



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

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ENTEGRASYONU İLE AKSARAY İLİ HAVA KALİTESİ
HARİTASININ OLUŞTURULMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil İbrahim GÜNDÜZ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Semih EKERCİN

AKSARAY, 2018

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 152306404 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Halil İbrahim GÜNDÜZ** tarafından hazırlanan “**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONU İLE AKSARAY İLİ HAVA KALİTESİ HARİTASININ OLUŞTURULMASI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Harita Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Semih EKERCİN

Aksaray Üniversitesi

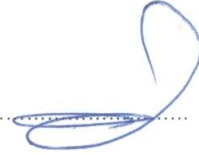
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....



Üye: Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....



Tez Savunma Tarihi: 28/12/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.



Halil İbrahim GÜNDÜZ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimiyle bana yol gösteren, tezimin hazırlanmasında yardımlarını ve yönlendirmelerini esirgemeyerek büyük katkı sağlayan değerli danışman hocam Prof. Dr. Semih EKERCİN'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan ve bana her konuda destek olan başta annem Aysel Gündüz, babam Ahmet GÜNDÜZ ve ağabeyim Mehmet GÜNDÜZ olmak üzere ailemin bütün fertlerine çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında beni her zaman destekleyen Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü mesai arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. S. Sefa BİLGİLİOĞLU, Arş. Gör. A. Tarık TORUN, Arş. Gör. Cemil GEZGİN ve Aksaray Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünden arkadaşım Arş. Gör. M. Haydar TERZİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Halil İbrahim GÜNDÜZ

AKSARAY, 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1 Hava Kirliliği ve Hava Kalitesi	8
3.1.1 Hava kirliliği kaynakları	8
3.1.1.1 Partikül maddeler	9
3.1.2 Hava kalitesi örnekleme metotları	17
3.1.2.1 Pasif örnekleme metodu	17
3.1.2.2 Aktif (yarı otomatik) örnekleme metodu	18
3.1.2.3 Otomatik analizörler	19
3.2 Uzaktan Algılama	20
3.2.1 Elektromanyetik enerji.....	21
3.2.2 Elektromanyetik spektrum	21
3.2.3 Uzaktan algılamanın bileşenleri	24
3.2.3.1 Verinin elde edilmesi	24
3.2.3.2 Verinin işlenmesi	25
3.2.4. Cisimlerin spektral yansıtma özellikleri	25
3.2.4.1 Bitkilerin spektral yansıtması.....	26
3.2.4.2 Zeminlerin spektral yansıtması	26
3.2.4.3 Suyun spektral yansıtması.....	27
3.2.4.4 Yüzey cisimlerinin spektral ışıması	27
3.2.5 Algılama sistemleri	28
3.2.5.1 Pasif algılama	28
3.2.5.2 Aktif algılama.....	29
3.2.6 Uydu sistemleri	30
3.2.6.1 Landsat uydu sistemleri.....	30
3.3. Regresyon Analizi	35
3.4 Bölgenin Özellikleri Ve Kullanılan Veriler	39
3.4.1 Çalışma alanı	39
3.4.2 Kullanılan veriler	42
3.4.2.1 Uzaktan algılama verileri	42
3.4.2.2 İstasyon verileri	44
3.4.2.3 Meteorolojik veriler	44
3.4.2.4 Çalışma alanından toplanan veriler	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	50
4.1 Uydu Görüntülerinin Radyometrik Olarak Düzeltilmesi	50
4.2 Regresyon Analizi	54
4.3 Doğruluk Analizi	57
4.4 Model Oluşturma.....	59
4.5 Tematik Haritaların Üretilmesi.....	61

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	64
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ.....	74



YÜKSEK LİSANS TEZİ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONU İLE AKSARAY İLİ HAVA KALİTESİ HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Halil İbrahim GÜNDÜZ

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Semih EKERCİN

ÖZET

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı nüfus artışının getirdiği artan enerji talebi ve düzensiz yapılaşma hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kalitesini insan ve diğer canlı organizmaların sağlığını olumsuz yönde etkileyemeyecek seviyelere getirmek için mevcut hava kirliliğinin tespitinin yapılması ve hava kalitesini arttırmaya yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak uydu sistemlerindeki yenilikler, bu sistemlerin farklı disiplinlerde kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu gelişmeler neticesinde günümüzde uydu görüntüleri kullanılarak hava kirliliğine ait parametrelerin belirlenmesi ve mevcut durumun tematik haritasını üretmek mümkündür.

Bu tez kapsamında 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihlerine ait 2 adet Landsat-8 uydu görüntüsü ve bu tarihlerde gerçekleştirilen arazi çalışmalarıyla elde edilen PM_{10} örnekleri temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu uydu görüntüleri öncelikle radyometrik olarak düzeltilmiştir. Daha sonra uydu görüntülerinden elde edilen yansıma değerleri ve arazide ölçülen PM_{10} değerleri kullanılarak, çoklu regresyon yöntemi ile elde edilen katsayılar uydu görüntülerine ait bantlara uygulanmış ve sonuç tematik haritalar üretilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, yerleşim alanlarındaki PM_{10} değerlerinin organize sanayi gibi diğer alanlara kıyasla toplum sağlığını etkilemeyecek düzeyde olduğunu göstermektedir. Ancak trafiğin ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde PM_{10} değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait sabit istasyondan alınan verilerle karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Regresyon Analizi, PM_{10} , Hava Kirliliği, Landsat.

Aralık, 2018; 74 sayfa

M.Sc. THESIS

MAPPING OF DISPERSION OF AIR QUALITY OF AKSARAY PROVINCE BY THE INTEGRATION OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

Halil İbrahim GÜNDÜZ

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics**

Supervisor: Prof. Dr. Semih EKERCİN

ABSTRACT

As in the rest of the world, the increasing demand for energy and irregular structuring in our country that due to by rapid population growth, negatively affect the air quality. In order to bring the air quality to the levels that will not adversely affect the health of human and other living organisms, it is necessary to determine the current air pollution and take precautions to increase the air quality. Innovations in satellite systems in parallel to the development of technology has enabled these systems to be used in different disciplines. As a result of these developments, it is possible to determine the parameters of air pollution and produce the thematic map of the current situation by using satellite images.

Within the scope of this thesis, 2 Landsat-8 satellite images that belongs the dates of 16.07.2018, 20.10.2018 and PM₁₀ samples obtained from the field studies at these dates were used as the main data source. These satellite images primarily were corrected radiometrically. Afterwards, using the reflection values obtained from the satellite images and the PM₁₀ values surveyed in the field, the coefficients obtained by using multiple regression method (MRM) were applied to the bands of the satellite images and the result thematic maps were produced.

The results show that the PM₁₀ values in residential areas are unlikely to affect public health compared to other areas such as organized industry. However, in traffic and industrial areas high levels of PM₁₀ values were determined. The data obtained from this study were compared and interpreted with the other data obtained from the continuously operation station owned by the T.C Ministry of Environment and Urban Planning.

Keywords: Remote Sensing, Regression Analysis, PM₁₀, Air Pollution, Landsat.

December, 2018: 74 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Emisyon kaynakları	9
Şekil 3.2. PM'in atmosferdeki dağılımı	10
Şekil 3.3. PM boyutlarının insan saç ve plaj kumu ile karşılaştırılması	10
Şekil 3.4. Değişen boyutlardaki partiküllerin insan vücudunda birikim potansiyeli .	12
Şekil 3.5. Günümüzde kullanılmakta olan bazı pasif örnekleyici	18
Şekil 3.6. Bir aktif örnekleme sistemi örneği	19
Şekil 3.7. Harmonik dalga	21
Şekil 3.8. Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar	22
Şekil 3.9. Uzaktan Algılama sistemlerinin elemanları.....	25
Şekil 3.10. Bitki örtüsü, toprak ve suyun spektral yansıtım eğrileri.....	26
Şekil 3.11. Pasif Algılama	29
Şekil 3.12. Aktif Algılama	29
Şekil 3.13. Landsat 1–3 MSS, Landsat 4–5 TM ve Landsat 7 ETM + görüntüleri ...	33
Şekil 3.14. Değişkenler arasındaki ilişkilerin yönü ve gücü.....	35
Şekil 3.15. Çalışma alanı haritası.....	40
Şekil 3.16. Arazi kullanım haritası.	41
Şekil 3.17. 16.07.2018 tarihli Landsat uydu görüntüsü	42
Şekil 3.18. 20.10.2018 tarihli Landsat uydu görüntüsü	43
Şekil 3.19. 16.07.2018 tarihine ait taşınım haritası.....	45
Şekil 3.20. 20.10.2018 tarihine ait taşınım haritası.....	45
Şekil 3.21. Aksaray merkez ilçe Landsat uydusu ile eş-zamanlı olarak yapılan yersel çalışma.....	46
Şekil 3.22. Saha çalışmasında PM ₁₀ değerleri toplanan noktaların konumları.....	47
Şekil 3.23. Saha çalışmasında PM ₁₀ değerleri toplanan noktaların konumları.....	48
Şekil 3.24. Hava kalitesi ölçüm cihazı.....	49
Şekil 4.1. Radyometrik olarak düzeltilmiş 16.07.2018 tarihli uydu görüntüsü	52
Şekil 4.2. Radyometrik olarak düzeltilmiş 20.10.2018 tarihli uydu görüntüsü	53
Şekil 4.3. Model-1 regresyon analiz modeli	55
Şekil 4.4. Model-2 regresyon analiz modeli	56
Şekil 4.5. Birinci analiz sonucu üretilen ROC eğrisi.	58
Şekil 4.6. İkinci analiz sonucu üretilen ROC eğrisi.....	58
Şekil 4.7. Model-1 nokta dağılımı.	59
Şekil 4.8. Model-2 nokta dağılımı.	59
Şekil 4.9. Model akış şeması	60
Şekil 4.10. 16.07.2018 PM ₁₀ ilişkili tematik harita	61
Şekil 4.11. 20.10.2018 PM ₁₀ ilişkili tematik harita	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Türkiye’de 2014’ten sonra uygulamaya geçen PM ₁₀ limit değerleri.....	14
Çizelge 3.2. Dünya’nın çeşitli ülkelerindeki PM ₁₀ ve PM _{2.5} sınır	15
Çizelge 3.3. PM için WHO sınır değerleri.....	15
Çizelge 3.4. EPA tarafından PM için belirlenen sınır değerleri.	15
Çizelge 3.5. Hava kalitesi indeksi.....	16
Çizelge 3.6. Elektromanyetik tayf bölgeleri	23
Çizelge 3.6. (Devam) Elektromanyetik tayf bölgeleri.....	24
Çizelge 3.7. Landsat-1’den Landsat-7’ye olan görevlerin özellikleri.....	31
Çizelge 3.8. Landsat-1’den Landsat-7’ye olan görevlerde kullanılan	32
Çizelge 3.9. Landsat 8 spektral bantları.....	34
Çizelge 3.10. Pearson korelasyon katsayıları ve yorumları.....	36
Çizelge 3.11. İstasyondan elde edilen PM ₁₀ değerlerinin aylık ortalama değerleri...	44
Çizelge 4.1. Model-1 regresyon özeti.....	55
Çizelge 4.2. Model-1 anova tablosu	55
Çizelge 4.3. Model-2 regresyon Özeti	56
Çizelge 4.4. Model-2 anova tablosu	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
EPA	Amerikan Çevre Koruma Örgütü
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
ETM	Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı
ETM+	Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı Plus
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi
HKKY	Hava Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği
Hz	Hertz
IR	Kızılötesi
m	Metre
mm	Milimetre
MSS	Çoklu Spektral Tarayıcı
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	Yakın Kızılötesi
nm	Nanometre
OLI	İşlevsel Kara Görüntüleyici
Pan	Panchromatic
PM₁₀	Parçacık çapı 10 µm'den küçük olan partikül maddeler
PM_{2.5}	Parçacık çapı 2.5 µm'den küçük olan partikül maddeler
RBV	Dönüş Işınlı Vidikon
ROC	Receiver Operating Characteristics
SO₂	Kükürt Dioksit
TIRS	Termal Kızılötesi Sensörü
TM	Tematik Haritalayıcı
USGS	United States Geological Survey
UV	Ultraviyole
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
µm	Mikrometre

1.GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve sanayileşmenin beraberinde getirdiği artan enerji talebi, kentsel alanların büyümesi ve fosil yakıtların kullanımının artması ve buna ek olarak planlama ve çevresel düzenlemelerdeki yetersizlikler sonucu gittikçe artan hava kirliliği dünyanın birçok ülkesinde ciddi sağlık ve çevre sorunlarına yol açmaktadır. Hava kirliliğinin sonucu olarak insan ve çevre sağlığı olumsuz yönde etkilenecek toplu ölümlere dahi yol açabilmektedir. Belçika Meuse vadisinde 1930 yılında 63, Pennsylvania Donora'da 1948 yılında 20, Meksika Poza Rica'da 1948 yılında 22, Londra'da 1952 yılında 4000, Japonya Osaka'da 1962 yılında 60 ve ABD New York'ta 1966 yılında 168 insanın hayatını kaybetmesine neden olan hava kirliliği, sorunun ciddiyetini göstermektedir (Logan, 1953; Karakaş, 2015).

Büyüklik ve kimyasal bileşimine göre çeşitlilik gösteren parçacıkların heterojen karışımından meydana gelen ve aerosol olarak da adlandırılabilen partikül madde (PM) hava kalitesinin belirlenmesinde çok önemli bir yere sahiptir (El-Fadel ve Massoud, 2000). PM üzerine yapılan çalışmalara önem verilmesinin temel sebebi de bu kirlleticilerin canlı sağlığını ve iklim değişikliği üzerine etkilerinin fark edilmeye başlanmasıdır (Gerasopoulos, 2006). Günümüzde yapılan birçok epidemiyolojik çalışma, PM'in yüksek seviyelere çıkması ile ölüm oranları arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir (Schwartz, J., vd. 1996). PM'nin iklim üzerinde etkisi ise PM arttıkça soğutma özelliğidir (Gerasopolous, 2006).

PM kirliliğine neden olan kaynaklar doğal veya antropojenik olarak sınıflandırılabilir. Doğal PM kaynaklarına örnek olarak polenler, bakteriler, volkanik faaliyetler, orman yangınları, deniz spreyleri, rüzgar ile taşınan çöl tozları verilebilir. Deniz spreyi etkisi ve topraktan rüzgar ile kalkan tozlar, kaba partiküller olarak bilinirler. Antropojenik PM kaynakları ise ulaşım, fosil kaynaklı güç santralleri, ısınma amaçlı tüketilen yakıtlar, madencilik, katı atık yakma tesisleri, ziraat ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanırlar (Holman, 1999; Jackson, 2003; Godish, 2004; Hill, 2004; Zeydan, 2014).

PM, büyüklükleri ve çaplarına göre birkaç gruba ayrılır. Parçacık çapı 10 mikrometreden (μm) küçük olanlar PM_{10} olarak adlandırılır ve çapı $2.5 \mu\text{m}$ 'den daha küçük olan partiküller de ince partikül ($\text{PM}_{2.5}$) olarak adlandırılır. Çapları $0.1 \mu\text{m}$ 'den

daha küçük olan partiküller ise ultra ince partikül olarak adlandırılmaktadırlar (Polichetti vd., 2009). Bu partiküllerin büyüklüğü ile havada kalma süresi ve insan sağlığına olan zararları arasında ters orantı vardır. PM_{10} havada dakikalar ve saatlerce kalabilmektedirler. Ancak boyutlarının büyük olması nedeniyle daha kısa mesafelerde taşınabilmektedir. $PM_{2.5}$ ise havada saatler ve hatta haftalar boyunca kalabilmektedir. Hafif ve çaplarının küçük olması nedeniyle daha uzun mesafelere hareket edebilmektedir (Özbeyaz vd., 2016). Aynı şekilde PM boyutu küçüldükçe insan sağlığına olan zararı da artmaktadır. Yani ince partiküller ($PM_{2.5}$) kaba partiküllere göre (PM_{10}) daha zararlıdır (Harrison ve Yin, 2000).

PM'ye bağlı hava kirliliğinde kısa vadeli değişikliklerle günlük ölüm oranları arasındaki ilişkileri gözlemleyen çalışmaların sonuçlarına göre PM_{10} 'da $10 \mu g / m^3$ 'lük bir artışın günlük ölüm oranlarında %0,5 - %1,5'lik bir artışın olduğunu göstermektedir (Valavanidis vd., 2008). Ayrıca pek çok çalışma PM'ye maruz kalmanın kardiyovasküler hastalık riskini arttırdığını göstermektedir. İnsanlar ve hayvanların hava kirlleticilerine maruz kalması sonucunda damar tıkanıklığının olduğu gözlemlenmiştir (Polichetti vd., 2009). Dünya Sağlık Örgütü (WHO-World Health Organization) PM'ye bağlı hava kirliliğinin her yıl 800000 erken ölüme neden olduğunu tahmin etmekte ve dünya genelinde önde gelen 13. ölüm nedeni olarak sıralamaktadır (Anderson vd., 2012).

Hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik olarak Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Temiz Hava Yasası (Clean Air Act) adıyla ilk yasal düzenlemeyi yapmış daha sonra 1956 yılında İngiltere'de yasal düzenlemeler yapılmıştır (Kılıç, 2008). 1970'lerde Avrupa Birliği (AB) hava kalitesinin arttırılmasına yönelik politikalar uygulamaya ve önlemler almaya başladığından bu yana Avrupa'nın hava kalitesi önemli ölçüde artış göstermiştir

Dünya ülkelerindeki PM_{10} seviyelerine bakıldığında özellikle düşük bütçeli ülkelerdeki PM_{10} seviyesinin yüksek olduğu ve yüksek bütçeli ülkelerde ise bu kirleticisi seviyesinin düşük olduğu görülmektedir. Dünya Bankası tarafından oluşturulan "Gelişmişlik Göstergeleri" arasında hava kirliliği de göz önüne alınmış ve ülkelerin 2005 yılı için nüfus ağırlıklandırılmış PM_{10} seviyeleri yayımlanmıştır. Buna göre $120 \mu g/m^3$ ve üzeri PM_{10} seviyesine sahip ülkeler Mali, Bangladeş, Mısır, Irak, Pakistan, Suudi Arabistan, Sudan, Birleşik Arap Krallığı, Çad, Nijer, Uruguay olarak

belirtilirken PM₁₀ seviyesi 7 - 14 µg/m³ olan ülkeler Fransa, İsveç, Belarus, Estonya, Venezuala, Uganda, Romanya ve Gabon ülkeleri verilmiştir (WB, 2008; Çoban, 2009). Avrupa Birliği ülkelerinde ise PM öncü maddeleri 1990 – 2004 yılları arasında yaklaşık olarak %45 oranında düşmesine rağmen aynı düşüş PM yoğunluk seviyelerine yansıyamamıştır. Bu durumun temel sebebi olarak meteorolojik faktörlerdeki değişimin olduğu düşünülmektedir. 2005 yılı nüfus ağırlıklandırılmış PM₁₀ yoğunluklarının en yüksek değerlerine (> 32 µg/m³) Bulgaristan, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Malta, Romanya, Arnavutluk ülkelerinde rastlanmaktadır (EEA, 2009a, Çoban, 2009).

Ülkemizde ise bir çevre problemi olarak hava kirliliği, ilk kez 1955 yılında Ankara’da ortaya çıkmıştır. Daha sonra ise büyük kentlerin hava kalitesinin artırılması için çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla hava kirliliğinin azaltılması için yönetmeliklerde çeşitli değişiklikler yapılmıştır. Çevre Kanununa dayanarak 1986 yılında 2872 sayılı Hava Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği (HKKY) hazırlanmıştır (Başar vd., 2005). Daha sonra Türkiye AB’ye üye olabilmek için 1986 da çıkarılan Yönetmelik düzenlenerek 6 Haziran 2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” yayımlanmıştır.

Bugün hava kirliliğinin doğru bir şekilde belirlenmesi, tüm illerde hava kirliliği politikaları oluşturulması ve bu politikalar çerçevesinde illerin hava kalitesinin bir önceki yıldan daha iyi durumlara getirilebilmesi için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2005 - 2007 yılları arasında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından kurulan bu istasyonlara ek olarak, çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından kurulan istasyonların Bakanlığa devri ve 2014 ve yeni kurulan istasyonlarla birlikte 309 adet sabit ve 4 adet mobil istasyon olarak genişletilmiştir. Bakanlığına ait olan 4 adet mobil hava kalitesi ölçüm aracı da sisteme bütünleşmiş durumda olup, kirlilik problemi yaşanan bölgelere sevk edilmekte ve belli bir süre ölçüm yapılmak koşuluyla mevcut hava kalitesi durumunun raporlanması amacıyla kullanılmaktadır (URL-1).

Günümüzde hava kirliliğinin anlık ve uygun maliyetlerle belirlenebilmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak uydu sistemlerindeki yenilikler, bu sistemlerin farklı disiplinlerde kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu gelişmeler neticesinde günümüzde uydu görüntüleri kullanılarak hava kirliliğine ait

parametrelerin belirlenmesi, tematik haritalarının üretilmesi ve hava kirliliğinin anlık olarak belirlenmesi mümkündür. Uydu görüntüleri kullanarak hava kirliliğine neden olan parametrelerin belirlenmesi ülkemizde henüz çok yaygın olmamasına rağmen uluslararası ölçekte yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Tanre vd., 1988; Ung vd., 2003; Gupta vd., 2006; Mozumder vd., 2013; Shaheen vd., 2017). Bu çalışmalar bizlere yer ölçmelerinin alınamadığı durumlarda uydu görüntüleri yardımıyla hava kirliliğine neden olan parametreler ile uydu görüntüleri arasında anlamlı ilişkiler sunmaktadır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda Landsat TM, ETM ve ETM+ uydu görüntüleri ve PM arasında anlamlı ilişkiler bulmuşlardır. Bu nedenle, bu çalışmada Landsat-8 uydusuna ait görüntüler kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Aksaray'da hava kalitesine etki eden PM₁₀ değerlerinin uydu görüntülerinden saptanması ve tematik haritasının oluşturulmasıdır. Çalışma sınırları içerisinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından PM₁₀ ve SO₂ ölçümleri bir sabit istasyondan yapılmaktadır. Ancak bu istasyon Aksaray'ın homojen PM₁₀ dağılımını göstermemektedir. Bu nedenle bu çalışmada, uydu görüntüleriyle eş zamanlı olarak çalışma alanı içerisinde homojen dağılmış noktalardan PM₁₀ örnekleri toplanmıştır. Çalışma sonuçları ile yöntemin uygulanabilirliğinin ulusal ölçekteki literatüre katkı yapması beklenmektedir.

2. KAYNAK ÖZETİ

Hava kirliliğini tespit etmek için uydu görüntülerinin kullanılması henüz çok yaygın değildir. Literatür araştırılması kısmında ulusal ve uluslararası ölçekte, hava kirliliği parametrelerinin uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmesi araştırılmıştır. Yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Tanre vd., (1988), saçılmadan kaynaklanan bulanıklık etkisini kullanarak, uydu görüntülerinden arazi yüzeyleri üzerinde aerosol optik kalınlığın elde edilmesine imkan veren bir yöntem sunmaktadır. Bu çalışmada, bulanıklaştırma etkilerini izleyerek, karasal alanlar üzerindeki aerosol optik kalınlığını almak için yeni bir yöntem geliştirilmiş ve yöntem, eş zamanlı arazi ölçümleriyle TM verileri arasında iyi bir ilişki bulunmuştur.

Sifakis ve Deschamps, (1992), SPOT XS1 bandını havadaki partiküllerin kentsel kirlenmiş alanlardaki yatay dağılımını haritalamak için kullanmışlardır. Bu çalışmada iki uydu görüntüsü radyometrik olarak karşılaştırıldı. Bu görüntülerden birinde hava kirliliği olmasına ve diğer görüntünün ise açık atmosferik koşullar altında elde edilmesine dikkat edilmiş ve ikinci görüntüye referans görüntü adı verilmiştir. Bu yöntemle havadaki PM'ler saptanmıştır.

Poli vd., (1994), sıcaklık ile havada asılı kalan toplam PM arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. PM'lerin yanı sıra uygun görülen yerlerde kükürt dioksit değerleri ölçülmüş ve günlük olarak toplanmıştır. Uydudan türetilen sıcaklık ile hava kirliliği arasında güçlü bir negatif korelasyon (-0,97) bulmuşlardır. Ancak SO₂ ile uydudan türetilen sıcaklık arasındaki korelasyon zayıf çıkmış ve anlamlı bir ilişki saptayamamışlardır.

Retalis vd., (1999) temel olarak Sifakis vd. (1992) ile aynı yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada Landsat-5 uydu görüntüsüne ait 0,45 - 0,52 µm spektral bölgesini, yani TM-1 bandını kullanmışlardır. Bu çalışmada referans günün atmosferik kalınlığının sıfır olduğu varsayılmıştır. Bu sonuç ise "optik yoğunluk" olarak adlandırılmıştır. Çalışma sonucunda SO₂ ve dumanın optik yoğunluk ile pozitif bir ilişkisi olduğunu göstermiştir.

Wald ve Baleynaud (1999), hava kalitesi parametrelerinin haritalandırılması için uydu görüntülerinin potansiyellerini araştırmışlardır. Bu çalışmada Landsat uydusuna ait termal kızılötesi bant kullanılmıştır. Çalışma sonucunda partiküllerin, uydu tarafından gözlemlenen görünür sıcaklık ile yüksek derecede ilişkili olduğu bulunmuştur.

Ung vd., (2003), Strazburg (Fransa)'un hava kalitesinin uydu görüntüleri yardımıyla haritalanması ve Uzaktan Algılama teknikleriyle kirleticiler arasındaki ilişkiyi saptamaya çalışmışlardır. Landsat uydusu ile ölçülen yansıma değerleri ile çeşitli kirleticilerin ölçümleri arasında çoklu korelasyonlar hesaplanmış. Sonuçlar, hava kalitesi parametreleri ve uydu ölçümleri arasındaki lineer korelasyonu sadece termal infrared aralığında değil, aynı zamanda infrared aralığında da kanıtlamıştır.

Lim vd., (2004), Landsat 7 uydu görüntüsünden Penang Adası (Malezya)'nın hava kirliliğinin saptanmasını amaçlamışlardır. Çalışmanın amacı yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip Landsat 7 görüntülerini kullanarak hava kalitesi değerlerini elde etmek için kullanılan 3 farklı yöntemin uygulanabilirliğini test etmektir. İlk yöntemde, ham DN değerleri algoritma analizi için bağımsız değişkenler olarak kullanılmış. İkinci yöntemde, görüntüdeki toplam yansımadan yüzey yansımalarını çıkararak atmosferik yansıma değerleri hesaplanmış. Üçüncü yöntemde ise regresyon analizi için termal kızılötesi bandın ham DN değerleri ve görünür bandın atmosferik yansımaları birleştirilmiş. Üç yöntemden elde korelasyon değerleri sırasıyla 0,9089, 0,8650 ve 0,9344'dür. Regresyon analiziyle elde edilen bu değerler mevcut Landsat TM yeteneklerinin hava kirliliğinin uydu görüntüleri kullanılarak elde edilebileceğini göstermektedir.

Gupta vd., (2006), NASA (National Aeronautics and Space Administration)'nın Terra ve Aqua uyduları üzerindeki Modis sensöründen türetilen Aerosol Optik Kalınlık (AOT) kullanılarak, dünyanın beş farklı coğrafi bölgesine yayılmış 26 istasyondan elde edilen PM_{2.5} verileri arasında anlamlı bir ilişki yakalanmıştır. Regresyon analizi kullanılarak 24 saatlik PM_{2.5} konsantrasyonları ve Modis AOT arasında ampirik bir ilişki yakalanmıştır. Çalışma sonucunda yer ölçümlerinin olmadığı alanlarda uydu görüntülerinin kullanılabilirliğini göstermektedir.

Mozumder vd., (2013), hava kirliliği ile ilgili bilgileri bir indekse dönüştürmüş ve uydu görüntüleriyle arasındaki korelasyonu araştırmışlardır. Çalışma sonucunda

Landsat ETM+ uydusuna ait yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi dalga boylarında güçlü bir korelasyon (0,83 – 0,78) bulmuşlardır.

Nguyen ve Tran (2014), Hanoi (Vietnam) şehrinin, Landsat 8 uydu görüntülerini kullanarak $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10}) daha küçük çaplı PM konsantrasyonları belirleme potansiyelini araştırmışlardır. Uydu görüntülerinin kırmızı, yeşil ve mavi bantlarından elde edilen reflektans değerlerinin PM_{10} değerleriyle arasındaki korelasyonu belirlemek için regresyon analizini kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda regresyon katsayısı 0,888 bulunmuştur. PM_{10} ve uydu görüntülerinden elde edilen reflektans değerleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.

Shaheen vd., (2017), Gazze (Filistin) şehrinin, Landsat uydusuna ait görünür bantların PM_{10} ile ilişkisini belirlemeye çalışmıştır. Uydu görüntülerinin kırmızı, yeşil ve mavi bantlarından elde edilen reflektans değerlerinin PM_{10} ile korelasyonun sağlandığı çalışmada regresyon analizi sonucunda regresyon korelasyon katsayısını 0,86 bulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda Landsat uydu görüntüsünden PM_{10} değerlerini belirlemenin mümkün olduğunu göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

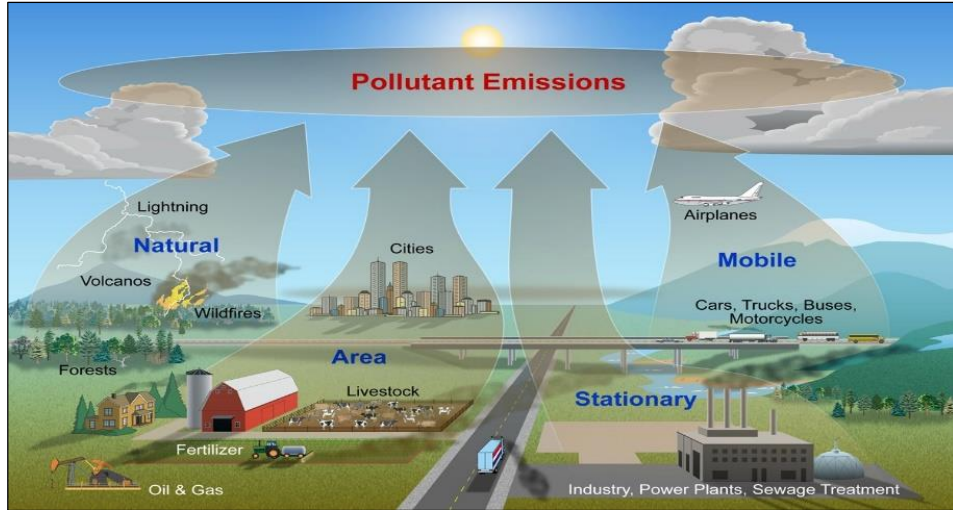
3.1 Hava Kirliliği ve Hava Kalitesi

Hava kirliliği, insanların ve diğer canlı organizmaların sağlığını, hayatta kalmasını ya da faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen ve hava, su ya da toprağın fiziksel, kimyasal ya da biyolojik özelliklerinde istenmeyen bir değişiklik olarak tanımlanabilir (Henry ve Heineke, 1996). Hava kirliliği, atmosferin doğal bileşiminde bulunmayan bir veya daha fazla kirleticisi maddenin kayda değer miktar ve sürede bulunmasından kaynaklanır (Canter, 1996). Hava kirliliğine neden olan kaynaklar ikiye ayrılmaktadır. Doğal hava kirliliği kaynakları arasında bitki polenleri, rüzgar nedeniyle oluşan tozlar, volkanik püskürmeler ve doğal nedenlerden oluşan orman yangınları sayılabilir. İnsan kaynaklı hava kirliliğine ulaşım, ısınma, plansız kentleşme neden olmaktadır (Byrne, 2000).

Hava kalitesi ise solunan havanın hangi düzeyde temiz veya kirli olduğunu gösteren bir ölçüt olarak tanımlanabilir (Saydam, 2008). Hava kalitesinin belirlenmesinde ki temel unsur insan sağlığını ve çevreyi korumaktır.

3.1.1 Hava kirliliği kaynakları

Hava kirleticilerinin kaynakları doğal ve insan kaynaklı olarak sınıflandırılabilir. Doğal hava kirliliği kaynakları arasında bitki polenleri, rüzgar nedeniyle oluşan tozlar, volkanik püskürmeler sonucunda salınan gaz ve partiküller, deniz tuzları ve doğal nedenlerden oluşan orman yangınları sayılabilir. İnsan kaynaklı hava kirliliğine ulaşım, ısınma, plansız kentleşme neden olmaktadır (Tecer, 2011). Şekil 3.1’de kirleticisi emisyonlarının atmosferde birikimi gösterilmektedir.

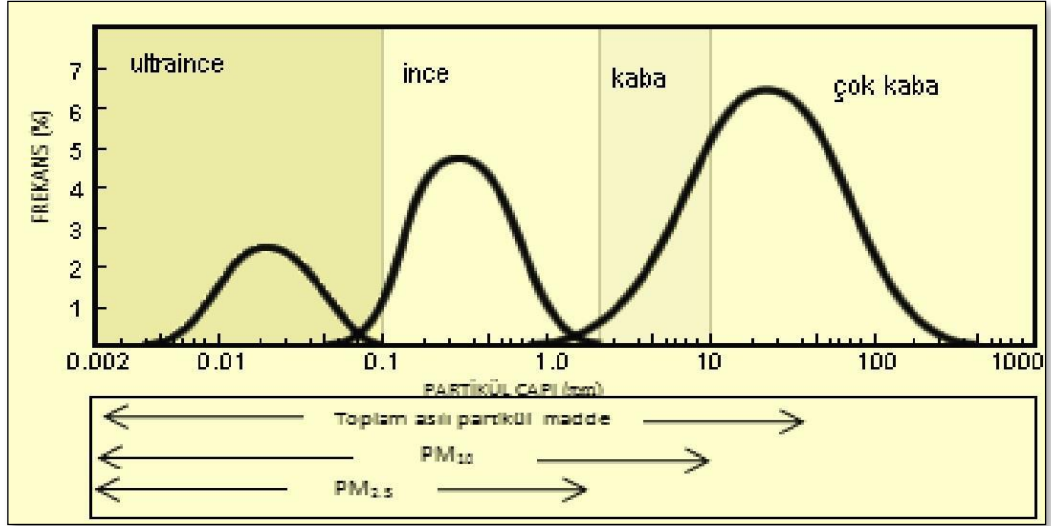


Şekil 3.1. Emisyon kaynakları (URL-2).

Hava kirliliğine neden olan kaynaklar, diğer sınıflandırmaların yanı sıra, atmosferde yer alış durumlarına (birincil ve ikincil kirleticiler) göre de sınıflandırılabilir (Partigöç ve Çubukçu, 2017). Atmosferde doğal olarak bulunmayan veya atmosferde doğal olarak bulunmasına rağmen farklı yoğunlukta ve sürede bulunan maddeler hava kirleticiler olarak tanımlanabilir (Bayat, 2011). Hava kirleticiler kaynaktan çıkışlarına göre ikiye ayrılmaktadırlar. Primer kirleticiler, kaynaktan doğrudan çıkan bileşiklerdir. Bunlar Kükürt Dioksit (SO_2), Azot Oksitler (NO_x), Hidrojen Sülfür (H_2S), Karbon Monoksit (CO), Karbon Dioksit (CO_2), Hidrojen Florür (HF) ve PM'lerdir. Sekonder kirleticiler ise sonradan oluşan kirleticilerdir. Kükürt Trioksit (SO_3), Sülfürik Asit (H_2SO_4), Aldehitler, Ketonlar, Asitler ve Endüstriyel Dumanlar sekonder kirleticilerdir (Peker, 2011). Bu çalışmada sadece PM_{10} değerlendirileceği için sadece bu kirleticiden bilgiler verilecektir.

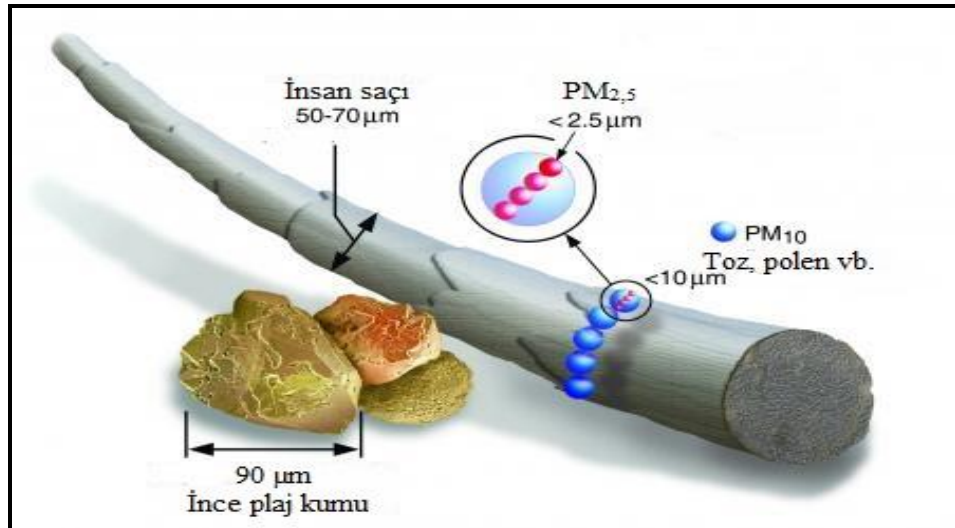
3.1.1.1 Partikül maddeler

PM, hava kirliliğinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Dış ortam havasındaki PM, büyüklük ve kimyasal bileşimine göre çeşitlilik gösteren parçacıkların heterojen karışımından meydana gelmekte ve aerosol olarak da adlandırılabilirler (El-Fadel ve Massoud, 2000). PM, büyüklükleri ve çaplarına göre birkaç gruba ayrılır. Parçacık çapı $10\ \mu m$ 'den küçük ve $2.5\ \mu m$ 'den daha büyük olanlara kaba partikül (PM_{10}) olarak ve çapı $2.5\ \mu m$ 'den daha küçük olan partiküller de ince partikül ($PM_{2.5}$) olarak adlandırılır. Çapları $0,1\ \mu m$ 'den daha küçük olan partiküller ise ultra ince partikül olarak adlandırılmaktadırlar (Polichetti vd., 2009). Şekil 3.2'de PM'in çaplarına göre atmosferdeki dağılım frekansı yer almaktadır.



Şekil 3.2. PM'in atmosferdeki dağılımı (Haksevenler, 2010).

PM'in çapı ile havada kalma süresi ters orantılıdır. PM₁₀ havada dakikalar ve saatlerce kalabilmektedirler. Ancak boyutlarının büyük olması nedeniyle daha kısa mesafelerde taşınabilmektedir. PM_{2.5} ise havada saatler ve haftalar boyunca kalabilme özelliğine sahiptir. Hafif ve çaplarının küçük olması nedeni ile daha uzun mesafelere taşınabilmektedirler (Özbeyaz vd., 2016). Bu da kıtalar üzerinde seyahat edebilmelerine olanak tanır. Yani PM_{2.5} emisyon kaynağından çok uzakta yaşayan insanları dahi etkileyebilir (Uherek vd., 2010). Şekil 3.3'de PM boyutlarının daha iyi anlaşılabilmesi için saç teli ve plaj kumuyla karşılaştırılması örneği verilmiştir.



Şekil 3.3. PM boyutlarının insan saç ve plaj kumu ile karşılaştırılması (URL-3).

Partikül maddelerin kaynakları

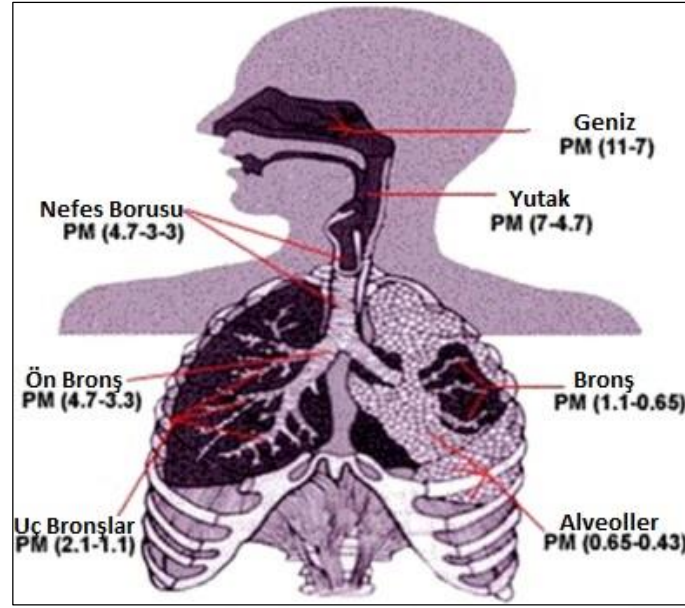
PM kirliliğine neden olan kaynaklar doğal veya antropojenik olarak sınıflandırılabilir. Doğal PM kaynaklarına örnek olarak polenler, bakteriler, volkanik faaliyetler, orman yangınları, deniz spreyleri, rüzgar ile taşınan çöl tozları verilebilir. Deniz spreyi etkisi ve topraktan rüzgar ile kalkan tozlar, kaba partiküller olarak bilinirler. Antropojenik PM kaynakları ise ulaşım, fosil kaynaklı güç santralleri, ısınma amaçlı tüketilen yakıtlar, madencilik, katı atık yakma tesisleri, ziraat ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanırlar. Yanma prosesleri sonucunda atmosfere salınan partiküllerin boyutu genellikle $2.5\ \mu\text{m}$ 'den küçüktür. Yanma veriminin az olması daha çok PM oluşumu ile sonuçlanmaktadır (Holman, 1999; Jackson, 2003; Godish, 2004; Hill, 2004; Zeydan, 2014).

Partikül maddelerin insan sağlığına etkileri

PM insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen hava kirleticilerinden biridir. PM'in insan sağlığına olan etkisi PM'lerin boyutuna ve kimyasal yapısına bağlıdır. PM'lerin boyutu ile sağlığa olan zararları arasında ters orantı vardır. Yani ince partiküller ($\text{PM}_{2.5}$) kaba partiküllere göre (PM_{10}) daha zararlıdır (Harrison ve Yin, 2000).

PM'in insan vücuduna girişi üç şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar, solunum, besin ve deri yoludur (Kurutaş, 2009). Bu maruziyet yollarından en önemli olanı solunum yoludur. Dolayısıyla PM'lerin insan sağlığına etkileri de daha çok solunum sisteminde görülür. Bu etkiler, solunum semptomlarında artış (solunum yollarında tahriş, nefes almada zorluk veya öksürük), akciğer fonksiyonlarında azalma, astım, kronik bronşit, düzensiz kalp atışları, ölümcül olmayan kalp krizi ve kalp ya da akciğer hastalıklarına bağlı olarak erken ölümlerdir (Yatkin, 2006).

PM'lerin insan vücuduna etkisi partikül çapına ve kimyasal özelliğine göre değişmektedir. PM'lerin çaplarına bağlı olarak vücuttaki birikim potansiyelleri Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Değişen boyutlardaki partiküllerin insan vücudunda birikim potansiyeli (Kim vd., 2015).

1980’lerden itibaren yapılan pek çok çalışma, hava kirliliğinin sağlık üzerindeki kısa vadeli etkisini, ölüm oranlarını ve hastaneye yatış oranlarını değerlendirmiştir. En ilginç çalışmalardan bazıları, PM’ye bağlı hava kirliliğinde kısa vadeli değişikliklerle günlük ölüm oranları arasındaki ilişkileri gözlemleyen çalışmalardır. Sonuçların çoğu PM₁₀’da 10 µg / m³’lük bir artışın günlük ölüm oranlarında %0,5 - % 1,5’lik bir artışın olduğunu göstermektedir (Valavanidis vd., 2008).

Ayrıca pek çok çalışma PM’e maruz kalmanın kardiyovasküler hastalık riskini arttırdığını göstermektedir. İnsanlar ve hayvanların hava kirleticilerine maruz kalması sonucunda damar tıkanıklığının oluştuğu gözlemlenmiştir (Polichetti vd., 2009).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO - World Health Organization) PM’e bağlı hava kirliliğinin her yıl 800000 erken ölüme neden olduğunu tahmin etmekte ve dünya genelinde önde gelen 13. ölüm nedeni olarak sıralamaktadır (Anderson vd., 2012).

Yapılan bu çalışmalar PM’in insan sağlığına etkisini ortaya koymaktadır. Bu etkileri en aza indirebilmek için PM’in maruziyetini sınırlandıran mevzuatlar yürürlüğe konulmalı veya mevcut olanları güçlendirmek gerekmektedir. Volkanik faaliyetler, orman yangınları ve diğer doğal PM kaynakları dünyamızın bir parçası olması rağmen gerekli önlemler alınarak etkileri en aza indirgenebilir. Antropojenik kaynaklı PM etkisini en aza indirmek için sanayi tesislerinin şehir dışına kurulması, ısınma ve

ulaşımda kullanılan yakıtların değiştirilmesiyle azaltılabilir. Özellikle Türkiye’de mevcut mevzuatların güçlendirilmesiyle PM maruziyeti oldukça düşük seviyelere gelecektir.

Türkiye’de hava kalitesi yönetiminde partikül madde

PM kirliliğini azaltmak için ülkemizde çeşitli yasal düzenlemeler gerçekleştirmiştir. Bu düzenlemeler PM’in insan sağlığına ve çevreye olan etkisini en aza indirgeyecek şekilde yapılmaktadır.

Türkiye AB’ye ye olabilmek için 1986 da ıkarılan Yönetmelik düzenlenerek 6 Haziran 2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de ‘‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’’ yayımlanmıştır.

Yönetmeliğin amacı; hava kirliliğinin evre insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini, tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır (Resmi Gazete, 2008).

PM için Yönetmelikte Türkiye’de 2014’ten sonra uygulamaya geçen PM₁₀ limit değerleri izelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Türkiye’de 2014’ten sonra uygulamaya geçen PM₁₀ limit değerleri (URL-4).

Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih
24 saatlik -insan sağlığının korunması için	50 µg/m ³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	01.01.2014 tarihinde 50 µg/m ³ (%) 100) ve 01.01.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	30 µg/m ³ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	20 µg/m ³ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	1 Ocak 2019
Yıllık -insan sağlığının korunması için	40 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (%) 50) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	14 µg/m ³	10 µg/m ³	1 Ocak 2019

Henüz Türkiye ve dünyanın birçok ülkesinde PM_{2.5} için sınır değerlerler belirlenmemiştir. Ancak yapılan çalışmalar incelendiğinde PM_{2.5}’in insan ve çevre sağlığı için olumsuz etkilerinin olduğunu görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde bir an önce yeni standartların getirilmesi gerekmektedir. PM için Dünya’nın çeşitli ülkelerindeki sınır değerler Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Dünya'nın çeşitli ülkelerindeki PM₁₀ ve PM_{2.5} sınır değerleri (µg/m³) (Öztürk, 2008).

Ülkeler	Yıllık Ortalaması µg/m ³		Günlük Ortalaması (24 saat) µg/m ³	
	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀
ABD	15	-	35	150
Japonya	-	100	-	-
İngiltere	-	40	-	50
AB	-	40	-	50
Avustralya	8	-	25	50
Kanada	-	70	30	120
İsviçre	-	20	-	50
Polonya	-	50	-	120
Hindistan	-	60	-	-
Türkiye	-	40	-	50

WHO ve EPA tarafından belirlenen değerler

Dünya Sağlık Örgütü ve EPA (Amerikan Çevre Koruma Örgütü) hava kirliliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek için birçok çalışma yapmaktadır. Kirleticilere ait sınır değerlerini saptayıp insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkilememesi için tüm dünyayı uyarmaktadırlar. WHO ve EPA tarafından PM₁₀ ve PM_{2.5} için sınır değerler Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. PM için WHO sınır değerleri.

PM ₁₀	Limit Değer µg/m ³
Yıllık Ortalama	20
Günlük Ortalama	50
PM _{2.5}	-
Yıllık Ortalama	10
Günlük Ortalama	25

Çizelge 3.4. EPA tarafından PM için belirlenen sınır değerleri.

PM ₁₀	Limit Değer µg/m ³
Yıllık Ortalama	-
Günlük Ortalama	150
PM _{2.5}	-
Yıllık Ortalama	15
Günlük Ortalama	35

1997 yılından itibaren PM üzerinde yapılan çalışmaları değerlendiren EPA, PM_{2.5} için günlük sınır değerlerini 65 µg/m³'den 35 µg/m³'e düşürmüştür (URL-5).

Hava Kalitesi İndeksi

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) hava kalitesini rapor etmek için kullanılan bir endekstir. Soluduğumuz havanın ne kadar temiz veya sağlıklı olduğunu ve ne tür sağlık etkilerinin olabileceği konusunda bilgiler verir. HKİ, sağlıklı hava solunduktan birkaç saat veya gün sonra yaşayabileceğimiz sağlık etkilerine odaklanır.

EPA, mevzuatta belirtilen (Clean Air Act) 5 hava kirleticisinin (yer seviyesi ozon, PM, karbon monoksit, sülfür dioksit ve nitrojen dioksit) HKİ değerlerini toplayarak ortak bir değerlendirme yapmaktadır.

HKİ, 0 ile 500 arasında değişen bir ölçüt olarak düşünülebilir. HKİ değeri ne kadar yüksekse, hava kirliliği seviyesi o kadar yüksek ve sağlık sorunu da o kadar fazla olur. Örneğin, HKİ'nin 50 olması toplum sağlığını etkileme potansiyeli az olan veya hiç olmayan iyi hava kalitesini temsil ederken, 300'ün üzerindeki bir HKİ değeri, herkesin ciddi etkilere maruz kalabileceği kadar tehlikeli bir hava kalitesini temsil etmektedir.

HKİ değerinin 100 olması, genel olarak EPA'nın halk sağlığını korumak için belirlediği kirleticiler için ulusal hava kalitesi standardına tekabül eder. 100 veya altındaki HKİ değerleri genellikle tatmin edici olarak düşünülür. HKİ değerleri 100'ün üzerindeyken, hava kalitesi sağlıklı olarak kabul edilir. Çizelge 3.5 EPA'nın Hava Kalitesi İndeksini Göstermektedir (URL- 6).

Çizelge 3.5. Hava kalitesi indeksi (URL-1).

İndeks	HKİ	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO(µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 - 50	0 - 100	0 - 100	0 - 500	0 - 120	0 - 50
Orta	51 - 100	101 - 250	101 - 200	5501 - 10000	121 - 160	51 - 100
Hassas	101 - 150	251 - 500	201 - 500	10001-16000	161 - 180	101 - 260
Sağlıksız	151 - 200	501 - 850	501 - 1000	16001-24000	181 - 240	261 - 400
Kötü	201 - 300	851 - 1100	1001 - 2000	24001-32000	241 - 700	401 - 520
Tehlikeli	301 - 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

3.1.2 Hava kalitesi örnekleme metotları

Atmosferdeki kirleticiler, kimyasal reaksiyonlardan ve atmosferik koşullardan etkilenmektedir. Bu nedenle kirleticilerin nerelerde yoğunlaşacaklarını ve hangi bölgelerde daha fazla kirliliğe sebep olacaklarını belirlemek oldukça zorlaşmaktadır. Bu nedenle, hava kirliliğini olabildiğince sık periyotlarla ve mümkün olduğunca çok noktadan izlemek oldukça önemlidir. Hava kalitesinin izlenmesinde kullanılan en yaygın metotlar şunlardır:

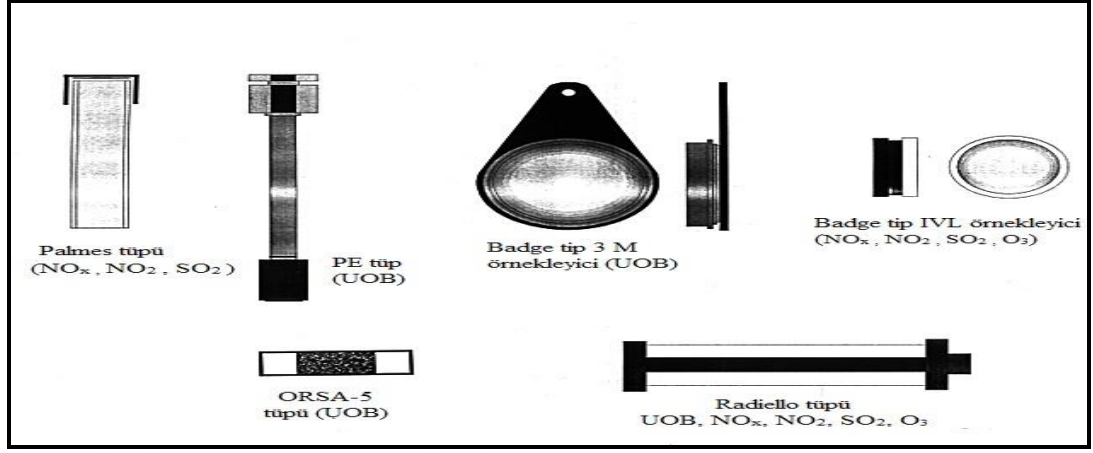
- Pasif örnekleme
- Aktif örnekleme
- Otomatik örnekleme (URL-7)

Bu metotların haricinde çok yaygın kullanılmamasına rağmen uzaktan algılama metotları ve biyoindikatörler de hava kalitesi izlenmesinde kullanılmaktadır (Özden, 2005).

3.1.2.1 Pasif örnekleme metodu

Bu örnekleyciler genellikle silindirik tüp veya disk şeklinde olmaktadır. Ölçülecek olan kirletici maddeler, seçilen bir kimyasal ortamda absorpsiyon yöntemi ile toplanmaktadır. Uygun örnekleme süresi boyunca, (genel olarak bir kaç günden bir aya kadar) örnekleyci laboratuvara getirilir ve kirletici miktarı kantitatif olarak belirlenir. Pasif örnekleycilerin temel araştırmalar, alan taraması veya indikatif izlemeler için kullanılması daha faydalıdır. Otomatik analizörler veya aktif örnekleyciler ile birlikte kullanıldığında daha faydalı olabilir. Pasif örnekleyciler, geniş alanlarda hava kalitesi verilerini sağlarken, diğer örnekleyciler ise günlük değişimleri, konsantrasyon piklerini içine alan zaman ağırlıklı bilgileri sağlar (Yeşilyurt, 2001). Pasif örnekleme tekniğinin düşük maliyeti ve kolay kullanımı, onu yüksek bir uzaysal çözünürlüğe sahip büyük ölçekli hava kirliliği araştırmaları için ideal bir araç haline getirmektedir. Pasif örnekleyciler, atmosferdeki gaz numunelerini havanın aktif hareketini gerektirmeden, moleküler difüzyon kontrolündeki bir hızda toplayabilme özelliğine sahip cihazlardır. Pasif örnekleycilerin kapalı ucunda kirletici maddeyi absorblayıcı bir sorbent tüp bulunur. Herhangi bir pompaya veya elektrik gücüne ihtiyaç duyulmadan, atmosferdeki kirletici gazlar, moleküler difüzyon yoluyla belirli bir hızda sorbent üzerine örneklenir (Hadad vd., 2005). Şekil 3.5’de, günümüzde

kullanılmakta olan çeşitli tiplerdeki pasif örnekleyicilerin bazı tipik örnekleri gösterilmektedir.

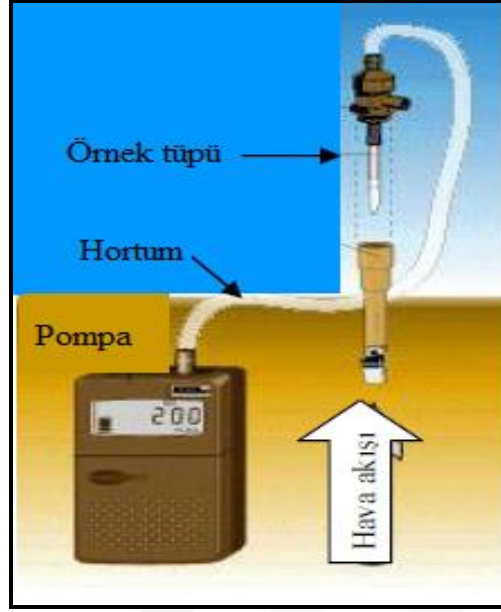


Şekil 3.5. Günümüzde kullanılmakta olan bazı pasif örnekleyici tipleri (URL-8).

3.1.2.2 Aktif (yarı otomatik) örnekleme metodu

Aktif örnekleyiciler, pasif örnekleyicilerin aksine, hava numunesinin fiziksel veya kimyasal bir ortamdan geçebilmesi için bir pompa ve elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadırlar. Örneklenecek hava hacminin yüksek olması hassasiyeti arttırmaktadır. Aktif örnekleme metodu ile günlük ortalama ölçümler elde edilebilir (Aydınlar vd., 2009). Aktif örnekleme sistemlerinin 3 ana bileşeni söz konusudur:

- Pompa: Örneklenecek havanın örnekleme ortamına çekilmesi amacıyla,
- Örnekleme Ortamı: Analiz için havanın içine çekileceği ortam
- Kalibratör: Ne kadar hava çekildiğini veya itildiğini göstermek amacıyla kullanılmaktadır (URL-9). Şekil 3.6'da aktif örnekleme sistemi örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Bir aktif örnekleme sistemi örneği (Özden, 2005).

Aktif örnekleme metodunda numuneler her gün toplanabilir, otomatik yöntemlerle karşılaştırıldığında nispeten daha düşük bir maliyetle kısa süreli ölçümler sağlar. Aktif örnekleme metodu ayrıca bir ay gibi daha uzun süreli ölçümler için de kullanılabilir. Aktif örnekleme metodu ile azot dioksit, kükürt dioksit ve PM_{10} ölçümlerinde kullanılmaktadır.

3.1.2.3 Otomatik analizörler

Otomatik örnekleme metodu kullanılarak kirleticiler sürekli olarak toplanır ve her saat veya daha hızlı analiz edilir. Numuneler çevrim içi ve gerçek zamanlı olarak analiz edilir ve veriler analizörde veya ayrı bir kaydedicide saklanır ve bir modem tarafından uzaktan indirilebilir. Metodun doğruluğu, meteoroloji, trafik akışı ve diğer değişkenlerden kaynaklanan kirlilik bölümlerinin ayrıntılı olarak analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Üretilen verilerin doğru ve güvenilir olmasını sağlamak için yüksek standartta bakım, kalibrasyon, işletme ve kalite kontrol prosedürlerinin rutin olarak yapılması gereklidir ve bu da otomatik örnekleme yöntemlerini en pahalı örnekleme metodu haline getirmektedir. Otomatik örnekleme metodu; ozon, kükürt dioksit, azot oksitler, $PM_{2.5}$ ve PM_{10} ölçümlerinde kullanılmaktadır (URL-7).

Hava kalitesinin izlenmesinde yukarıda bahsedilen örnekleme metotlarının haricinde portatif yöntemlerle de hava kalitesi izlenebilmektedir. Yapılacak bu çalışmada söz konusu örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Portatif örnekleme cihazlarının avantajları

arasında, çalışma alanında kolayca hareket ettirme veya döndürme esnekliği, toplanan verilerin mekansal dağılımını iyileştirmek için izleme alanlarının sayısını arttırma ve neredeyse her yerde kirletici konsantrasyonlarını ölçme olanağı sayılabilir. Ayrıca sabit saha istasyonlarıyla kıyaslandığında hem daha ucuz hem de taşınabilmesi kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Portatif örnekleyicilerin güvenilirliğini, hassasiyetini ve karşılaştırılabilirliğini değerlendirmek için Güneydoğu Kansas'ta yapılan bir çalışmada portatif örnekleyicilerin istatistiksel olarak benzer sonuçlar verdiği ve örnek toplama başarı oranı %93 olarak bulunmuştur (Baldauf vd., 2001). Bir diğer çalışma ise Utah eyaletinin başkenti olan Salt Lake City'de 2011 yılının Ocak ve Şubat aylarında yapılmıştır ve PM_{2.5} konsantrasyonları tutarlı bir şekilde ölçülmüştür (Silcoz vd., 2012). Yapılan çalışmalar bize portatif örnekleme metodlarının halihazırda kullanıldığını ve küçük ölçekli çalışmalarda yeterli düzeyde doğruluk sağladığını göstermektedir.

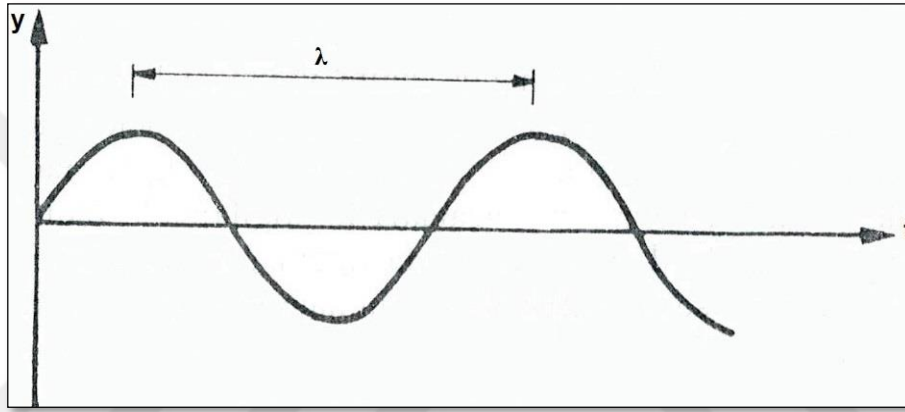
3.2 Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, amaçlarımız doğrultusunda çeşitli platformlar (uçak, uydur, helikopter, insansız hava aracı vb.) kullanarak yeryüzünde veya uzayda bulunan cisimlerle herhangi bir fiziksel temasta bulunmaksızın cisimler ve çevreleri hakkında güvenilir bilgilerin elde edildiği bir bilim dalıdır. Uzaktan algılama sistemleri, özellikle de uydulara konuşlandırılan sistemler, yeryüzü ve insan faaliyetlerinin kısa ve uzun vadeli etkilerini izlemek için paha biçilemez bir sistemdir. Uzaktan algılama sistemlerinin önemli uygulama konularından bazıları şunlardır:

- Yenilenebilir doğal kaynaklar (topraklar, sulak alanlar, okyanuslar, ormanlar)
- Yenilenemez kaynak araştırması (petrol, doğalgaz, mineraller)
- Çevresel değerlendirme ve izleme (tehlike atık, kentsel büyüme)
- Küresel değişim izleme ve algılama (küresel ısınma, atmosferik ozon tüketimi, ormansızlaşma)
- Meteoroloji (hava durumu tahmini, atmosfer dinamiği)
- Tarım (verim tahmini, mahsul durumu, toprak erozyonu)
- Askeri gözetleme ve keşif (taktik değerlendirme, stratejik politika)
- Haritalama (inşaat mühendisliği, arazi kullanımı, topoğrafya) (Schowengerdt vd., 1997).

3.2.1 Elektromanyetik enerji

Elektromanyetik enerji, ışık hızı ile harmonik dalgalar halinde hareket eden tüm enerjiyi ifade eder. Harmonik kelimesi dalgaların eşit ve tekrarlı olduklarını ima eder (Levin, 1999). Görünür ışık, birçok elektromanyetik enerji şekillerinden sadece biridir. Radyo dalgaları, ısı, ultraviyole ve X-ışınları diğer tanınmış formlarıdır. Şekil 3.1’de ışık hızında hareket eden harmonik dalgaları göstermektedir. Bir dalga tepesinden diğerine olan mesafe dalga uzunluğu (λ) ve birim zamanda sabit bir noktadan geçen tepe noktası sayısına ise dalganın frekansı (f) denir (Lillesand vd., 2004). Şekil 3.7’de Harmonik dalga gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Harmonik dalga (Örmeci,1987).

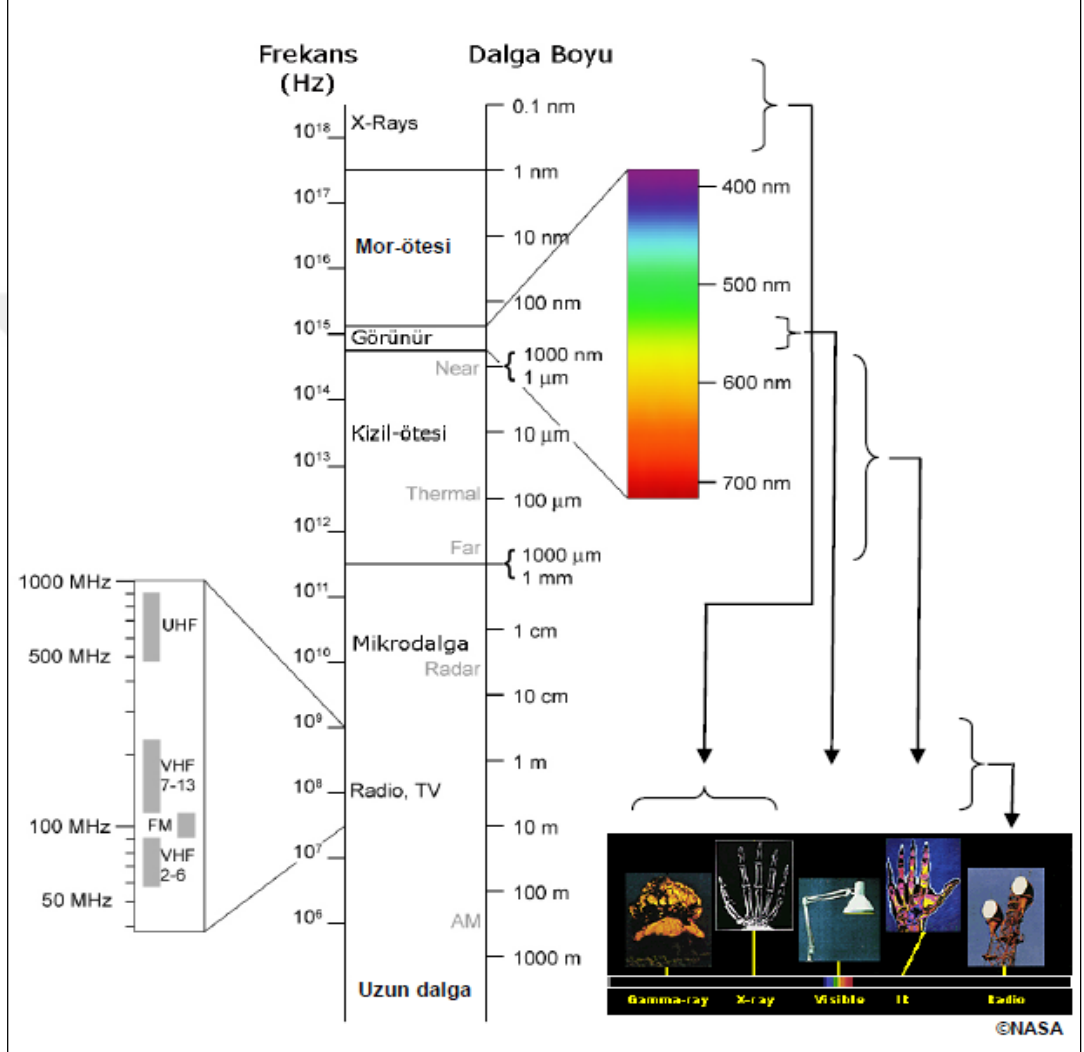
Elektromanyetik enerji, katı, sıvı veya gaz halindeki cisimlerle karşılaştığında bir dizi etkileşim meydana gelmektedir. Bu etkileşim sonucunda elektromanyetik enerjinin büyüklük, yön, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz açısından birçok değişikliği uğramaktadır. Uzaktan algılama bilimi bu değişiklikleri tespit eder ve kayıt eder. Uzaktan algılama ile elde edilen veriler ve görüntüler sayesinde elektromanyetik enerjide değişikliğe neden maddenin özellikleri belirlenir (Levin, 1999).

3.2.2 Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik enerjinin bütün şekillerini kapsayan aralığa elektromanyetik spektrum adı verilmektedir. Elektromanyetik enerjinin dalga boyu, hiçbir aletle tamamen ölçülemeyecek geniş bir aralığa sahiptir. Bununla birlikte farklı cihazlar önemli spektral bölgelerin çoğunu ölçebilir.

Uzaktan algılamada, elektromanyetik dalgaları elektromanyetik spektrum içindeki dalga boyu konumlarına göre kategorize etmek en yaygın olanıdır. Spektrum boyunca

dalga boyunu ölçmek için kullanılan en yaygın birim μm 'dir. Bir mikrometre $1 \cdot 10^{-6}$ metredir. Her ne kadar isimler (ultraviyole ve mikrodalga gibi), elektromanyetik spektrumunu bölgelere ayırmış olsa da, bir nominal bölge ile bir sonraki bölge arasında net bir ayırım çizgisi yoktur (Lillesand vd., 2004). Şekil 3.8'de elektromanyetik spektrum ve spektral aralıkları verilmiştir.



Şekil 3.8. Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar (Ekercin,2007).

Elektromanyetik spektrumun sadece küçük bir bölümünü temsil eden görünür ışık, yaklaşık olarak $3,9 \cdot 10^{-7}$ metre (m) (mor)'den $7,5 \cdot 10^{-7}$ m (kırmızı) 'ye kadar olan bir dalga boyu aralığında değişmektedir ve $7,9 \cdot 10^{14}$ 'den $4 \cdot 10^{14}$ Hz'e kadar değişen frekanslara sahiptir (Kkorram vd., 2016). Elektromanyetik spektrumda insan gözü oldukça küçük bir kısmı $0,4 - 0,7 \mu\text{m}$ aralığını görebilmektedir. Burada $0,4 - 0,5 \mu\text{m}$ mavi, $0,5 - 0,6 \mu\text{m}$ yeşil, $0,6 - 0,7 \mu\text{m}$ kırmızı renge karşılık gelmektedir.

Uzaktan algılamada en yaygın algılama sistemleri, spektrumun görünür (0,4 - 0,7 μm), kızılötesi (0,7 - 14 μm) ve mikrodalga (1 - 100 milimetre (mm)) kısımlarının birinde veya birkaçında çalışır. Bu dalga boylarından görünür ve kızılötesi bölgelerindeki ışınlımların algılanması için çok spektrumlu optik (Aster ve Landsat gibi) algılayıcılar kullanılırken, daha uzun dalga boylarında aktif ya da pasif mikrodalga algılayıcılar yardımıyla veri elde edilir (Ekercin 2007). Çizelge 3.6'da Elektromanyetik tayf bölgeleri verilmiştir.

Çizelge 3.6. Elektromanyetik tayf bölgeleri (Aggarwal, 2003).

Dalga boyu	Tanım
Gamma ışınları	Gamma ışınları
X ışınları	X ışınları
Ultraviyole (UV) bölgesi 0,30 μm - 0,38 μm (1 μm = 10^{-6} m)	Bu bölge, görünür dalga boyunun mor kısmının ötesindedir. Dolayısıyla ismi ultraviyole bölgesidir. Dünya yüzeyinde bulunan başta kayalar ve mineraller olmak üzere bazı materyaller görünür Ultraviyole ışın yayarlar. Ancak Ultraviyole ışınları büyük ölçüde Dünya atmosferi tarafından saçılır ve dolayısıyla Uzaktan Algılama' da kullanılmaktadır.
Görünür bölge 0,4 μm - 0,7 μm Mor 0,4 μm - 0,446 Mavi 0,446 μm - 0,5 μm Yeşil 0,5 μm - 0,578 μm Sarı 0,578 μm - 0,592 μm Turuncu 0,592 μm - 0,62 μm Kırmızı 0,62 μm - 0,7 μm	İnsan gözünün algılayabileceği bölümdür. Sadece bu bölge spektrumun Bu bölge, spektrumun renk kavramıyla ilişkilendirilen tek kısmıdır. Mavi, yeşil, kırmızı görünür spektrumun üç ana rengidir. Çünkü diğer bütün renkler, üç ana rengin çeşitli oranlarda birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bir cismin rengi yansıttığı ışığın rengi ile tanımlanır.

Çizelge 3.6. (Devam) Elektromanyetik tayf bölgeleri (Aggarwal, 2003).

Kızılötesi (IR) bölgesi 0,7 μm - 100 μm	Görünür spektrumun kırmızı bölümünden daha uzun dalga boyları olduğundan kızılötesi spektrum olarak tanımlanır. 1800 yılında İngiliz astronom William Herschel tarafından keşfedilmiştir. Kızılötesi bölge, ışınım özelliklerine göre iki gruba ayrılabilir. Yansıyan kızılötesi (0,7 μm - 0,3 μm) uzaktan algılamada kullanılır. Termal IR (0,3 μm - 0,35 μm), yeryüzünden yayılan ışınım, uzaktan algılamada kullanılır.
Mikrodalga bölgesi 1 nm - 1 m	Mikrodalga bölgesi uzaktan algılama’da kullanılan en uzun dalga boyu aralığına sahiptir. Bu aralıktaki en kısa dalga boyları termal kızılötesi bölgeye benzer özelliklere sahiptir. Bu spektrumun ana avantajı bulutlara nüfuz etme özelliğidir.
Radyo bölgesi (>1 m)	Bu bölge elektromanyetik spektrumun en uzun kısmıdır. Genellikle ticari yayın ve meteoroloji için kullanılmaktadır.

3.2.3 Uzaktan algılamanın bileşenleri

Uzaktan Algılama sistemlerinin yedi temel aşaması vardır. Bütün bu aşamalar aşağıda açıklanmış ve söz konusu aşamalar Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

3.2.3.1 Verinin elde edilmesi

- A- Enerji Kaynağı: Uzaktan algılanacak cisme bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak, hedefi aydınlatır veya hedefe elektromanyetik enerji gönderir.
- B- Işınım ve Atmosfer: Kaynaktan çıkan enerji, hedefe doğru yol alırken atmosferden geçer ve bu yol boyunca çeşitli etkileşimlere uğrar.

C- Hedef ile Etkileşim: Atmosferden geçen elektromanyetik enerji, hedef cisme ulaştığında ısıtım ve hedef cismin özelliklerine bağlı olarak çeşitli etkileşimler oluşturur. Hedefe ulaşan elektromanyetik enerjinin bir kısmı geriye yansır.

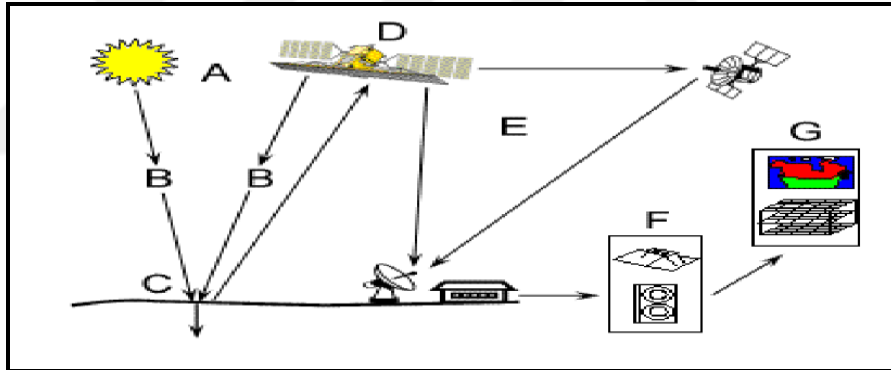
D- Enerjinin Algılayıcı Tarafından Kaydedilmesi: Yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerji, algılayıcı tarafından algılanır ve buna ilişkin veri kaydedilir.

E- Verinin İletimi, Alınması ve İşlenmesi: Hedeften cisimden toplanan enerji miktarına ait veri, algılayıcı tarafından kaydedildikten sonra görüntüye dönüştürülmek ve işlenmek üzere uydudan bir yer istasyonuna gönderilir.

3.2.3.2 Verinin işlenmesi

F- Yorumlama ve Analiz: Görüntü sayısal, görsel ve elektronik işleme teknikleri ile analiz edilir, zenginleştirilir ve uygulamada kullanılacak veriye sahip olunur.

G- Uygulama: İşlenmiş veriden yeni bilgiler üretilir ve bazı sonuçlara ulaşılır (Orhan, 2014).



Şekil 3.9. Uzaktan Algılama sistemlerinin elemanları (URL-10).

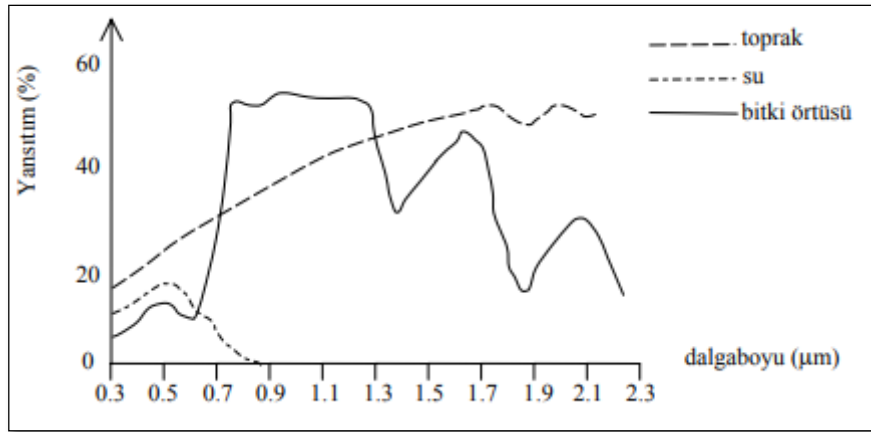
3.2.4. Cisimlerin spektral yansıtma özellikleri

Yeryüzünde veya uzaydaki bir cisme ulaşan elektromanyetik enerji, cismin özelliklerine bağlı olarak yansıtılır, yutulur ve geçirilir. Cisme ulaşan enerjinin kaybolmayacağı, ancak şekil değiştireceği göz önüne alınırsa cisme gelen toplam enerji, cisimden yansıtılan, cisim tarafından yutulan ve geçirilen enerjilerin toplamına eşit olacaktır (Paine ve Kiser, 2003).

Cisimlerin spektral karakteristiklerinin farklı olması uzaktan algılama görüntülerinde farklı gri renk tonlarında gösterilmesini sağlamaktadır. Bu özellik farklı spektral yansıtma eğrisine sahip cisimlerin ayırt edilebilmelerini sağlamaktadır.

3.2.4.1 Bitkilerin spektral yansıtması

Bitki türlerinin görünür bölgede spektral yansımada, klorofil, karoten, ksantofil, antosyonins gibi yaprak pigmentleri etkindir. Görünür dalga boylarında yaprak pigmentleri ışınımı yutarlar ve yansımaya azaltırlar. Ksantofil ve karoten sarı renkli pigmentlerdir ve ışınımı 0,45 μm (mavi) civarında tutarlar. Klorofil ise mavi ışığı yutup yeşil ışınımı (0,50 – 0,60 μm) geçirdiğinden bu bölgede yaprak tarafından yansıtılan ışınım yeşil olarak algılanır. Yakın kızılötesi bölgede (0,40 – 1,30 μm), yansıtma ve geçirilme önemli olup, ana etken yaprağın hücre yapısıdır. Bu bölgede yaprak pigmentlerinin tamamen geçirimli olmaları nedeniyle hemen hemen hiç yutulma olmaz. Sadece 0,98 – 1,20 μm dalga uzunluklarında yapraklardaki su muhtevası nedeni ile çok az miktarda yutulma olur. Bu bölgede spektral yansıtım, yaprak yapısıyla ilgili olduğu için yansıtmadaki farklılıklardan bitkilerin sağlık durumunu saptamayabilmek olanaklıdır. Orta kızılötesi bölgede (1,3 – 2,7 μm) ise bitkilerin su muhtevası yansımaya etki eder. Bitkiye gelen enerjinin bir kısmı su muhtevası nedeniyle yutulur ve bu nedenle bitkilere ait spektral yansıtma eğrisinin bu bölgesinde çukurlar oluşmuştur (Örmeci, 1987; Musaoğlu, 1999). Şekil 3.10'da arazi örtü tiplerinin yansıtım eğrileri verilmiştir.



Şekil 3.10. Bitki örtüsü, toprak ve suyun spektral yansıtım eğrileri (Akça ve Doğan, 2002).

3.2.4.2 Zeminlerin spektral yansıtması

Zeminlerin spektral yansıtma özelliği, yansımının artan dalga uzunluğu ile artması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Zemine ulaşan elektromanyetik enerji ya yutulur ya da yansıtılır. Zeminlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklı olması, yutma ve yansıtma özelliklerinin farklı olduğunu göstermektedir.

Zeminlerin spektral yansıtma özellikleri şu etkenlere bağlıdır;

- Nem içeriği
- Organik madde içeriği
- Zeminin dokusu (kum, silt vb.)
- Yüzey pürüzlülüğü ve demir içeriği (Ekercin, 2000).

Topraktaki organik madde içeriğinin toprağın spektral yansıtması üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Organik madde miktarı arttıkça, spektrumun 0,4 - 2,5 μm dalga boyu aralığında toprak yansıtması azalmaktadır (Baumgardner vd., 1985). Toprağın dokusu, hem nem tutma kapasitesi hem de toprağın parçacık büyüklüğü üzerindeki etkisi nedeniyle spektral yansıtmayı etkilemektedir. Diğer bütün faktörler sabit ise, ince dokulu topraklar, kaba dokulu topraklardan daha yüksek bir spektral yansıtma gösterirler (Dwivedi, 2017). Zemindeki su muhtevasının artması yansıtma özelliğini olumsuz olarak etkiler ve spektrumun görünür, yakın ve orta kızılötesi bölgelerinde zeminler koyu renkte gözüktürler. Kuru zeminler, ıslak zeminlere oranla elektromanyetik enerjiyi daha fazla yansıtırlar ve açık tonlu görünürler. Yüzey pürüzlülüğünün artması spektral yansıtmanın azalmasına neden olan bir diğer etkidir. Zeminlerde spektral yansıtmayı olumsuz yönde etkileyen bir diğer etmen ise demir oksit miktarının artmasıdır (Ekercin, 2000).

3.2.4.3 Suyun spektral yansıtması

Suyun spektral yansıtma özelliği, su yüzeyinin durumuna, su içindeki askıdaki katı maddeler, suyun bulunduğu ortamın tabanına, su içindeki organik ve inorganik maddelere ve klorofil miktarına bağlıdır. Klorofil yoğunluğundaki artma, suyun mavi dalga boyunda yansıtımının azalmasına, yeşil dalga boyundaki yansıtımının artmasına neden olur. Kızılötesi bölgede ise, suyun ışınlı yutma özelliği ağır basar ve gelen ışınlı yutulduğu için su koyu renkte görünür ve diğer özelliklerden belirgin bir şekilde ayırt edilebilir (Musaoğlu, 1999).

3.2.4.4 Yüzey cisimlerinin spektral ışıması

Yüzey cisimleri depoladıkları enerjiyi, karakteristiklerine göre farklı oranlarda öz ışınlı şeklinde yayarlar. Yeryüzü ve güneşin ısı enerjilerinin algılandığı bölgelere kızılötesi pencereler adı verilmektedir. Kızıl ötesi pencereler 3,0 - 4,0 μm , 4,4 - 5,0 μm

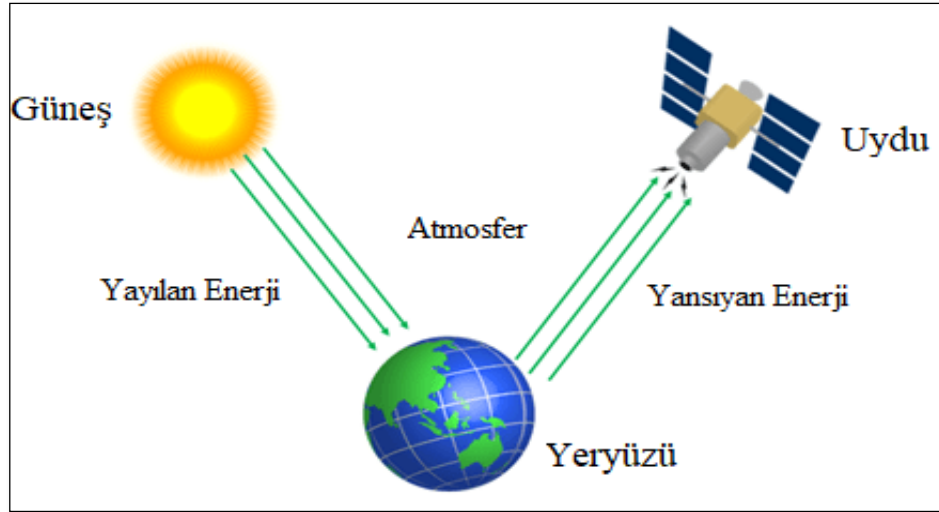
ve 8,0 - 14,0 μm arasında ısı algılayıcılarla algılanabilir. Yeryüzü ışıınının %9'u 8,0 - 14,0 μm arasındaki kızılötesi pencereden uzaya ulaşır. Bu sayede ışık olmaksızın atmosferden yeryüzünü gözlemek, algılamak mümkün olur. Isıl (Termal) görüntülerde sıcak yüzeyler açık, daha soğuk yüzeyler ise koyu renk tonlarında görülür (Ekercin, 2007).

3.2.5 Algılama sistemleri

Elektromanyetik enerjinin kaynağına bağlı olarak, uzaktan algılama aktif ve pasif uzak uzaktan algılama olarak sınıflandırılabilir. Pasif uzaktan algılama sistemleri, Dünya yüzeyinden yansıyan (örneğin mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi ışık) veya yayılan (örneğin termal kızılötesi ışık) elektromanyetik enerjiyi kaydeder. Diğer taraftan aktif uzaktan algılama sistemleri ise güneşin elektromanyetik enerjisine veya dünyanın termal özelliklerine bağlı değildir ve kendi elektromanyetik enerjilerini üretir.

3.2.5.1 Pasif algılama

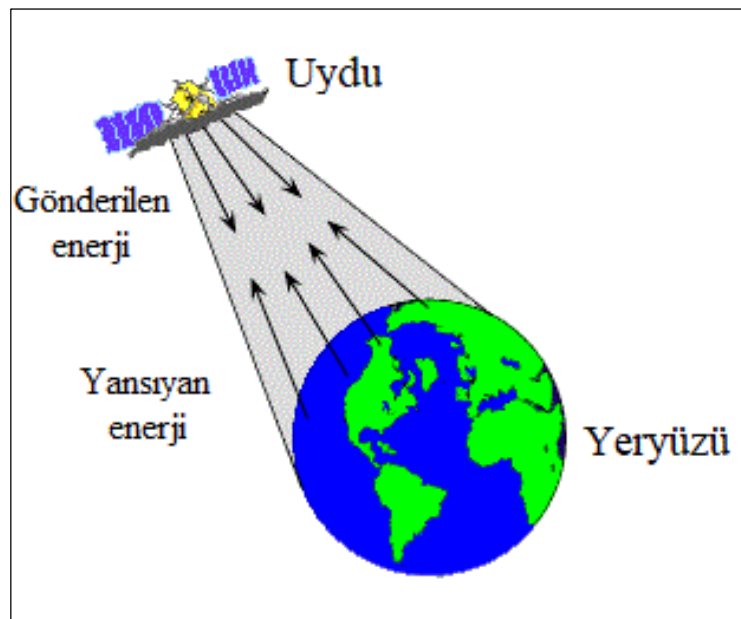
Pasif sensörler, yüzeylerden ve nesnelerden doğal olarak yansıyan ve yayılan ışığı ölçer. Bu sensörler, yapay bir enerji kaynağına ihtiyaç duymazlar. Yüzeyleri ve nesneleri aydınlatan güneş enerjisi bu sensörler için yeterlidir (Drury, 2001). Geceleri güneşten yayılan bir enerji yoktur. Doğal olarak yayılan enerji, termal kızılötesi enerji miktarı gibi kaydedilebilecek kadar büyük olduğu sürece gece veya gündüz kullanılabilir. Pasif algılama, aktif algılamanın aksine meteorolojik koşullardan etkilenir ve olumsuz hava koşullarında algılama yapamazlar. Arazi örtüsü ve arazi kullanımının izlenmesi, görünür, yakın ve orta kızılötesi ve termal kızılötesi radyasyonu ölçmek için genellikle pasif sensörleri kullanır (Turner vd., 2003). Bu tür algılama sistemlerine örnek olarak Ikonos, Landsat, Spot, Envisat uyduları gösterilebilir. Şekil 3.11'de bir pasif algılama sistemi örneği verilmiştir.



Şekil 3.11. Pasif Algılama (URL-11).

3.2.5.2 Aktif algılama

Aktif uzaktan algılama sistemleri, güneşin elektromanyetik enerjisine veya dünyanın termal özellerine bağlı değildir. Aktif sensörler, kendi elektromanyetik enerjilerini üretirler ve görüntü yüzeyinden yansıyan veya saçılan enerji miktarını kaydeder (Smith, 1997). Elektromanyetik spektrumun mikro dalga bölgesinde çalışırlar. Kendi enerjilerini ürettikleri için 24 saat algılama yapabilirler. Ayrıca hava koşullarının kötü olmasından etkilenmezler. Fakat çok büyük miktarlarda enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar (Orhan, 2014). Bu tür algılama sistemlerine örnek olarak Lidar ve Radar gösterilebilir. Şekil 3.12’de bir aktif örnekleme sistemi örneği verilmiştir.



Şekil 3.12. Aktif Algılama (URL-12).

3.2.6 Uydu sistemleri

3.2.6.1 Landsat uydu sistemleri

Landsat uydu serisi, uydu tabanlı gözlemlerin en uzun kesintisiz kaydını sağlar. Bu nedenle, Landsat, küresel değişimi izlemek için paha biçilemez bir kaynaktır. Teknolojik yetenekler arttıkça uydulardaki çeşitli sensörler tarafından yakalan görüntü verilerinin miktarı ve kalitesi de artmıştır (Chander vd., 2009). 1972 yılında fırlatılan uydunun ilk ismi ERTS (Earth Resources Technology Satellite-Yeryüzü Kaynakları Teknoloji Uydusu) olmasına rağmen 1975’de Landsat-1 olarak değiştirilmiştir. Landsat-1’den sonra sırasıyla Landsat-2,-3,-4,-5,-6,-7 ve -8 fırlatılmıştır. Bu sekiz uydudan sadece birisi (Landsat-6) yörüngeye ulaşmada başarısız olmuştur. Çizelge 3.7’de Landsat-1’den-7’ye kadar olan görevlerin özellikleri vurgulamaktadır. Bu görevlerdeki çeşitli kombinasyonlara beş farklı algılayıcı tipi dahil edilmiştir. Bunlar Dönüş Işınlı Vidikon (RBV), Çoklu Spektral Tarayıcı (MSS), Tematik Haritalayıcı (TM), Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı (ETM) ve Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı Plus (ETM+)’dır (Lillesand vd., 2018). Çizelge 3.7’de Landsat -1’den Landsat-7’ye olan görevlerin özellikleri ve çizelge 3.8’de Landsat-1’den Landsat-7’ye olan görevlerde kullanılan algılayıcılar verilmiştir.

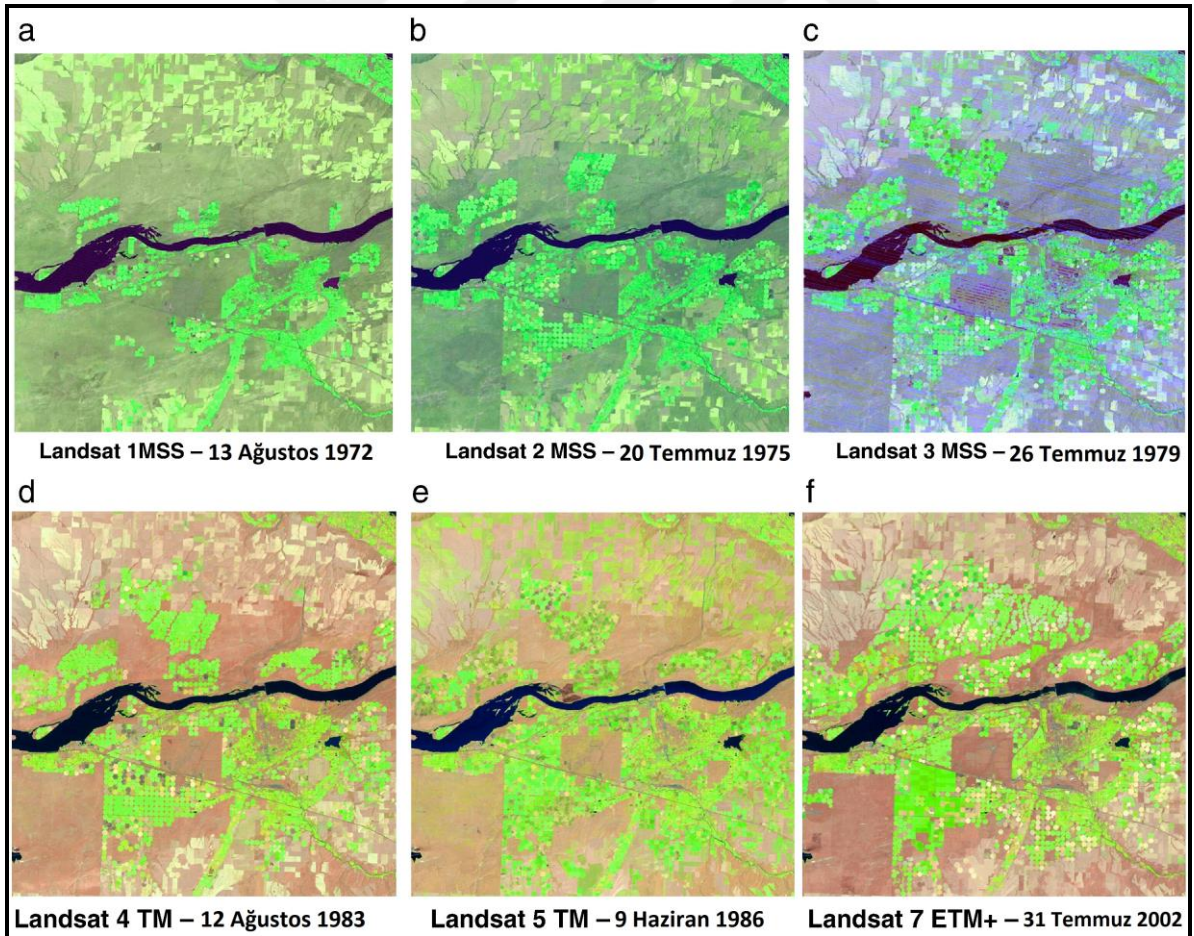
Çizelge 3.7. Landsat-1’den Landsat-7’ye olan görevlerin özellikleri (Lillesand vd., 2018).

Uydu	Fırlatma Tarihi	Devreden Çıkarılma Tarihi	RBV Bantları	MSS Bantları	TM Bantları	Yörünge
Landsat -1	23 Temmuz 1972	6 Ocak 1978	1-3(eş anlı görüntüler)	4-7	Yok	18 gün / 900 km
Landsat -2	22 Ocak 1975	25 Şubat 1982	1-3(eş anlı görüntüler)	4-7	Yok	18 gün / 900 km
Landsat -3	5 Mart 1983	31 Mart 1983	A-D (tek bant yan yana görüntüler)	4-8 (bant 8 fırlatmadan kısa süre sonra devre dışı kaldı)	Yok	18 gün / 900 km
Landsat -4	16 Temmuz 1982	15 Haziran 2001	Yok	1-4	1-7	16 gün / 705 km
Landsat -5	1 Mart 1984	18 Kasım 2011	Yok	1-4	1-7	16 gün / 705 km
Landsat -6	5 Ekim 1993	Fırlatılıştan devre dışı kaldı	Yok	Yok	1-7 ve pankromatik bant (ETM)	16 gün / 705 km
Landsat -7	15 Nisan 1999	-	Yok	Yok	1-7 ve pankromatik bant (ETM+)	16 gün / 705 km

Çizelge 3.8. Landsat-1’den Landsat-7’ye olan görevlerde kullanılan algılayıcılar (Lillesand vd., 2018).

Algılayıcı	Görev	Duyarlılık	Çözünürlük (m)
RBV	1, 2	0,475-0,575	80
		0,580-0,680	80
		0,690-0,830	80
	3	0,505-0,750	30
MSS	1-5	0,5-0,6	79/82
		0,6-0,7	79/82
		0,7-0,8	79/82
		0,8-1,1	79/82
	3	10,4-12,6	240
TM	4, 5	0,45-0,52	30
		0,52-0,60	30
		0,63-0,69	30
		0,76-0,90	30
		1,55-1,75	30
		10,4-12,5	120
		2,08-2,35	30
ETM	6	TM bantlarının 0,50 – 0.90 üstünde	30 (Termal bant 120 m)
			15
ETM+	7	TM bantlarının 0,50 – 0.90 üstünde	30 (Termal bant 60 m)
			15

Landsat uyduları, sensör ve platform özelliklerine göre üç gruba ayrılır. Birinci grup, dönen ışınli vidikon kamera (RBV) ve çok spektrumlu tarayıcı (MSS) sistemlerini taşıyan Landsat-1, Landsat-2 ve Landsat-3'den oluşmaktadır. MSS sensörünün uzaysal çözünürlüğü, görünür maviden Yakın - Kızılötesi (NIR) dalga boylarına uzanan dört bant ile yaklaşık 79 m'dir. Landsat-3 üzerindeki MSS sensörü, 10,4-12,6 μm arası bir spektral aralık ile termal kızılötesi dalga boyunda beşinci bir bant içeriyordu. İkinci grup, MSS ve Tematik Haritalayıcı (TM) sistemlerini taşıyan Landsat-4 ve Landsat-5'den oluşmaktadır. TM sensörü altı reflektif bant için 30 m ve termal bant için 120 m uzaysal çözünürlüğe sahiptir. Üçüncü grup, sırasıyla Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı (ETM) ve Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı Plus (ETM +) sensörlerini içeren Landsat-6 ve Landsat-7'den oluşmaktadır. Landsat -6 ve Landsat-7'de hiçbir MSS sensörü bulunmuyor ve Landsat -6 fırlatılışında başarısız oldu. Landsat -7 ETM + sensörü, altı yansıtıcı bant için 30 m, termal bant için 60 m ve 15 m uzamsal çözünürlükte bir panchromatic (pan) bant içerir (Chander vd., 2009). Şekil 3.13'de Landsat-1'den Landsat-7'ye kadar olan uyduların aynı bölgeye ait görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.13. Landsat 1–3 MSS, Landsat 4–5 TM ve Landsat 7 ETM + görüntüleri (Loveland ve Dwyer, 2012).

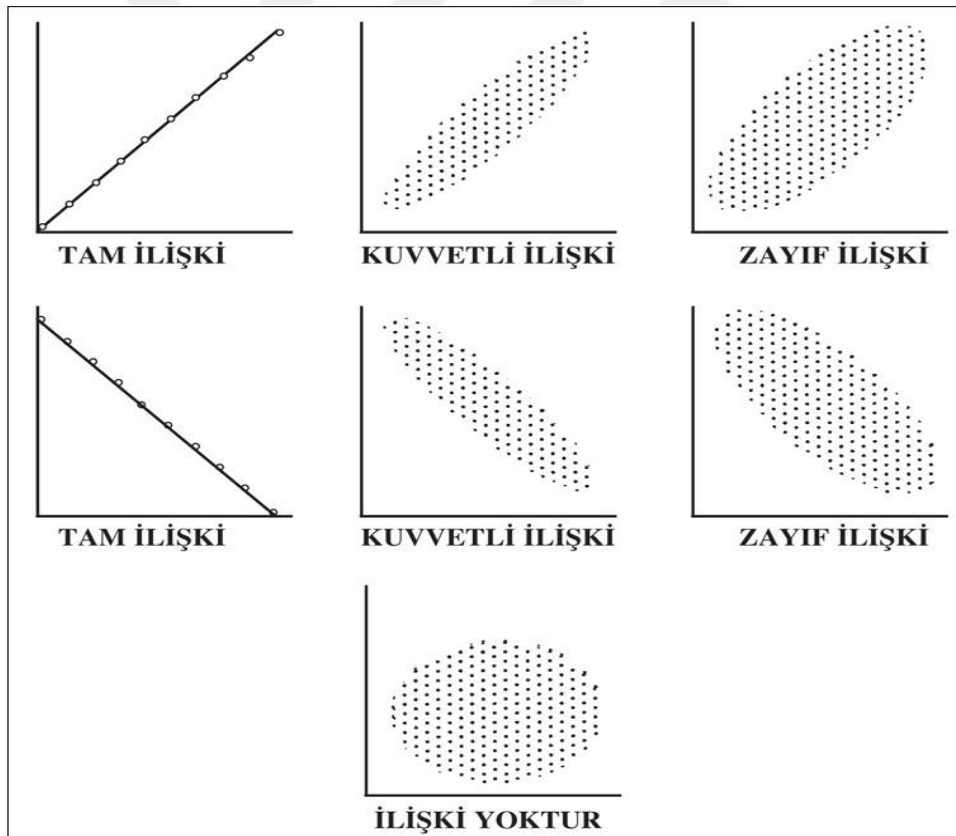
Landsat-8 ise İşlevsel Kara Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensörü (TIRS) olmak üzere 2 adet sensör taşımaktadır. OLI ve TIRS spektral bantları Landsat-7 ETM+ ile karşılaştırıldığında OLI iki ek yansıtıcı dalga boyuna sahiptir. Kıyı sularında klorofil ve askıdaki malzemelere karşı daha iyi bir duyarlılık ve atmosferik aerosol özelliklerinin geri kazanımı için daha kısa dalga boylu bir mavi bant (0,43 – 0,45 μm) ve bulut tespiti için kısa dalga kızılötesi bandına (1,36 – 1,39 μm) sahiptir. TIRS sensörü, 60 m çözünürlüklü termal banda sahip ETM+ sensörüne kıyasla iki adet 100m çözünürlüklü termal banda sahiptir. Azaltılmış TIRS çözünürlüğü optimal olmamasına rağmen iki termal TIRS bandı atmosferik düzeltme ve yüzey sıcaklığının ve emisyonunun daha güvenilir bir şekilde alınmasına olanak sağlar (Roy vd., 2014). OLI sensörünün sahip olduğu 9 bandın 7’si daha önceki Landsat-5, Landsat 7 ETM sensörlerinde bulunan aralıklara sahiptir ki böylece eski Landsat verileri ile uyumlu olması sağlanmıştır. Çizelge 3.9’da Landsat 8 spektral bantları ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.9. Landsat 8 spektral bantları (URL-13).

Bantlar	Bant Genişliği (μm)	Çözünürlük (m)
Band 1 - Kıyısı/Aerosol	0,435 – 0,451	30
Band 2 - Mavi	0,452 – 0,512	30
Band 3 - Yeşil	0,533 – 0,590	30
Band 4 - Kırmızı	0,636 – 0,673	30
Band 5 - Yakın kızıl ötesi	0,851 – 0,879	30
Band 6 - Kısa dalga kızıl ötesi 1	1,566 – 1,651	30
Band 7 - Kısa dalga kızıl ötesi 2	2,107 – 2,294	30
Band 8 - Pankromatik	0,503 – 0,676	15
Band 9 - Sirkus	1,363 – 1,384	30
Band 10 – Termal kızıl ötesi 1	10,60 – 11,19	100
Band 11 – Termal kızıl ötesi 2	11,50 – 12,51	100

3.3. Regresyon Analizi

Regresyon analizi; herhangi bir değişkenin, bir veya birden fazla değişkenle arasındaki ilişkinin bir matematik fonksiyonu şeklinde yazılması olarak tanımlanabilir. Bu matematik fonksiyonuna ise regresyon denklemi adı verilmektedir. Regresyon denklemi yardımıyla açıklayıcı değişkenlerin çeşitli değerlerine karşılık bağımlı değişkenin ulaşacağı değer tahmin edilir. Bağımlı değişkeni etkileyen açıklayıcı değişkenlerin saptanmış olması da bağımlı değişken üzerinde geliştirilecek politikalarda hangi değişkenlerin önem kazandığını ortaya çıkarmaktadır (Aslan, 2017). Değişkenler arasındaki ilişkide, değişkenlerin aynı yönde mi yoksa ters yönlerde mi değiştikleri oldukça önemlidir. Her iki değişken aynı yönde değişiyorsa yani bağımsız değişken artarken bağımlı değişken de artıyorsa, bu ilişkinin fonksiyonu artan bir fonksiyondur. Eğer bağımsız değişken artarken bağımlı değişken azalıyorsa, bu ilişkinin fonksiyonu ise azalan bir fonksiyonel eğriye sahiptir (Konuk, 2016). Şekil 3.14'deki grafikler ilişkinin yönünü ve gücünü göstermektedir.



Şekil 3.14. Değişkenler arasındaki ilişkilerin yönü ve gücü (URL-14).

Regresyon denkleminde elde edilen kestirim değerleri ile gözlem değerleri arasında fark yoksa diğer bir deyişle gözlem değerleri regresyon doğrusu üzerinde yer alıyorsa regresyon denkleminin gözlem değerlerini tam olarak açıklayabildiği söylenebilir. Ancak, X değerleri için

yapılacak kestirimlerde belirli bir standart hata hesaplanabiliyorsa, değişkenler arasındaki ilişkinin derecesi standart hatanın büyüklüğüne göre değişmektedir. Yani noktaların dağılımı doğru üzerinden rastgele dağınıklık gösteriyorsa, değişkenle arasında ilişki olmadığı veya aralarında zayıf ya da kuvvetli bir ilişki olduğu sonucuna varılabilir. Değişkenler için oluşturulan regresyon denkleminin, gözlem değerlerini ne derece açıklayabildiğini ve değişkenler arası ilişkinin derecesinin belirlenmesinde korelasyon katsayısı (r) kullanılır. İki değişkenin birlikte değişim ölçüsü olarak da tanımlanabilen korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değerler alabilmektedir. Korelasyon katsayısının;

- $r = 1$ durumu, değişkenler arasındaki ilişkinin tam olduğunu
- $r = 0$ durumu ise değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını gösterir.

Bu durumlara ek olarak, korelasyon katsayısının ± 1 'e yaklaşması ilişkinin güçlü olduğunu gösterirken, 0'a yaklaşması durumunda ise değişkenler arasında zayıf bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Konuk, 2016). Kümelerde ve değişkenler arasında doğrusal ilişki söz konusu olduğunda korelasyon değerlerinin analizi Pearson Korelasyon katsayısının yorumu ile yapılabilir (Aslan, 2017). Literatürde korelasyonun katsayısının gücü ile ilgili olarak çok küçük değişiklikler olmakla birlikte göstermekle birlikte Çizelge 3.10 bu analiz için kullanılabilir.

Çizelge 3.10. Pearson korelasyon katsayıları ve yorumları (Köse, 2008).

0,00-0,25	Çok Zayıf
0,26-0,49	Zayıf
0,50-0,69	Orta
0,70-0,89	Yüksek
0,90-1,00	Çok Yüksek

İki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veren basit regresyon modeli eşitlik 1.2'deki gibi kurulur.

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (3.1)$$

Burada;

Y: bağımlı değişkenin değeri

X: bağımsız değişkenin değeri

A: Regresyon modelinin parametresi

β : Regresyon modelinin parametresi

ε_i : Şansa bağlı hata değerini göstermektedir (Yavuz, 2009).

Regresyon analizi, kullanılan bağımsız değişken sayısına göre;

- Basit regresyon analizi
- Çoklu regresyon analizi

Olmak üzere iki gruba ayrılırken; kullanılan fonksiyon tipine göre de

- Doğrusal regresyon analizi,
- Doğrusal olmayan regresyon analizi

olarak iki grupta incelenir (Kazancı, 2004).

Bu çalışmada, çoklu doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Bu nedenle bu modelinin temeli anlatılacaktır.

Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi: Tek bağımlı değişken ve iki veya daha fazla bağımsız değişkenin doğrusal bir fonksiyonla ifade edilmesi olarak tanımlanabilir (Kazancı, 2004)

Çoklu regresyon analizinde araştırmacının iki genel amacı vardır. Birincisi bağımsız değişkenler kullanılarak bağımlı değişkenin yeni değerini tahmin etmek, ikincisi ise bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının modeldeki bağımsız değişkenler tarafından olduğunu tespit etmek ve aralarındaki ilişkiyi tanımlamaktır (Alpar 2003).

Çoklu doğrusal regresyon modelinde en az iki bağımsız değişken vardır. Y bağımlı değişkeni ile p sayıda bağımsız değişken arasındaki ilişki doğrusalsa ve Y ve X'lere ait n tane gözlem değeri varsa çoklu doğrusal regresyon modeli;

$$Y = b_0 + b_1X_{i1} + b_2X_{i2} + \dots + b_pX_{ip} + e_i, \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (3.2)$$

$$Y = b_0 + \sum_{k=1}^p b_k X_{ik} + e_i \quad (3.3)$$

şeklindeir. Burada $b_0, b_1, \dots, b_p$ bilinmeyenleri kısmı regresyon katsayılarıdır (Günaşdı,2014).

Çoklu doğrusal regresyon analizinde genel regresyonda uyulması gerekli şartlara ilave olarak bağımsız değişkenler arasında çoklu bağımlılık olmaması şartı aranır. Hatalar rasgele değişkenler olduğu için hatalara ilişkin bazı varsayımlarda bulunmak gerekir. Bu varsayımlar:

1. $E(\epsilon_j) = 0$, ϵ_j 'nin beklenen değeri sıfırdır.

2. $\text{Var}(\epsilon_j) = \sigma^2$ 'dir.

3. $\text{Cov}(\epsilon_j, \epsilon_k) = 0, j \neq k$ dır.

Burada ϵ vektöründeki hata terimlerinin normal dağılım gösterdiği varsayılır. Çoklu doğrusal regresyon modelinde bulunan β parametrelerinin tahmin edicisi olan $p+1$ tane b istatistik değerleri en küçük kareler yöntemi yardımıyla

$$b = (X^1 X)^{-1} (X^1 Y) \quad (3.4)$$

formülü kullanılarak bulunur. β parametrelerine ilişkin güven aralıklarının oluşturulmasında, yokluk ve alternatif hipotez testlerinde serbestlik derecesi $n-(p+1)$ olan t dağılımından faydalanılır (Günaşdı, 2014).

Çoklu doğrusal regresyon modelinin varsayımları aşağıdaki gibidir (Kılıçbay 1980; Koutsoyiannis 1992; Çömlekçi 1998; Gujarati 2005).

1. Bağımlı değişken bir rastgele değişkendir ve normal dağılım gösterir.
2. Bağımsız değişkenler rastgele değişkenler değildir. Yani bağımsız değişkenlerin aldıkları değerler sabit veya önceden belirlenmiş değerler olduğu düşünülür.
3. Hatalar birbirinden bağımsızdır.
4. Hataları rastgeledir ve birbirleri ile ilişki göstermezler. Hatalar, ortalaması sıfır, varyansı σ^2 olan normal dağılım gösterirler.
5. Bağımsız değişkenler ile hata terimi arasında bir ilişki yoktur.
6. $\text{Cov}(\epsilon, X_{ji}) = 0, j=1,2,\dots,p$ ve $i= 1,2,\dots,n$ dir.

7. Bağımsız değişkenler arasındaki basit doğrusal korelasyon katsayıları 0 veya 0'a çok yakın olması gerekmektedir. Bu varsayıma çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) olmama durumu denilmektedir.

8. Hipotez testlerini yapmak ve güven aralıklarını oluşturabilmek için hataların normal dağılıma sahip olduğu varsayılır.

Çoklu doğrusal regresyon analizinde bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü belirleyebilmek için R ile gösterilen çoklu korelasyon katsayısı kullanılmaktadır. Ancak çoklu determinasyon (belirleme) katsayısı bu ilişki hakkında yorum yapmak için çok daha uygundur.

$$R^2 = \text{Toplam varyasyonun açıklanan kısmı} / \text{Toplam varyasyon}$$

olarak yazılır. Yani

$$R^2 = \frac{b'X'Y - (\Sigma Y)^2/n}{\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2/n} \quad (3.5)$$

formülü ile bulunur (Ertek 2000).

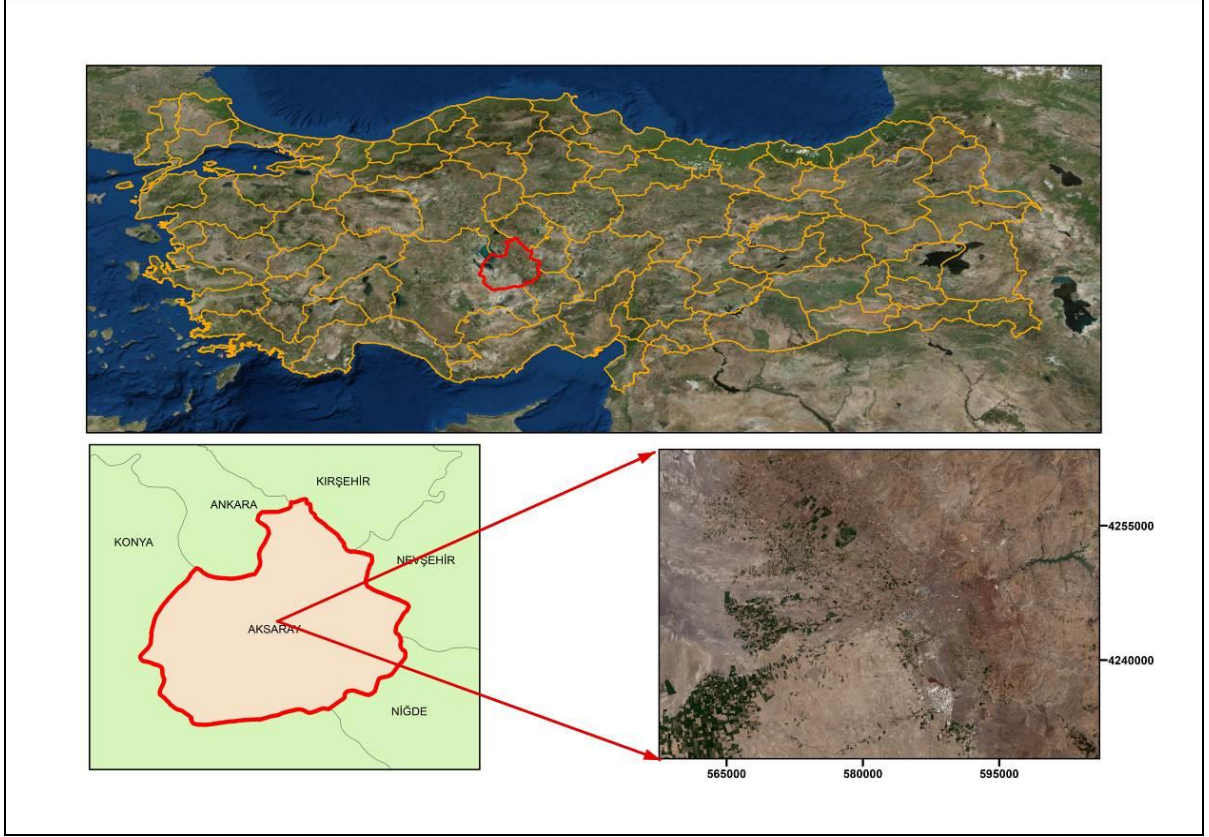
3.4 Bölgenin Özellikleri Ve Kullanılan Veriler

3.4.1 Çalışma alanı

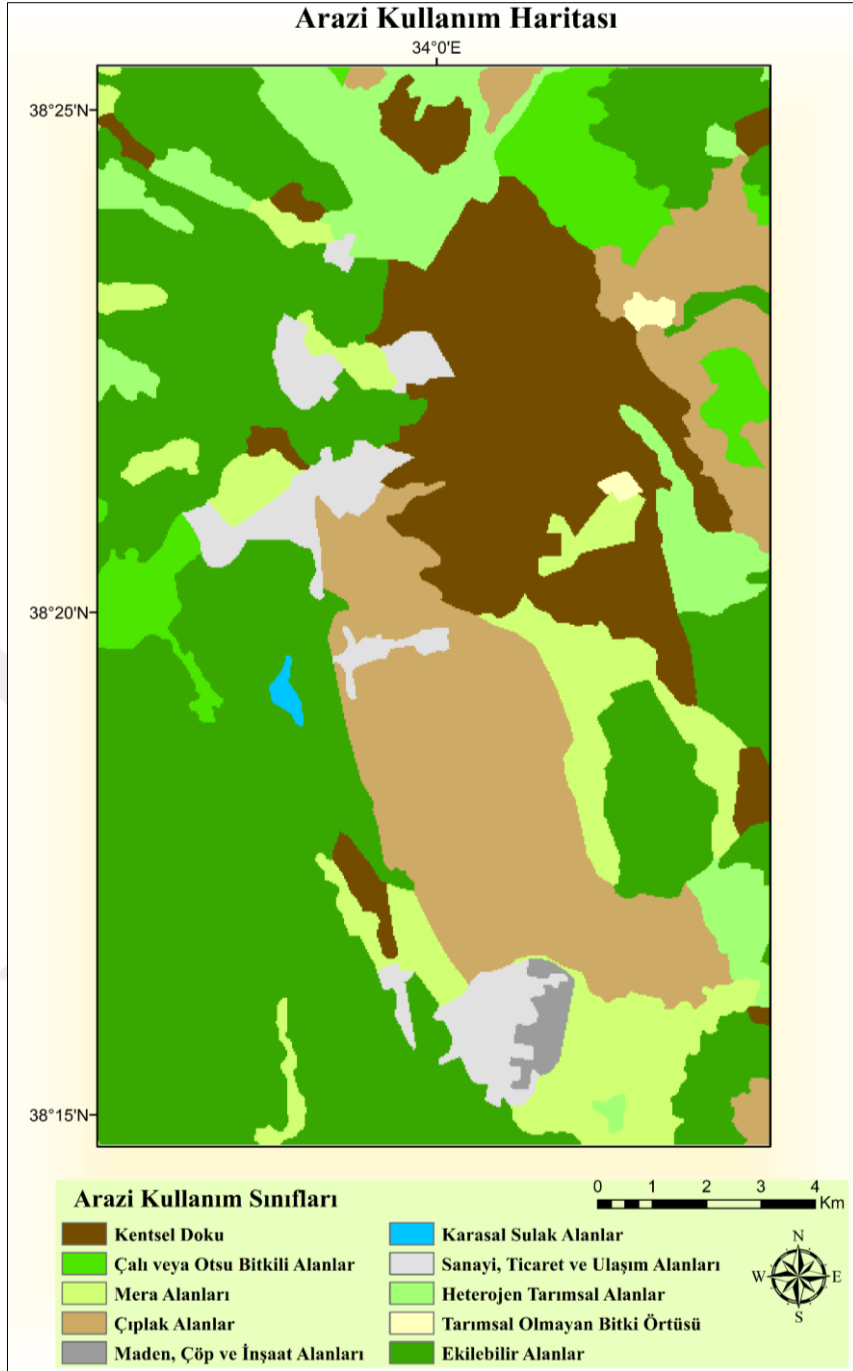
Aksaray ili, Edirne, İstanbul, Ankara, Adana, İskenderun karayolu ile Samsun, Konya, Kayseri, Antalya karayolu üzerinde bulunmakta ve Orta Anadolu'nun merkezi konumundadır. Aksaray ili, 36°23' Kuzey Enlemleri ile 34°41' Doğu Boyamları arasında ve deniz seviyesinden yüksekliği 965 m'dir. İl yüzölçümü yaklaşık olarak 7.800 km²'dir. Konya Ovası'nın devamını kapsayan geniş bir arazi yapısında olan ilin büyük bir kısmı ovalıklardan oluşmaktadır. Aksaray, Kuzeybatıda Ankara, Güneydoğuda Niğde, Batıda Konya ve Kuzeydoğuda Nevşehir, Güneyinde ise Konya iliyle çevrilidir (Bilgilioğlu, 2018).

Uygulama sahası olarak Aksaray ili, merkez ilçe sınırları seçilmiştir. Uygulama sahası, hava kirliliğinin yüksek olduğu tahmin edilen, nüfus ve trafik yoğunluğunun yüksek olduğu ve sanayi alanlarını kapsayacak şekilde seçilmiştir. Söz konusu çalışma alanına ait arazi kullanım haritası CORINE sınıflandırma standartları kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 3.15'de çalışma

alanı sınırları gösterilmektedir. Şekil 3.16’da ise çalışma alanına ait arazi kullanım haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Çalışma alanı haritası.



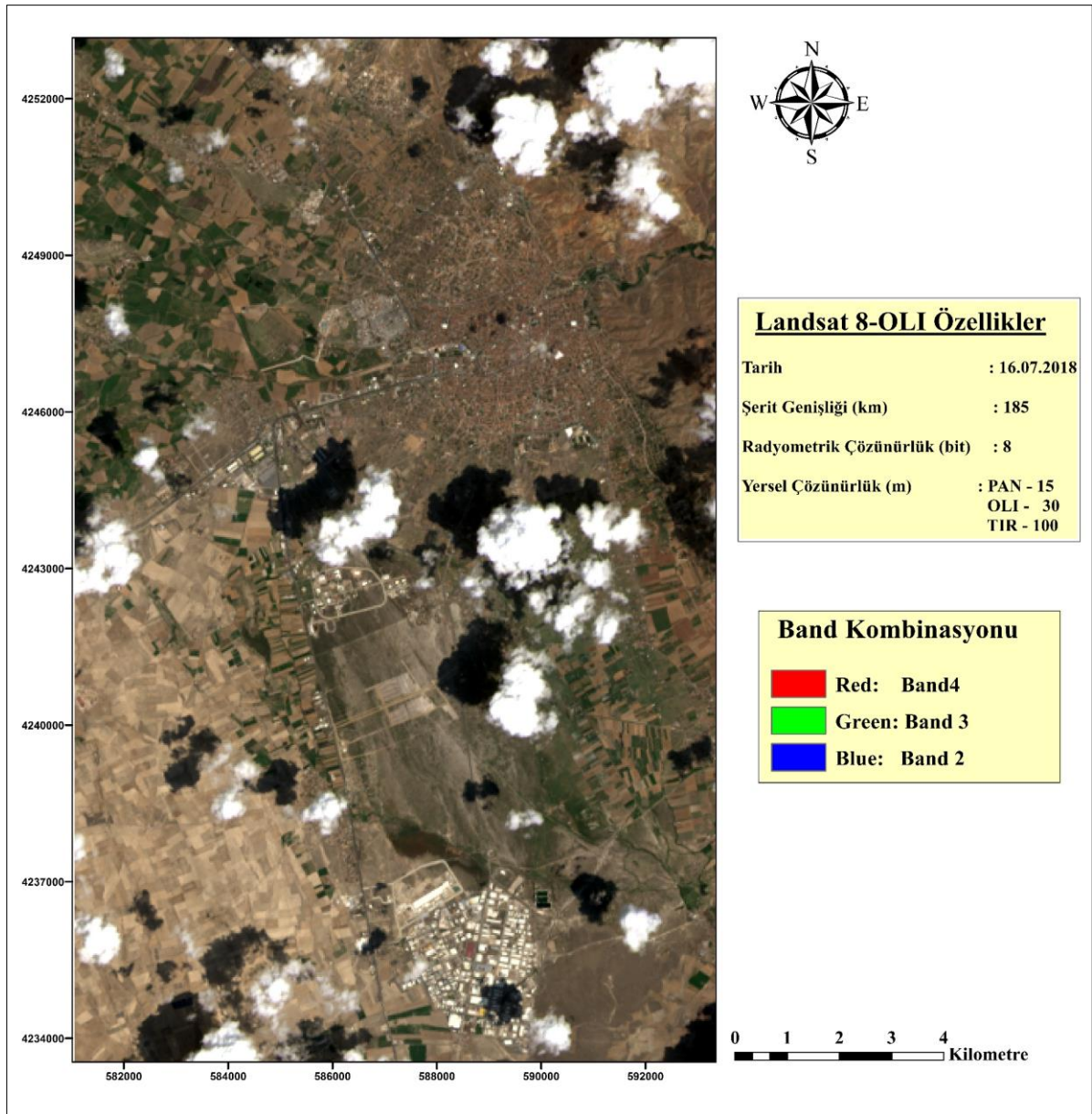
Şekil 3.16. Arazi kullanım haritası.

Söz konusu uygulama sahasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait bir adet sabit istasyon bulunmakta ve bu istasyonda hava kalitesini izlemek amacıyla PM_{10} ve SO_2 kirleticileri ölçülmektedir. Ancak tek noktadan elde edilen ölçümler Aksaray ilinin hava kirliliğini temsil edecek homojenlikte veri sağlayamamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, uydu görüntüleriyle eş zamanlı olarak uygulama sahası içerisinde homojen noktalardan PM_{10} örnekleri toplanmıştır.

3.4.2 Kullanılan veriler

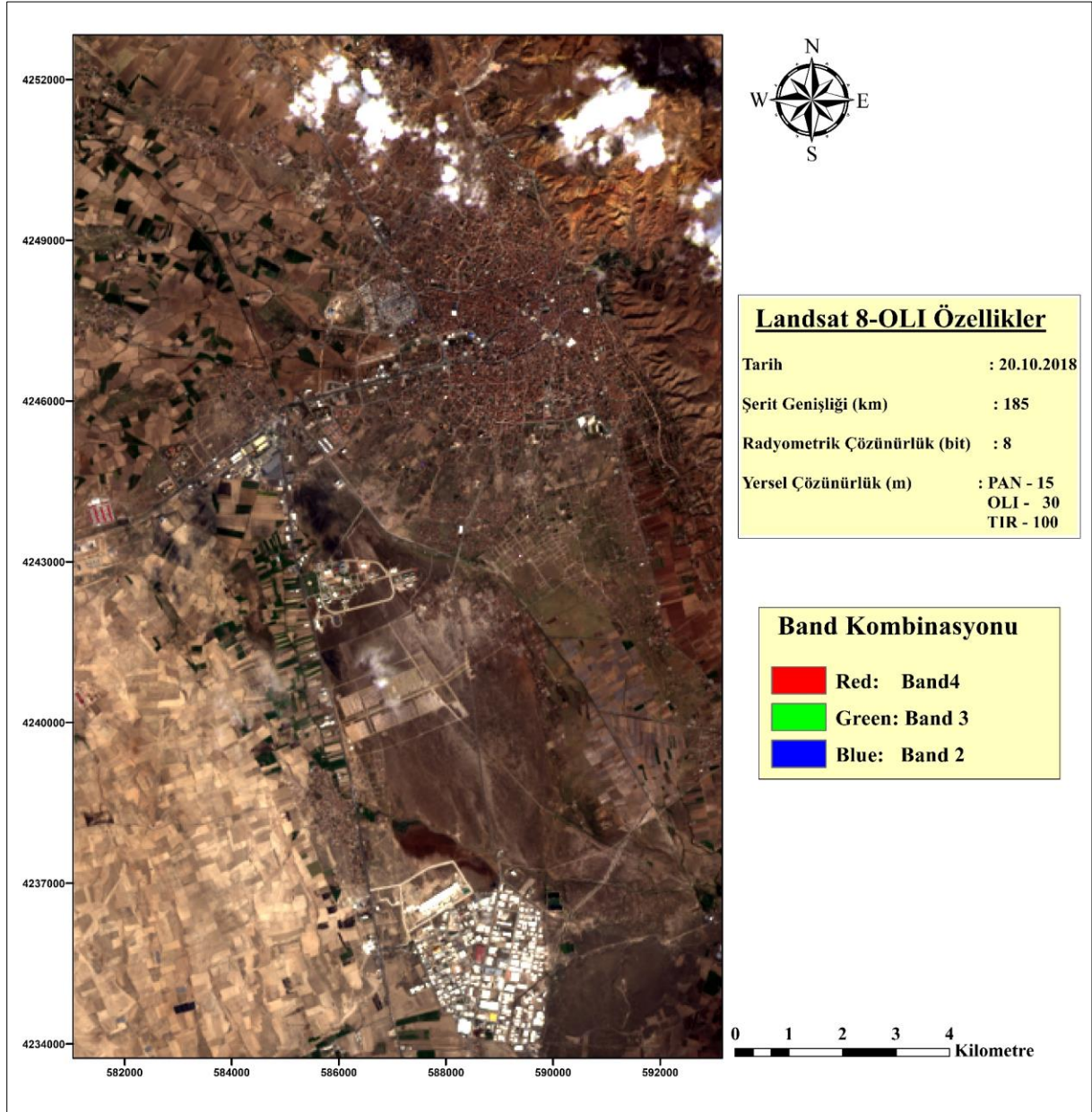
3.4.2.1 Uzaktan algılama verileri

Tez kapsamında kullanılmak üzere 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihlerine ait 2 adet Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Belirlenen bu uydu görüntüleri ESA (European Space Agency) ve USGS (United States Geological Survey) arşivinden temin edilmiştir. Hava kirliliğinin daha anlamlı olarak belirlenebilmesi için Temmuz ve Ekim ayına ait görüntüler kullanılarak hem yaz mevsimine hem de kış mevsimine ait görüntüler kullanılmıştır. Çalışmada görüntüleri kullanılan Landsat-8 uydusunun sadece görünür bantları kullanılmıştır. Şekil 3.17’de çalışma alanının 16.07.2018 tarihine ait uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.17. 16.07.2018 tarihli Landsat uydu görüntüsü.

Uydu görüntüsüyle eş zamanlı olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında havanın bulutlu olması nedeniyle bu alanlardan sağlıklı bir şekilde reflektans değerleri alınamamıştır. Ancak uygulama sırasında bu alanlar kesilmiş ve analize dahil edilmemiştir. Şekil 3.18’de çalışma alanının 20.10.2018 tarihli uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.18. 20.10.2018 tarihli Landsat uydu görüntüsü.

Tez çalışmasında uydu görüntülerinin birleştirilmesi, kesilmesi ve radyometrik düzeltmelerinin yapılmasında ERDAS Imagine ve ENVI yazılımları kullanılmıştır. Regresyon analizinin gerçekleştirilmesinde SPSS yazılımı kullanılmış ve sonuç ürün tematik haritanın üretilmesi ve görselleştirilmesinde ise ArcGIS yazılımı kullanılmıştır.

3.4.2.2 İstasyon verileri

Aksaray ili merkez sınırları içerisinde Çevre ve Şehircilik bakanlığına ait bir adet sabit istasyon bulunmaktadır. Bu istasyon SO₂ ve PM₁₀ değerlerini saatlik olarak kayıt etmektedir. İstasyondan son 10 yıla ait PM₁₀ değerlerinin aylık median ortalaması alınarak Çizelge 3.11’de gösterilmektedir.

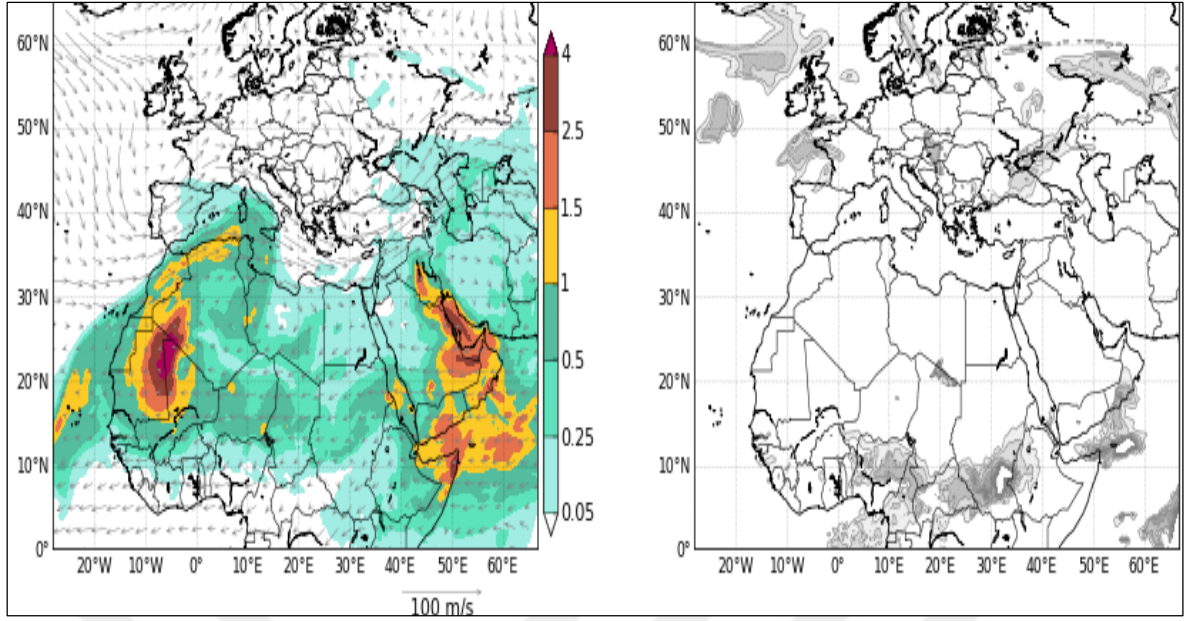
Çizelge 3.11. İstasyondan elde edilen PM₁₀ değerlerinin aylık ortalama değerleri.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ocak	67	-	84	76	57	66	66	45	48	48	24
Şubat	129	-	62,5	92	73	56	61,5	40,5	54	63,5	32,5
Mart	58	-	77	75	61	65	51	50,5	50	50,5	46
Nisan	41	49	54	56	72	48	58	53,5	64	52	24
Mayıs	43	36	65	39	45	49	38	51	41	48	24
Haziran	48	-	66	49	58	53	46,5	36	50	52	27,5
Temmuz	64,5	48,5	75	83	71	44	60	52	46	73	38
Ağustos	58,5	53,5	85	58	54	56	70	62	70,5	85	32
Eylül	37	54	76	61	81	65,5	60	73,5	59	100	42,5
Ekim	44	32	75	69,5	68	57	43,5	55	71	70	45
Kasım	-	77	121	66	64	85	60,5	90,5	69	83	-
Aralık	-	81	120	69	56	65	65	100	51,5	48	-

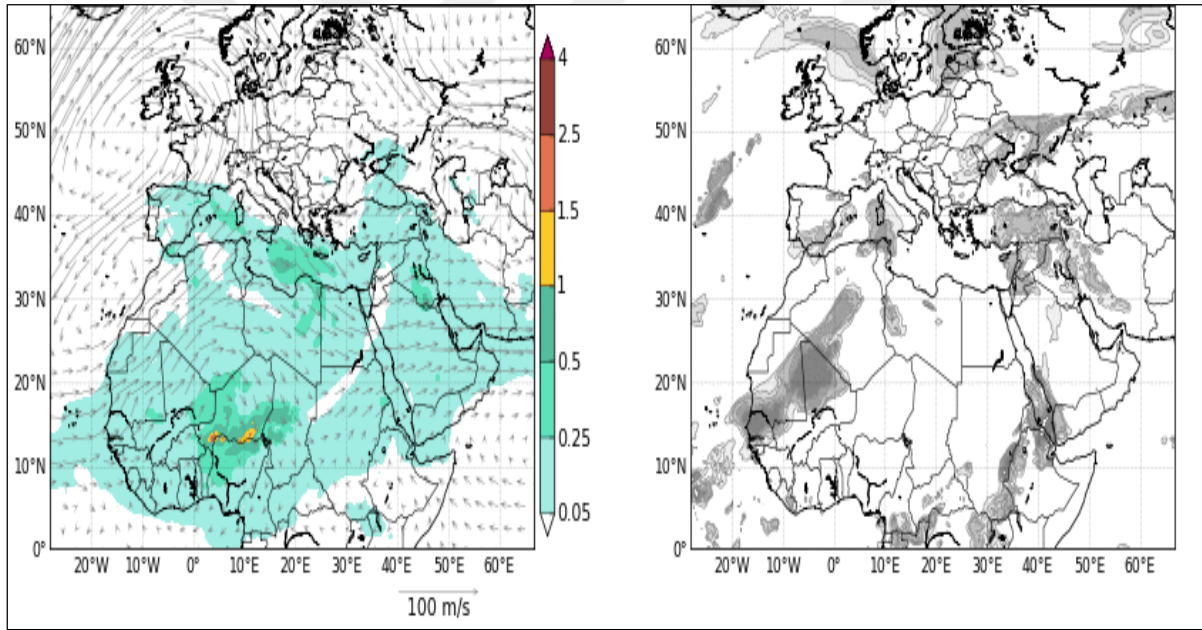
İstasyondan alınan veriler incelendiğinde PM₁₀ değerlerinin bazı aylarda 100’ün üzerine çıktığı görülmektedir. Genellikle kış aylarında yükselen PM₁₀ değerlerinin ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.4.2.3 Meteorolojik veriler

Çalışma tarihlerine ait PM konsantrasyon yoğunluğunu tartışırken yerel kaynakların dışında taşınım yoluyla katkı sağlayabilecek kaynaklar da ele alınmalıdır. Aksaray’ın konumu itibarıyla özellikle Sahra çölü üzerinden gelebilecek toz taşınımlarını incelemek gerekir. Bu taşınımı kontrol edebilmek için BSC- DREAM8b modeli kullanılmıştır. Bu modelde çalışılan tarihler girildiğinde o güne ait saatlik ve günlük ortalama toz taşınım haritaları verilmektedir. Bu çalışmaya ait 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihlerine ait taşınım haritaları Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de verilmiştir. Toz taşınımlarının ölçüm alınan tarihlerindeki PM konsantrasyonlarına olan etkisi ayrıntılı olarak araştırma bulguları kısmında tartışılacaktır.



Şekil 3.19. 16.07.2018 tarihine ait taşınım haritası (URL-15).



Şekil 3.20. 20.10.2018 tarihine ait taşınım haritası (URL-15).

3.4.2.4 Çalışma alanından toplanan veriler

Çalışmanın uygulama kısmında yapılan arazi çalışmaları 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihlerinde olmak üzere iki defa gerçekleştirilmiştir. Bu tarihler aynı zamanda Landsat uydusunun geçişiyle aynı olup eş-zamanlı olarak yersel PM₁₀ ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örnek toplanacak noktalar arazi çalışmasından önce belirlenmiştir. Bu noktaların çalışma alanı içerisinde homojen dağılmasına, trafik ve nüfusun yoğun olduğu ve kentsel yapılaşmanın fazla olduğu yerler olmasına dikkat edilmiştir. PM₁₀ örneklerinin toplanmasına yönelik olarak, numune

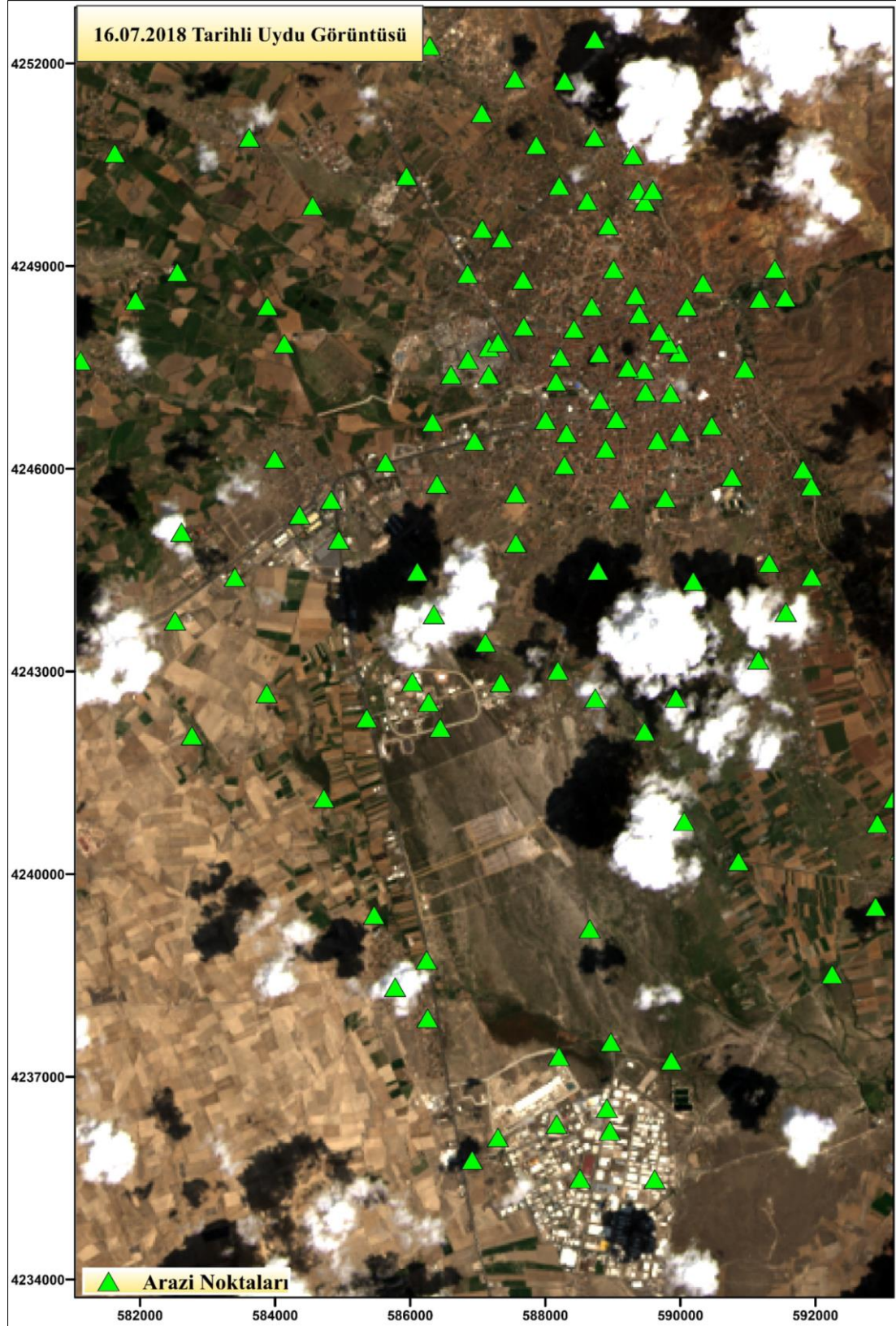
alınan noktaların koordinatları el-tipi GPS ile belirlenmiştir. Temmuz ayında yapılan ilk çalışmanın, ısınma amaçlı kullanılan fosil kaynaklı yakıtların kullanılmadığı yaz mevsimine, Ekim ayının sonunda yapılan arazi çalışmasının ise ısınma amaçlı kullanılan fosil kaynaklı yakıtların kullanıldığı kış mevsiminin başlangıcına denk gelmesine dikkat edilmiştir.



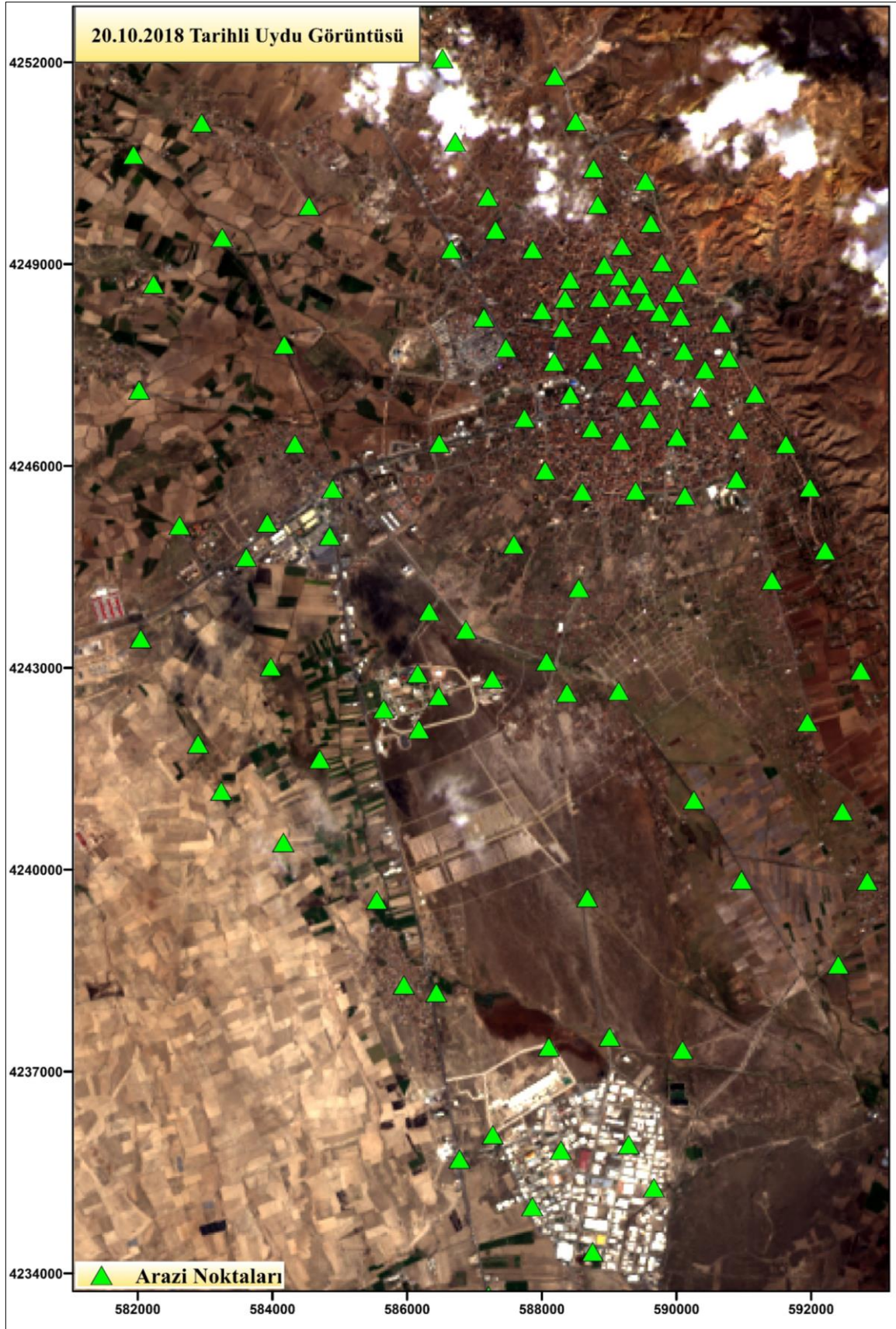
Şekil 3.21. Aksaray merkez ilçe Landsat uydusu ile eş-zamanlı olarak yapılan yersel çalışma.

İlk arazi çalışmasında 126 noktadan, ikinci arazi çalışmasında ise 113 noktadan PM_{10} örnekleri toplanmıştır. PM_{10} değerlerini ölçme işlemi, her bir noktada 60 saniye örnekleme zamanı ve her bir örnekleme zamanı arasında ise 60 saniye olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Önceden

belirlenen örnek toplanacak noktalar Şekil 3.22 ve Şekil 3.23’de, 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihli Landsat-8 uydu görüntüsü üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 3.22. Saha çalışmasında PM₁₀ değerleri toplanan noktaların konumları.



Şekil 3.23. Saha çalışmasında PM₁₀ değerleri toplanan noktaların konumları.

Bu tez çalışmasında PM₁₀ parametresi, anlık ölçüm yapılan CEM DT-9880 partikül ölçer cihaz ile ölçülmüştür. Ölçümler cihazın tam olarak hazır olduktan sonra yerden ortalama 1 metre yükseklikteyken başlatılmıştır. Her bir ölçüm noktasına ait ölçüm tarihi ve saati otomatik olarak cihaz tarafından kayıt edilmiş ve ölçüm yapılan noktaların konumları el tipi GPS yardımıyla alınmıştır. Ayrıca çalışma süresince cihazın kalibrasyonu belirli periyotlarla yapılmıştır. Aşağıda ölçüm cihazına ait bazı özellikler verilmiştir (URL-16).

- Ölçüm yapılan çap aralıkları; 0,3, 0,5, 1,0, 2,5, 5,0 ve 10 µm arasındadır.
- Hava sıcaklık ve nem ölçümü,
- Resim (JPEG) ve video (3GP) çekim özelliği,
- Seçilebilir örnek zamanı, sayım verileri, programlanabilir gecikme,
- 5000 örnek kayıt imkanı sağlamaktadır.

Şekil 3.24’de çalışmalarda kullanılan ölçüm cihazı verilmiştir.



Şekil 3.24. Hava kalitesi ölçüm cihazı.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Uydu Görüntülerinin Radyometrik Olarak Düzeltilmesi

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

1-) Piksel parlaklık değerinin spektral parlaklık değerine dönüşümü

2-) Spektral parlaklık değerinin spektral yansıtma değerine dönüşümü

İlk aşamada piksel parlaklık değerlerinin spektral parlaklık değerlerine dönüşümünde aşağıdaki eşitlikten yararlanılır (Ekercin, 2007).

$$L\lambda = [L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}] / (QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN}) \times [QCAL - QCAL_{MIN}] + L_{MIN\lambda} \quad (4.1)$$

burada;

- $L\lambda$: Sensördeki spektral radyans ($MW.c-2.sr-1.\mu m-1$)
- $L_{MAX\lambda}$: $QCAL_{MAX}$ 'a göre ölçeklendirilen spektral radyans
- $L_{MIN\lambda}$: $QCAL_{MIN}$ 'e göre ölçeklendirilen spektral radyans
- $QCAL$: Parlaklık değerleri
- $QCAL_{MAX}$: Maksimum parlaklık değeri
- $QCAL_{MIN}$: Minimum parlaklık değeri

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

2) Spektral Radyans Değeri-Spektral Yansıtma Değeri dönüşümü

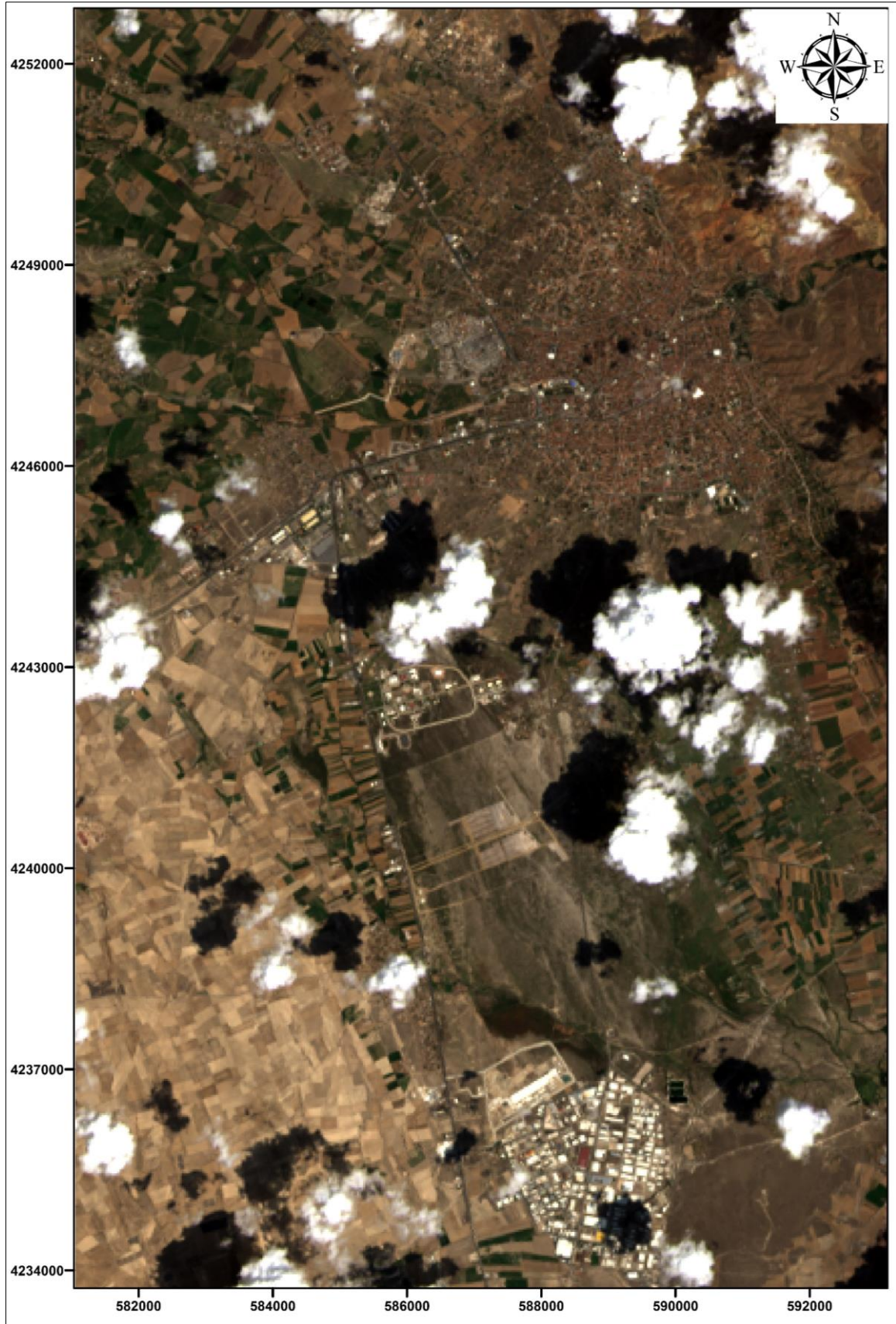
$$\rho_p = \frac{\pi.L\lambda.d^2}{ESUN_{\lambda}.cos\theta_s} \quad (4.2)$$

burada;

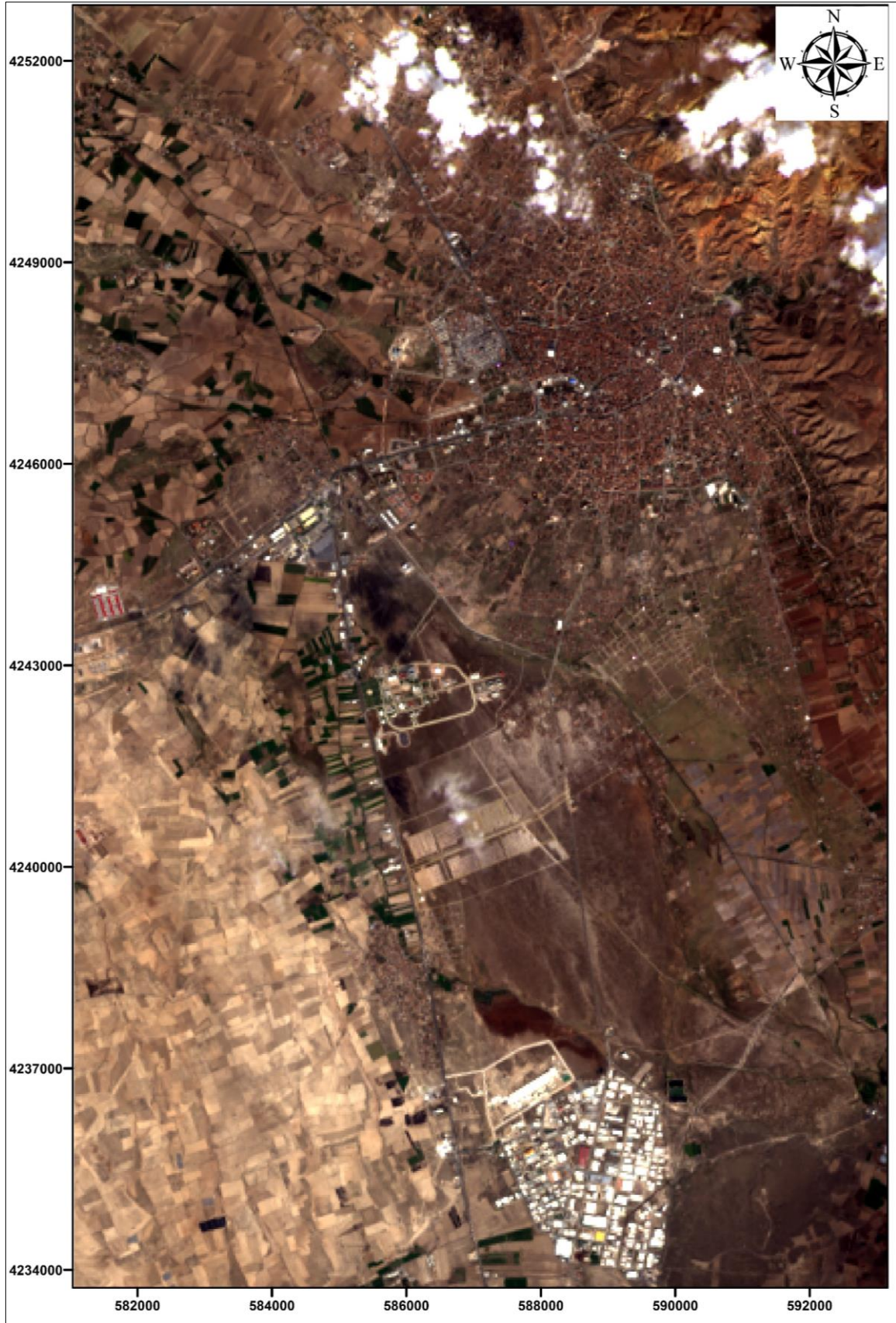
- ρ_p : Sensördeki yansıtım değerleri
- L_λ : Sensördeki yansıtım değerleri
- d : Dünya-Güneş arası mesafe
- $ESUN_\lambda$: Ortalama atmosferik solar irradyans
- θ_s : Solar zenit açısıdır.

Çalışma alanına ait radyometrik olarak düzeltilmiş uydu görüntüleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.





Şekil 4.1. Radyometrik olarak düzeltilmiş 16.07.2018 tarihli uydu görüntüsü.



Şekil 4.2. Radyometrik olarak düzeltilmiş 20.10.2018 tarihli uydu görüntüsü.

4.2 Regresyon Analizi

Uydu görüntülerinden PM₁₀ tahmini için bir matematiksel model geliştirilmiştir. Algoritmanın bağımsız değişkenleri Landsat-8 uydu görüntüsüne ait görünür bantların reflektans değerleridir. Eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Y = b_0 + b_1X_{i1} + b_2X_{i2} + \dots + b_pX_{ip} + e_i \quad (4.3)$$

Burada;

Y: PM yoğunluğu

X_i: Atmosferik reflektans, i= uydu görüntüsüne ait bant numaraları

b_j: Algoritma katsayıları

Regresyon analizi sonucunda elde edilmesi beklenen bazı veriler şu şekildedir:

Determinasyon katsayısı R²: Bağımlı değişken Y’deki toplam varyasyonun tüm X değişkenleri tarafından açıklanan oranını ifade eder.

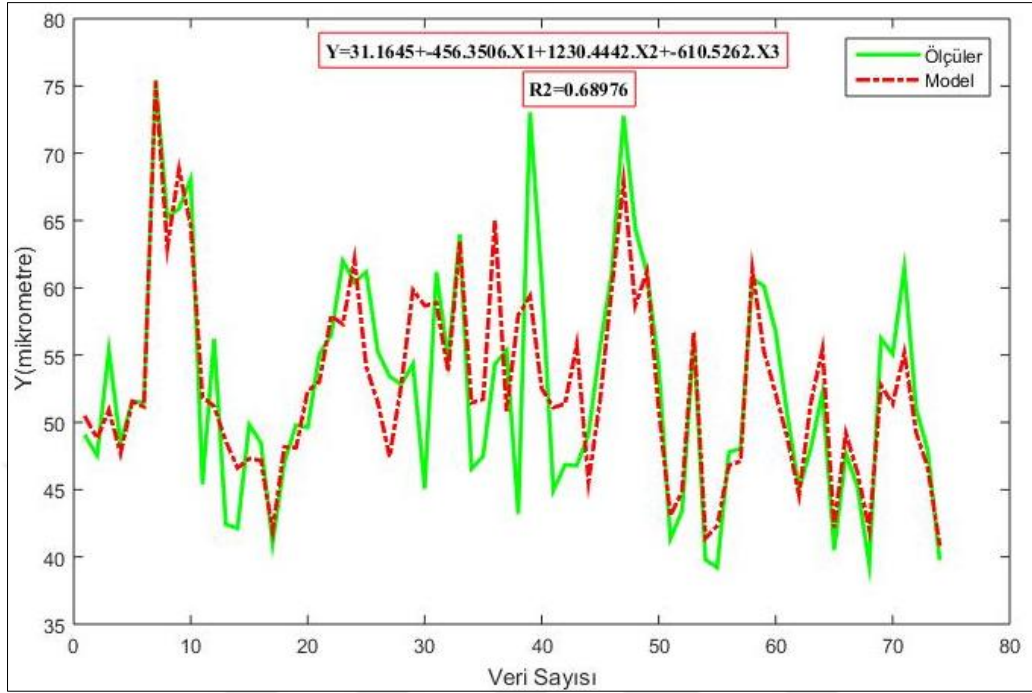
Düzeltilmiş R²: Bağımlı değişken Y’deki toplam varyasyonun tüm X değişkenleri tarafından açıklanan oranını modelde kullanılan X değişken sayısı ile ayarlayarak ifade eder. Regresyon modeline, bağımsız değişkenler eklendikçe, doğal olarak, bunların bağımlı değişken üzerindeki değişime getirdikleri açıklama artarken, bu açıklamaya o oranda “şans eseri açıklanan değişimin neden olduğu bir hata” karışmış olacaktır. Düzeltilmiş R² açıklanan değişimin bu hatadan arındırılmış şeklidir ve normal olarak hesaplanmış R²’den küçüktür (Can, 2016).

F: Anova tablosu içerisindeki F istatistiği ile model parametrelerinin (katsayıların) anlamlı olup olmadığı test edilmektedir (Karacabey ve Gökgöz, 2012).

Anova tablosu: Bağımsız değişkenlerin kendi aralarında nasıl etkileşime girdiklerini ve bu etkileşimlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini analiz etmek için kullanılır (Tonta, 2008).

İlk arazi çalışması kapsamında 126 noktadan toplanan PM₁₀ örneklerinden bulut ve bulut gölgesi altında kalan noktalar regresyon analizinde kullanılmamıştır. Bu noktalar çıkarıldıktan sonra 74 nokta regresyon analizinde, geri kalan 32 nokta ise test verisi olarak kullanılmıştır. 74 noktanın uydu görüntüsünde karşılık geldiği nokta merkez alınarak 3x3’lük matrisler

oluşturulmuş ve komşu piksellerle olan ortalaması alınmıştır. Yapılan regresyon analizinin modeli Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Model-1 regresyon analiz modeli.

Çizelge 4.1. Model-1 regresyon özeti.

Model	R	R ²	Ayarlanmış R ²	Standart Hata	Durbin-Watson
1	0,828 ^a	0,686	0,673	4,804	2,051

Çizelge 4.2. Model-1 anova tablosu.

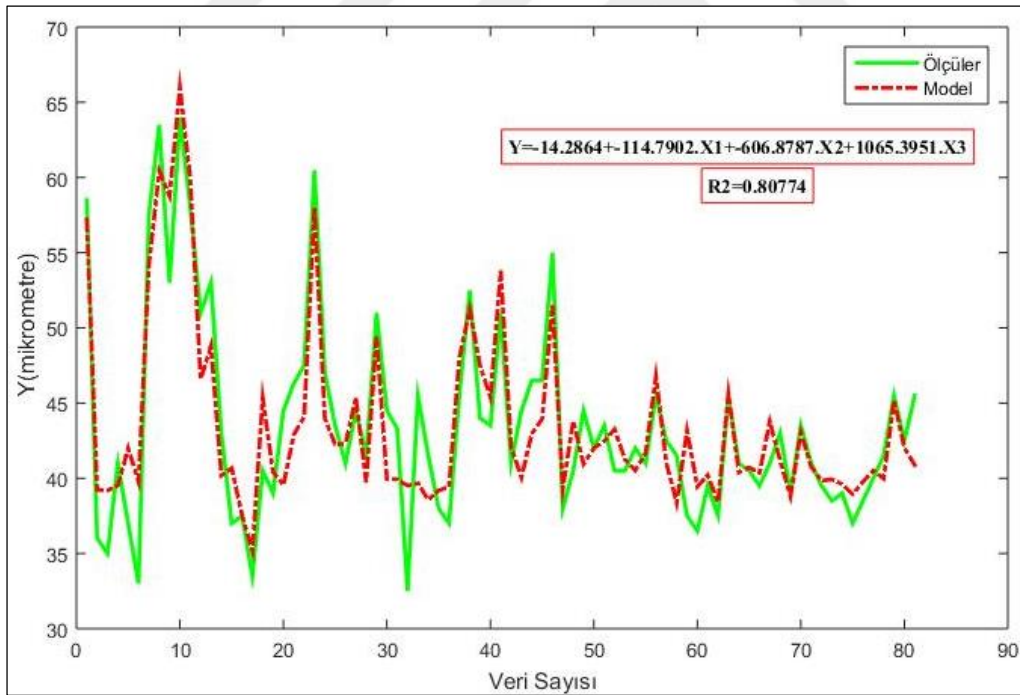
ANOVA					
Model	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Regresyon	3528,659	3	1176,220	50,976	0,000 ^b
Artık	1615,179	70	23,074		
Toplam	5143,838	73			

Model-1’e ilişkin elde edilen bulgular ve yorumları aşağıdaki gibidir;

- Birden fazla değişkenimiz olduğu için ayarlanmış $R^2 = 0,673$ değeri kullanılır. Kullanılan bağımsız değişkenlerin (Red, Green, Blue bantları) toplam varyasyonu açıklayabilme oranı %67,3’dür. Kalan %32,7’lik kısım bilinmeyen faktörler nedeniyle oluşmuştur.

- Ayarlanmış R^2 değeri 0,5 - 0,7 arasında olduğu için PM_{10} ile Red, Green, Blue bantları arasında orta derecede ilişki vardır.
- Model özet tablosunda Durbin-Watson test istatistiği 2,051 olarak hesaplanmıştır. İdeal olarak 2 civarında olması beklenmektedir. Çalışmada kullanılan veriler ve gerçek dünya göz önünde bulundurulduğunda, artıklar arasında çok yüksek bir korelasyon olmadığı şeklinde yorumlanmaktadır.
- Anova tablosu kurulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Sig. değerinin 0,05 den az olması oluşturulan modelin anlamlılığını ifade etmektedir.

İkinci arazi çalışması kapsamında 113 noktadan toplanan PM_{10} örneklerinden bulut ve bulut gölgesi altında kalan noktalar regresyon analizinde kullanılmamıştır. Bu noktalar çıkarıldıktan sonra 81 nokta regresyon analizinde, geri kalan 30 nokta test verisi olarak kullanılmıştır. 81 noktanın uydu görüntüsünde karşılık geldiği nokta merkez alınarak 3x3'lük matrisler oluşturulmuş ve komşu piksellerle olan ortalaması alınmıştır. Yapılan regresyon analizinin modeli Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Model-2 regresyon analiz modeli.

Çizelge 4.3. Model-2 regresyon Özeti.

Model	R	R^2	Ayarlanmış R^2	Standart Hata	Durbin-Watson
2	0,899 ^a	0,808	0,800	2,9626	1,679

Çizelge 4.4. Model-2 anova tablosu.

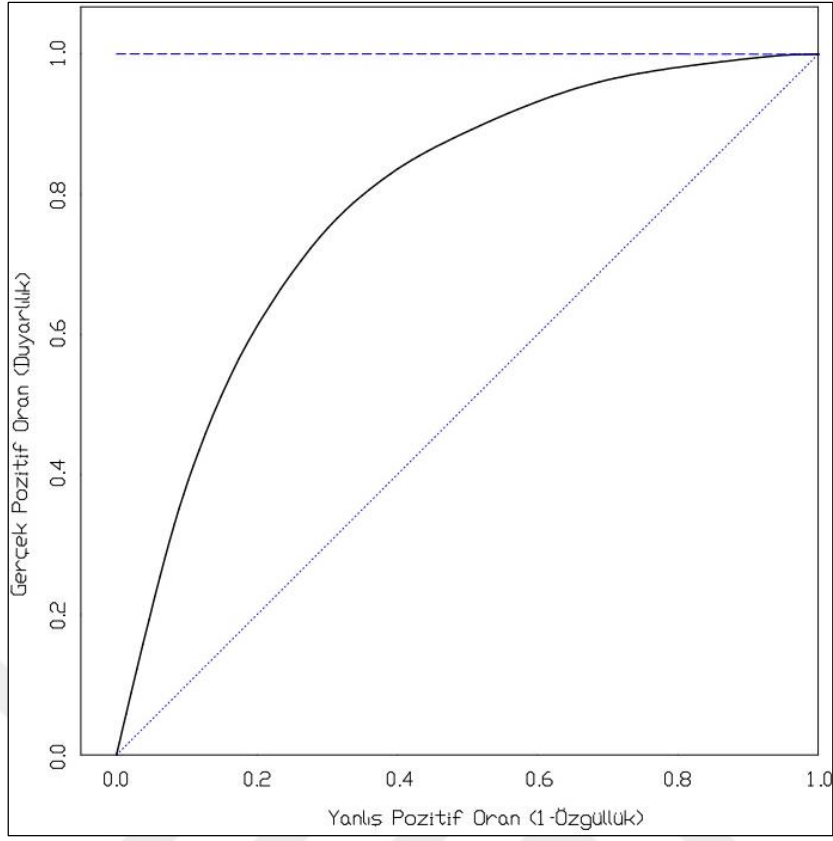
ANOVA					
Model	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Regresyon	28,499	3	946,500	107,835	0,000 ^b
Artık	675,850	77	8,777		
Toplam	3515,348	80			

Model-2'ye ilişkin elde edilen bulgular ve yorumları aşağıdaki gibidir;

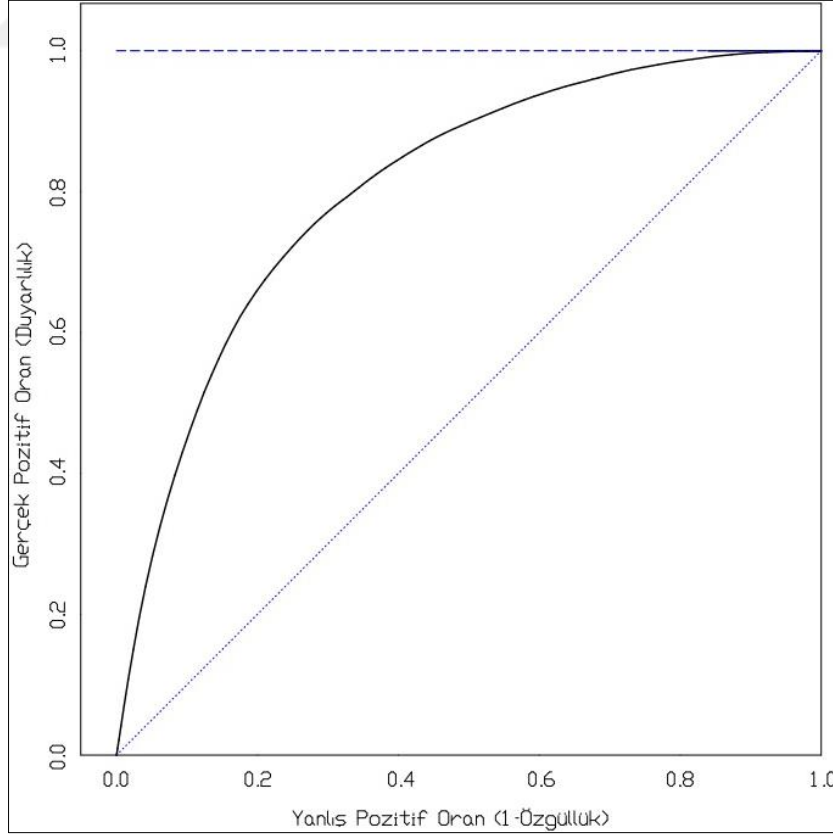
- Birden fazla değişkenimiz olduğu için ayarlanmış $R^2=0,800$ değeri kullanılır. Kullanılan bağımsız değişkenlerin (Red, Green, Blue bantları) toplam varyasyonu açıklayabilme oranı %80'dir. Kalan %20'lik kısım bilinmeyen faktörler nedeniyle oluşmuştur.
- Ayarlanmış R^2 değeri 0,7 - 0,9 arasında olduğu için PM_{10} ile Red, Green, Blue bantları arasında yüksek derecede ilişki vardır.
- Model özet tablosunda Durbin - Watson test istatistiği 1,679 olarak hesaplanmıştır. İdeal olarak 2 civarında olması beklenmektedir. Çalışmada kullanılan veriler ve gerçek dünya göz önünde bulundurulduğunda, artıklar arasında çok yüksek bir korelasyon olmadığı şeklinde yorumlanmaktadır.
- Anova tablosu kurulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Sig. değerinin 0,05 den az olması oluşturulan modelin anlamlılığını ifade etmektedir.

4.3 Doğruluk Analizi

Üretilen her iki harita model öncesinde %30 rastgele seçilen ve PM_{10} değeri belirli olan test verileri ile karşılaştırılmış ve bu kapsamda ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrileri çizilmiştir. Buna göre ROC eğrileri altında kalan alan değeri olan %79,64 ve %81,56 harita doğruluklarını göstermektedir. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da ROC eğrileri gösterilmiştir.

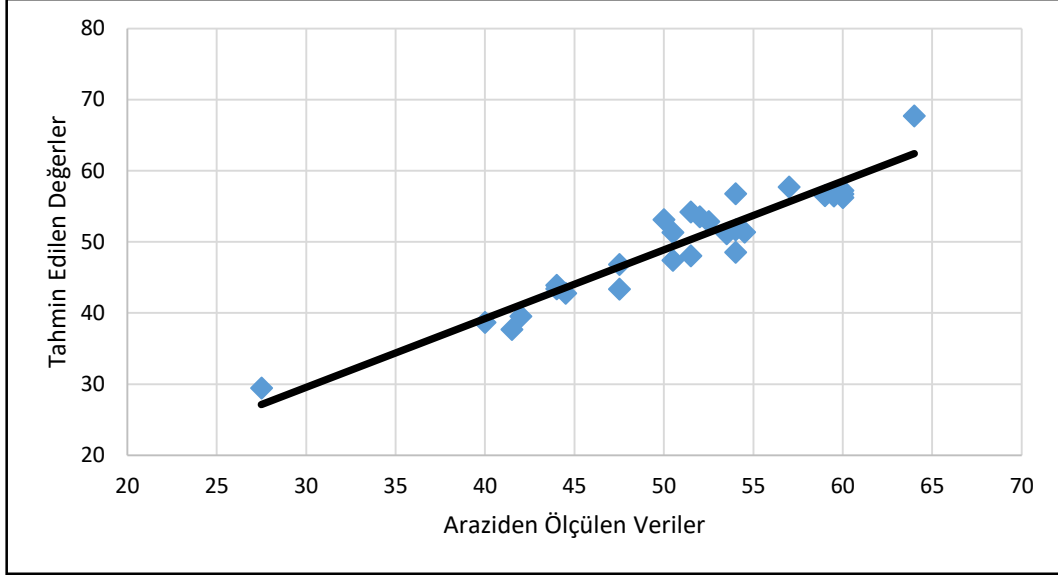


Şekil 4.5. Birinci analiz sonucu üretilen ROC eğrisi.

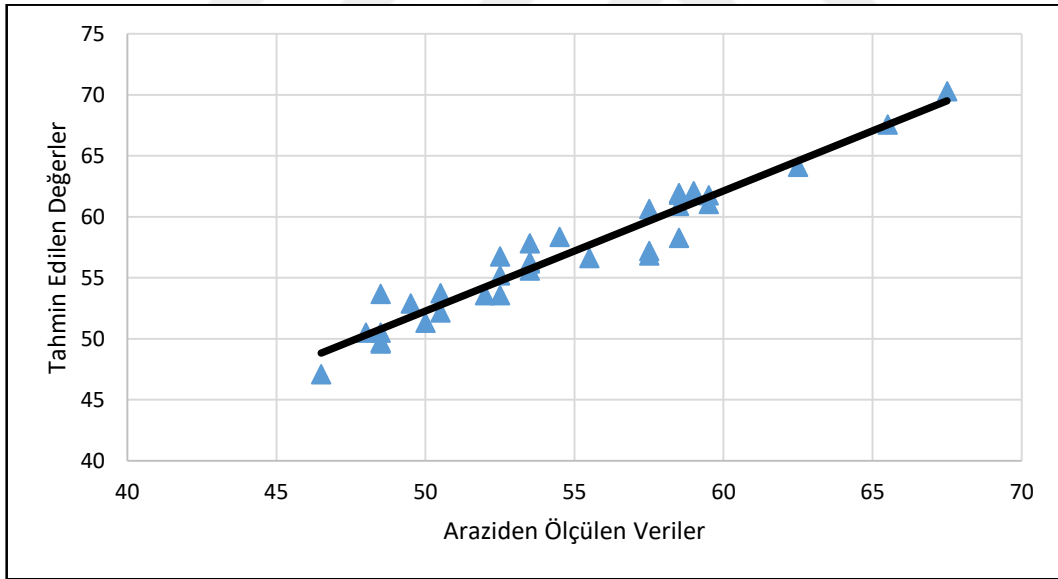


Şekil 4.6. İkinci analiz sonucu üretilen ROC eğrisi.

Doğruluk analizinden elde edilen sonuçlar yapılan çalışma için yeterli doğruluğun sağlandığını göstermektedir. Hem arazide ölçülen değerler hem de regresyon analizi sonucunda üretilen PM_{10} değerlerinin dağılımı ise Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



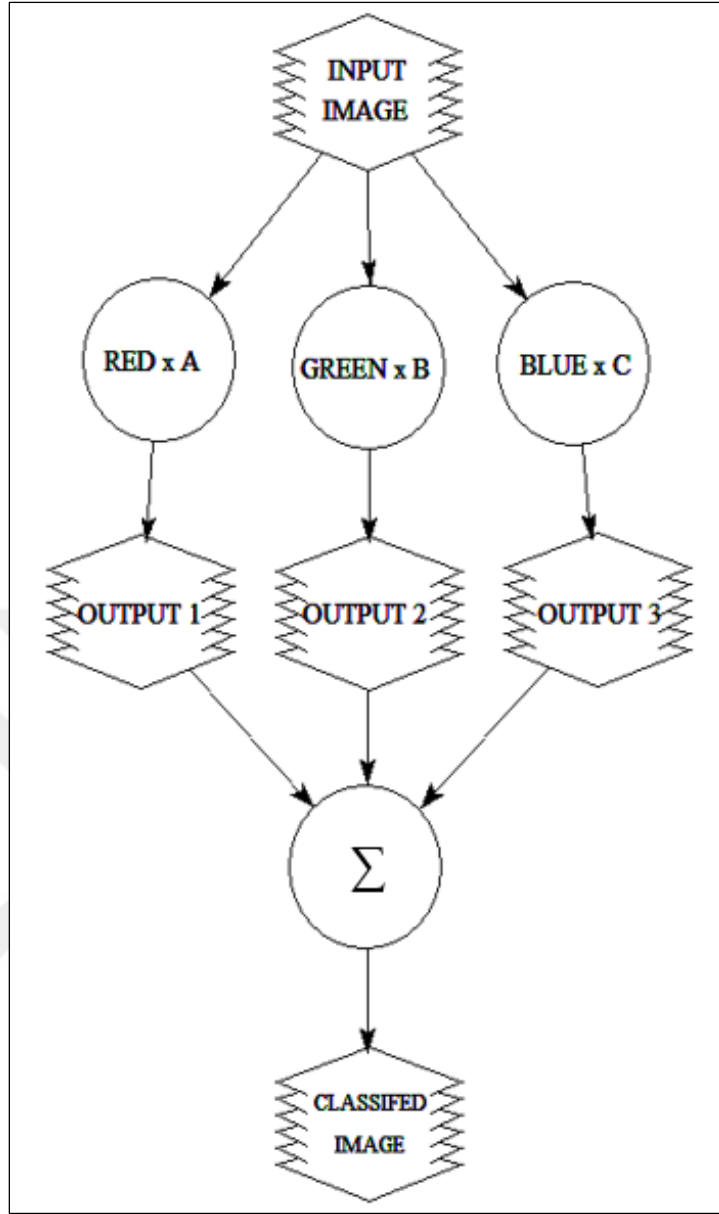
Şekil 4.7. Model-1 nokta dağılımı.



Şekil 4.8. Model-2 nokta dağılımı.

4.4 Model Oluşturma

Regresyon analizinde her bandın PM_{10} değerine belirli oranlarda katkısı vardır. Bu oranları regresyon analizinden elde edilen katsayılar vermektedir. Katsayılar belirlendikten sonra ERDAS Imagine yazılımında model oluşturulmuştur. Model akış şeması Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

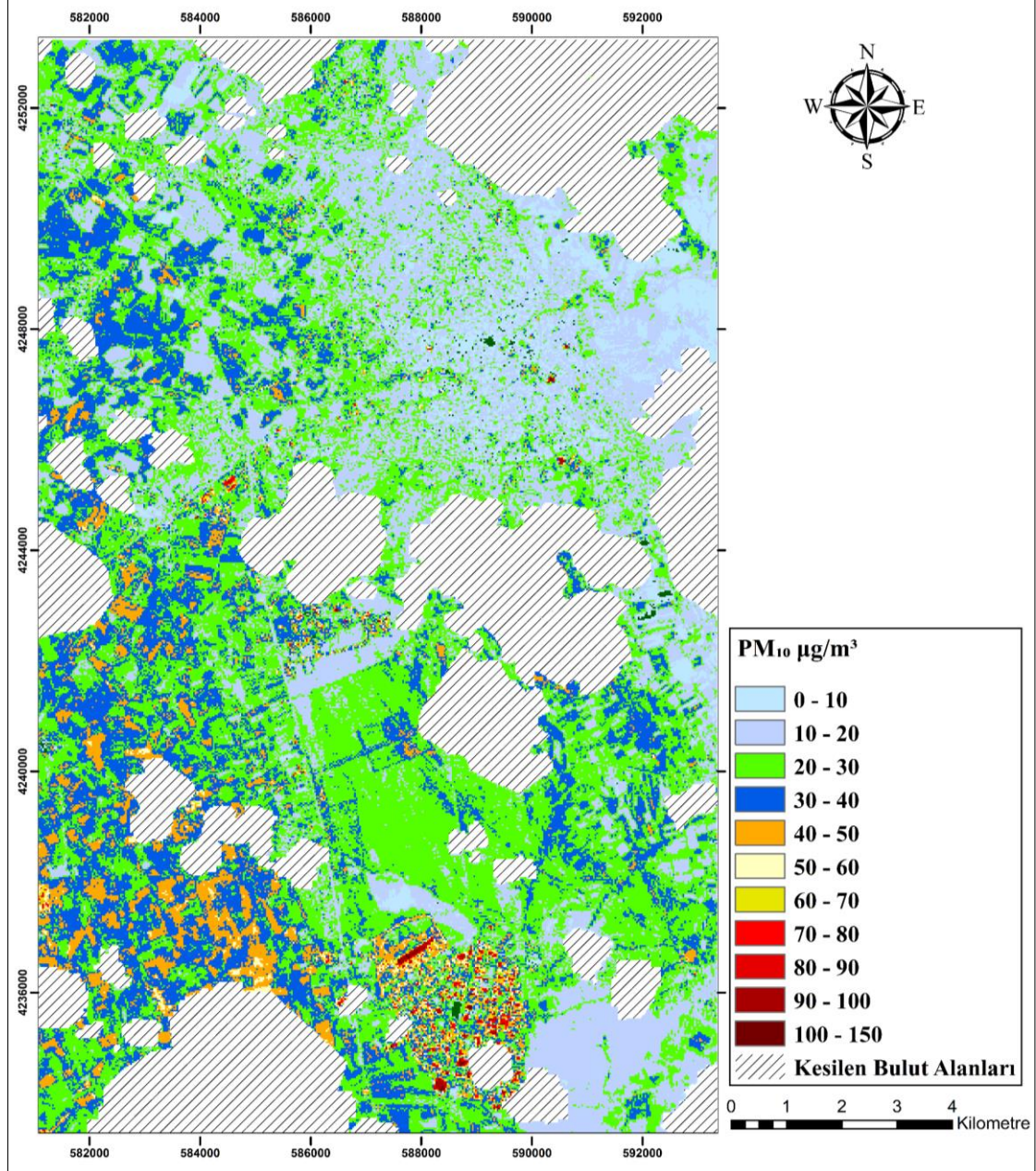


Şekil 4.9. Model akış şeması.

Her iki uydu görüntüsüne ait model akışı aynı olmakla birlikte sadece regresyon analizinden elde edilen katsayılar farklılık göstermektedir. Modelin ilk girdi verisi, radyometrik olarak düzeltilmiş uydu görüntüsüdür. Girdi verisinden üç işlem yapılmıştır. Bu işlemler red, green, blue bantlarının regresyon analizinden elde edilen katsayılarıyla çarpılmasıdır. Bu işlemler sonrasında 3 çıktı verisi alınmıştır. Daha sonra elde edilen çıktılar toplanmış ve sonuç verisi olarak PM_{10} ilişkili uydu görüntüsü elde edilmiştir. Uydu görüntülerine bu işlemler uygulandıktan sonra ArcGIS programında çalışma alanına ait tematik haritalar üretilmiştir.

4.5 Tematik Haritaların Üretilmesi

ArcGIS programında çalışma alanına ait PM_{10} ilişkili uydu görüntüsü sınıflandırılmıştır. 16.07.2018 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışmasıyla eş zamanlı olan uydu görüntüsünün bulutlu olması sebebiyle elde edilen tematik haritada uyumsuz değerler gözlemlenmiştir. Bu sebeple uydu görüntüsünden bulutlu alanlar kesilmiştir. Şekil 4.10'da 16.07.2018 tarihli uydu görüntüsünden üretilen PM_{10} ilişkili tematik harita gösterilmektedir.

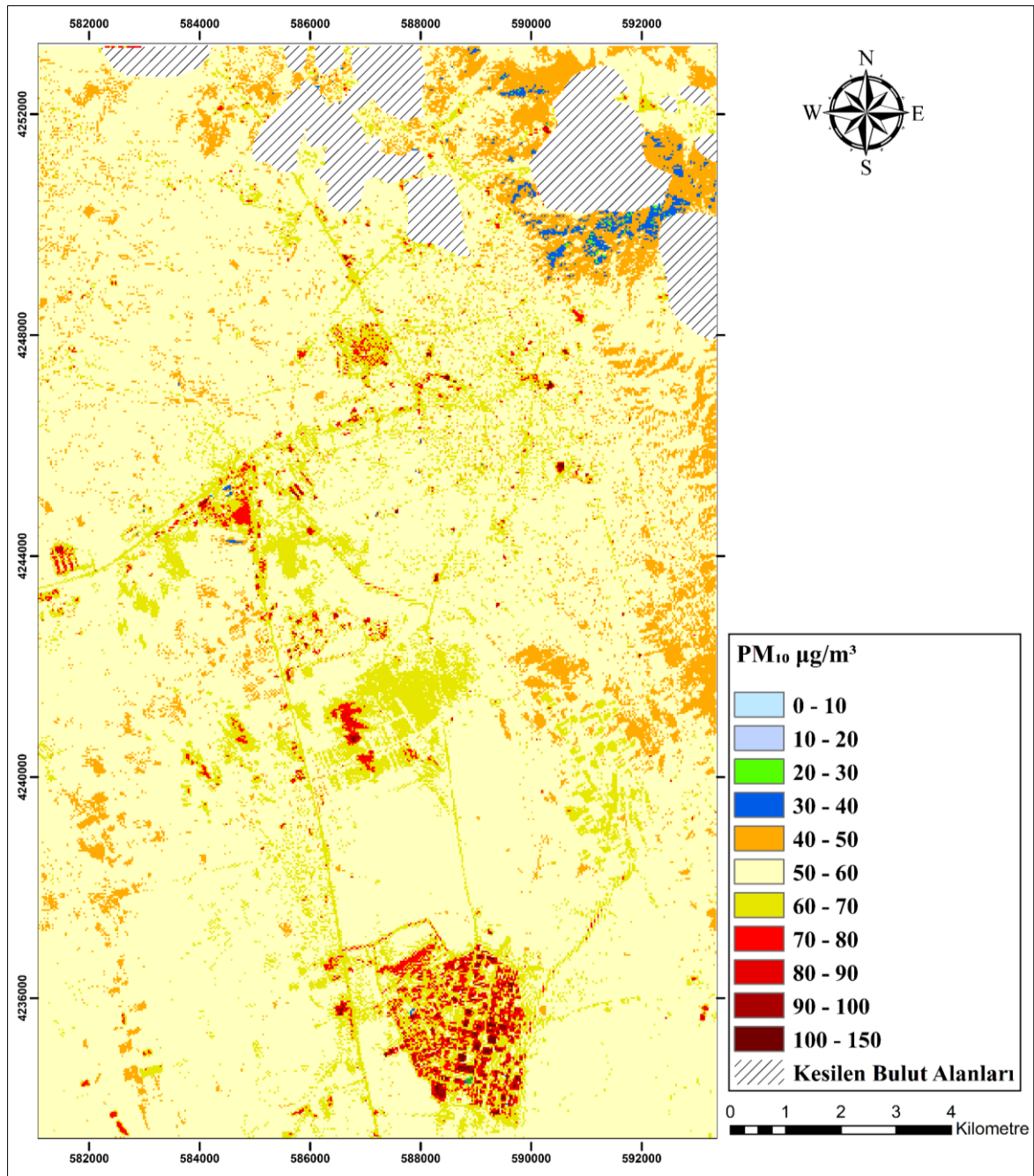


Şekil 4.10. 16.07.2018 PM_{10} ilişkili tematik harita.

Uydu görüntüsünden elde edilen PM_{10} ilişkili tematik haritada şehir merkezinin PM_{10} yoğunluğu $0 - 30 \mu g/m^3$ aralığında ve trafiğin yoğun olduğu şehirlerarası yollarda $30 - 50 \mu g/m^3$,

organize sanayi bölgesi ise $70 - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $100 - 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. Üretilen tematik haritada organize sanayi bölgesi beklendiği gibi yüksek konsantrasyonda çıkmıştır. Bu alanlarda PM'in fazla çıkmasının nedeni endüstriyel tesislerin bu alanlarda faaliyet göstermesidir.

20.10.2018 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışmasıyla eş zamanlı olan uydu görüntüsünde de bulutlu alanların olması sebebiyle uydu görüntüsünden bulutlu alanlar ArcGIS programında kesilerek bulutlu alanların değerleri tematik harita üretiminde işleme dahil edilmemiştir. Şekil 4.11'de uydu görüntüsünden üretilen PM₁₀ ilişkili tematik harita gösterilmektedir.



Şekil 4.11. 20.10.2018 PM₁₀ ilişkili tematik harita.

Uydu görüntüsünden elde edilen PM₁₀ ilişkili tematik haritada şehir merkezinin PM₁₀ yoğunluğu 50 - 60 µg/m³ aralığında ve trafiğin yoğun olduğu şehirlerarası yollarda 70 - 100 µg/m³, organize sanayi bölgesi ise 80 - 150 µg/m³ arasında değişmektedir. Uydu görüntüsünde sanayi alanları, E-90 karayolu ve şehir içindeki bazı alanlarda yüksek çıkmıştır. Şehir alanlarında PM₁₀'un yüksek çıkması fosil yakıtlı kaynakların kullanması, sanayi alanlarında PM₁₀'un fazla çıkmasının nedeni ise endüstriyel tesislerin bu alanlarda faaliyet göstermesidir. E-90 gibi şehirlerarası karayolunda yüksek çıkmasının nedeni olarak da araç emisyonları gösterilmektedir.

Her iki tematik haritada da ortak alanların yüksek konsantrasyonlarda çıkması elde edilen sonuç haritaların tutarlı olduğunu göstermektedir. Bazı alanlarda 100 µg/m³'den fazla çıkması ise bu alanlarda PM₁₀'unun eşik değerleri aştığını göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Aksaray ili merkez ilçe sınırları içerisinde uydu görüntüsüyle PM_{10} korelasyonunu sağlamak için Landsat-8 uydu görüntüsüyle eş zamanlı olarak 2 arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Landsat-8 uydu görüntüsüne ait red, green, blue bantları kullanılmıştır. Kullanılan bantlar ve PM_{10} ilişkisi çoklu regresyon analiziyle sağlanmıştır. Her iki regresyon analizinden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla 0,69 ve 0,80'dir. Analiz sonuçları yapılan çalışma için yeterli doğruluğun sağlandığını göstermektedir.

16.07.2018 tarihli uydu görüntüsüyle üretilen PM_{10} tematik haritasında organize sanayi alanları yüksek konsantrasyona (70 - 150 μm) sahiptir. Organize sanayi ve çevresinde PM_{10} değerlerinin Hava Kalitesi İndeks değerlerinde belirlenen eşik sınırını aşmasının nedeni endüstriyel tesislerden salınan PM'lerdir. Şehir merkezinin PM_{10} değerleri 0 - 50 μm arasında gözlemlenmiştir. Hava Kalitesi İndeks değerlerine göre normal sınırdaki olan bu gözlemler, arazi çalışmasının gerçekleştirildiği tarihin yaz mevsimine denk gelmesi dolayısıyla ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların kullanılmaması ve havanın durgun olmasıyla açıklanabilmektedir.

Ayrıca Sahra çöllerinden toz taşınması durumuna bakılmış olup çalışmanın gerçekleştirildiği 16.07.2018 tarihinde PM_{10} konsantrasyonlarına etki edecek herhangi bir taşınma olmadığı meteorolojik veriler kısmında verilen haritalarla desteklenmiştir.

20.10.2018 tarihli uydu görüntüsüyle üretilen PM_{10} tematik haritasında da organize sanayi alanları yüksek konsantrasyona (70 - 150 μm) sahiptir. Organize sanayi ve çevresinde PM_{10} değerlerinin Hava Kalitesi İndeks değerlerinde belirlenen eşik sınırını aşmasının nedeni endüstriyel tesislerden salınan PM'lerdir. Organize sanayi bölgesinin iki farklı tarihte üretilen, iki tematik haritada da benzer PM_{10} değerleri üretmesi bu bölgenin mevsimden bağımsız olduğunu göstermektedir. Şehir merkezinin PM_{10} değerleri 30 - 70 μm arasında gözlemlenmiştir. Bu alanlarda ölçülen PM_{10} değerlerinin Hava Kalitesi İndeks değerlerinden yüksek çıkması arazi çalışmasının gerçekleştirildiği tarihin kış mevsiminde olması dolayısıyla ısınma amaçlı fosil yakıtlarının kullanımının artmasıyla açıklanabilmektedir.

Sahra çöllerinden toz taşınması durumuna bakıldığında çalışmanın gerçekleştirildiği 20.10.2018 tarihinde sahra çöllerinden toz taşındığı meteorolojik veriler kısmında verilen haritalardan anlaşılmaktadır. Bu durum PM_{10} konsantrasyonlarının sahra çöllerinden taşınan tozlardan etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca bu tarihte yapılan arazi çalışmaları esnasında zaman zaman toz hortumlarının olduğu görülmüştür. Bu toz hortumlarının olduğu yerlerde

PM₁₀ konsantrasyonlarının çok yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Ancak bu değerler tekrar tekrar ölçülerek muhtemel hatalar elimine edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler Aksaray ilinde Çevre ve Şehircilik bakanlığına ait sabit hava kirliliği ölçüm istasyondan alınan verilerle karşılaştırılmış ve her iki çalışma sonucunun da istasyondan alınan verilerle tutarlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada nokta sayısının fazla olması, PM₁₀ değerlerinin uydu görüntüsüyle eş zamanlı olarak toplanması, arazide veri toplama süresinin kısıtlı olması ve kullanılan örnekleyicinin mobil olması nedeniyle portatif örnekleme metodu tercih edilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan örnekleme yönteminin değiştirilmesi (pasif örnekleme yöntemi) veya mevcut yöntemin birden fazla örnekleyici kullanılarak daha kısa sürede daha fazla noktadan PM₁₀ değerleri toplanmasıyla yapılan çalışmanın doğruluğu yükseltilebilir.

Karayolu'nu şehir merkezinden uzaklaştırarak ulaşımdan kaynaklı hava kirliliği azaltılabilir. Böylece şehir merkezinin dolayısıyla yaşam alanlarının hava kalitesinin artması beklenmektedir. Haklı bilinçlendirme çalışmalarıyla da kullanılan fosil kaynaklı yakıtlar yerine yenilebilir kaynaklara geçiş yapılabilir. Hava Kalitesi İndeks değerlerinin aşıldığı alanlardaki PM₁₀ yoğunluğunun sürekli izlenmesi ve PM₁₀ değerlerinin düşürülmesi için gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Aggarwal, S., 2003. Photogrammetry and Remote Sensing Division Indian Institute of Remote Sensing, Dehra Dun, Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology Proceedings of the Training Workshop 7-11 Temmuz, Dehra Dun, India, 23-38
- Ağlarıcı, A.V., 2017. Basit ve çoklu regresyon modellerinde parametre tahminlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Akça, D. ve Doğan, S., 2002. Sayısal görüntülerde ana bileşenler dönüşümü, Harita dergisi, 129, 1-15.
- Alpar, R., 2003. Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemlere giriş, I.Nobel Yayın Dağıtım, 408, Ankara.
- Alvin C.R., 2002. Methods of multivariate analysis, İkinci Baskı, Brigham Young University, A John Wiley & Sons, Inc. Publication, Canada, USA.
- Anderson, J. O., Thundiyil, J. G. ve Stolbach, A., 2012. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health, Journal of Medical Toxicology, 8, 2, 166-175.
- Aslan, B., 2017. Kentsel dönüşümde mülkiyet ilişkilerinin regresyon analizleri ile izlenmesi: Erenler Cedit örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Aydınlar, B., Güven, H. ve Kirksekiz, S., 2009. Hava kirliliği nedir, ölçüm ve hava kalite modelleme yöntemleri nelerdir, Hava kirliliği ve modelleme dergisi Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Baldauf, R. W., Lane, D. D., Marotz, G. A. ve Wiener, R. W., 2001. Performance evaluation of the portable MiniVOL particulate matter sampler. Atmospheric Environment, 35, 35, 6087-6091.
- Başar, P., Okyay, P., Ergin, F., Coşan, S. ve Yıldız, A. 2005. Aydın ili kent merkezinde hava kirliliği, ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 2005; 6, 3, 11-15.
- Baumgardner, M.F., Silva, L.F., Biehl, L.L. ve Stoner, E.R., 1985. Reflectance properties of soils, Advances in agronomy, 38, 1, 1-44.
- Bayat, B., 2011. Hava Kirliliği ve Kontrolü, Bilim ve aklın aydınlığında eğitim, 135, 55-59.
- Byrne, C.A., 2000. Air sampling of volatile organic compounds in a community near an industrial corridor, Master's Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Canada.
- Canter, L.W., 1996. Environmental impact Assessment. Toronto, ON : McGraw-Hill.

- Chander, G., Markham, B.L. ve Helder, D.L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote sensing of environment, 113, 5, 893-903.
- Çerçi, İ., 2010. Çok değişkenli regresyon analizi (Gsm sektöründe bir uygulama), Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Çoban, N.A., 2009. Türkiye’de kentlerde ölçülen partiküler madde (pm10) konsantrasyonlarının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çömlekçi N., 1998. Temel İstatistik İlke ve Teknikleri. Bilim Teknik Yayınevi, 493 s, Eskişehir.
- Drury, S.A., 2001. Image interpretation in geology, UK: Nelson Thornes, 304.
- Dwivedi, R.S., 2017. Spectral reflectance of soils. Remote sensing of soils, Springer, Berlin, Heidelberg. 267-303.
- EEA, 2009a, Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005), EEA (European Environment Agency), Technical report No 1/2009.
- Ekercin S., 2000. Meriç nehri kıyı çizgisi ve deltasının uydu verileri yardımı ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ekercin S., 2007. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile tuz gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişim analizi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- El-Fadel, M. ve Massoud, M., 2000. Particulate matter in urban areas: health-based economic assessment, Science of the Total Environment, 257, 2-3, 133-146.
- Ertek, T., 2000. Ekonometriye Giriş. Beta Yayınları, No. 652, 334 s, Ankara.
- T.C. Resmi Gazete, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı. 26898, 06.
- Gerasopoulos, E., Kouvarakis, G., Babasakalis, P., Vrekoussis, M., Putaud, J. P. ve Mihalopoulos, N. 2006. Origin and variability of particulate matter (PM10) mass concentrations over the Eastern Mediterranean. Atmospheric Environment, 40, 25, 4679-4690.
- Godish, T., 2004. Air Quality. Dördüncü baskı, CRC Press, U.S.A.
- Gujarati, D.N., 2005. Temel Ekonometri. (Çev. Ü. Şenesen ve G. Şenesen), Literatür Yayıncılık, 850 s, İstanbul.
- Gupta, P., Christopher, S. A., Wang, J., Gehrig, R., Lee, Y. C. ve Kumar, N., 2006. Satellite remote sensing of particulate matter and air quality assessment over global cities. Atmospheric Environment, 40, 30, 5880-5892.

- Günaşdı N. E., 2014. Çok değişkenli çoklu doğrusal regresyon analizinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Hadad, K., Safavi, A. ve Tahon, R., 2005. Air pollution assessment in Shiraz by passive sampling techniques. Iranian Journal of Science and Technology (Sciences), 29, 3, 471-480.
- Haksevenler T., 2010. İstanbul'da farklı iç ortamlarda hava kalitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Harrison, R. M. ve Yin, J., 2000. Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?. Science of the total environment, 249, 1-3, 85-101.
- Henry, J.G. ve Heineke, G. W., 1996. Environmental Science and Engineering. İkinci baskı, Upper Saddle River, NJ : Prentice-Hall.
- Hill M.K., 2004. Understanding Environmental Pollution, Cambridge University Press, New York.
- Holman C., 1999. Sources of Air Pollution, Editors: Holgate S. T., Samet J. M., Koren H.S., Maynard R. L., Air Pollution and Health, Academic Press, U.S.A., 114-148.
- Jackson A.V., 2003. Sources of Air Pollution, Editors: Hewitt C. N., Jackson A. V., Handbook of Atmospheric Science, Blackwell Publishing, U.S.A.
- James H.S., 1995. Linear Statistical Models. Michigan State University, A Wiley-Interscience Publication, Newyork, USA.
- Julian J.F., 2005. Linear Models With R, A CRC Press Company, Washington, USA.
- Karakaş, B., 2015. İç ve dış hava ortamlarında partiküler madde (pm10, pm2.5 ve pm1) konsantrasyonlarının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kazancı, Z.S., 2014. Konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması: karadeniz bölgesi günlük ortalama sıcaklık verileri örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Khorram, S., Van der Wiele, C. F., Koch, F. H., Nelson, S. A. ve Potts, M. D., 2016. Principles of applied remote sensing, Springer.
- Kılıç, E., 2008. Bayburt ili hava kalitesinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kılıçbay, A., 1980. Ekonometrinin Temelleri. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Yayını, 67 s, İstanbul.
- Kim, K.H., Kabir, E. ve Kabir, S., 2015. A review on the human health impact of airborne particulate matter, Environment international, 74, 136-143.

- Konuk A., 2011. Coğrafi bilgi sistemleri için temel istatistik, Birinci Baskı, Anadolu Üniversitesi Web Ofset, Eskişehir, 2016.
- Koutsoyiannis, A., 1992. Ekonometri kuramı. (Çev. Ü.Senesen ve G. Senesen), İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 638 p, İstanbul.
- Köse, S.K., 2008. Korelasyon ve regresyon analizi. (Çevrimiçi) <http://tr.scribd.com/doc/2066772/korelasyon-analizi>, Erişim tarihi: 09.08.2018.
- Kurutaş, B., 2009. Bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Levin, N., 1999. Fundamentals of remote sensing, 1st Hydrographic Data Management Course, IMO—International Maritime Academy, Trieste, 76.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. ve Chipman, J., 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth Edition, New York: John Wiley & Sons, 4p.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. ve Chipman, J., 2015. Remote Sensing and Image Interpretation. Yedinci Baskı, Çeviren: K.Ş. Kavak, Palme Yayınevi, Ankara.
- Lim, H. S., MatJafri, M. Z., Abdullah, K., Saleh, N. M. ve AlSultan, S., 2004. Remote sensing of PM10 from LANDSAT TM imagery, Acrs, Vol. 2004, 739-744 s.
- Logan, W.P.D. 1953. Mortality in the London fog incident, 1952, Lancet, 336-8.
- Loveland, T.R., ve Dwyer, J. L., 2012. Landsat: Building a strong future. Remote Sensing of Environment, 122, 22-29.
- Mozumder, C., Reddy, K. V. ve Pratap, D., 2013. Air pollution modeling from remotely sensed data using regression techniques, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 41, 2, 269-277.
- Musaoğlu, N., 1999. Elektro – optic ve aktif mikrodalga algılayıcılarından elde edilen uydu verilerinden orman alanlarında meşcere tiplerinin ve yetiştirme ortamı birimlerinin belirlenme olanakları, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nguyen, N. H. ve Tran, V. A., 2014. Estimation of PM10 from AOT of satellite Landsat image over Hanoi city, International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences.
- Orhan, O., 2014. Konya kapalı havzası'nda uzaktan algılama ve cbs teknolojileri ile iklim değişikliği ve kuraklık analizi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Örmeci C., 1987. Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri). Cilt 1, Đ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 112 s.

- Özbeyaz, A., Tufaner, F. ve Demirci, Y., 2016. Partikül madde ile ilişkili görüntüleri kullanarak hava kirliliği tahminine ait bir model tasarımı. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress. Çukurova Üniversitesi, Ekim, 26-28.
- Özden, Ö., 2005. Hava kalitesinin monitorlanmasında pasif örnekleyicilerin kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Öztürk, M., 2008. Hava kirliliğinin halk sağlığı üzerine etkisi, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Paine, D.P. ve Kiser, J.D., 2003. Aerial Photography and Image Interpretation, John Wiley & Sons Pres. New Jersey.
- Partigöç, N.S. ve Çubukçu, K.M., 2017. Hava kirliliği ve kent ilişkisine ampirik bakış: ekolojik sürdürülebilirlik ekseninde bir değerlendirme Akademia disiplinlerarası bilimsel araştırmalar dergisi, 3, 2, 28-45.
- Peker İ., 2011. Hava Kirliliği ve Alınabilecek Önlemler, Bilim ve aklın aydınlığında eğitim, s. 135, 72-75.
- Poli, U., Pignatoro, F., Rocchi, V. ve Bracco, L., 1994. Study of the heat island over the city of Rome from Landsat-TM satellite in relation with urban air pollution, Remote sensing-from research to operational applications in the new Europe, 413-422.
- Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V. ve Nunziata, A., 2009. Effects of particulate matter (PM10, PM2. 5 and PM1) on the cardiovascular system, Toxicology, 261, 1-2, 1-8.
- Retalis, A., 1999. Assessment of the distribution of aerosols in the area of Athens with the use of Landsat Thematic Mapper data, International Journal of Remote Sensing, 20, 5, 939-945.
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., ... ve Scambos, T. A., 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research, Remote sensing of environment, 145, 154-172.
- Saydam, A.C., 2008. Sahra çöl tozları ve ulusal hava kalitesi, Ulusal hava kalitesi sempozyumu, Konya.
- Schowengerdt, R.A., 1997. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing, İkinci Baskı, Academic Press, USA, ISBN: 0-12-628981-6.
- Schwartz, J., Dockery, D. W. ve Neas, L.M., 1996. Is daily mortality associated specifically with fine particles?, Journal of the Air & Waste Management Association, 46, 10, 927-939.

- Shaheen, A., Kidwai, A.A., Ain, N.U., Aldabash, M. ve Zeeshan, A., 2017. Estimating Air Particulate Matter 10 Using Landsat Multi-Temporal Data and Analyzing its Annual Temporal Pattern over Gaza Strip, Palestine. *Journal of Asian Scientific Research*, 7, 2, 22.
- Sifakis, N. ve Deschamps, P. Y., 1992. Mapping of air pollution using SPOT satellite data *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58, 1433-1433.
- Silcox, G.D., Kelly, K.E., Crosman, E.T., Whiteman, C.D. ve Allen, B.L., 2012. Wintertime PM_{2.5} concentrations during persistent, multi-day cold-air pools in a mountain valley, *Atmospheric environment*, 46, 17-24.
- Smith, L. C., 1997. Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: A review, *Hydrological processes*, 11, 10, 1427-1439.
- Tanré, D., Deschamps, P.Y., Devaux, C. ve Herman, M., 1988. Estimation of Saharan aerosol optical thickness from blurring effects in Thematic Mapper data, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 93, 12, 15955-15964.
- Tecer, L. H., 2011. Hava kirliliği ve sağlığımız. *bilim ve aklın Aydınlığında Eğitim*, 135, 15-29.
- Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E. ve Steininger, M., 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in ecology & evolution*, 18, 6, 306-314.
- Tüter, A., 1982. Çoklu Regresyon Yöntemi ile Talep Analizi. Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uherek, E., Halenka, T., Borken-Kleefeld, J., Balkanski, Y., Berntsen, T., Borrego, C., ... ve Melas, D., 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport. *Atmospheric Environment*, 44, 37, 4772-4816.
- Ung, A., Wald, L., Ranchin, T., Weber, C., Hirsch, J., Perron, G. ve Kleinpeter, J., 2003. Air pollution mapping: relationship between satellite-made observations and air quality parameters. 12th symposium Transport and Air Pollution, 105-112.
- Valavanidis, A., Fiotakis, K. ve Vlachogianni, T., 2008. Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms, *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 26, 4, 339-362.
- Vittinghoff, E., Glidden, D. V., Shiboski, S. C. ve McCulloch, C. E., 2011. Regression methods in biostatistics: linear, logistic, survival, and repeated measures models, Springer Science & Business Media.
- Wald, L., 1999. Observing air quality over the city of Nantes by means of Landsat thermal infrared data, *International Journal of Remote Sensing*, 20, 5, 947-959.

- WB, 2008, World Development Indicators, International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK.
- Yatkin, S., 2006. Elemental concentrations in İzmir atmosphere and their source apportionment, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, 202681.
- Yavuz, S., 2009. Regresyon analizinde doğrusala dönüştürme Yöntemleri ve bir uygulama. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23, 1.
- Yeşilyurt, C. ve Akcan, N., 2001. Hava kalitesi izleme metodolojileri ve örneklem kriterleri, TC Sağlık Bakanlığı, Ankara.
- Zeydan Ö., 2014. Zonguldak bölgesi pm10 konsantrasyonu dağılımının modellenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- URL-1<<http://mobil.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> Erişim tarihi: 10.07.2018
- URL-2<<https://www.nps.gov/subjects/air/sources.htm> Erişim tarihi: 23.07.2018
- URL-3< <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects> Erişim tarihi: 15.09.2018
- URL-4<<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm> Erişim tarihi: 12.07.2018
- URL-5<<https://www3.epa.gov/region1/airquality/pm-aq-standards.html> Erişim tarihi: 13.08.2018
- URL-6< https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf Erişim tarihi: 13.08.2018
- URL-7<<https://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session4/27/monitored.htm> Erişim tarihi: 18.09.2018
- URL-8<<https://www.eea.europa.eu/publications/TEC11a/page008.html> Erişim tarihi: 15.07.2018
- URL-9<<https://slideplayer.com/slide/3621101/> Erişim tarihi: 16.08.2018
- URL-10<https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-Elements-of-a-Remote-Sensing-System_fig1_253129924 Erişim tarihi: 12.06.2018
- URL-11<<http://grindgis.com/remote-sensing/active-and-passive-remote-sensing> Erişim tarihi: 11.08.2018
- URL-12<<http://www.nrcan.gc.ca/node/14639> Erişim tarihi: 28.05.2018
- URL-13<<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites> Erişim tarihi: 03.07.2018

URL-14<http://www.ichastaliklaridergisi.org/managete/fu_folder/1998-06/html/1998-5-6-416-419.html Erişim tarihi: 02.08.2018

URL-15<<https://ess.bsc.es/bsc-dust-daily-forecast> Erişim tarihi: 14.12.2018

URL-16<<http://www.cenkaytest.com/tr/urundetay-cem-dt-9880-partikul-olcer--28.html> Erişim tarihi: 25.05.2018



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı :Halil İbrahim GÜNDÜZ

Adres :Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita
Mühendisliği Bölümü

E-posta adresi : halilibrahimgunduz@aksaray.edu.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi – Harita Mühendisliği, 2011-2015

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 2015-

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü Uzaktan Algılama
Anabilim Dalı Arş. Görevlisi 2017-halen