden daha düşük olacağı gözlenmektedir.

Başka bir önemli konu ise objelerin yaydığı elektromanyetik enerjidir. Uzaktan algılamada güneş kaynaklardan biri olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte mutlak sıfırın üzerinde sıcaklığa sahip olan tüm objeler belirli bir enerji yaymaktadırlar ve objelerin yaydığı enerjinin miktarı objelerin yüzey sıcaklarının bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Bu özellik Stefan-Boltzman yasası ile açıklanmaktadır. Buna göre:

$$\mu=\sigma.T^4$$

Formülde ; μ : cisim yüzeyinden yayılan toplam enerji Watt (W)m⁻²

σ : Stefan-Boltzman sabiti $5.6697*10^{-8}$ Wm⁻²K⁻⁴

T: mutlak sıcaklık (°K) tır.

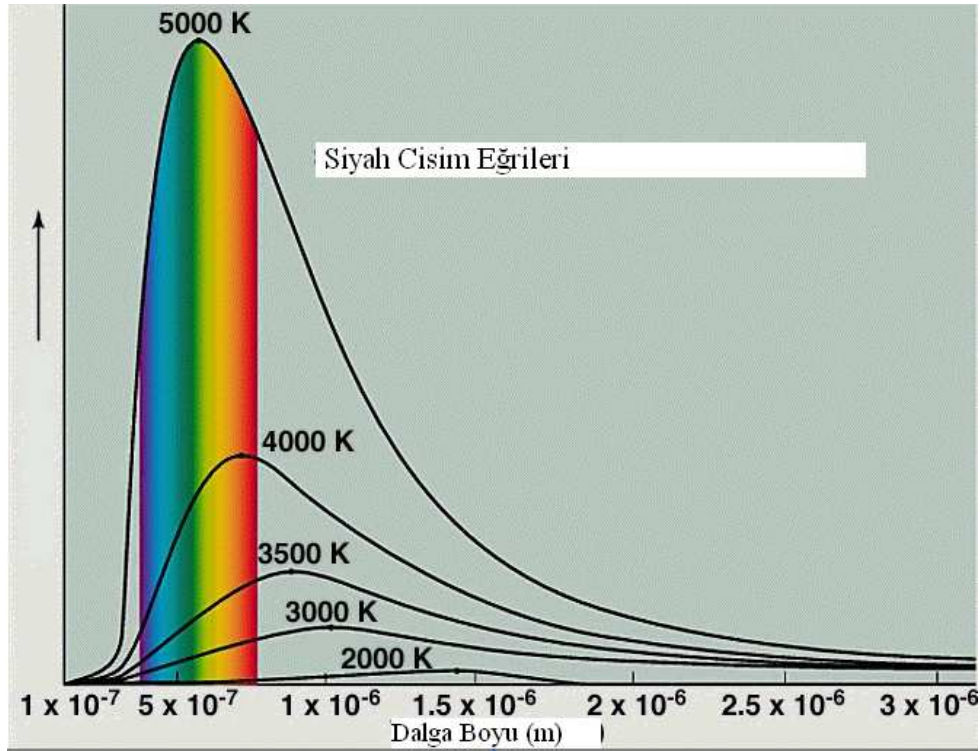
Formülde belirtilen enerji ve sıcaklık arasındaki bu ilişki spektrumdaki mikrodalga bölgesinde bulunan dalga boylarından kısa olan tüm dalgalar için geçerlidir. Bunun yanında söz konusu formülde sıcaklık (T(°K)) 4. kuvvet olarak belirtilmiştir ancak bu değer sıcaklık artışı ile doğrudan ve lineer olarak artmaktadır (Lintz, ve diğerleri, 1976).

Verilen formüllere ek olarak Planck eşitliği aynı zamanda her bir sıcaklık (°K) değeri için Planck eğrisini tanımlar. Planck eğrisinin altında kalan alanın büyüklüğü, o sıcaklık derecesinde yayılan toplam enerjinin miktarına eşittir. Bu alanın büyüklüğü Stephan-Boltzman yasası eşitliğiyle elde edilmektedir.

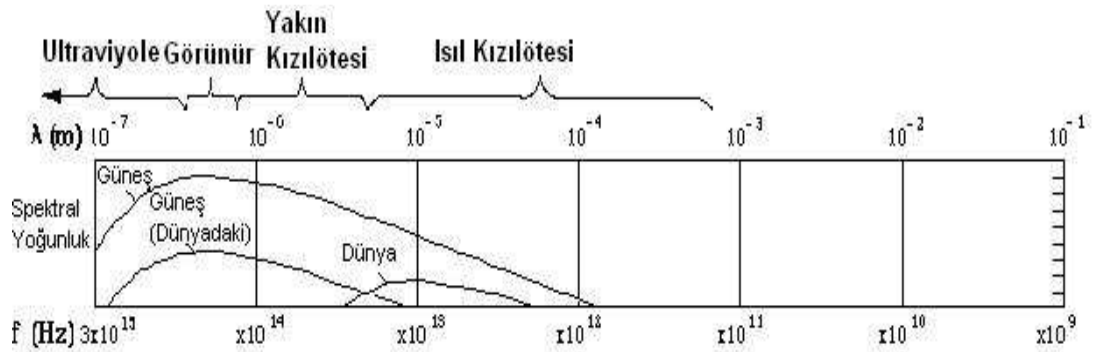
Siyah cisim, üzerine düşen enerjinin tümünü yutup tekrar geri yaydığı ve Planck eğrisine uyduğu varsayılan, doğada bulunmayan teorik bir maddedir (Lillesand, ve diğerleri, 1987). Güneş'in çizdiği eğri siyah cisim eğrisine benzerlik göstermekle

birlikte birçok yeryüzü objesi siyah cisim özelliğinden daha farklı özellik gösterir (Şekil 3.3).

Temelde ise tüm cisimler mutlak sıfır haricinde ışıkmaktadır. 0°K de, bütün atomlar temel kuantum durumlarında olup, ışımaları mümkün olmamaktadır. Işıma spektrumunun şekli hep aynı olup, maksimum şiddete karşılık gelen dalga boyu, kaynağın sıcaklığına bağlıdır. Cisim ısındıkça, bu dalga boyu kısalmakta ve ışımanın toplam enerji miktarı artmaktadır.



Şekil 3.3: Siyah cisim için genel eğriler



Şekil 3.4: 6000°K ve 300°K de siyah cisim eğrisi

Maddelerin sahip olduğu sıcaklık onların hangi dalga boyunda daha çok elektromanyetik ışınım yaydıklarını ifade etmektedir. Bu durum Wien's kanunu ile ifade edilmektedir. Wien's kanunu aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$\lambda_{\max} = A/T$$

Formülde: λ_{\max} : Maksimum spektral ışınımın gerçekleştiği dalga boyu (μm)

$$A: 2898 \mu\text{m} \text{ } ^\circ\text{K}$$

T: Sıcaklık $^\circ\text{K}$ olarak alınmıştır.

Formüldeki dalga boyu etkili olan dalga boyudur. Bu dalga boyunda siyah cisim eğrisi maksimuma ulaşmaktadır. Aynı zamanda dalga boyu mutlak sıcaklık ile ters orantılıdır.

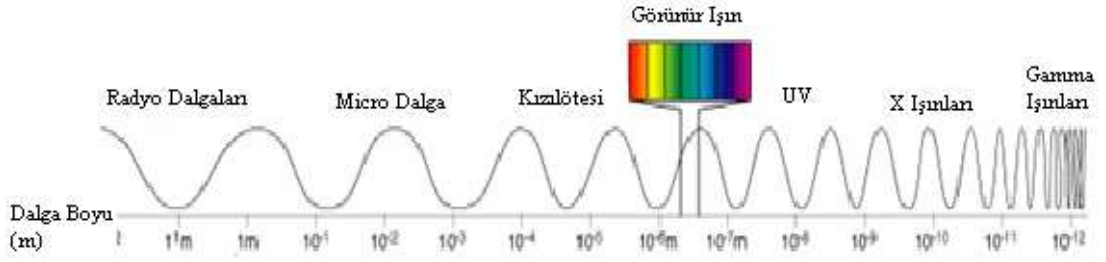
Wien kanunundan yola çıkıldığında güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık olarak 6000°K olarak hesaplanmıştır ve Planck eğrisine bakıldığında 6000°K 'i temsil eden eğri aynı zamanda güneşin sıcaklığındaki siyah cisim radyasyon eğrisini temsil etmektedir. Aynı şekilde 300°K dünya için hesaplanmış olan sıcaklık değeridir ve Planck eğrilerinden 300°K sıcaklığına sahip olan dünya için siyah cisim radyasyonunu temsil etmektedir. 6000°K eğrisi ultraviyole dalga boylarından kızılötesi dalga boyu değerlerine kadar uzanmaktadır. En yüksek değerlerini ise görünür bölgede almaktadır.

3.3. Elektromanyetik Spektrum

Güneş ışınımı değişik dalga boylarında yayınlanır. Güneşten yayınlanan ve bilinen farklı dalga boylarındaki tüm elektromanyetik radyasyonun bütünü elektromanyetik Güneş Spektrumu olarak isimlendirilir. (Şekil 3.5) Elektromanyetik spektrumda (EMS), güneş ışınımı dalga boylarına göre sıralanır ve EMS kısa dalga boylarından (gamma ve X-ışınları) başlayıp uzun dalga boylarına (mikrodalga, radyo dalgaları) kadar uzanmaktadır.

Dalga boyu birimleri: $1 \text{ mm} = 1000 \mu\text{m}$;

$$1 \mu\text{m} = 1000 \text{ nm}.$$



Şekil 3.5: Elektromanyetik spektrum (NASA, 2007)

Elektromanyetik spektrumda dalga boylarına göre ışınların sıralaması yapıldığı zaman bu sıralama Kozmik Işınlar, Gama Işınları ($< 0.003\text{nm}$), X-Işınları: ($0.03 - 30\text{nm}$), Ultraviyole Işınları (UV, Mor Ötesi): ($0.03 - 0.4\mu\text{m}$) Görünür Işın (Visible): ($0.4 - 0.7 \mu\text{m}$) Kızılötesi Işınlar (IR): ($0.7 - 100\mu\text{m}$), Mikrodalgalar: ($0.1 - 100\text{cm}$) ve Radyo Dalgaları: ($>100\text{cm}$) şeklindedir.

Kızılötesi ışınları bütün sıcak ve soğuk maddeler tarafından oluşturulurlar ve soğurulurlar. Atomlar tarafından emildiklerinde maddeyi ısıttıkları için ısı radyasyonu da denmektedir. Bu bölge yaklaşık olarak $0.7\mu\text{m}$ ile $100 \mu\text{m}$ dalga boyları arasında yer almaktadır genel olarak dört bölümde incelenebilir. Bunlar:

- Yakın Kızılötesi (NIR): $0.7 - 3 \mu\text{m}$
- Orta Kızılötesi (MIR): $3 - 8 \mu\text{m}$
- Isıl Kızılötesi: $8 - 15 \mu\text{m}$
- Uzak Kızılötesi (FIR): $15 - 100 \mu\text{m}$ dir.

Isıl kızılötesinde ise görünür ve yakın kızılöttesinden farklı olarak yayılan ışınım, yeryüzü objelerinin yaydıkları enerjidir. Bu enerji ısı enerjisidir.

3.4. Isıl (Termal) Kanal

Termal kızılötesi enerji, ısı olarak tanımladığımız, ışığın gözümüzle göremediğimiz ama dokunarak hissedebildiğimiz şeklidir. Termal kızılötesi elektromanyetik spektrumda uzun dalga boyu kısmında 8 ila $14 \mu\text{m}$ aralığında bulunmaktadır. Kızılötesi ışınlar mutlak sıcaklık değerinin üzerinde değere sahip olan tüm cisimler tarafından yayınlanabilirler (ASU-TEs, 2007).

Termal yani ısı algılama ise elektromanyetik spektrumun termal bölgesinde maddelerin güneşten gelen ya da sahip oldukları radyasyonu yayma miktarlarını

ölçerek sahip oldukları ısı özelliklerini araştırmak ve analiz etmek için kullanılmaktadır (Merry, 2004).

Bir madde ışığın manyetik ve elektrik bileşenlerine maruz kaldığı zaman sahip olduğu molekül ve atomlar bu durumdan etkilenirler. Bitkilerde bulunan klorofil molekülleri genellikle mor ötesi (ultraviyole) ve görünür dalga boylarını emerek, yeşil ve yakın kızılötesi dalga boylarında yansıtım yaparlar. Kayaların ve taşların içindeki mineraller termal kızılötesini, farklı şekillerde emer ve yansıtırlar ve bu dalga boylarında her mineralin kendine özgü bir spektral imzası yani kendine özgü bir karakteristiği vardır. İnsan gözünün çıplak olarak algılayamadığı termal kızılötesi dalga boyu eğer algılanabiliyor olsaydı tüm mineraller farklı bir renk tonu ile algılanırdı. Aynı durum havada bulunan tüm gaz molekülleri ve buzun içinde donmuş olan tüm moleküller için de geçerlidir (ASU-TES, 2007).

Termal özelliğe sahip uydu sistemleri

- NASA HCMM – 600m çözünürlüklü
- TIMS (hava aracı algılayıcısı)
- Landsat-3 MSS 8
- Landsat TM 6. Bant – 120m çözünürlüklü
- Landsat ETM+ 6. Bant -60m çözünürlüklü
- NOAA AVHRR 4. ve 5. Bantlar – 1.1 ya da 4km çözünürlüklü
- TERRA ASTER 5 Bant – 90m çözünürlüklü
- TERRA MODIS – 1km çözünürlüklü

Termal kanallarda sıcak bölgeler daha açık tonlarla, daha soğuk bölgeler ise koyu renkler ile temsil edilmektedir.

Termal kanalların kullanım alanları aşağıdaki gibidir.

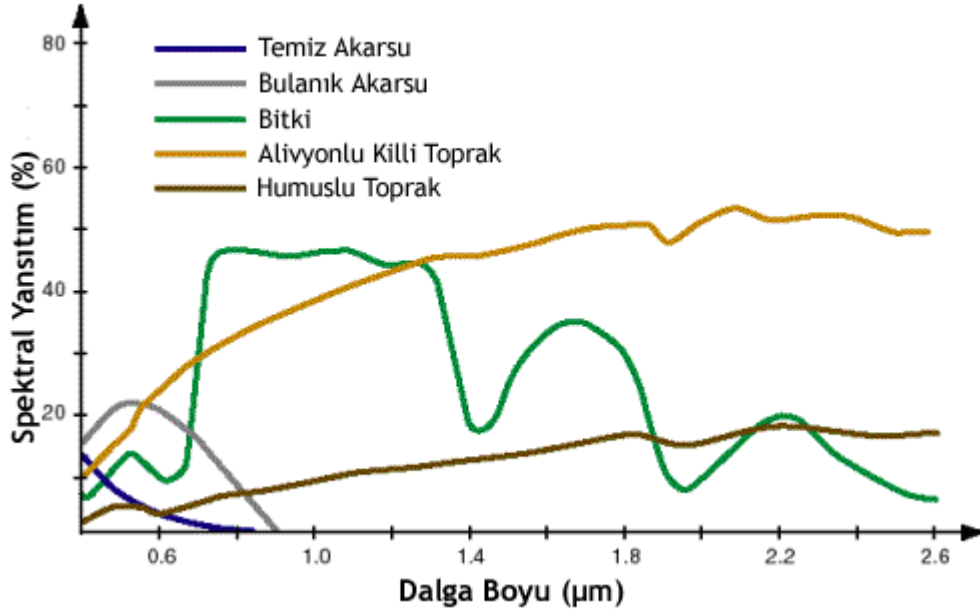
- Yüze sıcaklığı ölçümlerinde
 - Yüze sıcaklığının haritalanmasında
 - Nem miktarı haritalanmasında
 - Yangınların izlenmesinde
- Jeolojik uygulamalarda
 - Kaya çeşitlerinin farklılıklarının belirlenmesinde
 - Jeolojik yapının haritalanmasında
 - Jeotermal bölgelerin haritalanmasında

- Hidrolojik uygulamalarda
 - Suyun sıcaklığının haritalanmasında
 - Denizdeki buzulların haritalanmasında
 - Var olan paternlerin saptanmasında

3.5. Spektral Özellik

Spektral yansıtım, gelen ışınımın ışığı geçirmeyen bir yüzeyden yansıyan kısmıdır. Belirli dalga boylarındaki enerjinin yansıyan kısmı farklı cisimler için değişiklik göstermektedir. Bununla beraber, cisimlerin yansıtımı dalga boyuna göre farklılık göstermektedir. Spektral yansıtım, spektrumun belli bölgelerinde cisme özgü yansıtım değerleridir. Bu sebeple, herhangi bir spektral aralıkta ayırt edilemeyen iki cisim farklı bir spektral aralıkta ayırt edilebilmektedir. Bu, cisimlerin temel özelliklerinden biri olup, farklı cisimlerin spektral yansıtımlarına göre tanımlanabilmesini ve ayırt edilebilmesini sağlamaktadır (Akkartal, 2007).

Spektral yansıtım eğrisi, cisim, dalga boyunun bir fonksiyonu olarak çizildiği halidir. Bu eğri, belirli uygulamalarda kullanılacak uzaktan algılanmış verilerin dalga boyu aralıklarının seçiminde önemli rol oynamaktadır (Şekil 3.8) (Agouris, 2005).



Şekil 3.6: Yeryüzünde farklı yüzeylerin yansıtım eğrileri

Yeryüzünde her cisim farklı bir spektral özelliğe sahiptir. Spektral özellikler cisimleri ayırt etmek için en temel yöntemdir.

- Bitkinin spektral yansıtımı bitkinin cinsine, yapraklarının, dallarının özelliğine, bitkinin yaşına, sağlık durumuna, taşıdığı su miktarına göre değişiklik göstermektedir.
- Toprağın spektral yansıtımı sahip olduğu nem ve su miktarına, içinde bulunan minerallerin ve organik maddelerin çeşidine ve miktarına, toprak yüzeyinin şekline ya da pürüzlülüğüne bağlı olarak değişmektedir. Toprakta ekili olan tarımsal bitkilerin toprak üzerindeki boyu ya da sıklığı da topraktan olan yansıtımı etkilemektedir.
- Suyun spektral yansıtımı su içindeki organik olan ya da olamayan maddelerin durumuna bağlıdır. Su yüzeyindeki pürüzlülük yani dalgalanma ve içindeki klorofil miktarı, mavi yeşil alglerin varlığı (yokluğu) suyun yansıtım özelliğini etkileyen diğer faktörlerdir. Sudaki yansıtım elektromanyetik radyasyonun iletimine bağlıdır ve sadece görünür bölgede ölçüm yapılabilmektedir. Temiz suda radyasyonun iletimi kirli ya da bulanık olan sudan daha fazladır.

4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü, uzaktan algılama sistemleri tarafından ifade edilen bir verinin görsel olarak sunumudur. Uzaktan algılama sistemlerinden alınan veriler aslında sayılarla ifade edilmektedir ve buna dijital görüntü denmektedir. Sayılarla ifade edilen görüntüden istenilen sonucun çıkartılması işlemine görüntü işleme denmektedir. Lillesand ve Kiefer, 1987 yılında yaptıkları çalışmada görüntü işlemeyi, istenilen sonucun çıkartımı için objenin veya nesnenin sayısal gösterilimi üzerinde gerçekleştirilen işlemler olarak tanımlanmışlardır.

Görüntü işlendiğinde anlamlı veri elde edebilmek için görüntünün çözünürlük özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Görüntüdeki çözünürlükler dört ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar; mekansal çözünürlük, spektral çözünürlük radyometrik çözünürlük ve zamansal çözünürlüktür.

Görüntünün doğru işlenebilmesi için ise geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltmelerinin yapılması, görüntünün zenginleştirilmesi ve sınıflandırılması gerekmektedir.

4.1 Radyometrik Düzeltme

Bir cisim tarafından yayılan ya da yansıtılan enerji uydu üzerinde ya da hava araçları üzerindeki algılayıcılara geldiğinde ilk yayımlandığı ya da yansıtıldığı zamanki halinden daha farklıdır. Görüntü üzerinde gürültü etkisi oluşmuştur. Farklılığa sebep olan bu gürültünün nedenleri gelen enerjinin gelirken atmosferde karşılaştığı sis ya da partiküler maddeler gibi atmosferik etkenler, güneşin azimut ve yükseklik değişiminin sebep olduğu cismin aydınlanmasındaki değişiklikler ya da görüntülemenin geometrisi ve algılayıcıların karakteristiği olabilir (Yura, 2004). Gürültü etkisinden kaynaklanan bozulmaları gidermek için radyometrik dönüşüm yapılması gerekmektedir.

Radyometrik düzeltme aşağıdaki yollarla yapılabilir.

- Algılayıcı hassasiyetinden kaynaklanan düzeltme,

- Optik algılayıcılarda düzeltme
- Elektro-optik algılayıcılarda düzeltme
- Güneşin açısı ve topografyadan kaynaklanan düzeltme,
 - Güneşin açısı ya da yüksekliği düzeltmesi
 - Topografik düzeltme
- Atmosferik düzeltme
 - Yutulma
 - Saçılma

4.2 Geometrik Düzeltme

Geometrik bozulma, gerçek görüntü ile ideal görüntü koordinatları arasındaki uyumsuzluk nedeni ile ortaya çıkan, görüntü üzerindeki bir hatadır. Geometrik bozulmalar algılayıcı konumundan, hızından ya da yüksekliğinden, yeryüzü eğriliğinden ve ya atmosferik nedenlerle ortaya çıkabilir. Geometrik bozulmalar kayma, çarpıklık, ölçek hatası, projeksiyon hatası, radyal (merkezden uzaklık) bozulma ya da dünya eğikliğine bağlı olarak ortaya çıkan bozulmalar olarak sınıflandırılabilir. Geometrik düzeltme bu hata ve bozulmaların giderilmesini amaçlamaktadır. Geometrik düzeltmede bozulmuş olan görüntünün koordinat sisteminin düzeltilmesi için yer kontrol noktalarında belirlenen değerlerin görüntüye atanması gerçekleştirilir (Yura, 2004).

Geometrik düzeltme öncesinde yapılması gerekenlerin sıralaması aşağıdaki gibidir.

- Kullanılacak yöntemin seçilmesi
- Parametrelerin belirlenmesi
- Geometrik düzeltmenin doğruluğunun ya da uyumluluğunun kontrolü
- Yeniden örnekleme

Bu kısım sistematik hata giderimi ya da düzeltme ve sistematik olmayan düzeltme olarak iki kısımda yapılmaktadır (Yura, 2004).

- **Sistematik düzeltme:** Sistematik olan bozulmaların hata kaynakları matematiksel olarak modellenerek düzeltme işlemi uygulanmaktadır. Bu matematiksel modeller algılayıcının fiziksel parametreleri kullanılarak oluşturulmaktadır.

- Sistematik olmayan düzeltme: Sistematik olmayan bozulmalar ile bilinmeyen sistemik bozulmaların giderilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla algılayıcı platformuna ait yörünge, yükseklik, hız bilgileri ve yer kontrol noktaları kullanılarak yer koordinat sistemi ile görüntü sistemi arasındaki dönüşüm için gerekli matematiksel modeller oluşturulmaktadır

Ham görüntünün bu işlemler sonucu dönüştürülmesi genel olarak geometrik kayıt yani registration olarak adlandırılmaktadır. Mevcut görüntünün bir diğer görüntüye göre düzeltilmesi işlemi bir geometrik kayıt işlemidir. Bu işlemin görüntünün tanımlı bir koordinat sistemine oturtulması amaçlı yapılmasına ise geometrik düzeltme denir.

Geometrik düzeltmede ilk yapılması gereken yer kontrol noktalarını saptamaktır. Belirlenecek yer kontrol noktalarının koordinatları bilinen ve görüntünün tamamına homojen olarak dağılmış noktalardan seçilmesi gerekmektedir.

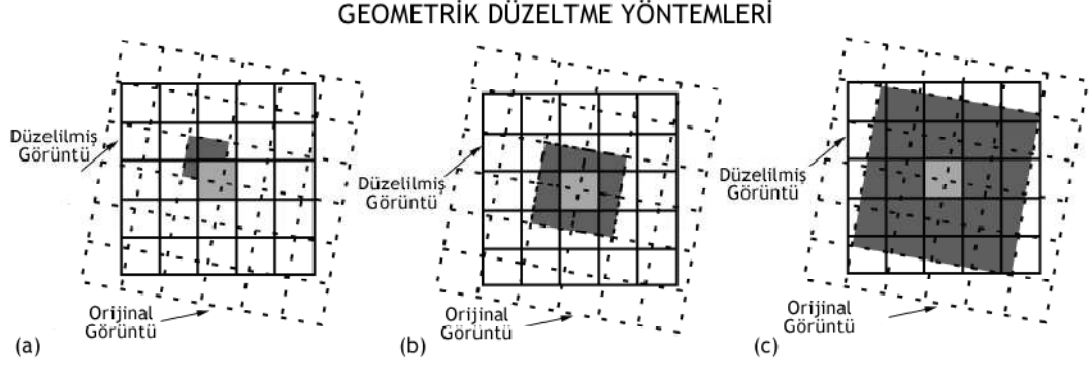
Seçilen yer kontrol noktalarının görüntü ve yer koordinat değerleri arasında kurulan eşitliklere bağlı olarak dönüşüm modeli oluşturulmakta ve elde edilen model tüm görüntüye uygulanmaktadır.

Yapılan dönüşümün doğruluğunu test etmek için Kare Ortalama Hata (KOH) kullanılır. KOH, bir yer kontrol noktasının görüntüdeki konumu ile aynı noktanın dönüşüm sonrası konumu arasındaki uzaklıktır. Konum doğruluğunun yüksek olabilmesi için yer kontrol noktalarının iyi seçilmiş ve yer koordinatlarının doğruluğunun yüksek olarak tespit edilmiş olması gereklidir.

Son adım ise yeniden örnekleme olarak adlandırılmaktadır. Bu işlem için kullanılan 3 temel yöntem bulunmaktadır.

- En yakın komşuluk yöntemi (Nearest Neighbour): Düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntüdeki en yakın pikselin atanması ile elde edilmektedir (Şekil 4.1a). Hesaplama kolaylığına karşılık, orijinal piksel değerlerinin çıktığı görüntüsüne atanması sırasında oluşan kaymalar nedeni ile görüntüde kopukluklar oluşması bu yöntemin dezavantajıdır.
- Bilineer enterpolasyon yöntemi: Düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntüdeki en yakın dört pikselin ağırlıklı ortalaması alınarak elde edilmektedir (Şekil 4.1b). Geometrik doğruluğu daha yüksek olmasına karşın orijinal piksel değerlerinin değişmesi bu yöntemin dezavantajıdır.

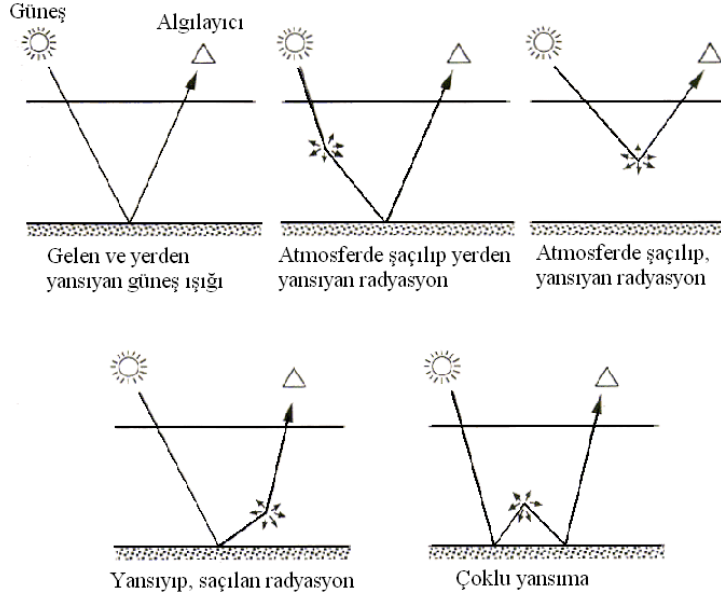
- Kübik enterpolasyon yöntemi: Düzeltmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntüdeki en yakın on altı pikselin ağırlıklı ortalaması alınarak elde edilmektedir (Şekil 4.1c). Geometrik doğruluğu en yüksek olan yöntem olmasına karşın işlem süresinin uzun olması ve orijinal piksel değerlerinin değişmesi bu yöntemin dezavantajlarıdır.



Şekil 4.1: Yeniden örnekleme yöntemleri; (a) En yakın komşuluk yöntemi, (b) Bilineer enterpolasyon yöntemi, (c) Kübik enterpolasyon yöntemi (CCRS, 2007)

4.3. Atmosferik Düzeltme

Güneş radyasyonu yer yüzeyine iletilirken atmosfer tarafından yutulmaya ya da saçılmaya uğrar. Aynı şekilde hedeften yayımlanan ya da kırılan radyasyon da algılayıcıya gelinceye kadar atmosferde yutulmaya ya da saçılmaya uğrar. Yüzeye gelen radyasyon sadece güneşten gelen değil aynı zamanda atmosferde saçılmaya uğrayan gelen radyasyonda olabilir. Algılayıcı da sadece hedeften yansıyan ya da yayımlanan radyasyonu değil hedeften ya da atmosferde saçılmaya uğrayan radyasyonu da almaktadır. Atmosferik düzeltme burada oluşan bozulmaları gidermek için yapılmaktadır.



Şekil 4.2: Güneşten gelen, atmosferden, yerden yansıyan ya da saçılan radyasyonun görünümü (Yura, 2004)

4.4. Görüntü Zenginleştirme

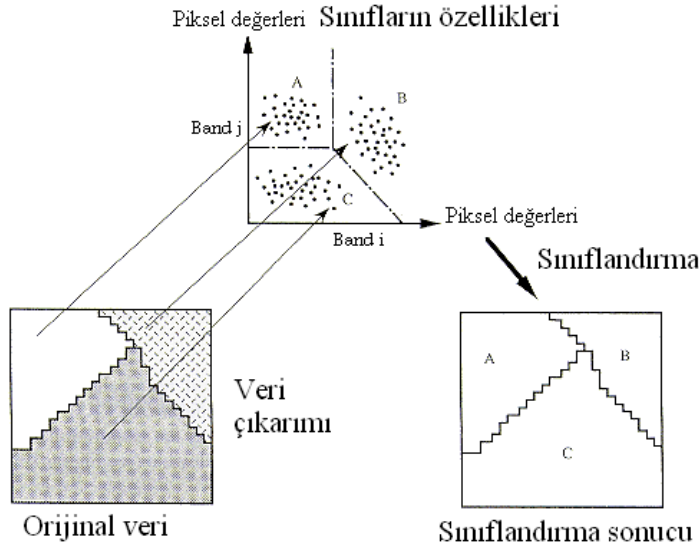
Görüntü zenginleştirme, görüntünün kalitesinin daha iyi ve daha anlaşılır hale getirilmesi (Yura, 2004), bu sayede daha çok ve anlaşılır bilgi edinilmesi olarak tanımlanmaktadır (Lillesand ve Kiefer, 1987).

Görüntü zenginleştirme üç şekilde yapılabilmektedir (Lillesand ve Kiefer, 1987).

- Kontrast zenginleştirme: Kontrast artırma, yansıtım değerlerinin eşiklenmesi ve seviye dilimleme.
- Mekansal özellik zenginleştirme: Mekansal filtreler, kenar çıkartımı ve Fourier analizleri.
- Çok spektrumlu görüntü zenginleştirme: Kanal oranları, kanal farkları, ana bileşen dönüşümleri, renk uzayı dönüşümleri gibi uygulamalar.

4.5. Sınıflandırma

Her cisim yoğunluk ya da doku özellikleri gibi farklı spektral özelliğe sahiptir. Sınıflandırma işlemi görüntü üzerindeki farklı cisimlerin farklı spektral yansıtım nedeni ile farklı görünen pikselleri özelliklerine dayanarak bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Her pikselin sahip olduğu farklı sayısal değerlerden benzer olanlar bir araya getirilerek gruplar ya da sınıflar oluşturulmaktadır.



Şekil 4.3: Uzaktan algılamada sınıflandırmanın genel hali (Yura, 2004)

Sınıflandırma işlemi matematiksel sınıflandırma teknikleri ile ortaya çıkartılan gruplardır. Bu işlemlerin dört temel adımda ortaya çıkmaktadır.

- Sınıflandırması yapılacak alanların karakteristik ve nesnel özelliklerine bağlı olarak tanımlanması
- Sınıfların yansıtım özelliklerine bağlı olarak sınıflandırmada kullanılacak uygun bantların veya veri tarihlerinin seçilmesi
- Orijinal verinin türüne ve çalışma amacına bağlı olarak uygun sınıflandırma algoritmasının seçimi
- Sınıflandırılmış görüntü için doğruluk analizinin yapılması (Yura, 2004)

Sınıflandırma yöntemleri kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma olarak iki gruba ayrılmaktadır.

4.5.1 Kontrolsüz Sınıflandırma

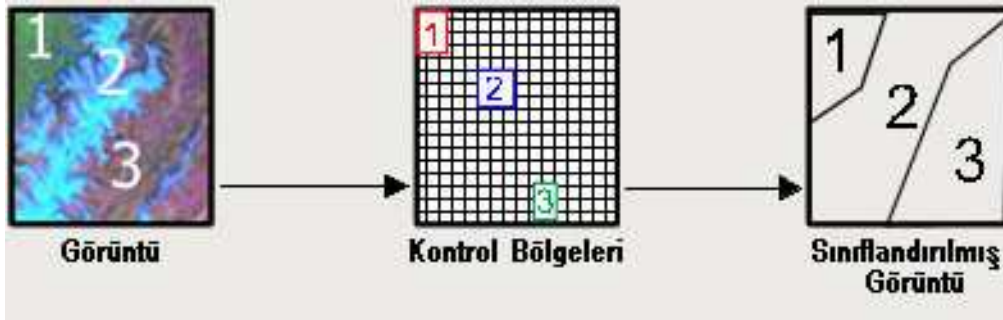
Kontrolsüz sınıflandırma tamamen spektral yansıtım değerlerine dayalı olarak yapılmaktadır. Görüntüde herhangi bir kontrol bölgesi olmadığı için, görüntüdeki dijital numaralar (DN) yardımı ile oluşan grupların ifade edilmesini sağlanmaktadır. Dijital numaralara bağlı olarak oluşan gruplardan çeşitli algoritmalar yardımı ile sınıflar oluşturulur.

Kontrolsüz sınıflandırma sonucunda oluşan sınıflar tamamen görüntüdeki spektral özellikler dayalı oluşmuştur ve sınıflandırmaya başlamadan önce nasıl bir sonuç çıkacağı bilinmemektedir.

Kontrolsüz sınıflandırmada en çok kullanılan yöntem Iso Data yöntemidir. Bu yöntem bir çeşit minimum uzaklık kümelemesidir. Sınıflandırmanın gerçekleşmesi için görüntüde kaç küme oluşması istendiği (N), kaç iterasyon yapılması gerektiği (M) ve eşik değerinin (T) verilmesi gerekmektedir. Görüntü minimum uzaklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılır. Kümeler için yeni orta değer hesaplanır. Ortaya çıkan yeni orta değerler ile görüntü yeniden sınıflandırılır. Bu işlem verilen iterasyon sayısı kadar tekrarlanır. Her iterasyondan sonra bir kümede ne kadar piksel kaldığı yüzde olarak hesaplanır.

4.5.2 Kontrollü Sınıflandırma

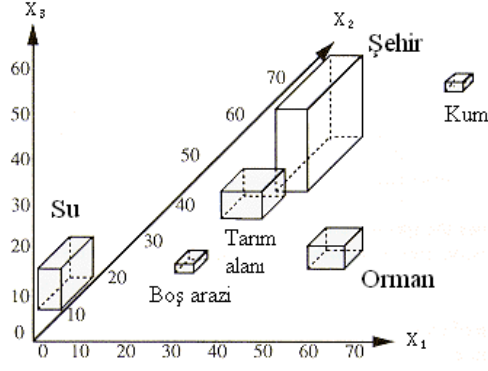
Görüntü üzerinde sınıflandırması yapılacak bölgeler hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Bu bilgi sınıflandırılacak bölgedeki toprak, bitki, su, bulut ya da yerleşim alanı gibi hakkında bilgi sahibi olunan bölgelerdir ve bu bölgeler kontrol bölgesi olarak alınır. Kontrollü sınıflandırma için ilk olarak kontrol sınıflarının seçilmesi gerekmektedir. Seçilen alanlar yani kontrol sınıfları tüm görüntünün sınıflandırılmasında baz olarak kullanılmaktadır. Kontrol sınıflarından alınan bilgi ile her piksel en çok uyum gösterdiği sınıfa dahil edilmekte ve bu işlem tüm görüntüye uygulanmaktadır. İşlemin sonucunda sınıflandırılmış görüntü ortaya çıkar.



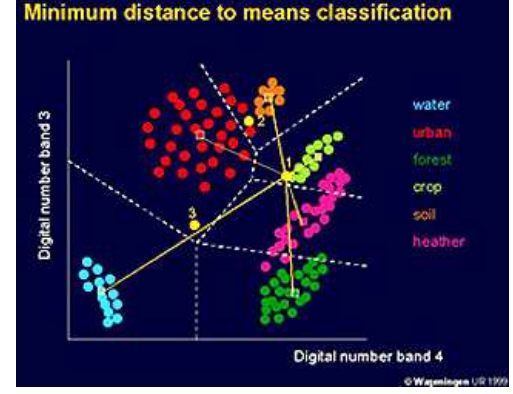
Şekil 4.4: Kontrollü sınıflandırma (CSCRS, 2003)

Kontrollü sınıflandırmada en çok kullanılan yöntemler arasında en çok benzerlik (Maximum likelihood), en kısa uzaklık (Minimum distance) ve paralelepiped yöntemleri bulunmaktadır.

- Paralelepiped yöntemin en basit kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Verilen kontrol bölgelerinden sınıflara ait özellikler için bazı kabuller çıkartıp ona göre tüm görüntüyü sınıflandırır. Sınıflandırılmış bölgeler birbirinden en alakasız olan değerlerden oluşturulur.



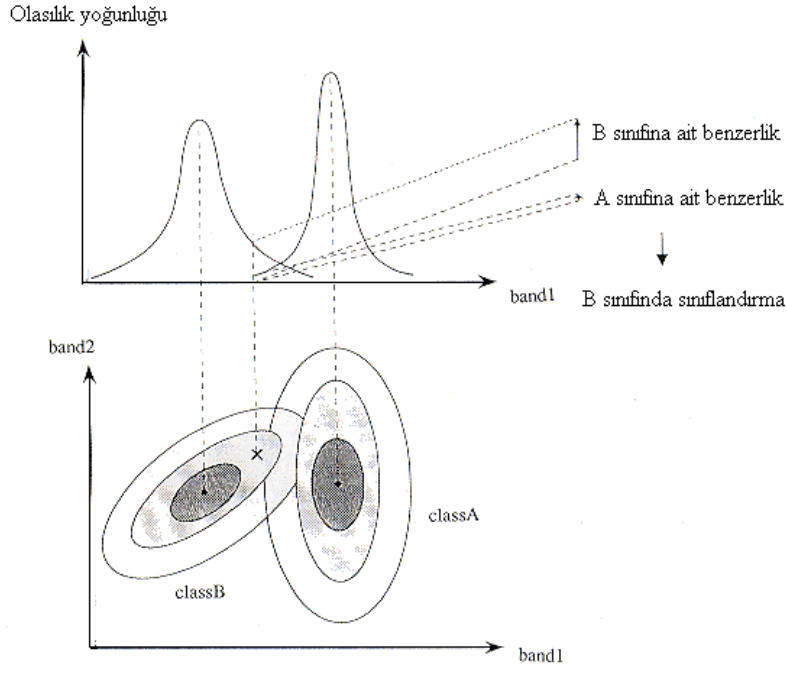
(a)



(b)

Şekil 4.5: a- paraleliped yöntemi ile yapılan sınıflandırmada sınıfları dağılımı (Yura, 2004) b- en yakın mesafe yöntemi ile yapılan sınıflandırma (Short, 2006)

- En kısa uzaklık yönteminde piksellerin mean yani orta değeri bulunur ve bulunan bu orta değere yaklaşık değere sahip olan tüm pikseller belli sınıflara atanır.
- En çok benzerlik yönteminde sınıfların spektral özelliklerinin varyans ve kovaryans değerleri bilinmeyen pikselin sınıflandırılması için kullanılır. Sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımının Gauss dağılımı olduğu varsayılır ve dağılım, ortalama vektörü ve kovaryans matrisi ile tanımlanır. Görüntüde bulunan her piksel için, o pikselin bir sınıfa ait olması durumu için en yüksek olasılıklar hesaplanır. Bilinen değerler ile her pikselin ait olması gereken sınıf için en yüksek olasılık bulunur. Hesaplanan olasılıklara göre pikseller en benzer oldukları sınıflara atanmaktadır.



Şekil 4.6: En çok benzerlik metodu ile sınıflandırmanın yapılışı (Yura, 2004)

5. UZAKTAN ALGILAMADA ISIL KANALA SAHİP UYDULAR

5.1. LANDSAT Uyduları

İlk Landsat uydusu Landsat-1 1972 yılında NASA tarafından uzaya fırlatılmıştır. Bu uyduyu takiben 1975 yılında Landsat-2 ve ardından 1978 yılında Landsat-3 yörüngeye yerleştirilmiş ancak kullanım süreleri sona ermiştir.

Landsat 1/2/3 uyduları üzerinde MSS çok bantlı tarayıcı (Multi Spectral Scanner) algılayıcıları ve RBV (Return Beam Vidicon), -185km*185km lik alanı görüntülemeyi hedefleyen, televizyona benzeyen filmsiz kamera sistemi (usgs)-bulunmaktadır. Günümüzde halen aktif olan Landsat 5 ve aktif olmayan Landsat-4 üzerinde ise TM (Thematic Mapper) bulunmaktadır (Şekil ..). Bu uyduların takibinde fırlatılan Landsat-6 kısa süre içinde düşmüştür. Bu gün Landsat 5'in yanı sıra Landsat 7 de yörüngede bulunmaktadır. Bu uydusu ise üzerinde ETM (Enhanced Thematic Mapper) algılayıcısı bulundurmaktadır.

Landsat uydularının fırlatılış tarihleri ve algılayıcıları ile Landsat 5 ve 7 uydularına ait teknik özellikler aşağıdaki şekil 5.1 ve tablo 5.1 de verilmiştir.

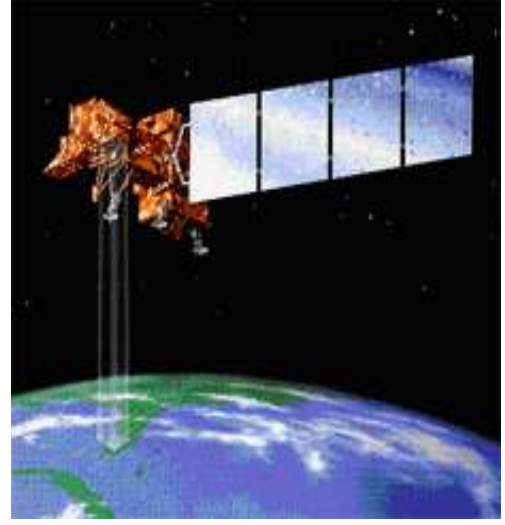
Tablo 5.1: Landsat uydularının yörüngeye oturtulma ve yörüngeden geri çekilme tarihleri (USGS-Landsat, 2007)

Uydu	Yörüngeye Oturtulma	Yörüngeden Geri Çekilme	Algılayıcı
Landsat 1	Temmuz 23, 1972	Ocak 6, 1978	MSS ve RBV
Landsat 2	Ocak 22, 1975	Şubat 25, 1982	MSS ve RBV
Landsat 3	Mart 5, 1978	Mart 31, 1983	MSS ve RBV
Landsat 4	Temmuz 16, 1982	Haziran 15, 2001	TM ve MSS
Landsat 5	Mart 1, 1984	-----	TM ve MSS

Landsat 7	Nisan 15, 1999	-----	ETM
-----------	----------------	-------	-----



(a)



(b)

Şekil 5.1: a- Landsat 5 TM Uydusu, b- Landsat 7 ETM Uydusu (USGS-Landsat, 2007)

Landsat 5 uydusu verileri 7 bantlıdır ve bunlar 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7. bant olarak adlandırılmaktadır. Bantların sahip olduğu çözünürlük özellikleri şekil 5.2’de verilmiştir. Sadece 6. bant ısıllı özelliğindedir. Landsat yeryüzünü kuzeyden güneye doğru belirli bir yörüngede ve tekrarlanabilir bir periyot ile algılamaktadır. Bir bölgeden geçiş zamanı ve geçişini tekrarlama aralıkları belirlidir.

Landsat 7 ise 8 banda sahiptir. Landsat 5 den farklı olarak 8. bant pankromatik özelliğindedir. Landsat 5 ve Landsat 7 için: görüntü boyutu; 183km * 183km (Landsat5), 185km * 185km (Landsat 7), radyometrik çözünürlük; 8 bit ve zamansal çözünürlük; 16 gündür. Yörüngelerinin yüksekliği ise 705 km dir.

Tablo 5.2: Landsat 5 ve Landsat 7 uydularının çözünürlük özellikleri (USGS-Landsat, 2007)

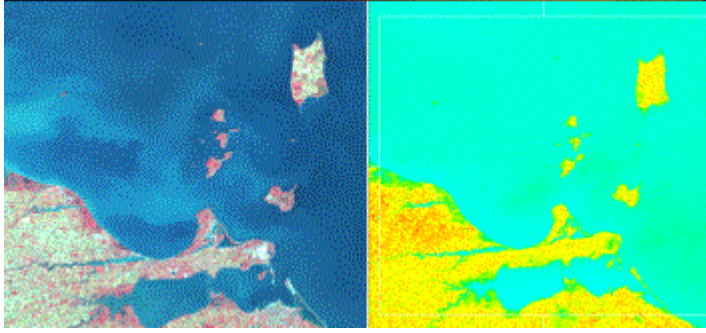
Bant	Mekânsal Çözünürlük	Spektral Çözünürlük (µm)	
		TM, ETM	MSS
1. bant	30m	0.45 - 0.52 Görünür Bölge	----
2. bant	30m	0.52 - 0.60 Görünür Bölge	----

3. bant	30m	0.63 - 0.69 Görünür Bölge	----
4. bant	30m	0.76 - 0.90 Yakın Kızılötesi	0.5 – 0.6 Görünür Bölge- Yeşil
5. bant	30m	1.55 - 1.75 Yakın Kızılötesi	0.6 - 0.7 Görünür Bölge- Kırmızı
6. bant	120m (L5) 60m (L7)	10.40 - 12.50 Termal Bölge	0.7 - 0.8 Yakın Kızılötesi
7. bant	30m	2.08 - 2.35 Orta Kızılötesi	0.8 - 1.1 Yakın Kızılötesi
8. bant	15m	0.52 – 0.90 Pankromatik	----

Landsat uydu verileri devlet işleri için, ticari alanlarda, endüstriyel olarak üniversitelerde eğitimsel olarak veya sivil amaçlarla kullanılabilir. Kullanım alanları; ormancılık, tarım, jeoloji, coğrafya, jeodezi, haritalama, su kalitesi, oşinografi, doğal afetlerin izlenmesi, küresel değişim ve değişimi saptama olarak sıralanabilir.



Şekil 5.2: Landsat 5 TM 2007 İstanbul ve Marmara Denizi görüntüsü (Landsat, 2007)



Şekil 5.3: Landsat Uydu VIS/NIR olarak alınmış görüntü ile 6. Bant olan termal bant ile alınmış (10.4-12.5 μ m) görüntü (Landsat, 2007)

5.2. TERRA

TERRA uydusu NASA tarafında 1999 yılında fırlatılmıştır. Uydu üzerinde ASTER, MODIS CERES, MISR, , MOPITT olmak üzere 5 farklı algılayıcı bulunmaktadır.



Şekil 5.4: Terra uydusu (NASA-TERRA, 2008)



Şekil 5.5: ABD’de çıkan yangınların Terra Uydu ile alınmış görüntüsü. (NASA-TERRA, 2008)

5.2.1. ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) algılayıcısının toplam 14 bandı ve ısı ve kızılötesi bölgede algılama yapan 11 bandı bulunduğu için özellikle jeolojik çalışmalarda ASTER görüntüleri tercih edilmektedir. Bunun dışında tarımsal çalışmalar, arkeolojik çalışmalarda, buzullarla ilgili çalışmalarda, hidrolojik çalışmalarda, kara kullanımını ortaya koyan çalışmalarda, ormancılık çalışmalarında ve SYM oluşturma amaçlı, yanar dağların incelenmesinde, yangın gibi afetlerin incelenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır.

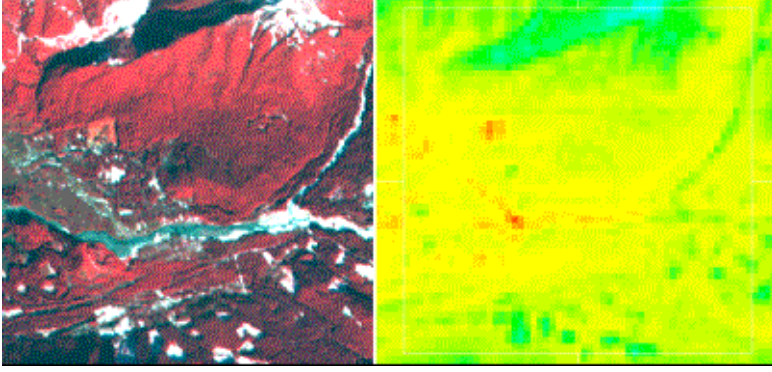


Şekil 5.6: Terra –Aster İstanbul boğazı (NASA-ASTER, 2004)

Tablo 5.3: ASTER algılayıcısının termal kanalları (NASA-ASTER, 2004)

ASTER'de Termal Bant	Dalga boyu (µm)	Çözünürlük (m)
1.	8.125 – 8.475	90
2.	8.475 – 8.825	90
3.	8.925 – 9.275	90
4.	10.25 – 10.95	90
5.	10.95 – 11.65	90

ASTER algılayıcısı ile aynı bölgeye için farklı dalga boylarında alınmış iki görüntü aşağıdaki gibidir. İlk görüntü görünür dalga boyunda, ikincisi ise termal kanalların dalga boyunda alınmış görüntüdür.



Şekil 5.7: ASTER algılayıcısı ile Vis/NIR ve termal bantı olan TIR-1 (8.125-8.475 μm) görüntüsü (NASA-ASTER, 2004)

5.2.2. MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) algılayıcısı 2 günlük zamansal çözünürlüğe ve 250 - 500 ve 1000 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Görüntü boyutu 4km*4km dir. Diğer uydulara nazaran daha geniş bir alanı taraması sayesinde özellikle meteorolojik amaçlı uygulamalarda çok kullanışlıdır. Bunun yanı sıra orman yangını tespiti, bitki indeksleri ile bitkilerin incelenmesi hatta ısı adalarının ortaya koyulması konularında da kullanılmaktadır.



Şekil 5.8: Terra-Modis tüm Türkiye (NASA-MODIS, 2008)

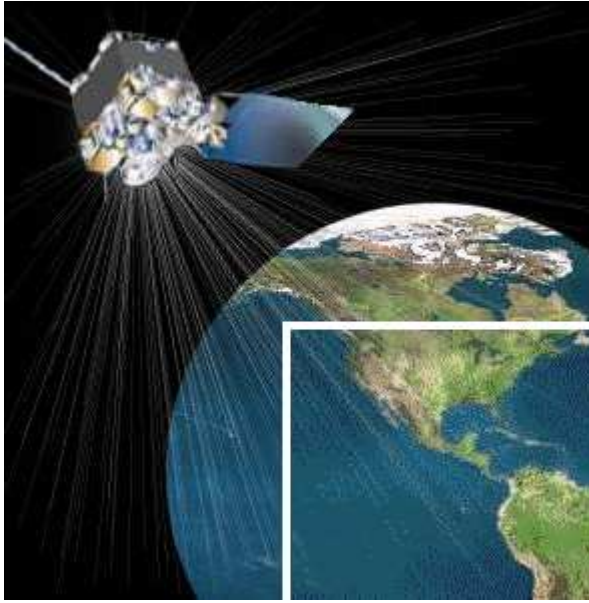
5.2.3. CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System): Dünyanın radiant akısının ölçülmesi için oluşturulmuştur. Radiant akının yanı sıra bulutların gözlenmesi amaçlı kullanılmaktadır (NASA-CERES, 2008).

5.3. NOAA Uyduları

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Amerika Ulusal Okyanusal ve Atmosferik Araştırma Kurumuna ait olan uydulardır. NOAA

kutupsal yörüngeli ve yer sabit yörüngeli uydular olmak üzere iki tip uydu sistemine sahiptir. Yer sabit yörüngeli uyduları kuzey yarımküreyi görüntülerken, kutupsal yörüngeli uyduları dünya etrafında sürekli olarak dolaşarak küresel veri sağlamaktadır. Kutupsal yörüngeli olan sistem her gün dünyanın her iki yüzünü; gece gündüz bölümlerinin her ikisini birden gözleyebilecek şekilde düzenlenmiştir. Kutupsal yörüngede yer alan uydular yerden yaklaşık 830-870 km yüksekliktedir.

NOAA uydularının amacı 7 gün 24 saat sürekli olarak veri sağlayabilmektir. Özellikle Atlantik ve Pasifik okyanusları üzerinde oluşabilecek tropik fırtınaların gözlenmesinde, iklim değişikliğinin en belirgin özelliklerinden olan okyanus suyunun sıcaklığının belirlenmesinde, hava öngörü ve analizinde, denizlerde ya da okyanuslarda artan ve buldukları yerin oksijenini tüketen zararlı alglerin izlenmesinde, orman yangınları ve volkanik aktivitelerin izlenmesinde, arama kurtarma çalışmalarında kullanılmaktadır (NOAA, 2008).



Şekil 5.9: NOAA uydusu (NOAA, 2008)

NOAA' nın kutupsal yörüngeli uyduları üzerinde AVHRR yani görünür ve termal bantları işleyen gelişmiş yüksek çözünürlükteki radyometre alıcıları ve TOVS (Tiros Operational Vertical Sounder) bulunmaktadır.

Tablo 5.4: NOAA Uydularının yörüngeye oturtulma ve yörüngeden geri çekilme tarihleri (NOAA, 2008)

Uydu	Yörüngeye Oturtulma	Yörüngeden Geri Çekilme	Algılayıcı
TIROS-N	13 Ekim 1978	30 Ocak 1980	AVHRR (4 bant)
NOAA 6	27 Haziran 1979	16 Kasım 1986	AVHRR (4 bant)
NOAA 7	23 Haziran 1981	07 Haziran 1986	AVHRR/2 (5 bant)
NOAA 8	28 Mart 1983	31 Ekim 1985	AVHRR/2 (5 bant)
NOAA 9	12 Aralık 1984	11 Mayıs 1995	AVHRR/2 (5 bant)
NOAA 10	19 Eylül 1986	-----	AVHRR/2 (5 bant)
NOAA 11	24 Eylül 1988	13 Eylül 1994	AVHRR/2 (5 bant)
NOAA 12	13 Mayıs 1991	15 Aralık 1994	AVHRR/2 (5 bant)
NOAA 14	30 Aralık 1994	-----	AVHRR/2 (5 bant)
NOAA 15	13 Mayıs 1998	-----	AVHRR/3 (6 bant)
NOAA 16	21 Eylül 2000	-----	AVHRR/3 (6 bant)
NOAA 17	24 Haziran 2002	-----	AVHRR/3 (6 bant)

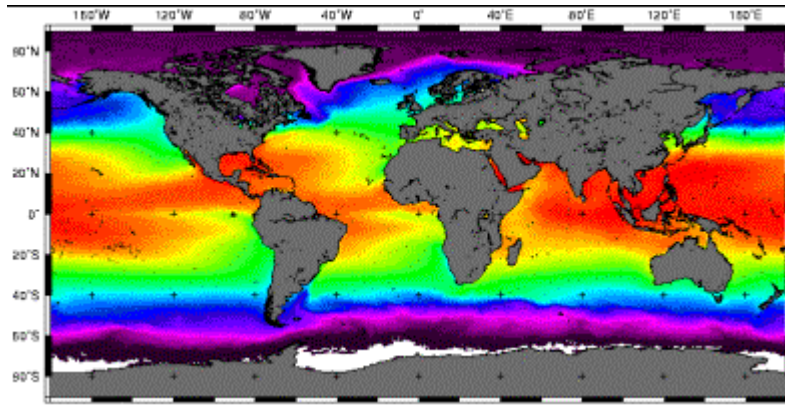
5.3.1. AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer): gelişmiş ve yüksek çözünürlüklü radyometre alıcısı. AVHRR verileri görülür ve termal (ısı) bantlarına sahiptir ve algılayıcıları bütün tayfsal kanallardan kutuptan kutba uydu üzerinde veri toplayabilir. Uydunun her geçişi 2399 km genişliğinde bir veri sağlar ve dünyayı günde 14 kez dolaşır (NOAA-AVHRR, 2006).

AVHRR $1.1*1.1 \text{ km}^2$ çözünürlüğe sahip ve elektromanyetik spektrumun, görünür kırmızı (R), yakın kızılötesi (NIR) ve 3 bant da termal kızıl ötesi (TIR) bölgesinde olmak üzere 6 banda sahiptir.

Tablo 5.5: NOAA Uydularında termal bantlar (NOAA-AVHRR, 2006)

Bant numarası	NOAA Uydu numarası	Dalga boyu μm	Kullanım amacı
1	6 - 17	0.58 – 0.68	Gündüz bulutların ve yüzey haritalanması
2	6 - 17	0.725 – 1.10	Kara ve su sınırları gözlemi
3A	15 - 17	1.58 – 1.64	Kar ve buz tespiti
3B	6 – 17	3.55 – 3.93	Gece bulut gözlemi ve deniz yüzeyi sıcaklığı tespiti
4	6 – 17	10.30 – 11.30	Gece ve gündüz bulut gözlemi ve deniz yüzeyi sıcaklığı tespiti
5	6 - 17	11.50 – 12.50	Gece ve gündüz bulut gözlemi ve deniz yüzeyi sıcaklığı tespiti

NOAA uyduları dünyanın hava durumunu gözlemlemek için tasarlanmış daha sonra AVHRR 'ın geliştirilmesi ile daha geniş alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. AVHRR 'ın birinci ve ikinci kanalları; bulutları, kara-su sınırlarını, kar ve buzla kaplı alanları ve kar/buz kalınlıklarını ve erimesinin başlamasını takip ederek akışa geçebilecek suyun miktarını hesaplayabilmek ve NDVI bitki indisi hesaplaması ile yeryüzündeki bitki örtüsünü takip edebilmek amaçlı kullanılmaktadır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci kanalları ise bulutların ve deniz yüzeyinin sıcaklığını ölçmek ve gece bulutları takip ederek onları haritalamak amacı ile kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra fırtınaların, sellerin, orman yangınlarının, volkanik püskürmelerin, petrol kaynaklı kirliliklerin ya da denizlerdeki yağ tabakasının izlenmesinde kullanılmaktadır. (NOAA-AVHRR, 2006)



Şekil 5.10: NOAA/NASA - Kıtaların ve okyanusların termal görüntüsü (NOAA, 2008)

6. KRİGİNG

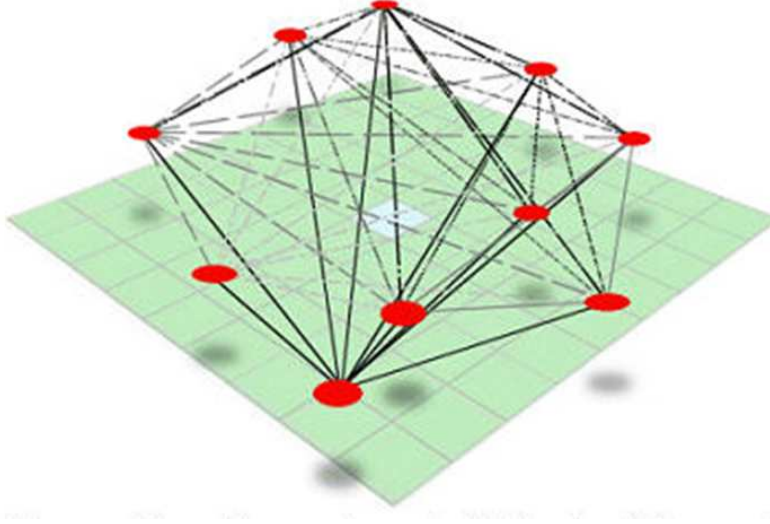
Jeostatistik; madencilik, mineral araştırmaları, kömür aramaları sırasında gelişmiştir ve bugün hidrojeoloji, hidroloji, meteoroloji, jeoloji, oşinografi, ekoloji, çevre, orman çalışmaları gibi birçok konuya entegre edilebilmektedir.

Kriging entepolasyon yöntemi, gözlem yapılamayan alanların gözlem yapılabilen alanlar için elde edilen verilerinin entepole edilmesiyle, gözlem yapılamayan alanlar için tahmini veri ortaya konmasını sağlayan, jeostatistik tekniklerinden oluşan bir yöntemidir. Bu yöntem fransız matematikçi Georges Matheron tarafından geliştirilmiş ve güney Afrikalı maden mühendisi Daniel G. Krige'e ithafen kriging yöntemi adını almıştır (Agterberg,1974).

Kriging metodu sapmasız ve bilinmeyen değerlerin en iyi doğrusal tahminini sağlayan bir mekânsal tahmin tekniğidir (Daylan, 2002). Kriging hesaplamasının sapmasız olması ve minimum varyansları bilmesi bakımından optimal bir interpolatördür. Tahminin varyansları, tahminler gibi belirlenip, haritalandırabildiğinden ve belirli bir dağılımı tahmin ettiğinden; güvenilirlik değerlendirmelerde hesaplanabilir. Bu durum Kriging'i diğer entepolasyon yöntemlerinden daha farklı ve hassas kılmaktadır (Oliver ve Webster, 1990. Daylan, 2002). 1987 yılında Laslett ve diğerleri kriging entepolasyon yöntemini diğer entepolasyon yöntemleri ile karşılaştırmış ve Kriging'in her konuda güvenilebilir olarak kullanılabilen tek yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır.

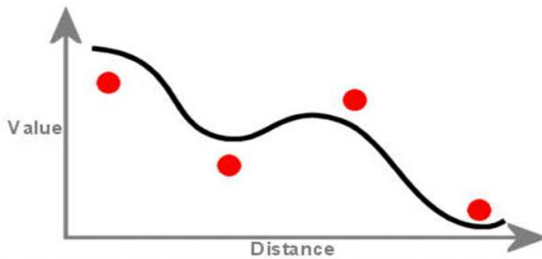
Kriging entepolasyon yöntemi kabaca tanımlandığında mekânsal veri entegrasyonunda otomatik olarak kontur çizen bir program olarak tanımlanabilir. Kriging entepolasyon yönteminde uzak mesafedeki verilere düşük ağırlıklı değerler atanırken yakın mesafedeki noktalara yüksek ağırlıklı değerler atanır. Kısaca bilinmeyen her nokta için bilinen noktaların ağırlıklı ortalamasının toplamı hesaplanarak, bilinmeyen noktaların değerleri bulunur (Kerry ve Hawick, 1990). Sonucunda amaç eksik veriye atanabilecek en uygun değeri bulup atamaktır ve yöntem bunu yapmaktadır (Lefohn ve diğerleri, 1988).

Bir yüzeyi Kriging enterpolasyon yöntemi kullanarak enterpole edildiğinde, her nokta çiftinin yönü ve mesafesi, veri setinin uzamsal oto korelasyonu hakkında bilgi sağlanması ile kullanılmış olur.



Şekil 6.1: Kriging enterpolasyon yönteminde yüzeyin görünüşü

Kriging enterpolasyon metodu ile bir yüzey oluşturulduğu zaman oluşan konturlar noktaların üzerinden değil aralarından geçer.



Şekil 6.2: Kriging enterpolasyon yönteminde değer ve mesafenin grafiksel ifadesi

Kriging enterpolasyon yöntemi lineer ve lineer olmayan olarak ikiye ayrılır. Lineer olmayan kriging metodu lineer olana göre daha kesin ve doğru sonuçlar vermesine rağmen daha karmaşık olduğu ve daha fazla istatistikî bilgi gerektirdiği için tercih edilmemekte, onun yerine lineer kriging yöntemi kullanılmaktadır. Bir değişkenin lineer değerini tespiti en iyi lineer kriging yöntemi ile belirlenir. Lineer kriging yöntemi ise kendi içinde üçe ayrılır. Bunlar olağan (ordinary), basit (simple), ve genel (universal) kriging yöntemleridir.

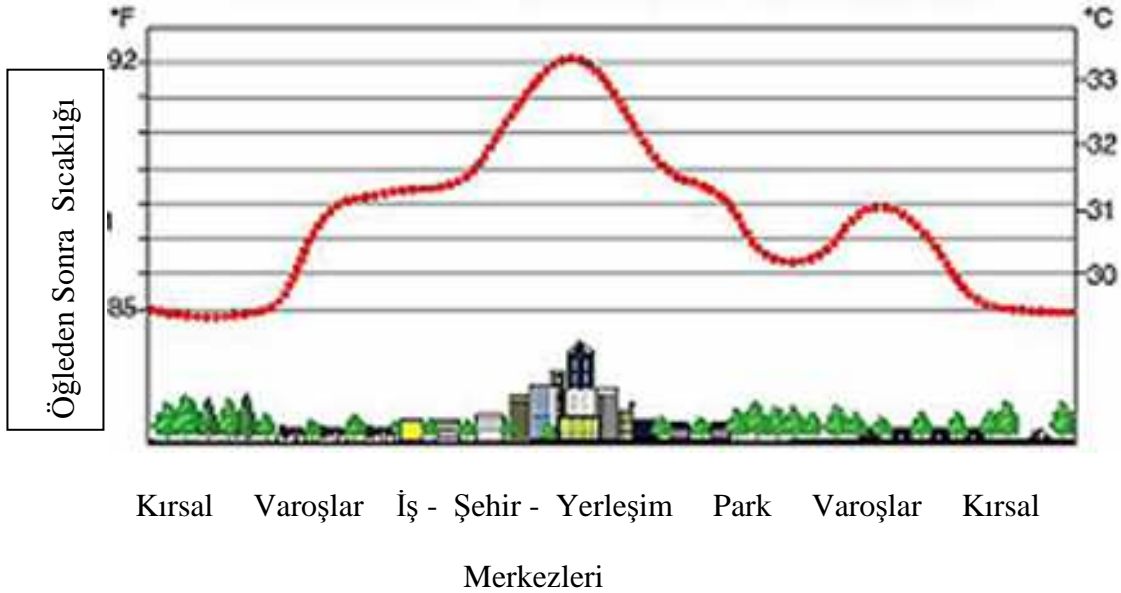
7. UYDU GÖRÜNTÜLERİ VERİLERİ ve SICAKLIK VERİLERİ ile İSTANBUL İLİ İÇİN ISI ADALARI TESPİTİ

7.1. Şehir Isı Adası

7.1.1. Şehir Isı Adası Tanımı

Isı adasının genel görüntüsü aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir. Şekilden de anlaşıldığı üzere şehir ısı adası, şehirlerde; asıl yerleşim merkezleri üzerindeki sıcaklık değerlerinin, hemen yakınında bulunan kırsal kesimlerden ya da yerleşim birimlerinden daha yüksek olmasıdır.

Şehir ısı adaları özellikle gelişmiş büyük şehirlerde, şehir merkezlerinde, fabrikaların ya da iş merkezlerinin yoğun olduğu bölgelerde oluşur. Ayrıca insanların oluşturduğu endüstri alanları, madenler, ulaşım araçları, havanın akışını neredeyse imkânsız kılan yüksek binalar ve dar sokaklar şehir ısı adalarını oluşturmaktadır.



Şekil 7.1: Şehir ısı adası profili

Dünya güneşten gelen radyasyon ile ısınmaktadır. Güneşten gelen radyasyonun bir kısmı absorblanırken bir kısmı da geri yansıtılır. Yerden yansıyan radyasyonun gelen radyasyona oranına albedo denir. (Koçak, 2001)

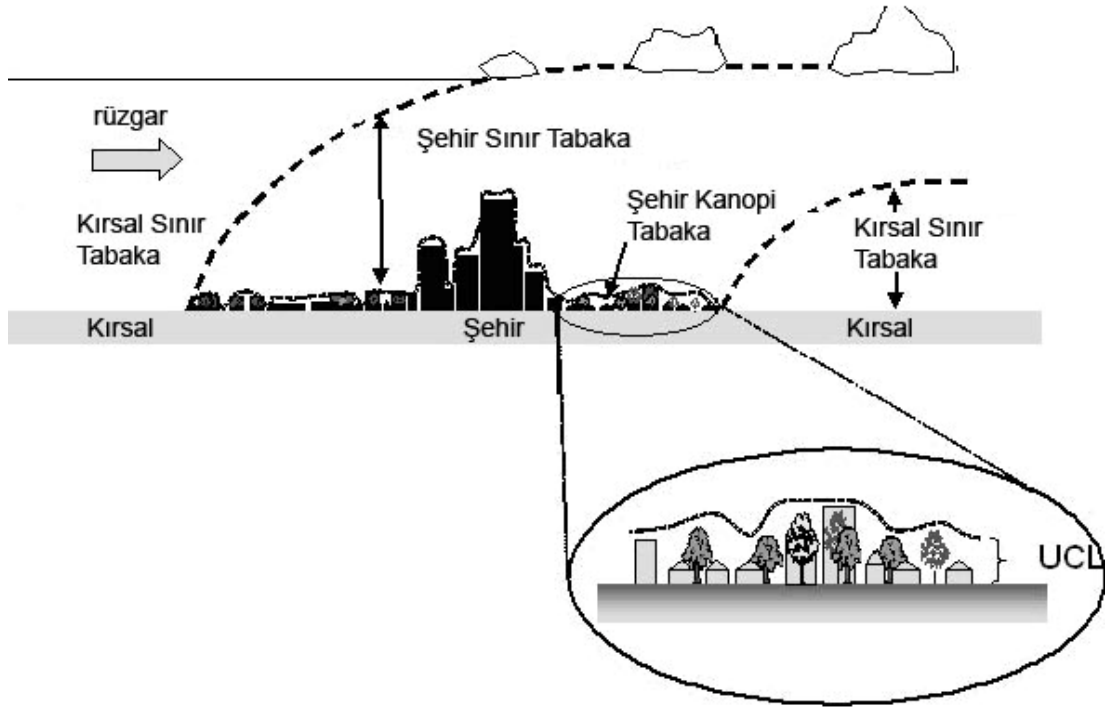
Şehirlerde giderek artan asfalt yollar, beton yapılar güneşten gelen radyasyonun olması gerekenden daha fazla absorblanmasına, yeterince yansıtılmamasına sebep olur. Bu da şehirlerdeki ısı artışının sebebidir. Yansıyan radyasyonun azalması daha düşük albedo anlamına gelir. Düşük albedo değerleri daha yüksek yüzey sıcaklıklarını ve yüksek hava sıcaklığını temsil eder (Chand ve diğerleri, 2008)

7.1.2. Şehir Isı Adası Çeşitleri

Isı adaları şehir atmosferinin farklı tabakaları, çeşitli yüzeyler hatta yüzeyin alt tabakası için tanımlanabilir (Voogt ve Oke, 1997). Isı adalarının oluşumuna sebep olan mekanizmaların farklılıklarının ortaya koyulması bu yüzden önemlidir (Oke, 1982; Roth ve diğerleri, 1989). Oke 1976 yılında yayınladığı makalesinde şehir ısı adalarının iki sınıfta incelenebileceğini söylemektedir. Bunlardan birincisi kanopi tabakası ısı adası, ikincisi sınır tabaka ısı adasıdır. Oke bu sınıflandırmayı, tabakaların yerden yüksekliğine göre ve ölçekli olarak gerçekleştirmiştir. Şehir kanopi tabakası ısı adasının küçük ölçekte, şehir sınır tabaka ısı adasının ise lokal ya da büyük ölçekte incelendiğini söylemektedir.

James A. Voogt 2004 yılında yayınladığı çalışmasında ise ısı adalarını üç sınıfa ayırmaktadır. Bunları şehir kanopi ısı adası (Urban Canopy Island, UCL), şehir sınır tabaka ısı adası (Urban Boundary Layer, UBL) ve yüzey ısı adasıdır (Surface Heat Island, SHI). Ona göre ilk iki terim şehir atmosferinin ısınmasının anlatırken üçüncü ifade şehir yüzeyinin ısınması ile ilişkilidir. Kanopi tabakası ısı adası şehirlerde yüzeye yakın olan, binaların ortalama yüksekliğine bağlı olarak gelişen tabakadır. Kanopi tabakası ısı adasının oluşumu o bölgedeki binalardan, bu binaların yapı maddelerinden ve şekillerinden etkilenmektedir. Şehir kanopi tabakası, genel olarak şehirlerde yerleşim merkezlerinde binaların çatılarına kadar olan ya da binaların ortalama yükseklik seviyesine kadar olan ısı adası olarak tanımlanmaktadır. (Mills, 2007, Voogt ve Oke, 2003) şehir kanopi tabakasının hemen üzerinde, yaklaşık 1 km kalınlığı ile sınır tabaka bulunmaktadır. Şehir sınır tabaka ısı adası şehir üzerinde bir örtü gibi yayılan ve rüzgârın hareketine göre genişleyen ya da daralan ısı tabakasıdır (Voogt ve diğerleri, 2004).

Kanopi tabakası ısı adası ile sınır tabaka ısı adasının konumu aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir.



Şekil 7.2: Isı adalarının oluştuğu bölgelerin gösterimi

Kanopi tabakası ısı adası ve sınır tabaka ısı adası termometre kullanılarak ya da meteorolojik yöntemlerle ölçülebilirken yüzey ısı adası yalnızca uydulardan ya da uçaklar ile uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak ölçülebilmektedir.

Kanopi tabakası, sınır tabaka ve yüzey tabaka birbirleri ile kıyaslanacak olursa kırsal kesimler ile şehir merkezleri arasındaki sıcaklık farkının en yüksek değerlere ulaştığı tabaka kanopi tabakasıdır.

Isı adaları yıl boyunca gece ya da gündüz oluşabilir. Özellikle sakin ve açık havalarda, geceleri kırsal ve şehirsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı artmaktadır. Kanopi tabakasındaki sıcaklık farkı özellikle geceleri, çok az rüzgârın olduğu sakin ve açık gecelerde artmaktadır. Bunun sebebi kırsal bölgelerin, geceleri, şehirsal bölgelere nazaran, ısıyı daha fazla absoblayan yollar, binalar gibi yapılara sahip olmamasından dolayı, daha çabuk soğumasıdır. Gün batımından sonra kırsal bölgeler daha çabuk soğurken şehirler daha yavaş soğumaktadır. A.B.D Çevre Koruma Ajansının bildirdiğine göre; kırsal ve şehirsal alanlar arasındaki sıcaklık farkının en fazla olduğu zaman ya da ısı adalarının en belirgin olduğu zaman, güneşin batışından 3 ila 5 saat sonrasındır (EPA, 2008).

Kanopi tabakası ısı adası, binaların yavaş ısınmasından dolayı gün içinde gece olduğundan daha zayıftır. Güneşten gelen radyasyon yüzeyi gündüz daha fazla

ısıttığı için yüzey ısı adası gün içinde geceden daha fazla etkilidir. Sınır tabaka ısı adası hem gece hem gündüz etkili olurken, rüzgârlar nedeni ile kanopi tabakası ya da yüzey tabaka ısı adalarından biraz daha düşük sıcaklık farklarına sahiptir (Voogt ve diğerleri, 2004).

7.1.3. Şehir Isı Adalarının Oluşumunun Nedenleri

Isı adaları bölgenin iklimine, jeolojik yapısına, mevsime ya da güne, şehrin yapılaşmasına bağımlı olarak oluşur.

Isı adaları özellikle sakin ve açık havanın olduğu gecelerde oluşurken, rüzgârın artışı havanın karışımına yol açacağından ısı adasının azalmasına sebep olur. Bununla birlikte bulutların oluşması ve miktarlarındaki artış geceleri meydana gelen radyatif soğumayı azaltacağından ısı adalarının azalmasına sebep olacaktır.

Şehirlerin kurulmuş olduğu bölgenin konumunun deniz kenarında olması, şehrin etrafını çevreleyen dağlar bulunması ve şehirde bulunan akarsuların, göllerin, şehrin üzerindeki havanın ısınmasında ve soğumasında etkisi bulunmaktadır.

Şehirlerin inşasında kullanılan maddeler o bölgenin sahip olduğu karakteristik özelliğinin değişmesine neden olmaktadır. Binaların yapımında kullanılan maddeler daha yavaş ısınıp daha geç soğudukları için daha fazla enerjiyi tutarlar. Aynı zamanda koyu renkli olmaları nedeni ile açık renkli yüzeylerden daha fazla ısınırlar. Doğal su kaynaklarının azaltılması, daha az buharlaşmaya sebep olurken havanın daha fazla ısınmasına sebep olur. Bunlara ek olarak fosil yakıtlarının kullanımının giderek artması ısı adalarının oluşumunda önemli rol oynamaktadır.

Isı adaları orta enlemlerde özellikle yaz ve kış aylarında, tropikal iklimin yaşandığı yerlerde ise yağmursuz ya da kuru geçen dönemlerde etkili olmaktadır.

Soğuk iklimin hâkim olduğu ve kış mevsiminin sert geçtiği şehirlerde ısı adalarının oluşması daha az enerji tüketimi sağlaması ya da yollardaki karın, buzun erimesinde etkili olması gibi olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu olumlu etkiye rağmen genel olarak bakıldığında şehir ısı adaları özellikle yaz mevsimlerinde şehirler ve yaşayan insanlar üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Yaz aylarında şehirlerde yükselen hava sıcaklıkları klima kullanımındaki artış nedeni ile enerji gereksinimini artırmaktadır (EPA, 2008). Stratosferde faydalı bir gaz olan ozon troposfere gelindiğinde zararlı bir gaz haline gelmektedir. Troposferik ozonun oluşmasının temel koşulu şiddetli

güneş radyasyonu ve yüksek sıcaklık altında hidrokarbonların ya da azot oksitlerin fotokimyasal süreçlerden geçmesidir (Başar, 2006). Böylece şehirlerdeki sıcaklığın artışı hava kirleticilerinin ve sera gazlarının miktarındaki artışa da sebep olmaktadır. Şehirlerdeki sıcaklık arttıkça su kaynaklarının kullanımı da artmaktadır.

Şehirleşmenin artışı ile yalnız o şehrin sıcaklığı artmayıp onunla beraber o bölgedeki su ve enerji dengesi ve dolayısı ile bölgenin genel iklimi de değişmektedir. Şehirleşmenin artışının en temel nedeni nüfusun artışıdır.

Türkiye’de yapılan nüfus sayımları sonucunda ülkenin nüfusunun giderek arttığı görülmektedir. 31 Aralık 2007 tarihi itibarıyla Türkiye nüfusu 70,586,256 kişidir ve bu nüfusun % 70.5 i şehirlerde yaşamaktadır (DİE, 2008).

Özellikle büyük şehirlerde, kırsal kesimlerden alınan göç ile birleştiği zaman daha da artmaktadır. 81 il içinde nüfus artış hızı en yüksek olan ilk üç il sırasıyla Antalya, Şanlıurfa ve İstanbul'dur. 1990 - 2000 döneminde Antalya'nın yıllık nüfus artış hızı %o 41.8, Şanlıurfa'nın yıllık nüfus artış hızı %o 36.6 ve İstanbul'un yıllık nüfus artış hızı ise %o 33.1 olarak gerçekleşmiştir (DİE, 2008).

Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi ile 2007 yılı için gerçekleştirilen nüfus sayımı sonuçlarını 31 Aralık 2007 tarihinde yaptığı açıklamada duyurmuştur. Buna göre İstanbul ilinin nüfusu 12.573.836 olarak verilmektedir (DİE, 2008).

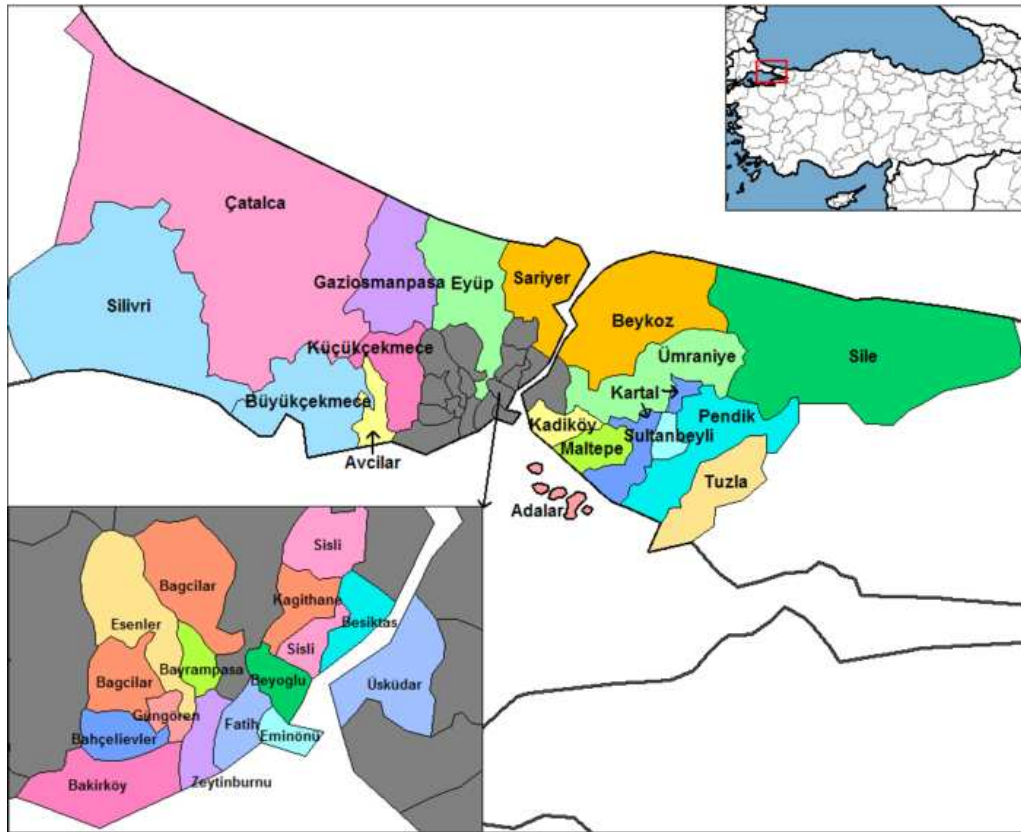
Bu gün nüfusun artışı ve dolayısı ile şehirleşmenin artışına bağlı olarak oluşan şehir ısı adalarının gelişimini ve tüm bu değişimleri incelemek için meteorolojik verilerin yanı sıra termal uzaktan algılama verileri de kullanılmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul İlinde oluşan ısı adaları araştırılmıştır. Araştırmada İstanbul ili için Landsat 5 TM uydu verisi ve Devlet Meteoroloji Müdürlüğünden alınan meteorolojik veriler kullanılmıştır. Bu verilerin tarihleri aşağıdaki gibidir.

- 25 Eylül 1987
- 18 Temmuz 1997
- 28 Haziran 2007

7.2. Çalışma Alanı

41° Kuzey enlemi, 29° Doğu boylamı koordinatlarına sahip olan İstanbul ili, Türkiye'nin kuzeybatısında, İstanbul Boğazı boyunca ve Haliç'i çevreleyecek şekilde batısı Avrupa yakası ve doğusu da Asya yakası olmak üzere iki kıta üzerine kurulmuştur. İstanbul'un kuzeyinde Karadeniz ve güneyinde Marmara Denizi bulunmaktadır. Batısında Tekirdağ'ın Çerkezköy ilçesi, batı ve kuzeybatıda Kırklareli'nin Vize ilçesi, doğusunda Kocaeli'nin Gebze ilçeleri bulunmaktadır. Şehrin iki yakası İstanbul Boğazı üzerinde yer alan Boğaz Köprüsü ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ile birbirine bağlanmaktadır. İstanbul, 5.512km² lik yüzölçümü ile 32 merkez ilçe ve 112 köye sahiptir.



Şekil 7.3: İstanbul ili siyasi haritası

İstanbul'un merkez ilçeleri Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Bayrampaşa, Beşiktaş, Beykoz, Beyoğlu, Büyükçekmece, Eminönü, Esenler, Eyüp, Fatih, Gaziosmanpaşa, Güngören, Kadıköy, Kağıthane, Kartal, Maltepe, Pendik, Sarıyer, Sultanbeyli, Şile, Şişli, Ümraniye, Üsküdar, Tuzla ve Zeytinburnu'dur. Merkez olmayan ilçeleri ise Çatalca, Silivri, Adalar ve Küçükçekmece'dir.

İstanbul'da kıyı kesimlerde genel olarak Akdeniz iklimi etkisi görülürken iç kesimlerin iklimi özellikle kış mevsiminde Balkanlardan gelen soğuk hava dalgalarından, Karadeniz'in yağışlı ve serin havasından ve Anadolu'nun kara ikliminden etkilenmektedir. Akdeniz ikliminde yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ılık ve yağışlı geçerken; İstanbul'da yaz ayları sıcak ve nemli; kış ayları ise yine nem ile birlikte soğuk ve yağışlı (yağmur, kar) geçmektedir. Soğuk ve yağışlı bir kış yaşanırken bile Akdeniz ikliminin etkisi ile esen ılık lodos ile kış mevsimi sertliğini kaybetmekte; Anadolu'nun ve Balkanların soğuşunu yumuşatmaktadır. İstanbul'da yazın genel olarak poyraz, kışın karayel, yıldız karayel ve lodos esmektedir. Kible ve lodos İstanbul'a yağış getirirken, Lodos, Marmara'da, karayel ve yıldız karayel Karadeniz'de fırtınaya sebep olmaktadır.

İstanbul'un aldığı yıllık yağış yaklaşık olarak 850 mm dir. Yağışların % 38'i kış %18'i ilkbahar, % 13'ü yaz, % 31' sonbahar mevsimindedir. Kış aylarındaki ortalama sıcaklık değerleri 7°C ile 9°C arasındadır. Haziran ayından Eylül ayına kadar ortalama sıcaklık 28°C dir. En sıcak ay ortalama 23,2°C ile Haziran, en soğuk ay da ortalama 3.2°C ile Ocak ayıdır. Geçtiğimiz yıllarda kayıt edilen en sıcak hava; Ağustos 200de 40,5 C ve Haziran 2007'de 40,2°C, en soğuk hava ise; Şubat 1927'de -16.1°C dir (DMİ, 2008).

İstanbul'un Anadolu yakası Rumeli yakasından biraz daha sıcaktır. Florya'da en yüksek sıcaklık 27 derece, Göztepe'de 31 derecedir. Yıllık sıcaklık ortalaması Florya'da 13,6, Göztepe'de 13,9 derecedir (Kandilli, 2006).

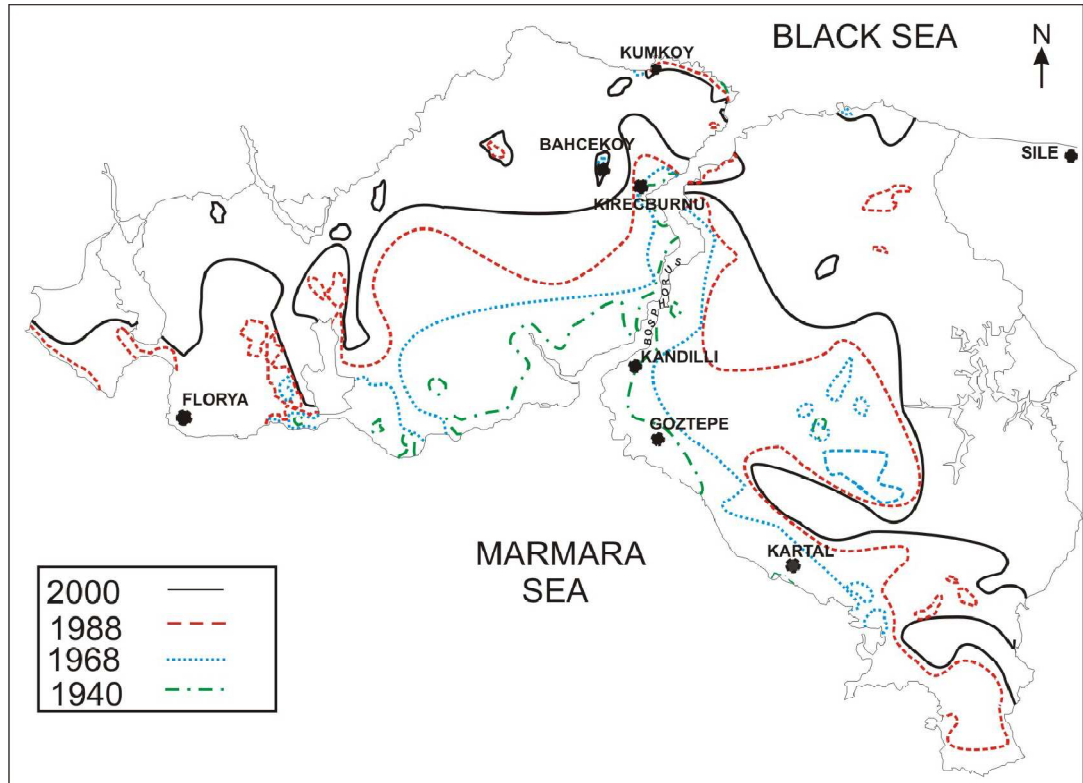
İklimi nedeni ile İstanbul İli her türlü sebze, meyve yetiştirilmesine ve orman alanlarının oluşmasına elverişlidir. Zamanla artan nüfus, sanayileşme sebebiyle İstanbul'da ki orman alanları giderek azalmaktadır. Bugün İstanbul İlinde, 224.518 hektarı Anadolu yakasında 27.370 hektarı Trakya yakasında olmak üzere 251.888 hektar orman alanı bulunmaktadır (İstanbul, 2007).

Osmanlı İmparatorluğu döneminden beri nüfus sayımı yapılan İstanbul'da 1901deki nüfus 942,900dir. I. Dünya Savaşı ve Kurtuluş Savaşının hemen öncesindeki 1914 yılında ise nüfus 909,978 olarak kayıt edilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulmasından sonra ilk nüfus sayımı 1927 yılında yapılmıştır ve İstanbul ili için nüfus 680,857 bulunmuştur. Takip eden nüfus sayımlarında 1935 yılında nüfus 741,148, 1940 yılında 793,949, 1945 yılında 860,558, 1950 yılında 983,041, 1955

yılında 1,268,771, 1960 yılında 1,466,535, 1965 yılında 1,742,978, 1970 yılında 2,132,407, 1975 yılında 2,547,364, 1980 yılında 2,772,708, 1985 yılında 5,475,982 1990 yılında 7,620,241, 1997 yılında 9,260,438, 2000 yılında 10,018,468 olarak hesaplanmıştır. 2007 yılında adrese dayalı olarak gerçekleştirilen nüfus sayımına ise İstanbul ilinin nüfusu 12,5 milyon olarak saptanmıştır. Türkiye’de 1990 ve 2007 yıllarında yapılan nüfus sayımlarında İstanbul şehri için toplam nüfusun 7.195.773 den 12,5 milyona yükseldiği görülmüştür (DİE, 2008).

2000 yılında yapılan nüfus artışına göre Türkiye’nin yıllık nüfus artışı (%o) 18,28 iken İstanbul için bu oran 33,09 olarak hesaplanmıştır (T.C. İstanbul Valiliği). İstanbul’un yakın gelecekteki nüfusu bugüne kadarki büyüme oranı göz önünde bulundurularak hesaplandığında 2010 yılındaki nüfusun 17.000.000 olması beklenmektedir (Demir, 1999).

İstanbul şehrinde nüfus giderek artmaktadır. İstanbul’daki nüfus artışının şehir sınırlarında oluşturduğu değişim zamansal olarak aşağıdaki şekilde verilmiştir. (Ezber ve diğerleri, 2007).



Şekil 7.4: İstanbul ili için yıllarla şehirleşmenin gösterimi

7.3. Uydu Verisi Kullanımı ile Isı Adalarının Tespiti

Türkiye her yönden hızla büyümekte olan bir ülkedir. Özellikle nüfus alanında ciddi bir büyüme söz konusudur. Şehirlerde iş olanaklarının daha fazla olması, sağlık ve eğitim hizmetlerinden daha kolay faydalanılabilmesi gibi nedenlerle ülkede şehirlere sürekli bir göç söz konusudur. Bu şehirlerin başında İstanbul ili gelmektedir. İstanbul ili 1950'li yıllarda ancak 1 milyonluk nüfusa sahipken bugünkü nüfus 12 milyona kadar ulaşmış ve bu artış özellikle 1980 yıllarından sonra gözlenmiştir. Nüfusun artışı özellikle şehirleşmenin artmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada da 25 Eylül 1987, 18 Temmuz 1997 ve 28 Haziran 2007 tarihleri için alınan uydu ve sıcaklık verileri kullanılarak İstanbul ilinde şehirleşmenin yani yerleşim alanlarının artışının ve bu artışın şehrin ısısına etkisi ve şehir üzerinde oluşumuna sebep olduğu ısı adaları incelenmiştir.

Landsat 5 TM uydusunun 25 Eylül 1987, 18 Temmuz 1997 ve 28 Haziran 2007 tarihli görüntülerin boyutları birbirlerinden çok farklı olduğu için ilk önce yaklaşık olarak İstanbul il sınırlarından kesilmiştir. Kabaca kesilmiş olan üç görüntü register yani birbirlerine göre geometrik olarak kayıt edilmiştir. 1987 yılı görüntüsü ve 2007 yılı görüntüsü 1997 yılının görüntüsü baz alınarak geometrik olarak kayıt edilmiştir. 1987 yılı görüntüsünün rektifiye işleminde 22 yer kontrol noktası kullanılmış, 1.02 hata ile geometrik kayıt yapılmıştır. 2007 yılı görüntüsünde ise 0,8 hata ile 20 adet yer kontrol noktası kullanılmıştır. Birbirine geometrik olarak kayıt edilen görüntüler en uygun ortak noktalardan kesilmiştir.

Aşağıda 7.5, 7.6, 7.7 numaralı şekillerde register edilip ortak kesilen İstanbul uydu görüntüleri 3-2-1 (RGB) bant birleşimi ile gösterilmiştir.



Şekil 7.5: İstanbul 1987 Landsat 5 TM görüntüsü (3.2.1 bant birleşimi)



Şekil 7.6: İstanbul 1997 Landsat 5 TM görüntüsü (3.2.1 bant birleşimi)



Şekil 7.7: İstanbul 2007 Landsat 5 TM görüntüsü (3.2.1 bant birleşimi)

Üç uydu görüntüsü herhangi bir koordinat bilgisine sahip olmadığından ikinci bir dönüşüm işlemi yapılmıştır. Bunda amaç görüntü rektifiye edilerek daha önceden tanımlanmış bir koordinat sistemine oturtulmuş olur.

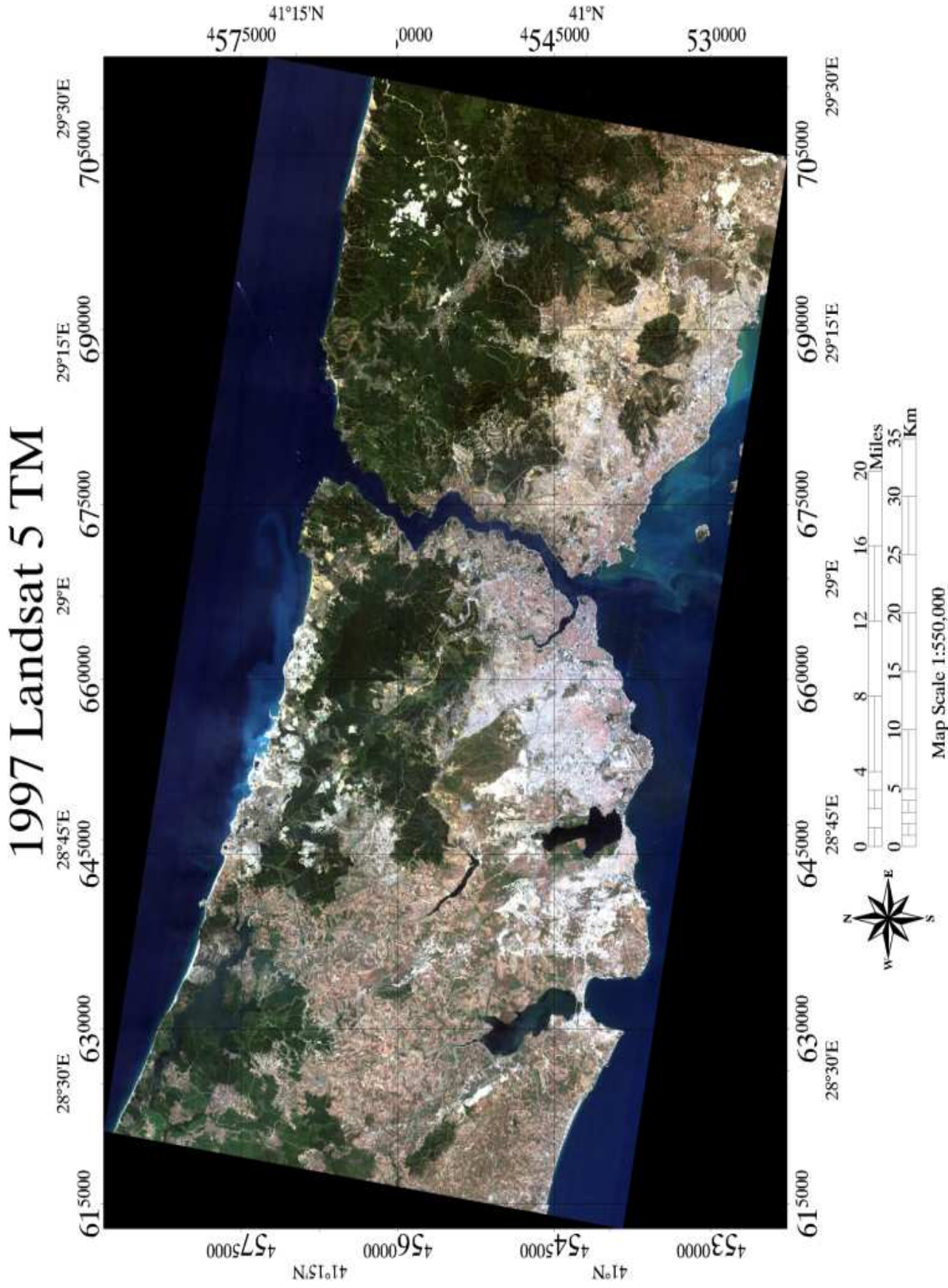
Rektifiye işlemi koordinatları daha belirli olan 2001 yılına ait Landsat 5 TM görüntüsüne göre yapılmıştır. Rektifiye işleminde projeksiyon olarak UTM projeksiyon seçilmiş, European 1950 datumu ile 35N zone kullanılmıştır. 1987 yılı görüntüsü için 14 adet kontrol noktası 0,9 hata payı ile 1997 yılı görüntüsü 15 adet kontrol noktasında 1 hata ile 2007 yılı görüntüsü ise 17 nokta ile 1.03 hata ile rektifiye edilmiştir. Kontrol noktaları seçildikten sonra yeniden örnekleme işlemi olan Nearest Neighbor yani en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır.

Aşağıdaki 7.8, 7.9 ve 7.10 numaralı şekillerde İstanbul ilinin rektifiye edilmiş yani koordinat bilgisi eklenmiş verileri bulunmaktadır. Rektifiye edilmiş olan görüntüler ölçekli olarak gösterilmiştir.

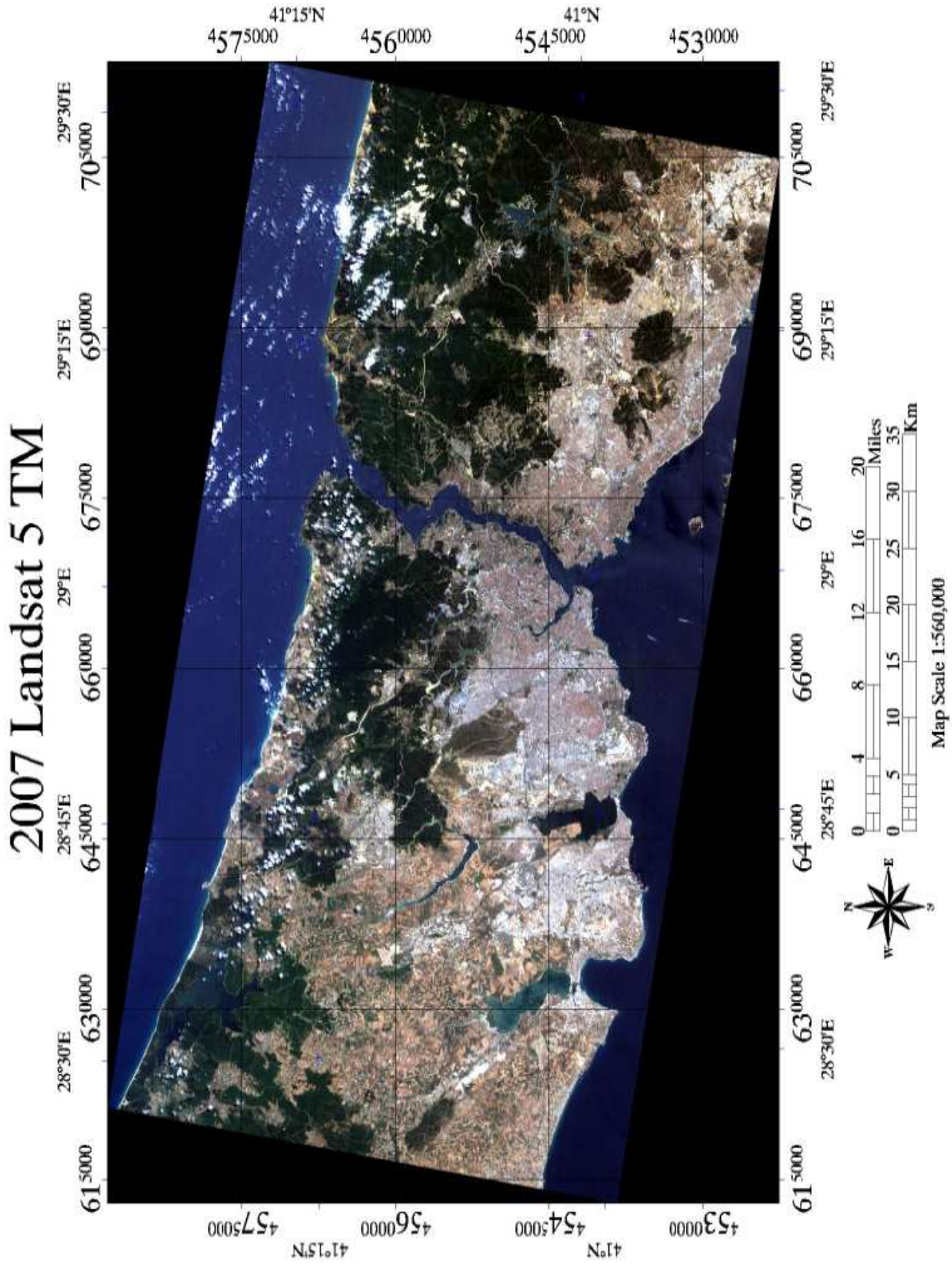
1987 Landsat 5 TM



Şekil 7.8: 1987 İstanbul rektifiye edilmiş görüntüsü (3.2.1)



Şekil 7.9: 1997 İstanbul rektifiye edilmiş görüntüsü (3.2.1)



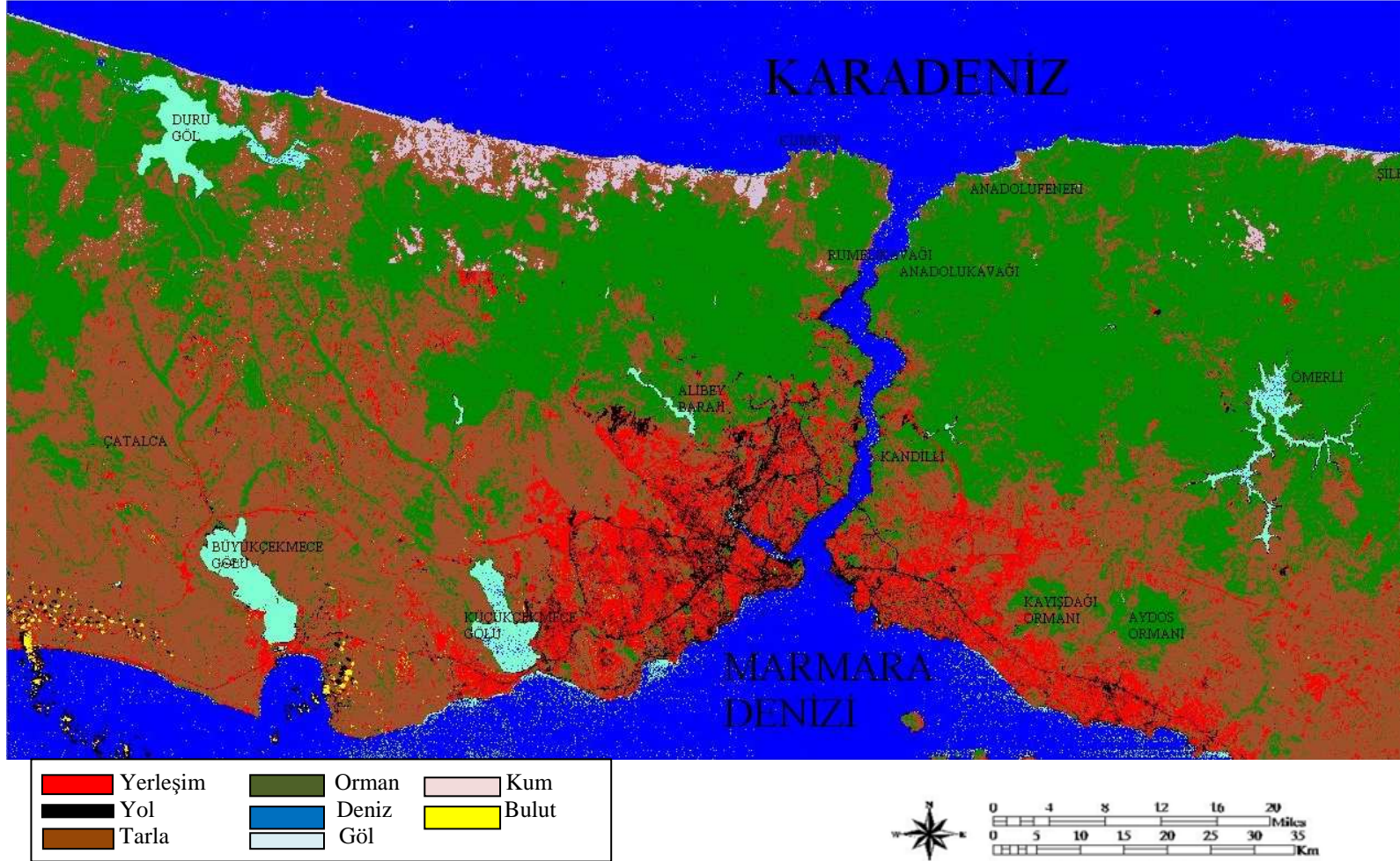
Şekil 7.10: 2007 İstanbul rektifiye edilmiş görüntü (3.2.1)

7.3.1. Şehir Alanları Sınıflandırması

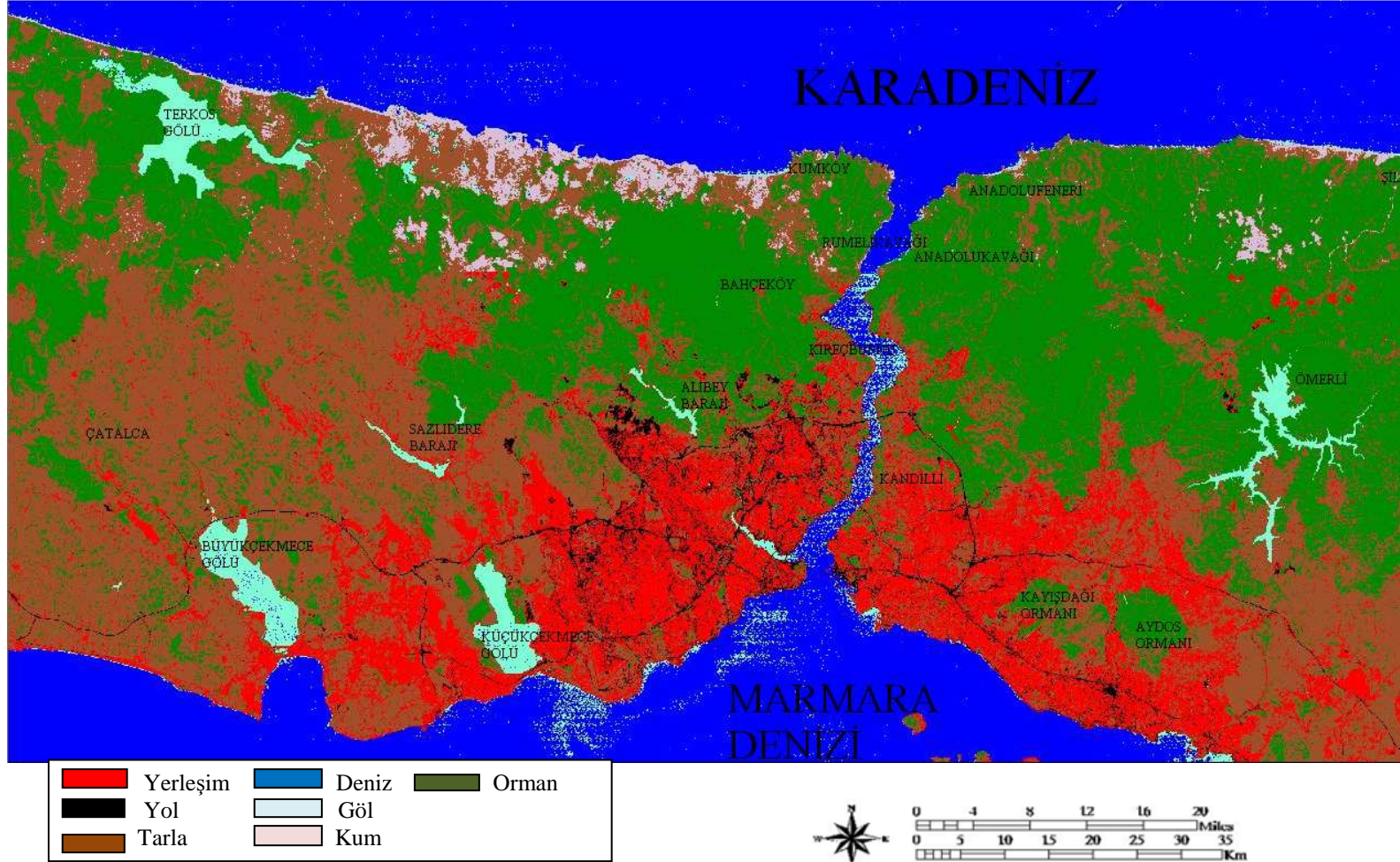
Uydu görüntüleri önce termal kanalın hariç tutulduğu şehri temsil eden diğer 6 kanal için sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma yapılırken kontrollü sınıflandırma yöntemi olan Maximum Likelihood yöntemi kullanılmıştır. Yöntem kullanılmadan önce görüntü üzerinde test alanları (Region of interest) yani sınıflandırmanın temsil edeceği alanlar ya da bölgeler belirlenmiştir. Görüntünün sınıflandırmasında şehir alanları, yol, tarla, orman, göller ve deniz olmak üzere altı temel sınıf oluşturulmuştur. Sınıflandırmada mavi ve zümrüt rengi (açık deniz mavisi) ile göller, yeşil ile ormanlık ve çayırılık alanlar, kahverengi ile tarlalar yani tarım alanları, açık pembe ile tarım yapılamayıp boş olan kum alanları, kırmızı ile yerleşim alanları, siyah ile yollar ve son olarak da sarı ile bulutlar temsil etmektedir. Sınıflandırma sekiz ana sınıfa ayrılmıştır.

Sekiz sınıf için yapılan bu çalışma benzer şekilde üç farklı yılın verileri içinde yapılmıştır.

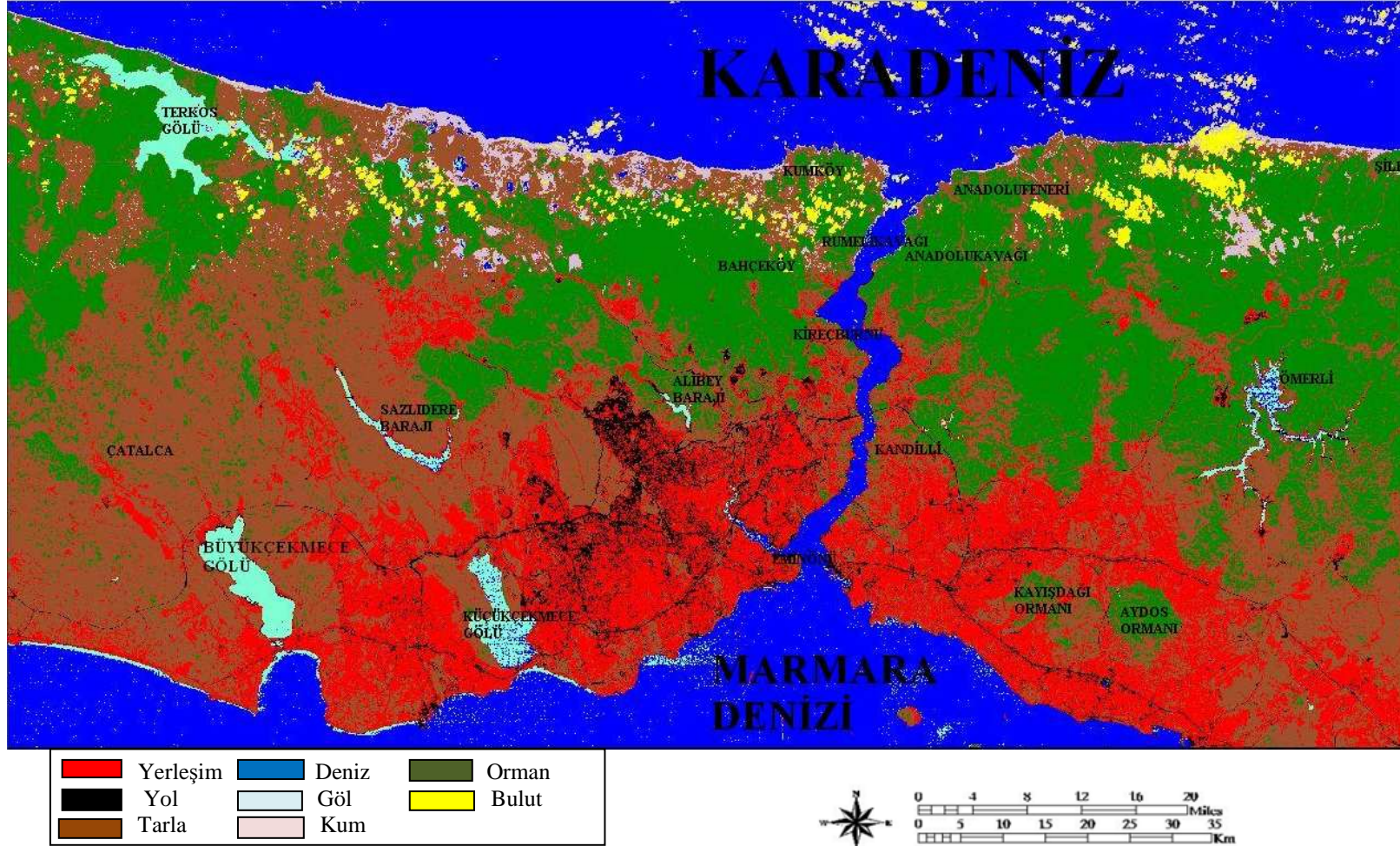
Aşağıdaki 7.11, 7.12, 7.13 numaralı şekillerde İstanbul ilinde yerleşim alanlarının sınıflandırılmış hali gösterilmiştir.



Şekil 7.11: İstanbul ilinin 1987 verisi ile şehir için sınıflandırması



Şekil 7.12: İstanbul ilinin 1997 verisi ile şehir için sınıflandırması



Şekil 7.13: İstanbul ilinin 2007 verisi ile şehir için sınıflandırması

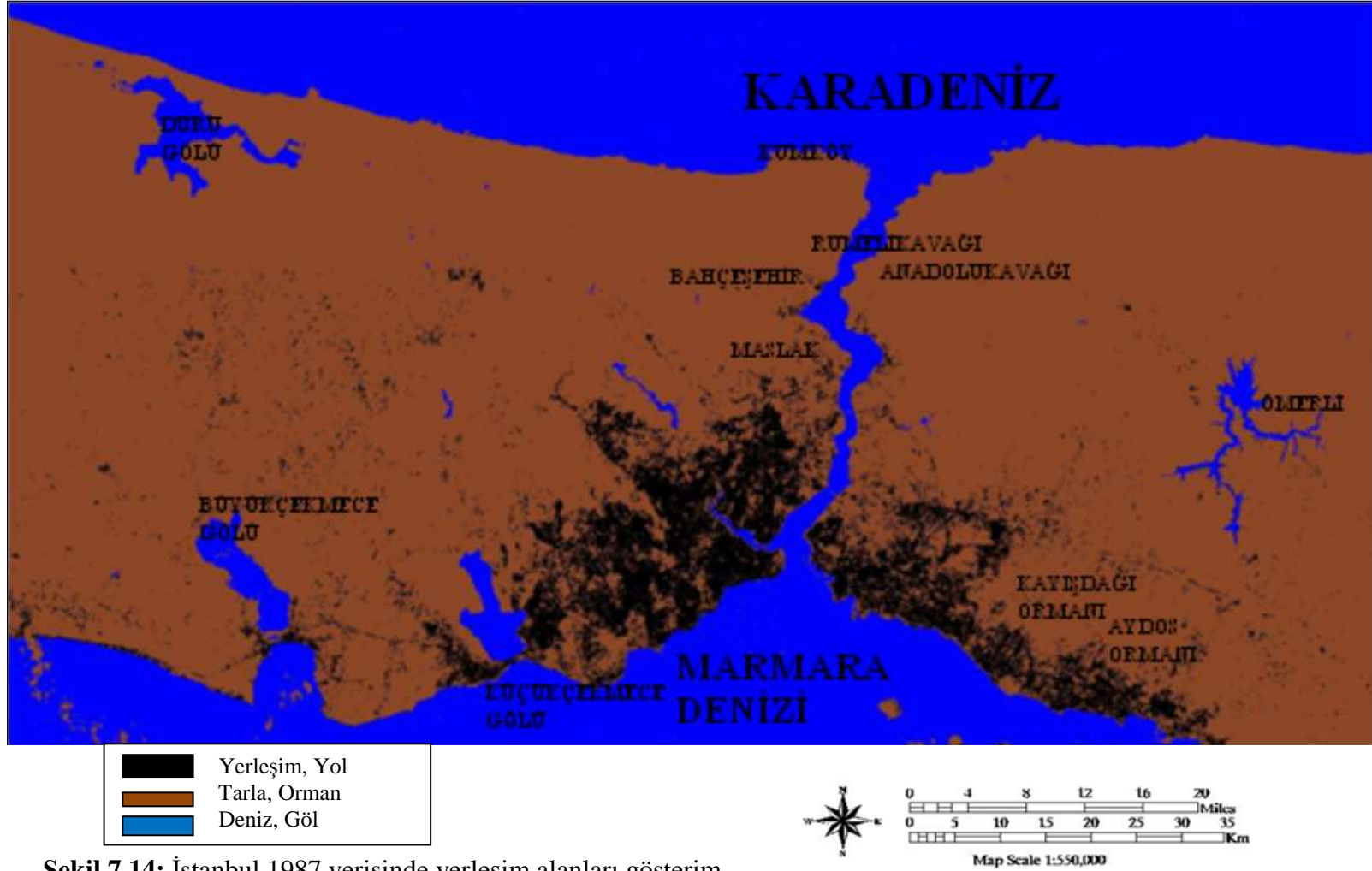
1987, 1997 ve 2007 yıllarına ait görüntülerin sınıflandırılmış halleri incelendiğinde 87 yılından 2007 yılına kadar yerleşim alanlarında ciddi bir artış olduğu, tarla ve orman alanlarında azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 7.1: 1987, 1997, 2007 yılları için İstanbul iline ait sınıflandırma sonuçları.

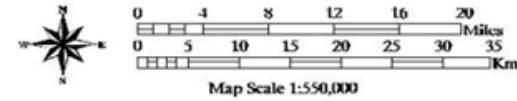
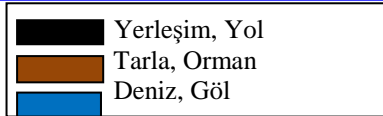
	1987	1997	2007
Yerleşim (km ²)	325,964	594,237	746,583
Yol (km ²)	90,794	101,855	132,874
Tarla (km ²)	1587,780	1543,586	1514,900
Orman (km ²)	1640,618	1388,679	1216,794
Göl (km ²)	123,661	138,291	122,517
Deniz (km ²)	1409,151	1400,358	1312,194
Kum (km ²)	52,333	73,322	102,726
Bulut (km ²)	8,974		60,740

Şehir alanlarındaki artışın daha net gösterilebilmesi için görüntüler sadece üç sınıfa ayrılarak tekrar sınıflandırılmıştır. Şehir alanını üç ana sınıfa ayırarak yapılan sınıflandırma, 2007 yılında Kaya, Ş. tarafından yine İstanbul şehrinde yerleşim alanlarının hızlı büyümesini uzaktan algılama verileri ile analiz etmek için yapılmış olan çalışmadan örnek alınmıştır.

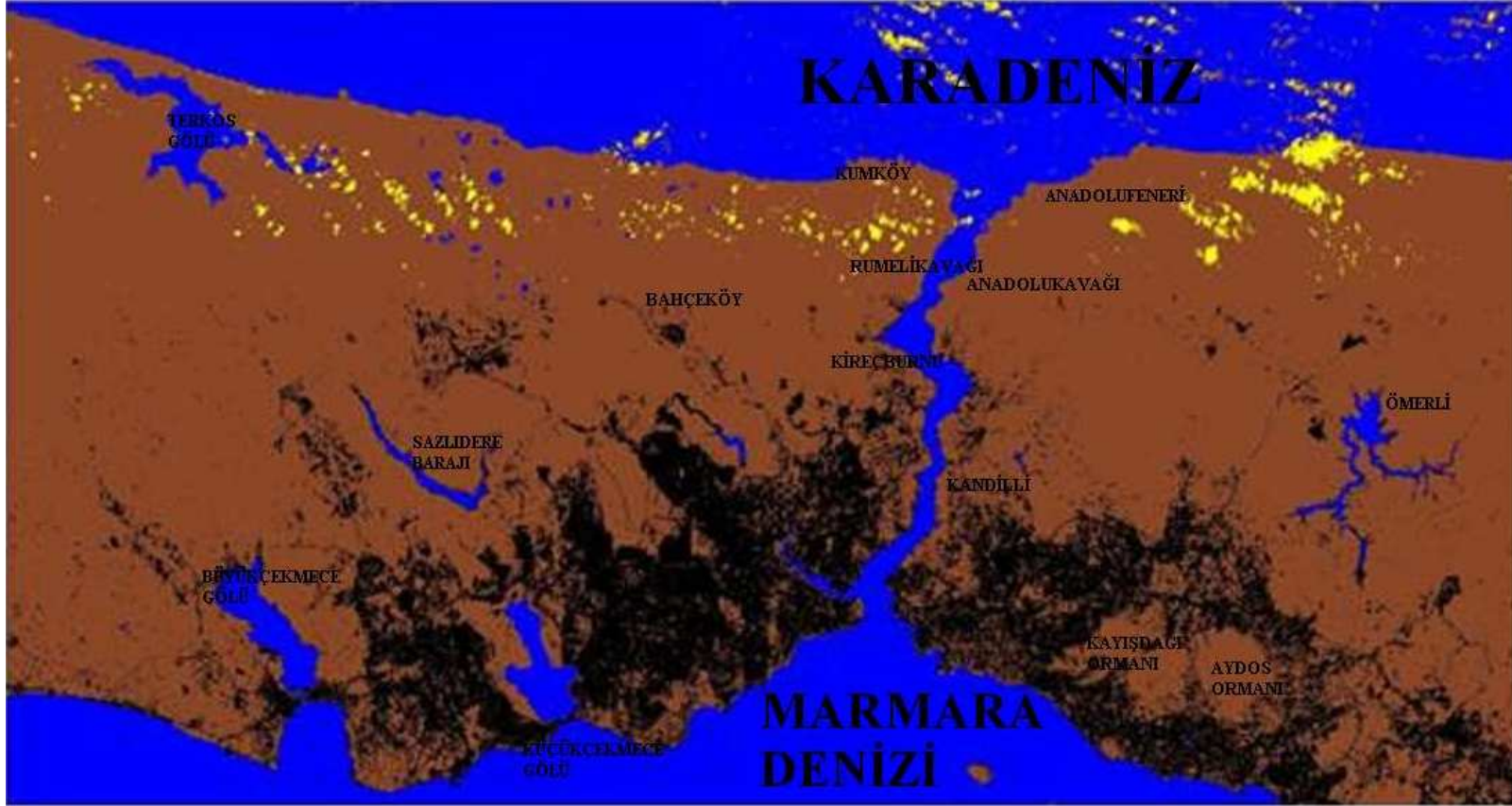
Yerleşim alanları için yapılmış olan bu yeni sınıflandırmada deniz ve göller tek bir sınıfta, tarla, orman alanları bir sınıfta ve yerleşim alanları tek bir sınıfta gösterilmiştir. Yerleşim alanları siyah ile tarla ve orman alanları kahverengi ile ve deniz ile göller mavi ile ifade edilmiştir. 1987, 1997, 2007 yıllarına ait üç sınıflı sınıflandırma görüntüleri 7.14, 7.15, 7.16 numaralı şekillerde yer almaktadır.



Şekil 7.14: İstanbul 1987 verisinde yerleşim alanları gösterim



Şekil 7.15: İstanbul 1997 verisinde yerleşim alanları gösterimi



Şekil 7.16: İstanbul 2007 verisinde yerleşim alanları gösterimi

Üç sınıf ile yapılan sınıflandırmadan 30 yıl süresince yerleşimi alanlarının ne kadar arttığı hesaplanmıştır. İstanbul ilinin gerçek yüzölçümü 5,512km² iken buradaki görüntülerde kullanılan alan 5,229 km² (5.229.338 m²) 'dır. Bu alan için yerleşim alanları hesabı yıllar arasındaki değişim olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 7.2: 20 yıllık dönem olan 1987, 1997, 2007 yıllarında İstanbul'da üç sınıflı sınıflandırma sonuçları

	1987 yılı	1997 yılı	2007 yılı
Yerleşim alanı	419,372 km ²	694,106 km ²	877,484 km ²
Tarla ve orman	3254,733 km ²	3085,487 km ²	2830,208 km ²
Deniz ve göller	1534,233 km ²	1579,745 km ²	1524,646 km ²

Tablodan da anlaşıldığı gibi 1987 yılında yaklaşık 419,372 km² olan yerleşim alanı 1997 yılında 694,106 km² ve 2007 yılına gelindiğinde ise 877,484 km² olmuştur. 20 yıl içinde yerleşim alanlarının iki katından biraz daha fazla artış gösterdiği görülmektedir.

Yerleşim alanlarının genel sınırlarının, yerleşim alanlarını ön plana çıkartan 7-4-1 bant kombinasyonu ile 2007 yılı görüntüsü üzerine oturtulmuş hali aşağıdaki 7.14 numaralı şekilde gösterilmiştir. Hem 7.17 numaralı şekilden hem de 7.2 numaralı tablodan yerleşim alanlarının 2 kat arttığı gözlenmektedir.

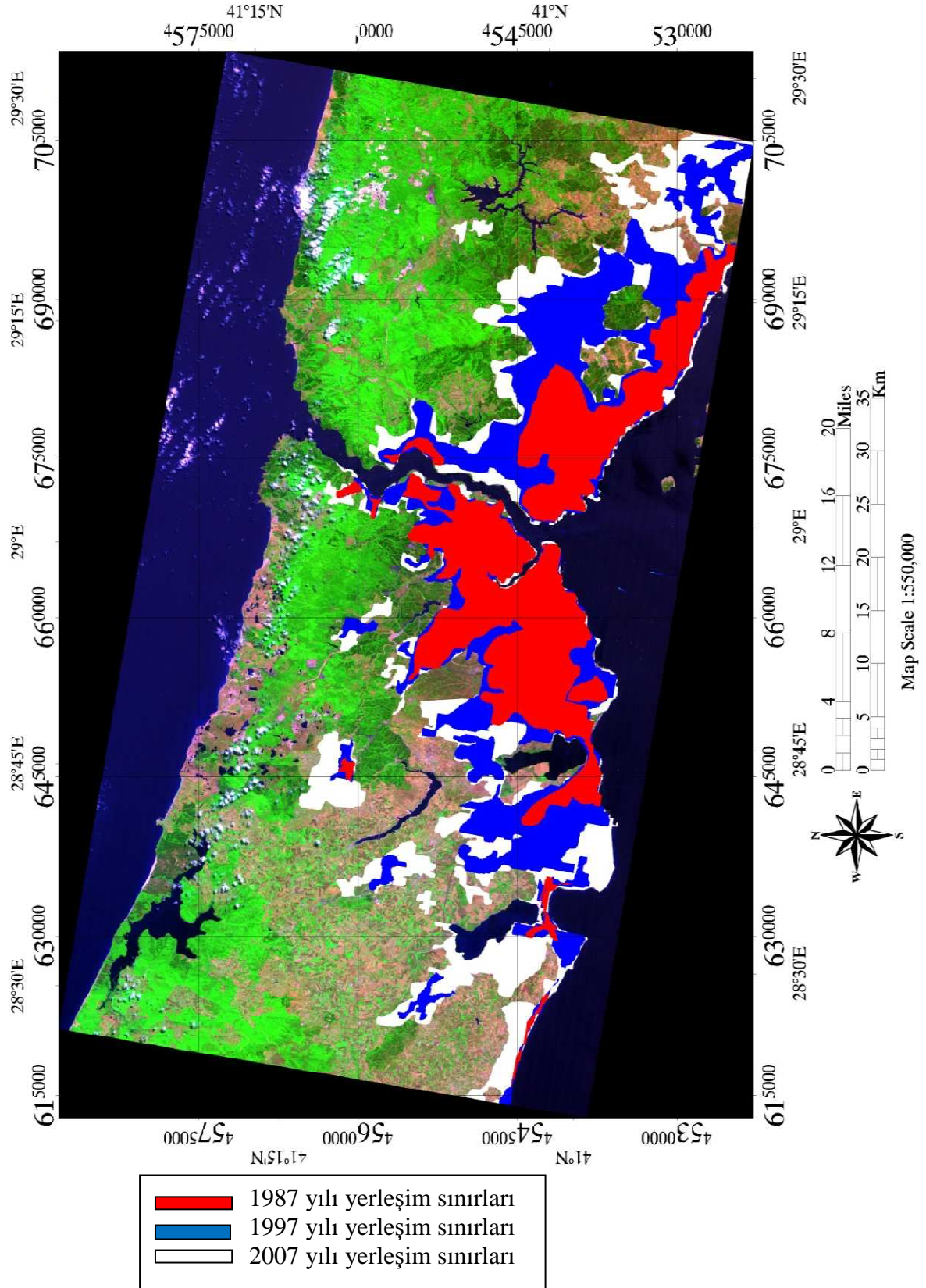
İstanbul ilinde 10 yıllık dönemlerde yerleşim alanlarında meydana gelen büyüme oranları aşağıdaki gibidir.

Tablo 7.3: 1987, 1997, 2007 yıllarında yerleşim alanlarında oluşan farklılıklar ve yerleşim alanlarının büyüme yüzdeleri

	1987–1997 yılı farkı Büyüme Yüzdeleri	1997–2007 yılı farkı Büyüme Yüzdeleri	1987–2007 yılı farkı Büyüme Yüzdeleri
Yerleşim, yol alanı	275,332 km ² % 65	183,365 km ² % 26	458,699 km ² % 109

Yukarıda verilen oranlardan da anlaşıldığı gibi 1987 yılından 2007 yılına gelindiğinde şehir % 109 oranında büyümüştür.

7.17 numaralı şekilde beyaz renk ile 2007 yılına ait yerleşim alanları sınırları, mavi renk ile 1997 yılına ait yerleşim alanları sınırları, kırmızı renk ile de 1987 yılına ait yerleşim alanları gösterilmiştir.



Şekil 7.17: İstanbul 2007 görüntüsü üzerine oturtulmuş 1987, 1997 ve 2007 yerleşim alanları sınırları

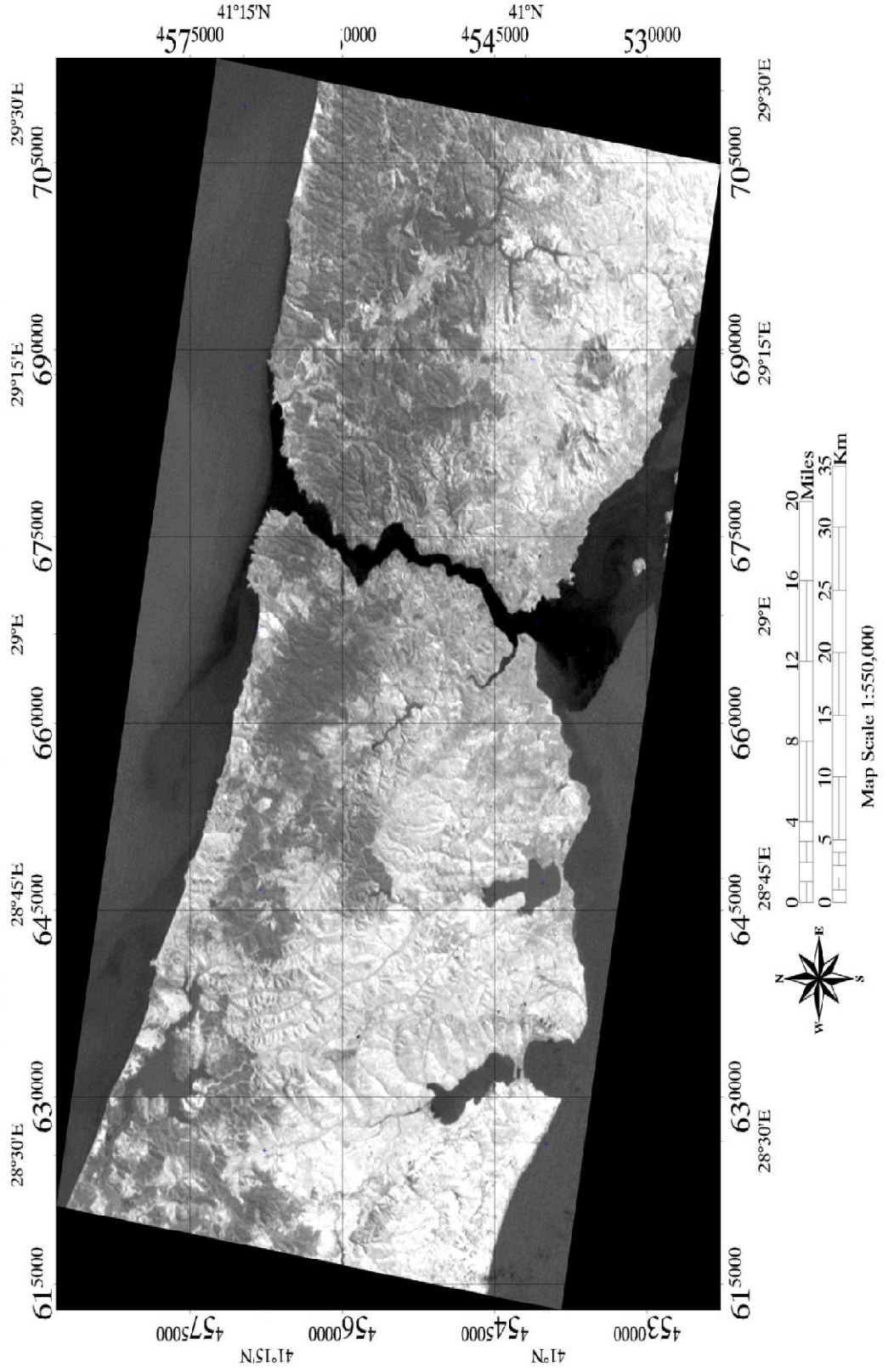
Yerleşim alanlarındaki artış ifade edildikten sonra yerleşim alanlarının artışının şehrin ısısı üzerinde nasıl bir etki yaptığına bakılmıştır. Bunun için aynı Landsat 5 TM uydu görüntülerin 120 m'lik çözünürlüğü ile termal yani ısı bandı olan 6. bandı kullanılmıştır.

7.3.2 Isıl (Termal) Bant Sınıflandırması

Aşağıdaki şekiller Landsat 5 TM uydusunun 6. bandı olan ve ısı ya da termal bant olarak adlandırılan banda ait 25 Eylül 1987, 18 Temmuz 1997 ve 28 Haziran 2007 yıllarına ait veridir.

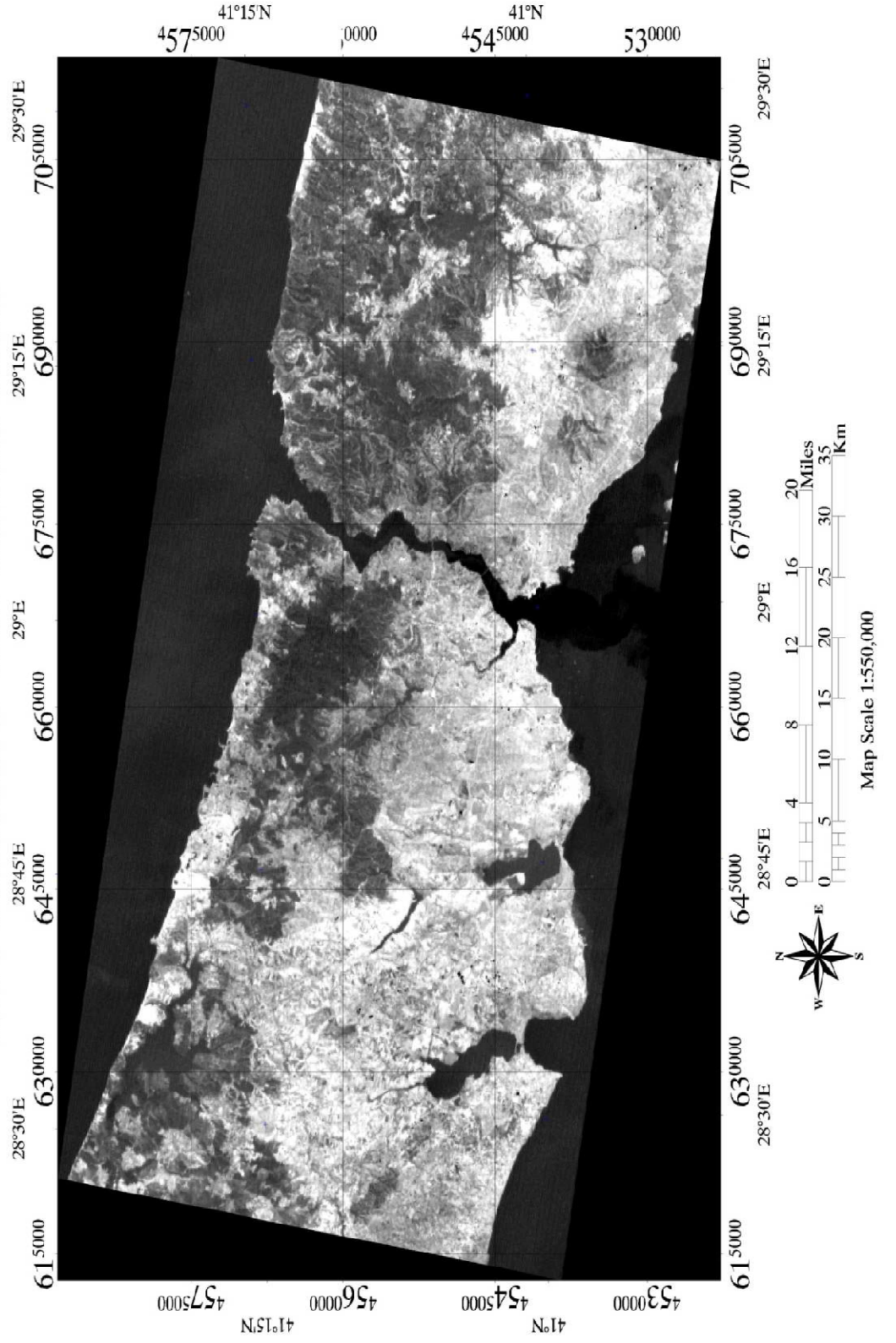
Termal bantta koyu renkler daha soğuk bölgeleri temsil ederken uydu verisi üzerindeki rengin giderek açılması o bölgede sıcaklığın arttığını ifade etmektedir.

1987 Landsat 5 TM Termal Bant



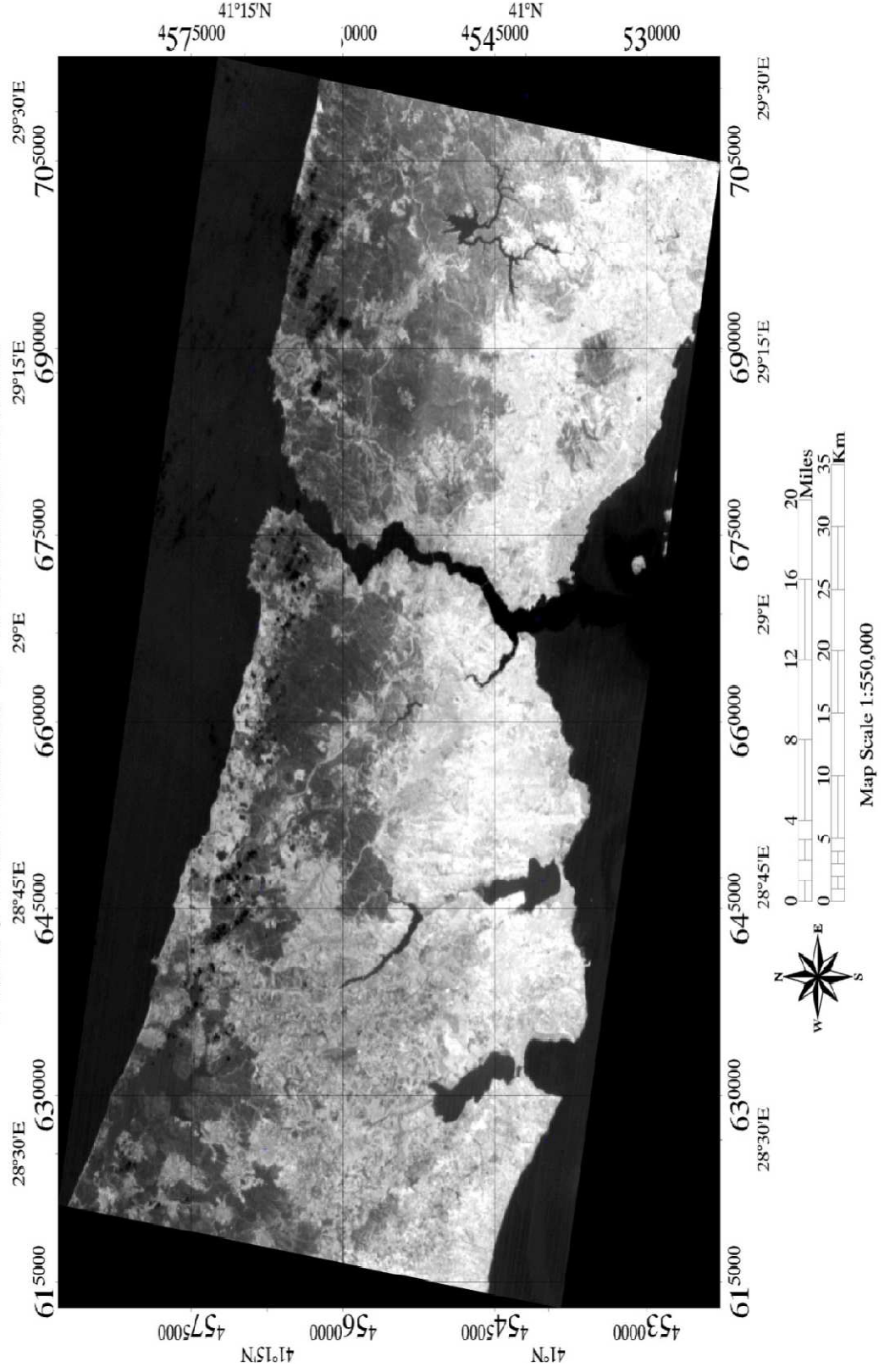
Şekil 7.18: İstanbul 1987 termal görüntüsü

1997 Landsat 5 TM Termal Bant



Şekil 7.19: İstanbul 1997 termal görüntüsü

2007 Landsat 5 Termal Bant



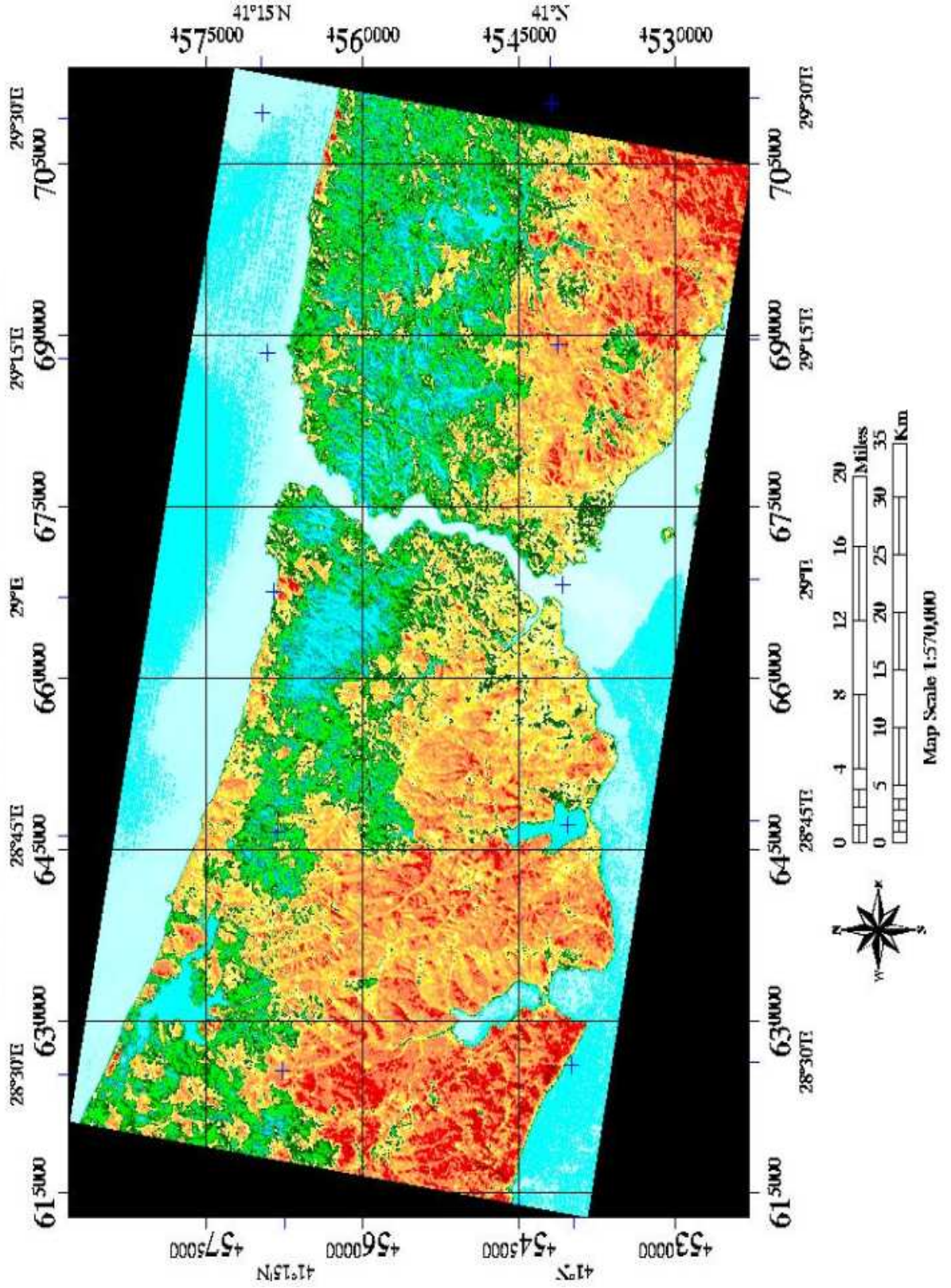
Şekil 7.20: İstanbul 2007 termal görüntüsü

Bu bandın sınıflandırılması için Density Slice sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Density Slice sınıflandırma yönteminde yansıtım değerlerine istenildiği gibi teker teker ya da uygun görülen aralıklarla sınıflama yapılabilmektedir.

1987 yılının termal bandında yansıtım değerleri 104 ile 157 arasında, 1997 yılı verisi termal bandında 118 ile 178 arasında ve 2007 yılı verisinin termal bandında 124 ile 191 değerleri arasında bulunmaktadır. Her yılın görüntüsündeki yansıtım değerleri arasındaki farklar, her yansıtım değerine birebir aynı sınıflandırmanın yapılmasına engel olmuş olmasına rağmen mümkün olduğunca benzer bir sınıflandırma yapılmıştır.

Termal bantta yansıtım değerlerinin durumu o bölgenin sıcaklığının temsil etmektedir. Yansıtım değeri düşük bölgeler sıcaklık değerlerinin daha düşük olduğu yerleri, yansıtım değerlerinin daha yüksek olduğu yerler ise daha sıcaklık değerlerinin daha yüksek olduğu bölgeleri temsil etmektedir. Yansıtım değerlerinin en küçüğünün bulunduğu denize en açık mavi tonlarından başlayarak sınıflandırma yapılmıştır. Denizden daha büyük yansıtım değerlerine sahip olan yerler göller ve orman alanlarının iç kısımlarıdır.

1987 Landsat 5 TM Termal Bant

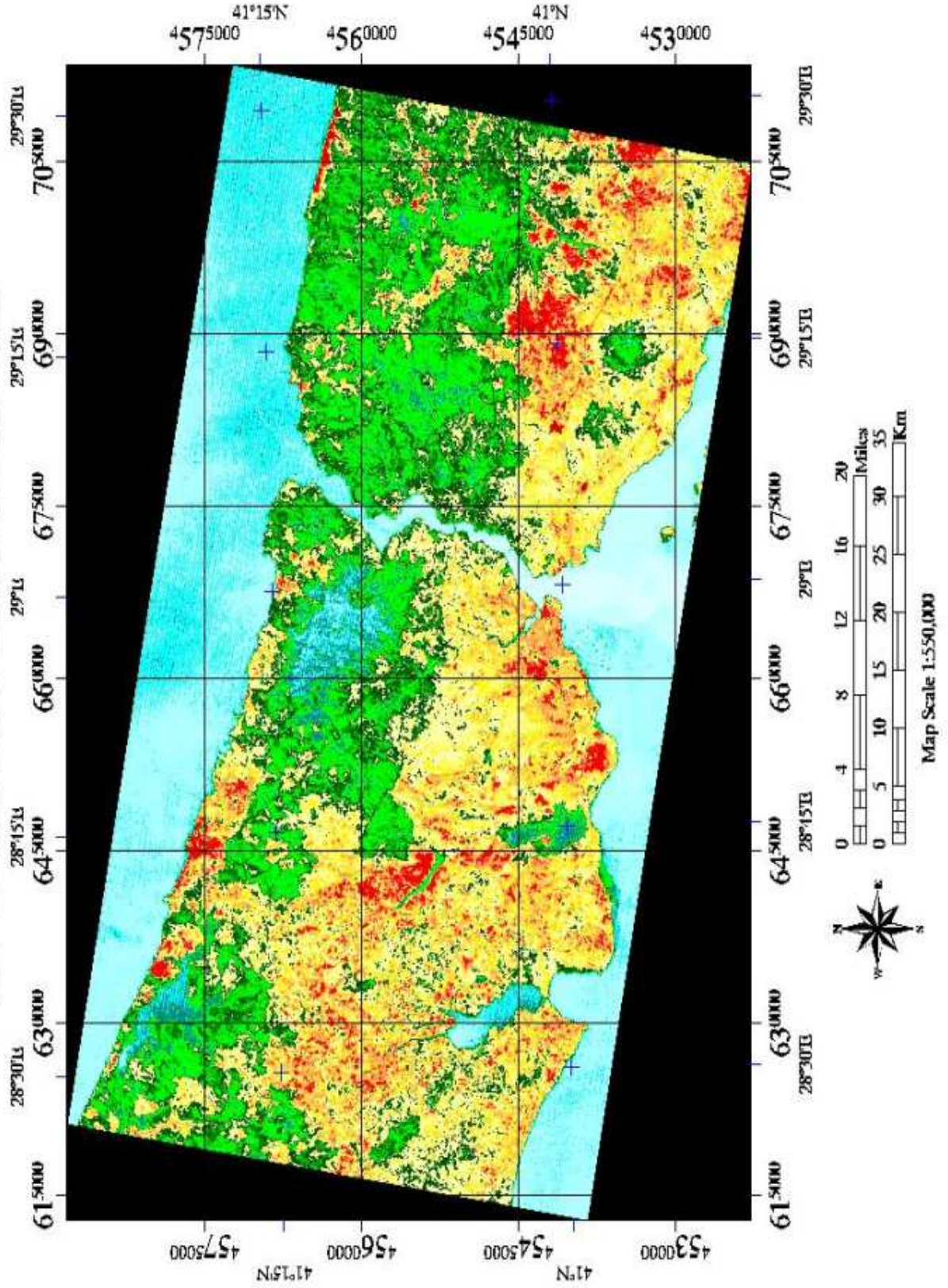


Şekil 7.21: İstanbul 1987 termal bant sınıflandırması

1987 yılına ait görüntünün termal sınıflandırması yapıldığında asıl sıcak alanlar görüntünün sol uç ve sağ uç tarafında bulunan tarlalarmış gibi ve yerleşim alanları tarlaların olduğu bölgelerden daha düşük sıcaklık değerlerine sahipmiş gibi görünmektedir. Bunun nedeni görüntünün sol ve sağ tarafındaki tarlaların yeni hasat edilmiş ya da boş olmasından dolayı yansıtım özelliğinin görüntünün diğer bölgelerinden daha fazla olmasıdır. Orman alanlarının yansıtım değerleri beklenildiği gibi yerleşim alanlarınınkinden daha düşüktür. Görüntü üzerinde yerleşim alanlarına bakıldığı zaman yansıtım değerlerinin, yerleşimin olduğu tüm bölgelerde yaklaşık değerlerde olduğu görülmektedir.

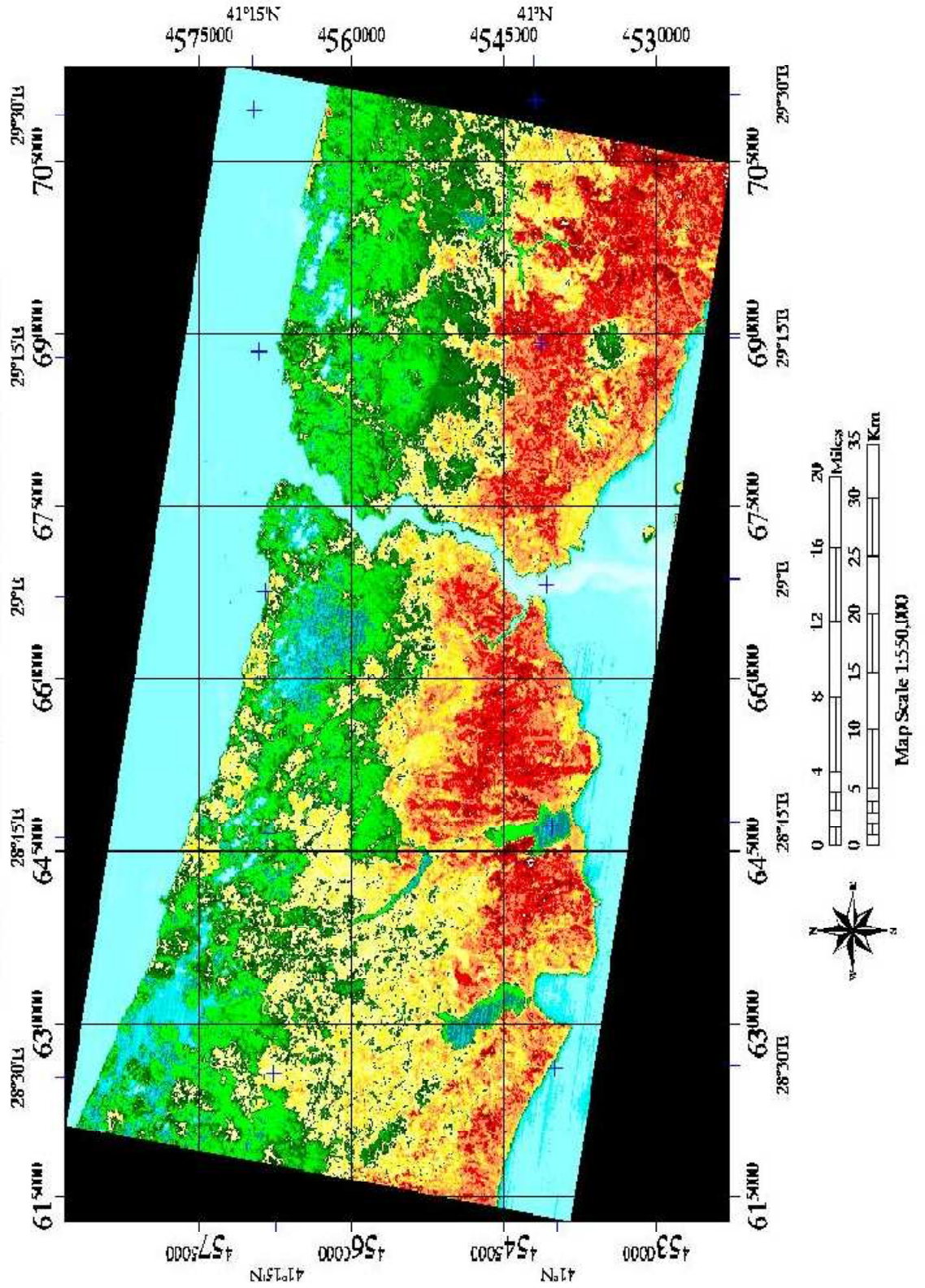
1997 yılının görüntüsü uzun süren bir yağmur döneminden sonra alınmış bir görüntüdür. Görüntünü üst kısmında bulunan kumluk alanlar ve boş tarlalar göz ardı edilir ise yerleşim bölgesine ait yansıtım değerlerinin şehrin karakteristiğini tamamen yansıttığı görülmektedir. Yansıtım değerlerine bakılarak 10 yıl içinde yerleşim alanlarında meydana gelen büyüme burada da görülmektedir. Bu değerler aynı şekilde 1997 yılı için yapılan şehir alanları sınıflandırması ile karşılaştırıldığında termal sınıflandırmada ortaya çıkan ve yerleşim alanlarını gösteren bölgeler birbiri ile doğru orantılıdır.

1997 Landsat 5 TM Termal Bant Sınıflandırması



Şekil 7.22: İstanbul 1997 termal bant sınıflandırması

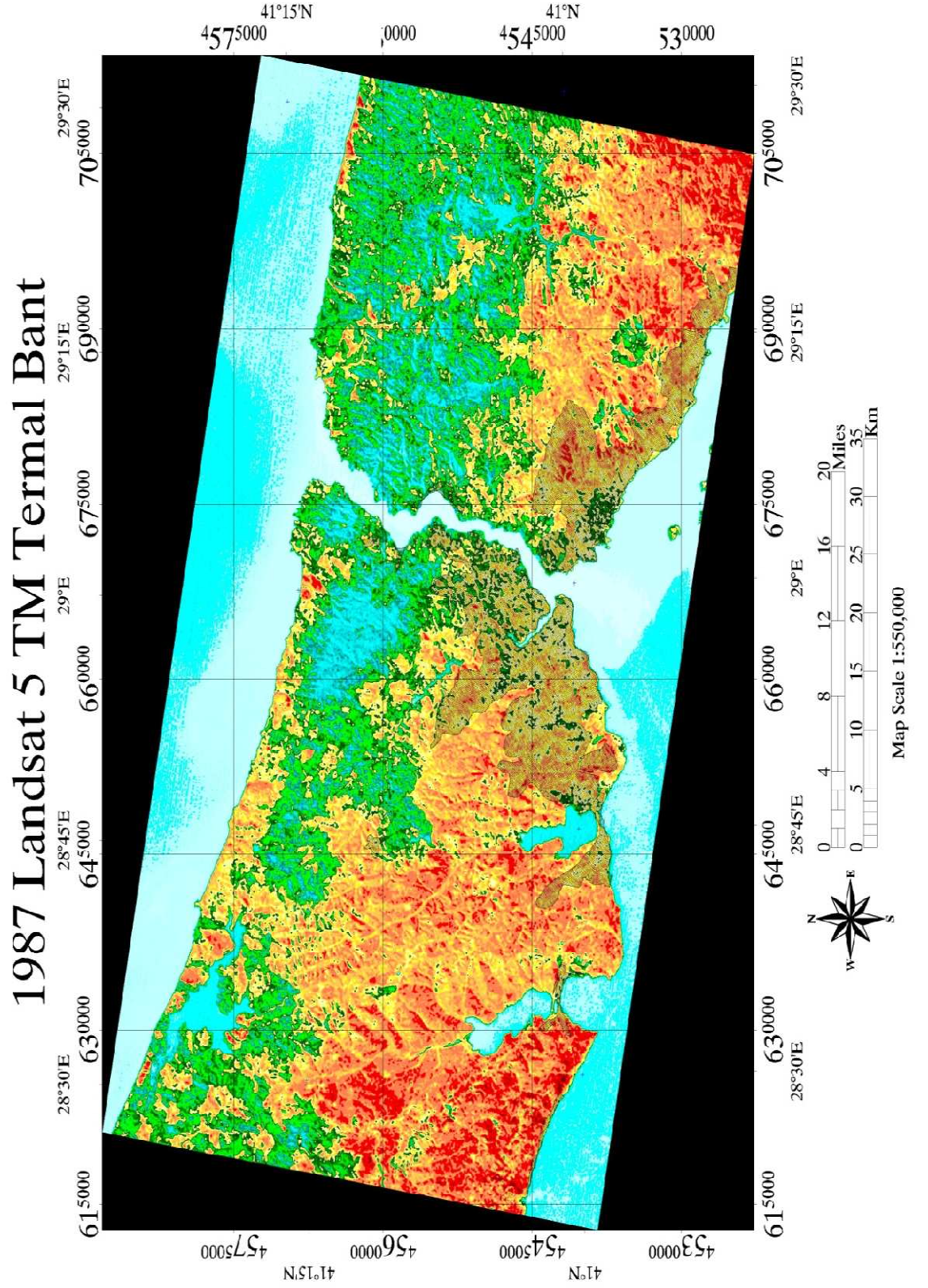
2007 Landsat 5 TM Termal Bant



Şekil 7.23: İstanbul 2007 termal bant sınıflandırması

2007 yılına görüntü termal bant için sınıflandırıldığında yansıtım değerlerinin yerleşim alanlarını çok net ifade ettiği görülmektedir.

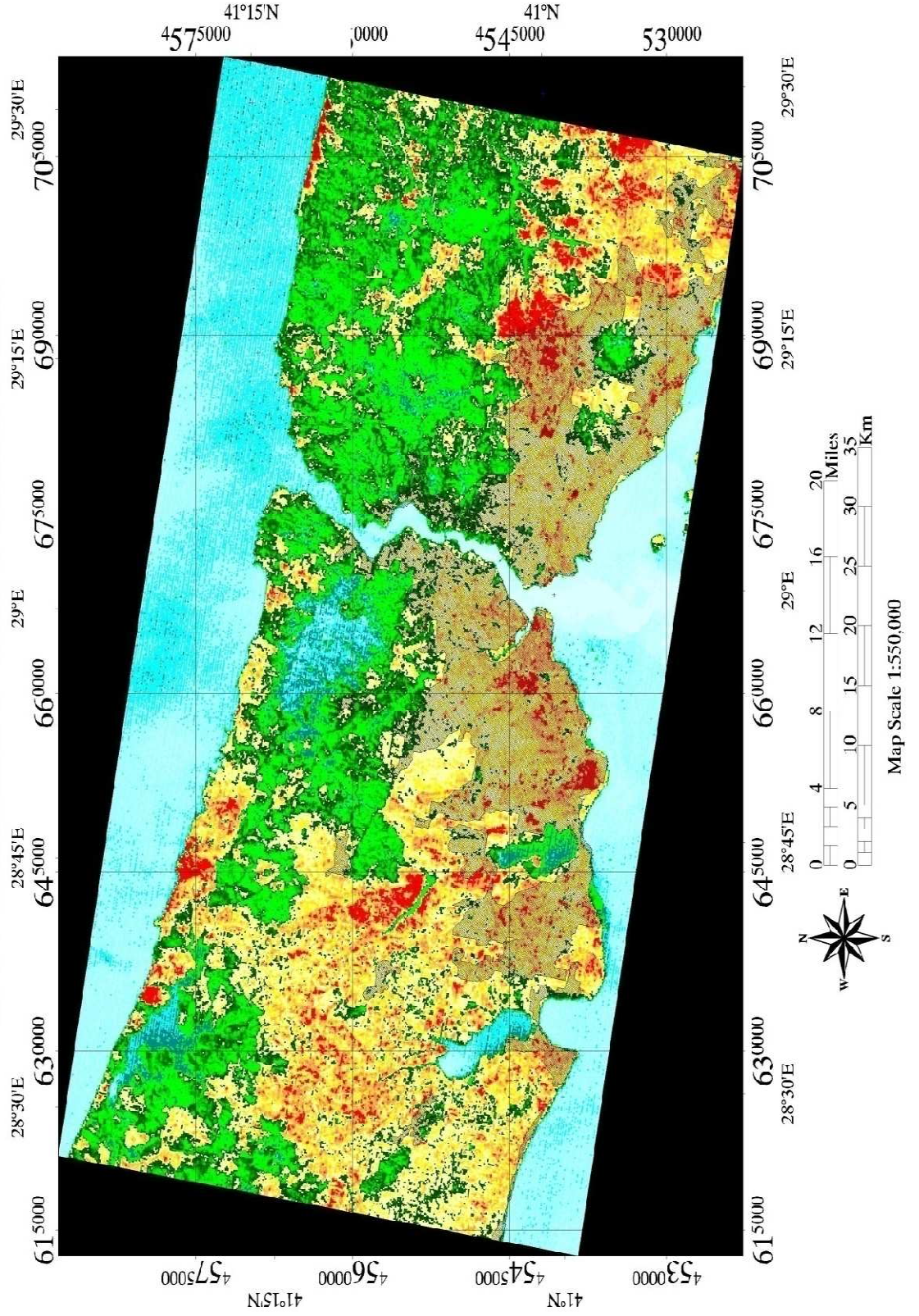
7.3.3. İstanbul İli İçin 1987, 1997 ve 2007 Yıllarına Ait Yerleşim Sınırlarının Termal Bant Üzerinde Gösterimi



Şekil 7.24: 1987 yılı termal verisinin sınıflandırılmış hali üzerine 1987 yılının yerleşim sınırlarının eklenmiş görüntüsü

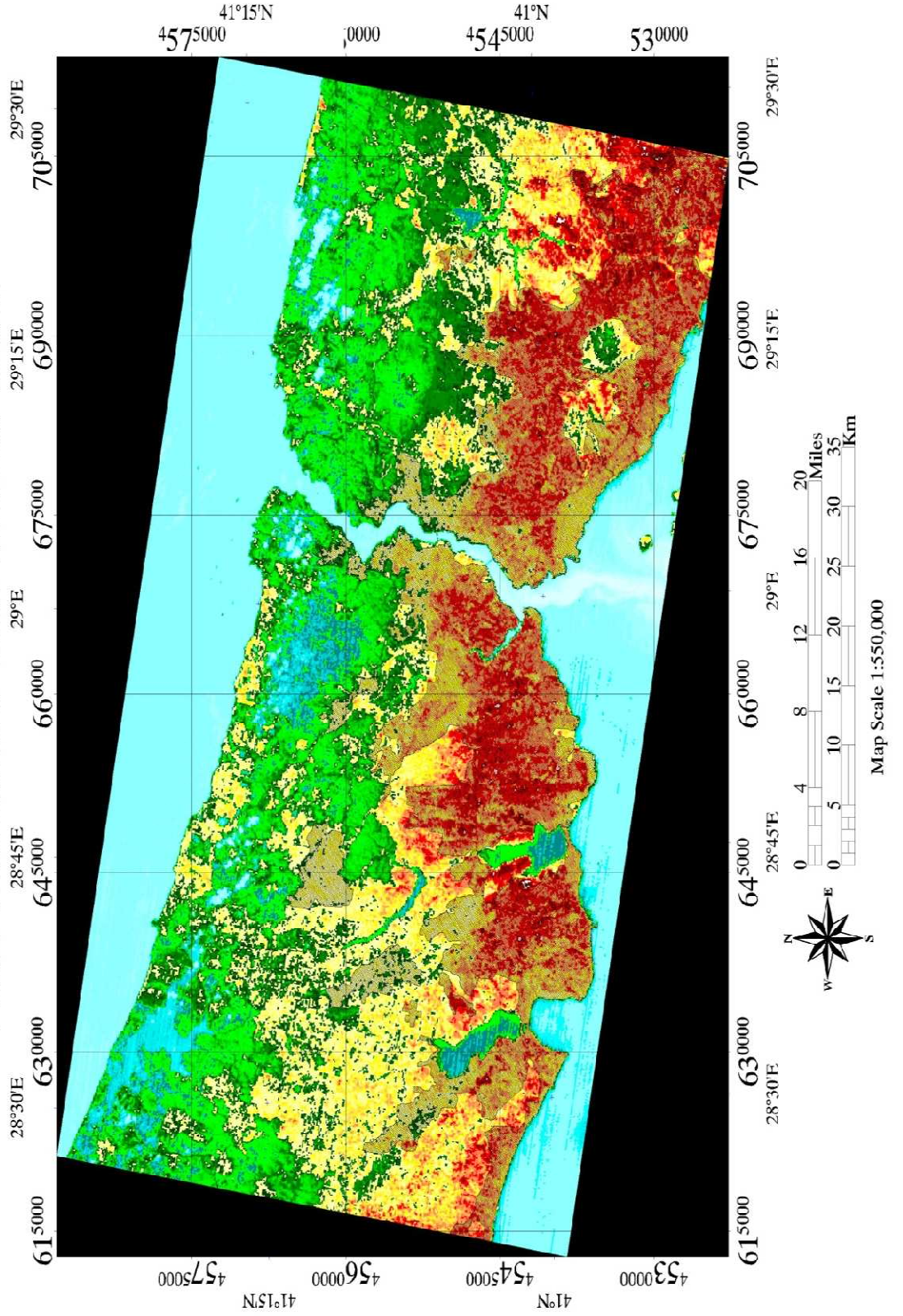
1987 yılına ait veri Eylül ayına ait olması nedeni ile bu görüntüde yerleşimin olmadığı, boş arazi, yerleşim alanlarının olduğu bölgelere göre daha fazla yansıtım değerine sahiptir. 1997 yılına ait veride ise, 1997 yılının yaz aylarının bol yağışlı olması nedeni ile yerleşim alanlarının çok yoğun olduğu bölgeler haricinde, yerleşim alanları ile tarlaların yansıtım değerleri birbirine yakın değerler almıştır. Yerleşim sınırları termal kanal verisi üzerine oturtulduğunda en çok uyumun 2007 yılına ait veride olduğu gözlenmektedir. 2007 yılına ait veride görüntüdeki en yüksek değerli yansım değerlerinin yerleşim alanlarında olduğu görülmektedir.

1997 Landsat 5 TM Termal Bant



Şekil 7.25: 1997 yılı termal verisinin sınıflandırılmış hali üzerine 1997 yılının yerleşim sınırlarının eklenmiş görüntüsü

2007 Landsat 5 TM Termal Bant



Şekil 7.26: 2007 yılı termal verisinin sınıflandırılmış hali üzerine 2007 yılının yerleşim sınırlarının eklenmiş görüntüsü

7.24, 7.25 ve 7.26 numaralı görüntülerde her yılın yerleşim alanı sınırları yine o yıla ait termal sınıflandırma ile birleştirilmiş ve yerleşim alanları ile termal bantta yapılan sınıflandırma sonucu karşılaştırılmak istenmiştir.

1987 yılına ait görüntüde yansıtım değerleri toprak için çok fazla olarak bulunmuş olsa da genel olarak yerleşim alanları ile yansıtımın artışının birbirine paralel olduğu görülmüştür.

7.4 Sıcaklık Verilerinin İlişkilendirilmesi

İstanbul ili için uydu görüntüsünden elde edilen sonuçlar, alınan sıcaklık verileri ile ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. İstanbul ilinde 1987 yılı için 8 istasyondan sıcaklık verisi alınabilmiştir. Bu istasyonlar Kumköy, Sarıyer-Kireçburnu, Göztepe, Şile, Bahçeköy, Florya, Kartal, Kandilli istasyonlarıdır.

1987 yılına ait sıcaklık değerleri ile bu tarihe ait uydu verisinin yansıtım değerleri ve yine uydu verisinin radyans değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

1997 yılına ait sıcaklık verileri Kumköy, Sarıyer-Kireçburnu, Göztepe, Şile, Bahçeköy, Florya, Kartal, Kandilli istasyonlarından alınmıştır. İstasyonlardan alınan sıcaklık değerleri ile uydu verisinden elde edilen yansıtım ve radyans değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

2007 yılına ait sıcaklık verileri 1997 yılı sıcaklık verileri ile kıyaslandığında daha fazla veri elde edilebilmiştir. Devler meteoroloji işlerine bağlı Kumköy, Sarıyer-Kireçburnu, Göztepe, Şile, Bahçeköy, Florya, Kartal, Kandilli istasyonlarına yine Devlet Meteoroloji İşlerine bağlı olan Atatürk ve Sabiha Gökçen Havaalanlarında bulunan meteoroloji istasyonlarından ve Çatalca (Radar), İstanbul Üniversitesi, Şile, Kartal, Gebze, Samandıra istasyonlarından alınan veriler eklenmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından kurulan otomatik meteoroloji istasyonlarından alınan sıcaklık değerleri ise alınan sıcaklık değerlerine ek veri kaynağı olmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı olarak veri alınan meteoroloji istasyonları Çavuşbaşı, Ömerli, Büyükkada, Olimpiyat, Aksaray, Terkoz, AKOM, Çanta, Kamiloba, Hadımköy' dür.

Tüm istasyonlar UTM koordinatındaki enlem ve boylamları ile aşağıda verilmiştir.

Uydu görüntülerinden elde edilen piksel değerleri, yüzeyin radyansının dijital numaralarla yani yansıtım değerleri ya da parlaklık değerleri ile temsil edilen halidir. Dijital numaraların kesin olan radyans değerlerine dönüştürülmesi farklı algılayıcılardan elde edilen farklı görüntülerin karşılaştırılması için gerekli bir işlemdir. Her algılayıcının parlaklık değerini kayıt etmek için kendine özel bir kalibrasyon parametresi vardır. İki farklı algılayıcı ile alınmış olan iki farklı görüntüdeki aynı dijital numaralar farklı radyans değerlerine karşılık gelmektedir (Ogneva-Himmelberger, 2008).

Dijital numaralar ile radyans değerleri arasında lineer bir ilişki vardır. Bu ilişki üç parametreye bağlıdır. Lineer ilişkiyi tanımlayan parametreler görüntüdeki dijital numara, radyansın o görüntüdeki maksimum (Lmax) ve minimum (Lmin) değerleridir. Radyansın maksimum ve minimum değerleri, kanalın spektral bant genişliğinin ölçülmesi ile ortaya koyulmaktadır. Ölçüm genel olarak 8 bitlik veri için kullanılmaktadır. Aynı algılayıcıdaki her bant bile kendine özel Lmax ve Lmin değerlerine sahiptir. Lineer ilişkiyi gösteren ifade aşağıdaki gibidir.

$$L = (L_{max}-L_{min})/255*DN + L_{min}$$

L radyans değeridir, birimi $Wm^{-2}sr^{-1}$ dir.

Radyans değerinin hesaplanmasının devamında sun elevation yani güneşin yükseklik açısının bilinmesi gerekmektedir. 2007 yılına ait verinin güneşin yükseklik açısı $64,49^{\circ}$ olarak alınmıştır.

28 Haziran 2007 tarihli uydu verisinin ısı bandı incelendiğinde radyans değerleri ve parlaklık değerleri istasyonlardan elde edilen sıcaklık değerleri ve UTM projeksiyona göre hesaplanmış enlem ve boylam değerleri aşağıda verildiği gibidir.

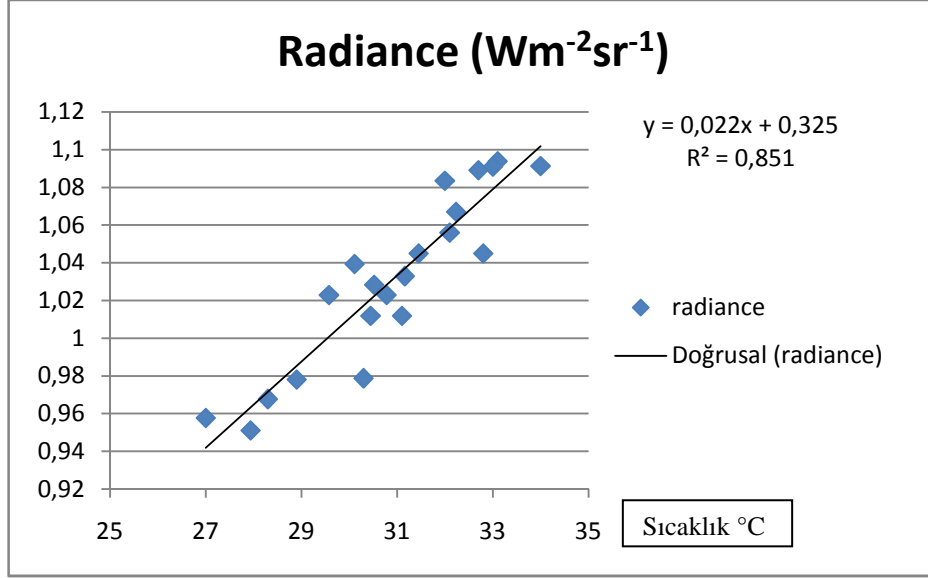
Tablo 7.4: İstanbul ili için meteorolojik istasyonlardan alınan sıcaklık verileri ve uydu verisindeki radyans değerleri

İSTASYONLAR	UTM ENLEM	UTM BOYLAM	SICAKLIK	RADYANS	DN
ÇATALCA	623078,4851	4556545,831	27	0,9577	153
GEBZE	704648,4851	4522855,831	33,1	1,093888	173

S. GÖKÇEN HAVAALANI	694538,4851	4530145,831	33	1,090951	169
KANDİLLİ RASATHANESİ	673298,4851	4547935,831	34	1,091341	173
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ	665738,4851	4542115,831	32,7	1,089045	175
ATATÜRK HAVALİMANI	652898,4851	4536745,831	32	1,083529	174
KUMKÖY	670808,4851	4568605,831	28,3	0,9677	146
SARIYER	671768,4851	4557355,831	30,3	0,978731	155
KAMILOBA	620468,4851	4545385,831	30,11	1,039404	166
HADIMKÖY	637298,4851	4545685,831	29,58	1,022857	163
GÖZTEPE	675338,4851	4537255,831	31,1	1,011825	161
KARTAL	678248,4851	4533625,831	32,8	1,04492	164
ÇAVUŞBAŞI	680618,4851	4550335,831	30,52	1,028373	164
ÖMERLİ	696278,4851	4541485,831	30,45	1,011825	161
BÜYÜKADA	676928,4851	4527565,831	31,16	1,032857	163
OLİMPİYAT	648428,4851	4551445,831	31,45	1,04492	164
AKSARAY	659738,4851	4544005,831	32,23	1,066982	167
TERKOS	639518,4851	4575535,831	27,94	0,951153	141
AKOM	664748,4851	4550275,831	30,78	1,022857	163
SAMANDIRA	686588,4851	4535635,831	32,1	1,055951	163

ŞİLE	711158,4851	4560415,831	28,9	0,978059	154
------	-------------	-------------	------	----------	-----

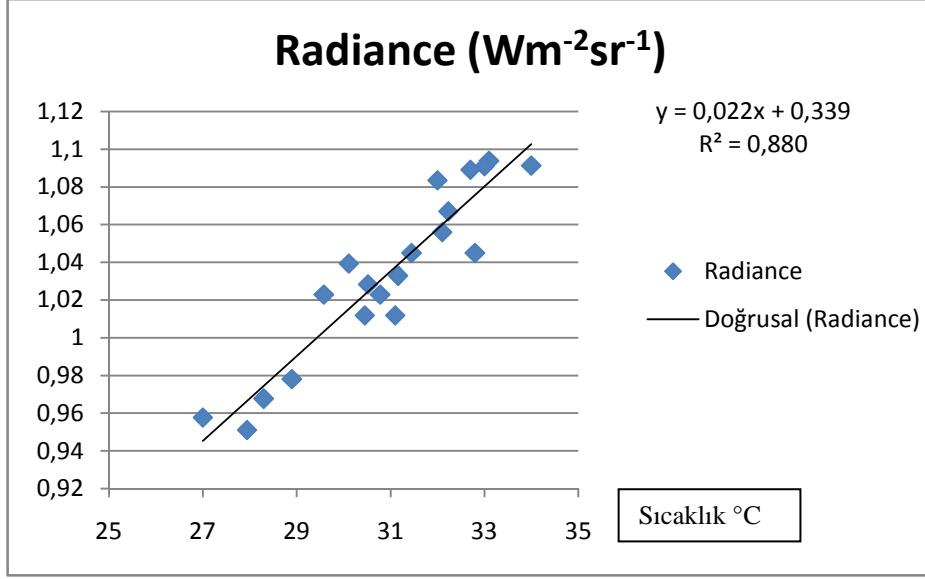
18 Temmuz 2007 yılına ait veride sıcaklık değerleri ile radyans değerleri arasında ilişki kurulduğu zaman, aralarında % 85 doğruluklu olduğu görülmüştür.



Şekil 7.27: 2007 yılında İstanbul ili için sıcaklık değerleri ile radyans değerleri arasındaki ilişki

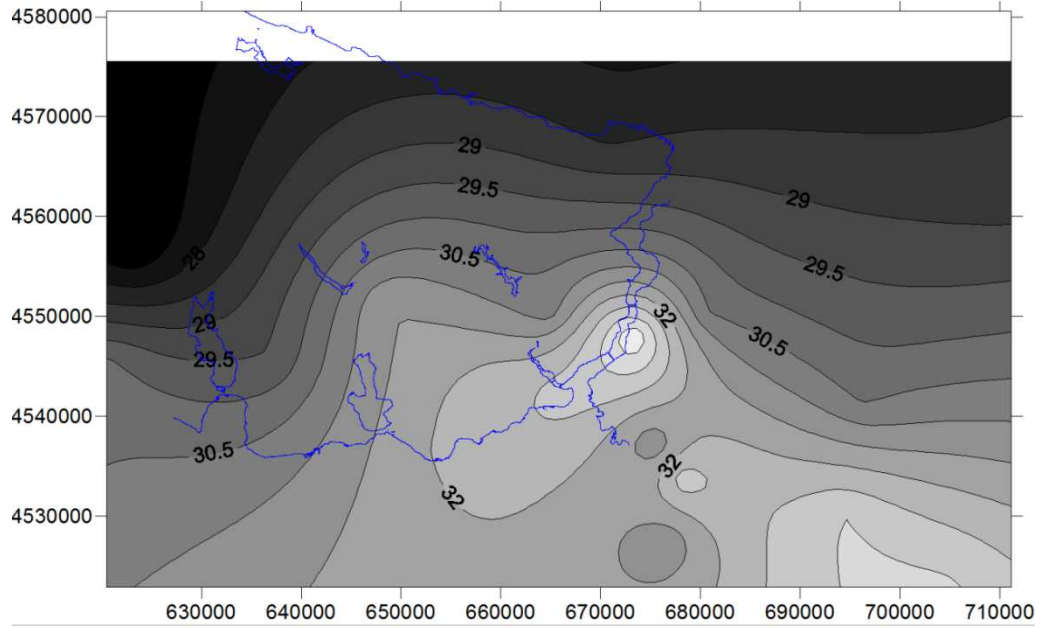
Meteorolojik istasyonlardan Kireçburnu İstasyonu için alınmış olan sıcaklık değeri üç yıla ait veride de genel hale aykırı olarak kayıt edilmiş, olması beklenenden farklı çıkmıştır. Bu durum Kireçburnu istasyonunun coğrafik konumundan kaynaklanmaktadır. Kullanılan istasyon verileri arasından Kireçburnu İstasyonuna ait olan veri çıkartılır ise sıcaklık değerleri ile radyans değerleri arasındaki doğruluk oranının % 85'den % 88'e çıktığı görülmektedir.

Kireçburnu istasyonu da dahil edilerek, elde edilen tüm istasyonlardan alınan veriler ile radyans değerleri arasındaki ilişki şekil 7.27 de, Kireçburnu istasyonuna ait verinin kullanılmaması ile elde edilen grafik şekil 7.28 de verilmiştir.



Şekil 7.28: 2007 yılında İstanbul ili için sıcaklık değerleri ile radyans değerleri arasındaki ilişki.

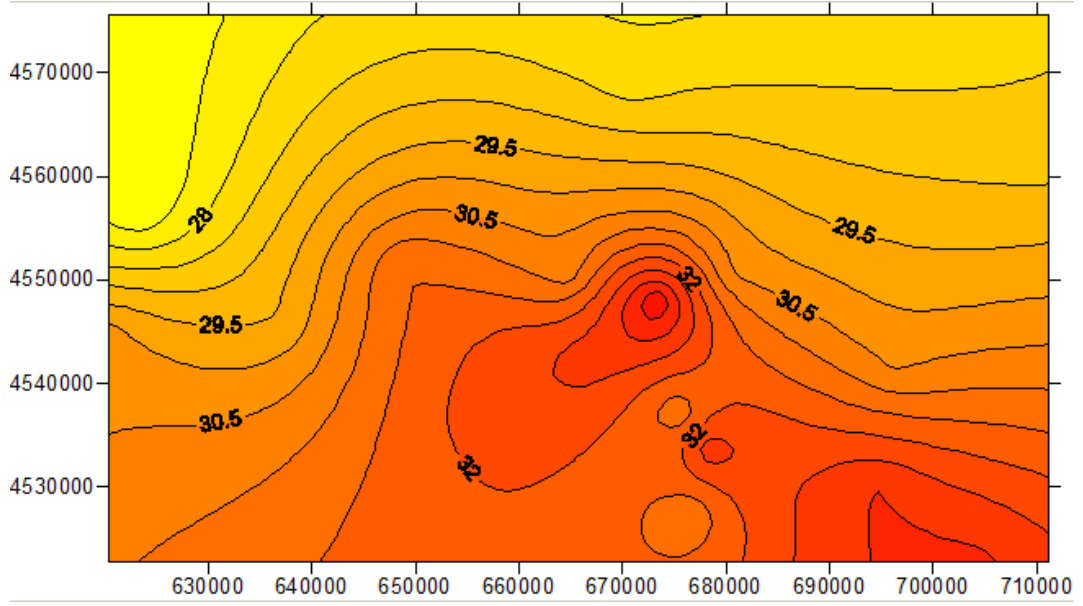
2007 yılının İstanbul ili için olan sıcaklık verileri kullanılarak kriging interpolasyon yöntemi uygulanmıştır.



Şekil 7.29: İstanbul ili için sıcaklık verilerine kriging interpolasyon yöntemi uygulaması

İstanbul ili için sıcaklık verilerine kriging interpolasyon yöntemi uygulandığında şehirde yerleşimin daha az olduğu kuzey bölgesinden yerleşimin daha fazla olduğu güney kısmına geldikçe sıcaklık değerlerinin arttığı ve şehrin güney kısmında şehir

ısı adalarının oluştuğu görülmektedir. İstanbul şehri için Kriging uygulamasının renklendirilmiş hali 7.30 numaralı şekilde verilmiştir.



Şekil 7.30: İstanbul ili için sıcaklık verileri ile yapılan kriging uygulamasının renklendirilmiş hali.

8. SONUÇLAR

Dünya nüfusu her gecen gün artmakta ve Türkiye de bu artıştan etkilenmektedir. Türkiye’de özellikle büyük şehirler iş, eğitim, sağlık gibi sebepler ile iç ve dış göçler almaktadır. İş alanları, eğitim olanakları gibi sebeplerle iç göç olarak nüfusu artan şehirlerin başında İstanbul yer almaktadır. İstanbul ilinde nüfus son 20 yılda 5 katı değerlere ulaşmış, 1980 yılında 2,772,708 olan nüfus 2000 yılında 10,018,468 olarak tespit edilmiştir. 2007 yılına geldiğimiz bu gün İstanbul ilinin nüfusu 12.573.836’ya ulaşmıştır.

İstanbul ilindeki nüfus artışının şehrin yapısına, iklimine ve şehirde yaşayanlara olan etkisinin araştırılması bu çalışmanın ortaya çıkma nedenidir.

Çalışmanın yapılabilmesi için temel olarak 25 Eylül 1987, 18 Temmuz 1997 ve 28 Haziran 2007 tarihlerine ait Landsat TM uydu verileri kullanılmıştır. İlk olarak Türkiye İstatistik Kurumu’ndan İstanbul ili için elde edinilen nüfus bilgileri İstanbul ili için yapılan şehir alanlarının artışını gösteren sınıflandırma ile ilişkilendirilmiştir. İstanbul ilindeki şehir alanlarının artışı gösterildikten sonra uydu verisinin termal kanalı kullanılmış, veriler ile İstanbul ili için şehir yüzey ısı adalarının tespit edilebilmesi çalışması yapılmıştır. Buna ek olarak da Devlet Meteoroloji Müdürlüğünden alınan sıcaklık verileri ile İstanbul Büyükşehir Belediyesine ait otomatik meteoroloji istasyonlarının sıcaklık verilerinden ve Kandilli Rasathanesinden temin edilmiş olan sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır. Sıcaklık verileri, uydu görüntülerinde ortaya çıkan ısı adalarının bulunduğu bölgeler için ölçümü yapılmış yersel sıcaklık verisi ile ilişkilendirmesi yapılmıştır.

Landsat 5 TM uydusunda bulunan 7 banttan 6 tanesi şehir alanlarının farkı konularda sınıflandırılabilmesi için kullanılırken ısı bant olan 6. Bant ısı adalarının tespit edilmesinde kullanılmıştır.

Devlet Meteoroloji Müdürlüğünden verisi alınan istasyonlar Çatalca (Radar), Kumköy, Sarıyer-Kireçburnu, Göztepe, İstanbul Üniversitesi, Şile, Kartal, Gebze, Samandıra istasyonları ile Atatürk Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havalimanıdır.

Büyükşehir Belediyesine Afet Koordinat Merkezinden verisi alınan otomatik istasyonlar Çavuşbaşı, Ömerli, Büyükkada, Olimpiyat, Aksaray, Terkoz, AKOM, Çanta, Kamiloba, Hadımköy istasyonlarıdır.

Kandilli Rasathanesine ait sıcaklık verisi Kandilli Rasathanesinden alınmıştır.

Bu çalışmada 1987, 1997 ve 2007 yılına ait uydu görüntüleri kullanılarak İstanbul ilinin yerleşim alanlarındaki artışın şehrin ısısına etki ettiği ve şehirde ısı adalarının oluşumuna sebep olduğu gösterilmiştir.

Tüm veriler yerleşim alanlarına göre sınıflandırıldığında 20 yıl içinde nüfusun yaklaşık 6 katına çıktığı ve yerleşim alanlarının çok arttığı gözlenmiştir. 1987 ve 1997 yılları arasında nüfus artışının etkisi ile şehir sınırları hızla genişlerken, 1997 ile 2007 yıllarındaki genişlemenin 1987-1997 yılları arasındakine göre daha az olduğu, buna karşılık yerleşim alanlarının yoğunluklarının arttığı görülmüştür. 1987 yılında yerleşim alanları 4207,58 km² iken 1997 yılında 6960,92 km² ve 2007 yılında 8794,57 km² olarak saptanmıştır. Nüfustaki artış ile sınıflandırma sonucu ortaya çıkan yerleşim alanları ilişkilendirildiğinde nüfus ile yerleşim alanlarının birbiri ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir.

Yerleşim alanlarındaki artış yeşil alanlarda ya da orman alanlarında, tarlalarda hatta akarsularda azalma olarak ortaya çıkmıştır. Bu değişimi gösteren tüm değerler tablo halinde önceki sayfalarda verilmiştir.

Yerleşim alanlarındaki artışın şehrin ısısını nasıl etkilediğine bakmak için uydu verilerinin termal kanalları kullanılmıştır.

1987 yılına ait Landsat verisinin ısı bandı incelendiğinde deniz ve göllerin görüntünün en düşük yansıtım değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Deniz ve göllere ait değerleri artarak orman alanları, orman alanlarını ise yerleşim alanları ve tarlalar takip etmektedir. Görüntüde en yüksek yansıtım değerleri tarlaların bulunduğu bölgelerdedir. Tarlaların olduğu bölgelerde yansıtım değerlerinin yerleşim alanlarından daha yüksek olmasının sebebi görüntünün tarlaların hasat zamanından sonra alınmış olması ve bu yüzden tarlaların hem yansıtım değerlerinin hem de sıcaklıklarının daha fazla olmasıdır.

1987 yılı verisinde yerleşim alanlarını gözlediğimiz zaman yerleşim yerlerine ait yansıtım değerlerindeki artışın, yerleşim alanlarının sınırları ile tam olarak örtüştüğü görülmüştür.

1997 yılı görüntüsü uzun süren yağmurlu bir dönemin hemen arkasından alınmıştır. 1997 yılına ait ısı veri incelendiği zaman 1987 yılı verisinde olduğu gibi yansıtım değerlerinin en az olduğu bölgeler denizlerdir. Bu değerleri göller ve ormanlar izlemektedir. Tarla ve yerleşim alanlarına ait değerler kıyaslandığında ise yerleşim alanlarının yansıtım değerlerinin tarlalarınkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yerleşimin çok yoğun olduğu yerlerde yansıtım değerleri görüntüdeki en yüksek değerlerdir. Bu değerler yerleşim alanlarını doğru olarak tanımlamaktadır.

İstanbul ilinin 2007 yaz mevsimi diğer yıllara göre daha sıcak geçmiştir. Yaz mevsiminin önceki yıllardan daha sıcak ve yağışsız geçmesinin yanı sıra nüfusun ve dolayısı ile yerleşim alanlarının da artışı 2007 yılı ısı bant görüntüsünde çok etkili olmuştur. Yerleşim alanlarındaki artış yansıtım değerlerine etki etmiş, yüksek değerler tamamen yerleşim alanları üzerinde ortaya çıkmıştır.

20 yıllık zaman dilimi incelendiğinde İstanbul ilinde nüfusun ve buna bağlı olarak yerleşim alanlarının arttığı, ısı kanalında bir bölgenin sıcaklık değerlerindeki artışı temsil eden yansıtım ya da parlaklık değerlerinin arttığı saptanmıştır.

İstanbul iline ait 2007 yılının sıcaklık değerleri kullanılarak kriging interpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda İstanbul ilinin kuzey bölgelerinin daha düşük sıcaklık değerlerine sahip olduğu, güney bölgesinin ise daha yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu ortaya konmuştur. Bu durum İstanbul ilindeki yerleşim alanlarının yerleri ile de doğru orantılıdır. İstanbul ilinin güney kısmı yerleşim alanlarının fazla olduğu bölgedir.

Kriging interpolasyon yöntemi uygulandıktan sonra İstanbul ilinin güney kısımda sıcaklığı bağlı olarak oluşan hücreler ortaya konmuştur. Şehrin güneyinde; İstanbul Boğazının Marmara Denizi ile birleştiği bölgede, yerleşim alanlarının çok yoğun olduğu, buna bağlı olarak da Boğazın güney kısmında hem Asya hem Avrupa yakasını kapsayacak şekilde yayılmış olan ısı adasının olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, İstanbul ilinin yine yerleşimin yoğun olduğu, güney doğu kısmında da başka bir ısı adası tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Agouris, P.**, 2005. Energy Interactions, University of Maine, National Center for Geographic Information & Analysis, Dept of Spatial Information Science&Engineering.
http://www.spatial.maine.edu/~peggy/Teaching/Ch1_B.ppt (Son erişim tarihi: 3.09.2007)
- Agterberg, F P.**, 1974. Geomathematics, Mathematical Background and Geo-Science Applications, *Elsevier Scientific Publishing Company*, Amsterdam,
- Akkartal, A.**, 2007. Denizlerdeki Yağ Tabakasının İzlenmesinde Radar Uydu Görüntülerinin Kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A., & Newland, L.**, 1995. Mapping Micro Urban Heat Islands Using Landsat TM and a GIS. *Comparative Geoscience*, 21, 965–969.
- ASU-TES**, 2007. Arizona State University Thermal Emission Spectrometer http://tes.asu.edu/MARS_SURVEYOR/MGSTES/TIR_description.html (Son erişim tarihi: 19.12.2007)
- Balling, R. C., & Brazel, S. W.**, 1988. High-Resolution Surface-Temperature Patterns in A Complex Urban Terrain. *Photographic Engineering Remote Sensing*, 54, 1289– 1293.
- Başar, U. G.**, 2006. İstanbul’da Yüzey Ozon Konsantrasyonundaki Değişimin 2004-2005 Yılları İçin İncelenmesi. *Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ben-Dor, E., & Saaroni, H.**, 1997. Airborne Video Thermal Radiometry as a Tool For Monitoring Microscale Structures of The Urban Heat Island. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 3039– 3053.

- Carlson, T. N., Dodd, J. K., Benjamin, S. G., & Cooper, J. N.**, 1981. Remote Estimation of Surface Energy Balance, Moisture Availability and Thermal Inertia. *Journal of Applied Metal working*, 20, 67– 87.
- Carnahan, W. H., & Larson, R. C.**, 1990. An Analysis of an Urban Heat Sink. *Remote Sensing of Environment*, 33, 65–71.
- Carlson, T. N., & Sanchez-Azofeifa, G. A.**, 1999. Satellite Remote Sensing of Land Use Changes in and Around San Jose, Costa Rica. *Remote Sensing of Environment*, 70, 247– 256.
- Caselles, V., Lopez Garcia, M. J., Melia, J., & Perez Cueva, A. J.**, 1991. Analysis of The Heat-Island Effect of The City of Valencia, Spain Through Air Temperature Transects and NOAA Satellite Data. *Theoretical and Applied Climatology*, 43, 195– 203
- Chand Kiran T.R., Latha K. M., Badarinath K.V.S.**, 2007. Studies on Urban Heat Islands Using Envisat AATSR Data. National Remote Sensing Agency, Dept. of Space-Govt. of India, Balanagar http://www.isprs.org/commission8/workshop_urban/chand.pdf (Son Erişim Tarihi: 21.02.2008)
- CCRS**, 2007. Canada Centre for Remote Sensing. (Kanada Uzaktan Algılama Merkezi) Konu: Fundamentals of Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php (Son Erişim Tarihi: 15.11.2007)
- CSCRS**, 2003. İTÜ Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi. <http://www.cscrs.itu.edu.tr/page.tr.php?id=14#snf> (Son erişim tarihi: 23.02.2008)
- Daylan. B. E. G., İncecik. S.**, 2002. İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi. *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Demir, A.**,1999. İçme Suyu Havzalarının ve Alıcı Ortamlarının Kirlenmeye Karşı Korunması, *Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu* 99, İstanbul cilt3, pp21-29, 1999.

- DiE,** 2008. Türkiye İstatistik Kurumu.
http://www.die.gov.tr/nufus_sayimi/2000Nufus_Kesin1.htm (Son Erişim Tarihi: 11.02.2008)
- DMİ,** 2008. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
<http://www.meteoroloji.gov.tr/index>. (Son Erişim Tarihi: 06.02.2008)
- Dousset, B.,** 1989. AVHRR-Derived Cloudiness And Surface Temperature Patterns Over The Los Angeles Area and Their Relationship to Land Use. Proceedings of IGARSS-89 (Pp. 2132–2137). New York, NY: IEEE.
- Dousset, B.,** 1991. Surface Temperature Statistics Over Los Angeles: The Influence of Land Use. Proceedings of IGARSS-91 (Pp. 367–371). New York, NY: IEEE.
- Dudycha, D. J.,** 2003, Introduction to Cartography and Remote Sensing, Scope of Remote Sensing, Department of Geography, Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo,
<http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/scopers.htm> (Son Erişim Tarihi: 20.09.2007)
- Elert. G.,** 2007. The Electromagnetic Spectrum. The Physics Hypertextbook™©
<http://www.islandnet.com/~pjhughes/physics2.htm> (Son Erişim Tarihi: 03.10.2007)
- Eliasson, I.,** 1992. Infrared Thermography and Urban Temperature Patterns. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 869– 879.
- EPA,** 2008. United States Environmental Protection Agency – ABD Çevre Koruma Ajansı <http://www.epa.gov/heatisland/about/> (Son Erişim Tarihi: 12.02.2008)
- Epperson, D. L., Davis, J. M., Bloomfield, P., Karl, T. R., McNab, A. L., & Gallo, K. P.,** 1995. Estimating The Urban Bias of Surface Shelter Temperatures Using Upper-Air And Satellite Data 2. Estimation of The Urban Bias. *Journal of Applied Meteorology*, 34, 358– 370
- Erol, Y.,** 2005,. Firat Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü. *Bilim ve Teknik Dergisi* 1998-2007

- Ezber, Y., Şen O.L., Kindap T., ve Karaca M.,** 2007. Climatic Effects of Urbanization in İstanbul: A Statistical and Modeling Analysis, *International Journal of Climatology*, 27(5): 667-679.
- Gallo, K. P., & Owen, T. W.,** 1998. Assessment Of Urban Heat Islands: A Multi Sensor Perspective for The Dallas Ft Worth, USA Region. *Geocarto International*, 13, 35– 41.
- Gallo, K. P., & Owen, T. W.,** 1999. Satellite Based Adjustments for The Urban Heat Island Temperature Bias. *Journal Of Applied Meteorology*, 38, 806– 813.
- Gallo, K. P., & Tarpley, J. D.,** 1996. The Comparison of Vegetation Index and Surface Temperature Composites For Urban Heat Island Analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 17/15, 3071– 3076
- Gallo, K. P., Et Al.,** 1993b. The Use Of NOAA AVHRR Data For Assessment of The Urban Heat Island Effect. *Journal of Applied Meteorology*, 32, 899– 908.
- Gallo, K. P., McNab, A. L., Karl, T. R., Brown, J. F., Hood, J. J., & Tarpley, J.D.,** 1993a. The Use of A Vegetation Index For Assessment of The Urban Heat Island Effect. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 2223– 2230.
- Gallo, K. P., Tarpley, J. D., McNab, A. L., & Karl, T. R.,** 1995. Assessment of Urban Heat Islands: A Satellite Perspective. *Atmospheric Research*, 37, 37 – 43.
- Hafner, J., & Kidder, S. Q.** 1999. Urban Heat Island Modeling in Conjunction With Satellite-Derived Surface/Soil Parameters. *Journal of Applied Meteorology*, 38, 448– 465.
- Henry, J. A., Dicks, S. E., Wetterqvist, O. F., & Roguski, S. J.,** 1989. Comparison of Satellite, Ground-Based, And Modeling Techniques for Analyzing The Urban Heat Island. *Photographic Engineering of Remote Sensing*, 55, 69– 76.

- Hoyano, A., Asano, K., & Kanamaru, T.,** 1999. Analysis of The Sensible Heat Flux From The Exterior Surface of Buildings Using Time Sequential Thermography. *Atmospheric Environment*, 33, 3941–3951.
- Iino, A., & Hoyano, A.,** 1996. Development Of A Method To Predict The Heat Island Potential Using Remote Sensing and GIS Data. *EnergyBuilding*, 23, 199– 205.
- İstanbul,** 2007. İstanbul Hakkında, web sitesi. [http://www.azizistanbul.com/hakkinda.asp-](http://www.azizistanbul.com/hakkinda.asp) (Son Erişim Tarihi: 15.02.2008)
- Johnson, G. T., et al.,** 1991. Simulation of Surface Urban Heat Islands Under ‘Ideal’ Conditions at Night Part 1: Theory And Tests Against Field Data. *Boundary - Layer Meteorology*, 56, 275– 294.
- Kandilli,** 2006. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Meteoroloji Laboratuvarı <http://web.boun.edu.tr/meteoroloji/> (Son Erişim Tarihi: 21.02.2008)
- Kaya, Ş.,** 2007. Multitemporal Analysis of Rapid Urban Growth in İstanbul Using Remotely Sensed Data. *Environmental Engineering Science. Volume 24*, Number 2. Mary Ann Liebert. Inc.
- Kerry K.E. and K.A.Hawick.,** 1990. Kriging Interpolation on High-Performance Computers Department of Computer Science, *Australia Technical Report* DHPC-035, University of Adelaide, SA 5005,
- Koçak, K.,** 2001. Atmosfer Bilimlerine Giriş ders notları. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü. Eylül 2001
- Kim, H. H.,** 1992. Urban Heat Island. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2319–2336
- Landsat,** 2007. Landsat Sattellites (USGS) <http://landsat.usgs.gov/index.php> (Son Erişim Tarihi: 12.02.2008)
- Lee, H. -Y.,** 1993. An Application of NOAA AVHRR Thermal Data to The Study of Urban Heat Islands. *Atmospheric Environment*, 27B, 1 –13.

- Lefohn, A. S., Knudsen, H. P., Logan, J. A., Simpson, J., Bhumralkar, C.,** 1988. An Evaluation of the Kriging Method to Predict 7-h Seasonal Mean Ozone Concentrations for Estimating Crop Losses, *J. Air Poll. Control Assoc.*, **37**, 595-602.
- Liew, Dr. S. C.,** 2002, Principles of Remote Sensing, CRISP (Center for Remote Imaging Sensing and Processing, www.crisp.nus.edu.sg/~research/ (Son Erişim Tarihi: 15.10.2007)
- Lillesand, T. M. -Kiefer, R.W.,** 1987. Remote Sensing and Image Interpretation. (Second Edition), John Wiley & Sons Inc., USA
- Lintz, J. Jr-Simonett, D. S. (Ed),** 1976. Remote Sensing of Enviroment., Addison Wesley Publishing Company
- Lo, C. P., Quattrochi, D. A., & Luvall, J. C.,** 1997. Application of high-resolution Thermal Infrared Remote Sensing And GIS to Assess The Urban Heat Island Effect. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 287– 304.
- Lougeay, R., Brazel, A., Hubble, M.,** 1996. Monitoring İntra-Urban Temperature Patterns and Associated Land Cover in Phoenix, Arizona Using Landsat Thermal Data. *Geocarto International*, 11, 79– 89.
- Mather, Paul M.,** 1987. Computer Processing of Remotely-Sensed Images, John Wiley & Sons Inc, Great Britain
- Menzel, W. Paul.,** 2006. Remote Sensing Applications with Meteorological Satellites. *Remote Sensing Tutorials*.
- Merry, J. C.,** 2004. Civil & Environmental Engineering & Geodetic Science. The Ohio State University (power point slayt)
- Mills. G.,** 2007. The Urban Canopy Layer Heat Island. *International Association for Urban Climate (IAUC) Teaching Resource Committee*
- NASA-CERES,** 2008. National Aeronautics and Space Administration. (Amerika Uzay Ajansı) Clouds and The Earth's Radiant Energy System <http://science.larc.nasa.gov/ceres/index.html> (Son Erişim Tarihi: 21.02.2008)

- NASA-ASTER**, 2004. NASA – TERRA - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer. <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery-detail.asp?name=Istanbul> (Son Erişim Tarihi: 25.01.2008)
- NASA-Electromagnetic Spectrum**, 2007. <http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/waves3.html> (Son Erişim Tarihi: 25.02.2008)
- NASA-TERRA**, 2008. National Aeronautics and Space Administration- (Amerika Uzay Ajansı) TERRA Uydusu Bilgi Sayfası. <http://terra.nasa.gov/> (Son Erişim Tarihi: 12.02.2008)
- NASA-MODIS**, 2008. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer <http://modis.gsfc.nasa.gov/> (Son Erişim Tarihi: 12.02.2008)
- Nichol, J. E.**, 1996. High-Resolution Surface Temperature Patterns Related to Urban Morphology in A Tropical City: A Satellite-Based Study. *Journal of Applied Meteorology*, 35, 135– 146.
- NOAA**, 2008. National Oceanic and Atmospheric Administration. <http://www.noaa.gov> (Son Erişim Tarihi: 24.02.2008)
- NOAA-AVHRR**, 2006. Advanced Very High Resolution Radiometer (Avhrr) <http://noaasis.noaa.gov/noaasis/ml/avhrr.html> (Son Erişim Tarihi: 12.02.2008)
- Ogneva-Himmelberger**, 2008. Clark University. Volume 3-Introductory Digital Image Processing, Module 5 Radiometric Restoration Exercise: Radiance Conversion. <http://www.cas.sc.edu/geog/rsrab/rscc/mod5/5-1/exercises/radiance.htm> (Son Erişim Tarihi: 22.02.2008)
- Oke, T. R., Johnson, G. T., Steyn, D. G., & Watson, I. D.**, 1991. Simulation of Surface Urban Heat Islands Under ‘Ideal’ Conditions At Night Part 2: Diagnosis Of Causation. *Boundary-Layer Meteorology*, 56, 339–358.
- Oke. T.R.**, 1982. The Energetic Basis of Urban Heat Island. *Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society* 108, 1-24
- Oke. T.R.**, 1976. The Distribution Between Canopy and Boundary Layer Urban Heat Islands. *Atmosphere* 14, 268 - 276

- Oliver, M. A., Webster, R.,** 1990. Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems, *International Journal Geographical Information Systems*, **4**, 3, 313-332.
- Owen, T. W., Carlson, T. N., & Gillies, R. R.,** 1998. An Assessment of Satellite Remotely-Sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing The Climatic Effect of Urbanization. *International Journal of Remote Sensing*, **19**, 1663– 1681.
- Özküralpli, İ.,** 2006. Trakya Meriç Havzasındaki Çeltik Etkili Alanlarda Ürün Gelişiminin çok Zamanlı Radar Uydu Görüntü Verileri Yardımıyla İzlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,
- Parlow, E.,** 1999. Remotely-Sensed Heat Fluxes Of Urban Areas. in De Dear, et al. (Eds.), *Biometeorology and Urban Climatology at The Turn of The Millennium*. WMO Tech. Doc., vol. 1026 (Pp. 523–528). *Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization*.
- Quattrochi, D. A., & Ridd, M. K.,** 1994. Measurement and Analysis of Thermal Energy Responses From Discrete Urban Surfaces Using Remote Sensing Data. *International Journal of Remote Sensing*, **15**, 1991–2022.
- Rao, P. K.,** 1972. Remote Sensing Of Urban Heat Islands From an Environmental Satellite. *Bulletin of The American Meteorological Society*, **53**, 647–648.
- Roth, M., Oke, T. R., & Emery, W. J.,** 1989. Satellite-Derived Urban Heat Island From Three Coastal Cities And The Utilization of Such Data in Urban Climatology. *International Journal of Remote Sensing*, **10**, 1699–1720.
- Shoshany, M., Aminov, R., & Goldreich, Y.,** 1994. The Extraction of Roof Tops From Thermal Imagery for Analyzing The Urban Heat Island Structure. *Geocarto International*, **4**, 61– 69.
- Short, N. M.,** 2006. Remote Sensing Tutorial. Image Processing and Interpretation – Morro Bay, California. Minimum Distance Classification

- http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect1/Sect1_18.html (Son Erişim Tarihi: 25.02.2008)
- Slater,P.N.**, 1980. Remote Sensing Optics and Optical Systems.Addison_Wesley Publisihing Company
- Smith, L.**, 2000. Remote-Sensing Technologies, GIS Lounge, <http://gislounge.com/features/aa121900.shtml> (Son Erişim Tarihi: 20.12.2007)
- Stoll, M. J., & Brazel, A. J.**, 1992. Surface-Air Temperature Relationships in The Urban Environment of Phoenix. *Arizona Physical Geography*, 13, 160– 179.
- Taşkın. M.**,Kuantum Fiziği web sitesi. http://kuantum_x.sitemynet.com/page29.html (Son Erişim Tarihi: 20.12.2007)
- USGS-Landsat**, 2007. United States Geological Survey. Landsat Uyduları http://landsat.usgs.gov/project_facts/history/index.php
http://edc.usgs.gov/guides/landsat_tm.html (Son Erişim Tarihi: 23.02.2008)
- UTEP**, 2002. How Scaning Systems Which Aquire Remote Sensing Data Work, <http://www.geo.utep.edu/pub/keller/Resolution/Resolution.html>
- Voogt, J. A., & Grimmond, C. S. B.**, 2000. Modeling Surface Sensible Heat Flux Using Surface Radiative Temperatures in A Simple Urban Area. *Journal of Applied Meteorology*, 39, 1679– 1699.
- Voogt. J.A., Oke. T.R.**, 2002. Thermal Remote Sensing Of Urban Areas. *Remote Sensing of Environment* 86 (2003) 370 – 384
- Voogt, J. A., Oke. T.R.**, 1997. Complete Surface Temperatures. *J. Appl. Meteorol.* 36, 1117 - 1132
- Voogt, J. A., Oke. T. R.**, 2003. Thermal Remote Sensing of Urban Climates. *Remote Sensing of Environment*, 86, 370 - 384
- Voogt T.R., Soux, A, J.A., Oke.,** 2004. “A Model To Calculate What a Remote Sensor ‘Sees’ of an Urban Surface”, *Boundary-Layer Meteorology*, 111, 401-424.

Yıldız, U., 2003. Elektromanyetik Dalgalar. Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Yura, G., Tutorials., 2004. Universidad de Concepcion CHILE.
<http://www.copas.cl/~gabriel/tutoriales/rsnote/cp9/cp9-2.htm> (Son Erişim Tarihi: 22.12.2007)

EKLER

<u>Uygulamacılar</u>	<u>Platform: Algılayıcı</u>	<u>Çalışma Konusu</u>
Balling & Brazel 1988	AVHRR	Yüzey Sıcaklık Paternleri ile Karaların Kullanımı Arasındaki İlişkinin
Dousset 1989	AVHRR	Şehir Alanları Üzerinde Yüzey ve Hava Sıcaklığı İlişkisi
Henry ve Diğerleri 1989	HCMM	Uzaktan Algılama Ve Yüzey Ölçümü Modellemesi Kullanılarak Şehir Isı Adası Analizi.
Carnahan ve Larson 1990	Landsat TM	Şehir Ve Kırsal Bölgenin Isınması ve Soğuması Arasındaki Farklılıklar
Caselles ve Diğerleri 1991	AVHRR	Uydu Ve Yüzey Verileri İle Isı Adası Analizi.
Dousset 1991	AVHRR, SPOT	Şehirlerde Kara Kullanımı Ve Onların Yüzey Sıcaklığı İle İlişkinin Çok Bantlı Olarak Sınıflandırılması
Johnson ve Diğerleri 1991	IRT	Yüzey Isı Adası Modeli
Eliasson 1992	AGEMA	Yer Yüzeyi Yüzey Sıcaklığı İle Gökyüzü Arasındaki İlişki
Kim 1992	Landsat TM	Şehir Alanlarda Enerji Dengesi Modellemesi
Stoll ve Brazel	Hava Aracı	Farklı Şehir Yüzeyleri İçin Yüzey

1992		ve Hava Sıcaklığı İlişkisi.
Gallo ve Diğerleri	AVHRR	Şehir Isı Adası İncelenmesi İçin
1993a 1993b		NDVI Bitki İndeksi Kullanımı
Lee	AVHRR	Kore'de Şehir Gelişimine Bağlı
1993		Olarak Gelişen Hava Ve Yüzey Isı
		Adalarının Değerlendirilmesi.
Johnson ve Diğerleri	TOVS	Şehir Hava Sıcaklığının Uydu
1994		Verilerinin Türetilmesi İle Kırsal
		Kesimlerde Hava Sıcaklığı Tahmini.
Quattrochi ve Ridd	TIMS	Şehir Yüzeyinin Gece Ve Gündüz
1994		Termal Etkisi.
Shoshany ve Diğerleri	Termal Tarayıcı	Isı Adaları İçin Çatıların
1994		Sıcaklıklarının Analizi.
Aniello ve Diğerleri	Landsat TM	Şehir Yüzey Sıcaklığı Ve Ağaçların
1995		İlişkisi
Epperson ve Diğerleri	AVHRR, DMSP	Şehir Yüzey Sıcaklığının NDVI ve
1995		Gece Yarısı Sıcaklığı Verisi
		Kullanılarak Tahmini
Gallo ve Diğerleri	AVHRR	Uydu Verileri Kullanılarak Şehir Isı
1995		Adalarının Ortaya Koyulması
Gallo ve Tarpley	AVHRR	Isı Adası Etkisinin NDVI İle
1996		Etkileşimi
Iino ve Hoyano	MSS	Uzaktan Algılama Ve GIS Verileri
1996		Kullanarak Şehir Enerji Dengesi
		Modellemesi
Lougeay ve Diğerleri	Landsat TM	Karasal Alanların Kullanımı ve

1996		Kullanımının Değişiminin Sıcaklık Paternleri İle İlişkilendirilmesi.
Nichol	Landsat TM	Yüzey Sıcaklık Paternlerinin
1996		Şehir Morfolojisi İle İlişkisi.
Ben-Dor ve Saaroni	Tırs	Yüzey Ve Hava Sıcaklığı Isı Adası
1997		Analizi
Lo ve Diğerleri	ATLAS	Kara Yüzeyi İçin Termal Veri ve
1997		NDVI İlişkisi
Voogt ve Oke 1997	AGEMA	Şehir Yüzey Sıcaklıkları
Gallo ve Owen	AVHRR, DSMP/	Uydu Verilerinin Çok Bantlı
1998	Landsat MSS	İncelenmesi ve Uzun Zamanlı
		Sıcaklık Verileri İle UHI Analizi
Nichol	Landsat TM	Uzaktan Algılama İle Şehir Isısının
1998		Üç Boyutlu İfadesi
Owen ve Diğerleri	AVHRR	Isıl Kanal ve NDVI Verilerinin
1998		SVAT Verisi İle İklimsel Değişikliğin
		Araştırılması
Voogt ve Oke	AGEMA	Şehir Yüzeylerinin Farklılıkları
1998		
Carlson, Sanchez-Azofeifa	AVHRR	Şehirleşme İle Şehir Mikro İklim
1999		Değişimi
Hadner ve Kidder	AVHRR	Termal Durum Ve Nemlilik İle SUHI
1999		ve UHI Arasındaki İlişki
Hoyano ve Diğerleri	Termal Tarayıcı	Uzak Binalardan Gizli Isı Akısı
1999		Hesaplanması
Parlow	Landsat TM	Çok Bantlı Verilerle Şehir Alanlarının

1999		Enerji Dengesi Hesabı
Wald ve Baleynaud	Landsat TM	Termal Uzaktan Algılama İle Hava Kalitesi İncelemesi
1999		
Quattrochi ve Diğerleri	ATLAS	Şehir Isı Adasının GIS Ve Uzaktan Algılama İle Tespiti
2000		
Voogt	AGEMA	Şehir Yüzey Sıcaklıklarının Alansal Olarak Farklı Skalalar İle İfadesi.
2000		
Voogt Ve Grimmond	AGEMA	Gizli Isı Akısı Modellemesi, Yüzeyin Termal Değişimi ve Isı Adası Tespiti
2000		
Voogt Ve Soux	Termal Tarayıcı,	Şehirde Termal Oluşan Alanda Farklılıklar
2000	IRT	

ÖZGEÇMİŞ

Konya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimi için 23 Nisan İlkokuluna ve Özel Diltaş Kolejine gitti.

2000 – 2001 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği bölümünde eğitime başladı. Haziran 2006 da bölümünden mezun oldu.

2006 – 2007 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programında yüksek lisans eğitimine başladı.

Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programında doktora eğitimine devam etmektedir.