

Landsat-8 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Hava Kalitesi Haritasının Oluşturulması: Aksaray İli Örneği

(Production of Air Quality Map Using Landsat-8 Satellite Images: The Case of Aksaray Province)

Halil İbrahim GÜNDÜZ , **Semih EKERCİN** 

Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Merkez/Aksaray
ibrahimgunduzasu@gmail.com, ekercin@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 26.10.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 03.01.2020

ÖZ

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 etkilemeyecek seviyelere getirmek için mevcut hava kirliliğinin tespiti yapılması ve hava kalitesini arttırmaya yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak uydu sistemlerindeki yenilikler, hava kirliliğine ait parametrelerin belirlenmesi ve mevcut durumun tematik haritasının üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda bu çalışmanın temel amacı Aksaray'ın hava kalitesine etki eden PM_{10} değerlerinin uydu görüntülerinden saptanması ve çalışma alanının PM_{10} haritasının oluşturulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda 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} değerleri bu çalışmada temel veri kaynakları olarak kullanılmıştır. Bu veri kaynakları arasındaki ilişkiyi sağlamak amacıyla çoklu regresyon yöntemi kullanılmıştır. Çoklu regresyon analizleri sonucunda elde edilen katsayılar uydu görüntülerine ait red, green ve blue bantlarına uygulanmış ve PM_{10} ilişkili tematik haritalar üretilmiştir. Üretilen tematik haritalar üzerinde yapılan doğruluk analizi sonucunda iki ölçüm dönemine ait tematik haritaların doğrulukları sırasıyla; %79,64 ve %81,56 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, uydu görüntüleri yardımıyla hava kirliliğine neden olan PM_{10} 'un tespit edilebileceğini göstermektedir. Çalışma alanından elde edilen PM_{10} değerlerinin, organize sanayi ve şehirlerarası yollarda Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu sınır değerlerin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

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

ABSTRACT

As in the rest of the world, increasing demand for energy and irregular structuring due to 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 to determine the parameters of

air pollution and produce the thematic map of the current situation. Within this scope, the main purpose of this study is to determine the PM_{10} values that affecting the air quality of Aksaray from satellite images and to create the PM_{10} related thematic map of the study area. In line with this objective, 2 Landsat-8 satellite images on the dates of 16.07.2018, 20.10.2018 and PM_{10} samples obtained from the field works at these dates were used as the main data source. Multiple regression method was used to provide the relationship between these data sources. Coefficients obtained from multiple regression analyzes were applied to the red, green and blue bands of the satellite images and thematic maps were produced. As a result of the accuracy analysis on the thematic maps, accuracy of the thematic maps of the two measurement periods was respectively; %79.64 and %81.56. The results show that the PM_{10} that causes air pollution can be detected with the aid of satellite images. Furthermore, PM_{10} values obtained from the study area were observed to be above the limit values determined by the World Health Organization on organized industry and intercity roads.

Keywords: Remote Sensing, Regression Analysis, PM_{10} , Air Pollution, Landsat.

1. GİRİŞ

2018 yılında dünya nüfusunun %55'i şehirlerde yaşamaktayken, bu oranın 2050 yılında %68 seviyesine yükselmesi beklenmektedir (Birleşmiş Milletler, 2018). Hızlı nüfus artışının getirdiği artan enerji talebi ve düzensiz yapılaşma hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde çok önemli bir yere sahip olan partikül madde (PM), büyüklük ve kimyasal bileşimine göre çeşitlilik gösteren parçacıkların heterojen karışımından meydana gelmekte ve aerosol olarak da adlandırılabilir (El-Fadel ve Massoud, 2000). Büyüklük açısından parçacık çapı 10 μm 'den küçük ve 2.5 μm 'den daha büyük olanlar kaba partikül (PM_{10}) olarak ve çapı 2.5 μm 'den daha küçük olan partiküller de ince partikül ($PM_{2.5}$) olarak adlandırılır (Polichetti, Cocco, Spinali, Trimarco ve Nunziata, 2009). PM için yapılan epidemiyolojik çalışmalar, PM'in kardiyovasküler, solunum ve kanser gibi farklı hastalıklara neden olabileceğini göstermektedir (Atafar ve diğerleri, 2019). PM_{10} 'da 10 $\mu g/m^3$ 'lük bir artışın, günlük ölüm oranlarında %0,5-%1,5'lik

bir artışa neden olduğunu göstermektedir (Valavanidis, Fiotakis ve Vlachogianni, 2008). PM'in hem doğal (polenler, bakteriler, volkanik faaliyetler, orman yangınları, deniz spreyleri, rüzgar ile taşınan çöl tozları) hem de antropojenik kaynakları (ulaşım, fosil kaynaklı güç santralleri, ısınma amaçlı tüketilen yakıtlar, madencilik, katı atık yakma tesisleri, ziraat ve endüstriyel faaliyetler) iklim üzerinde de olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu olumsuz etkileri azaltabilmek ve hava kirliliği kontrolünü sağlayabilmek için birçok ülkede PM₁₀ sınır değerleri, yerel yönetmeliklerle ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) belirlediği günlük (20 µg/m³) ve yıllık (50 µg/m³) limit değerlerle belirlenmiştir. Türkiye'de ise 6 Haziran 2008'de yürürlüğe giren Hava Kalitesi Yönetmeliğinde, PM₁₀ standartları günlük ve yıllık olarak sırasıyla; 50 µg/m³ ve 40 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Yönetmelikler ile belirlenen PM₁₀ sınır değerlerinin düzenli olarak takip edilmesi ve hava kalitesinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. PM₁₀ değerlerinin bölgesel olarak düzenli bir şekilde takip edilmesi, i) hassas, mekansal dağılımı homojen olarak temsil etmeyen ve yüksek maliyetli sabit istasyonlar ve ii) sabit istasyonlara göre hassasiyeti daha düşük, daha az maliyetli ve taşınabilir portatif örnekleyiciler ile mümkündür. Bunun yanında teknolojiye gelişmelere paralel olarak uydu sistemlerindeki yenilikler, uydu görüntüleri kullanılarak hava kirliliğine ait parametrelerin belirlenmesi, tematik haritalarının üretilmesi ve hava kirliliğinin anlık olarak belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda uydu görüntüleri kullanılarak hava kirliliğine neden olan parametrelerin belirlenmesine yönelik uluslararası ölçekte birçok çalışma yapılmıştır (Gündüz, 2018). Gupta ve diğerleri (2006), NASA (National Aeronautics and Space Administration)'nın Terra ve Aqua uyduları üzerindeki Modis sensöründen türetilen Aerosol Optik Kalınlık ile dünyanın beş farklı coğrafi bölgesine yayılmış 26 istasyondan elde edilen PM_{2.5} değerleri arasında regresyon analizi kullanarak anlamlı bir ilişki elde etmiştir. Mozumder, Reddy ve Pratap (2013), hava kirliliği indeksi oluşturarak uydu görüntüleri ile kirlleticiler arasındaki korelasyonu araştırmış ve Landsat ETM+ uydusuna ait yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi dalga boylarında güçlü bir korelasyon (R²=0,83-0,78) belirlemiştir. Shaheen, Kidwai, Ain, Aldabash ve Zeeshan (2017), Gazze (Filistin) şehrinde yaptıkları çalışmada, Landsat uydusuna ait kırmızı, yeşil ve mavi bantlara ait reflektans değerleri ile PM₁₀ arasındaki regresyon analizi sonucunda elde ettikleri determinasyon katsayısı (R²=0,86), iki değişken arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tanre,

Deschamps, Devaux ve Herman (1988), saçılmadan kaynaklı bulanıklık etkisini kullanılarak karasal alanlardaki aerosol optik kalınlığı belirlemiş ve Landsat TM verileri ile eş zamanlı yapılan arazi ölçümleri arasında iyi bir ilişkinin sağlandığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte Ung ve diğerleri (2003), Strazburg (Fransa)'da Landsat uydusundan elde edilen yansıma değerleri ile çeşitli kirleticilerin ölçümleri arasındaki ilişki çoklu regresyon analizi yardımıyla belirlenmiş ve multispektral uydu görüntülerinden hava kirliliğinin termal ve infrared bant aralığında tespit edilebileceği belirtilmektedir. Uydu görüntüleri ile hava kirliliğinin belirlenmesine yönelik uluslararası ölçekte birçok çalışma mevcut iken, ülkemizde henüz bu doğrultuda yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu kapsamda, Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak Aksaray'da nüfus ve sanayi yoğunluğunun yüksek olduğu test alanı olarak seçilen bir bölgede hava kirliliğine neden olan PM₁₀ değerlerinin belirlenmesi, çalışma alanının hava kirliliği haritasının oluşturulması ve yöntemin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

2. METOT

a. Çalışma Alanı

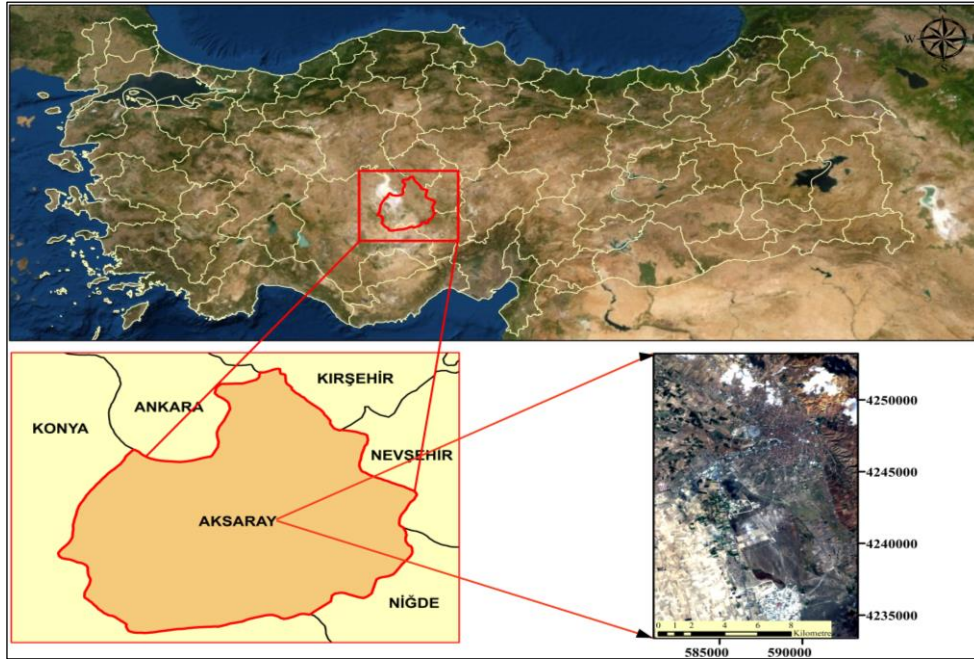
Bu çalışmada test alanı olarak 33-35° doğu meridyenleri ile 38-39° kuzey paralelleri arasında yer alan Aksaray ilinin, merkez mahallelerini ve organize sanayi bölgesini kapsayan bir çalışma alanı seçilmiştir (Şekil 1).

b. Uydu Verisi

Çalışmada uydu tabanlı gözlemlerin en uzun ve kesintisiz kaynağı olan uydu serisinden Landsat-8 kullanılmıştır. Landsat-8, 15 metreden 100 metreye kadar orta çözünürlükte veriler sağlamakla birlikte 16 günlük zamansal çözünürlüğe ve 11 adet banda sahiptir. Bu çalışma kapsamında ise red, green ve blue bantları kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden hava kirliliğinin belirlenebilmesi için yaz mevsimini temsilen Temmuz (16.07.2018) ve fosil yakıt kaynaklı PM₁₀ artışının gözlemlenebilmesi için kış mevsimini temsilen Ekim (20.10.2018) ayına ait Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

c. Arazi Verisi

PM₁₀ ölçümleri, Landsat-8 uydusunun geçişiyle eş zamanlı olarak 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihlerinde 05:00-20:00 saatleri arasında, nüfus, trafik ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde daha sık olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 2). Her iki tarihte yapılan arazi çalışmalarında da mümkün olan en fazla sayıda PM₁₀ ölçümü alınmaya çalışılmıştır.

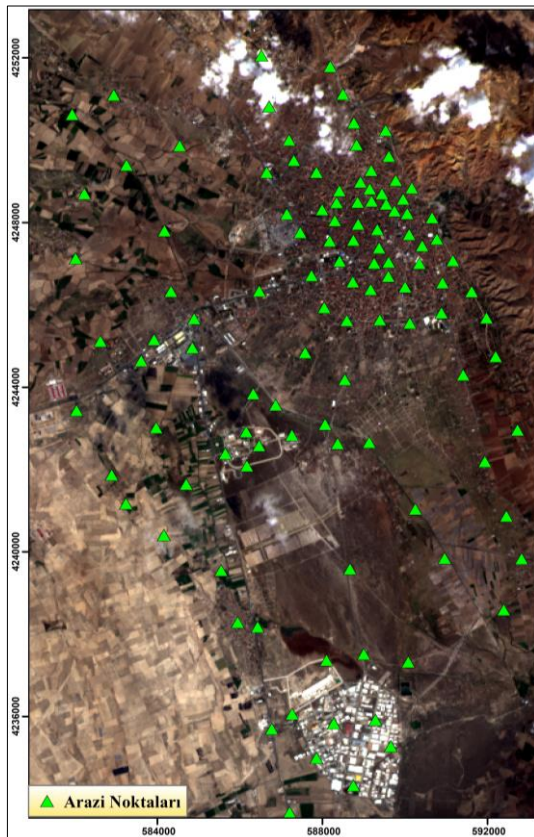


Şekil 1. Çalışma alanı.

Bu bağlamda ilk arazi çalışmasında 126, ikinci arazi çalışmasında ise 113 noktadan ölçümler alınmıştır.

ç. Portatif Örnekleyiciler

PM₁₀ ölçümlerinin uydu geçişiyle eş zamanlı olarak yapılacak olması, çalışma alanında homojenliğin sağlanması amacıyla nokta sayısının fazla seçilmesi ve arazide veri toplama süresinin kısıtlı olması nedeniyle portatif örnekleyiciler tercih edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan PM₁₀ ölçümlerinde, CEM marka DT-9880 model portatif örnekleyici kullanılmıştır (Şekil 3). Ölçümler yerden ortalama 1-1,5 metre yükseklikte, 60 saniye ölçüm süresi ile her noktada 3 tekrar olmak üzere yapılmıştır. Ayrıca ölçüm yapılan noktaların konumları el tipi GPS yardımıyla alınmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanında PM₁₀ örneği alınan noktaların konumları.



Şekil 3. Hava kalitesi ölçüm cihazı.

d. Radyometrik Düzeltme

Uydu görüntülerindeki spektral parlaklık değerlerinin spektral yansıma değerlerine dönüşümü radyometrik düzeltme olarak adlandırılmaktadır (Matthew ve diğerleri, 2002). Bu işlem iki aşamada gerçekleştirilir. İlk olarak parlaklık değerleri radyans değerlerine dönüştürülür.

$$L_{\lambda} = Gain_{\lambda} * DN_{\lambda} + Bias_{\lambda} \quad (1)$$

Burada, $Gain_{\lambda}$ ve $Bias_{\lambda}$, spektral banda ait yeniden ölçeklendirme katsayıları, λ , spektral band numarası ve L_{λ} ise algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değerini göstermektedir.

İkinci aşamada ise parlaklık değerleri yansıma değerlerine dönüştürülür (Örmeci ve Ekercin, 2006).

$$R = (\pi * L_{\lambda} * d^2) / ESUN_{\lambda} * Cos\theta_s \quad (2)$$

Burada;

R= birimsiz spektral yansıtım değeri

L_{λ} =algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri

d=astronomik birimde, dünya ile ay arasındaki mesafe

$ESUN_{\lambda}$ =algılayıcılar için belirlenen ve uyduyu işleten kurum tarafından verilen sabit

θ_s =derece biriminde güneş zenit açısıdır.

e. Regresyon Analizi

Regresyon analizi; bir bağımlı değişken ile bir veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılan matematiksel modeldir. Regresyon modelinde amaç, bağımsız değişkenler (açıklayıcı değişkenler) ile bağımlı değişkendeki (cevap değişkeni) toplam değişimi açıklamaktır (Kayaalp, Güney ve Cebeci, 2015). Bu değişimi belirlemek için oluşturulan regresyon denkleminde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetinin anlaşılmasında 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, 2011).

Bu çalışma kapsamında uydu görüntülerinden PM_{10} değerlerinin belirlenmesi için bir regresyon denklemi oluşturulmuştur. Bu denklemin bağımsız değişkenlerini Landsat-8 uydusuna ait red, green ve blue bantlarının reflektans değerleri oluşturmakta olup, bağımlı değişken ise arazi çalışmalarından elde edilen PM_{10} değerleridir. Regresyon analizinde red, green ve blue bantları daha yüksek doğruluk sağladığı için bu bant kombinasyonu kullanılmıştır.

Denklem aşağıda verilmiştir.

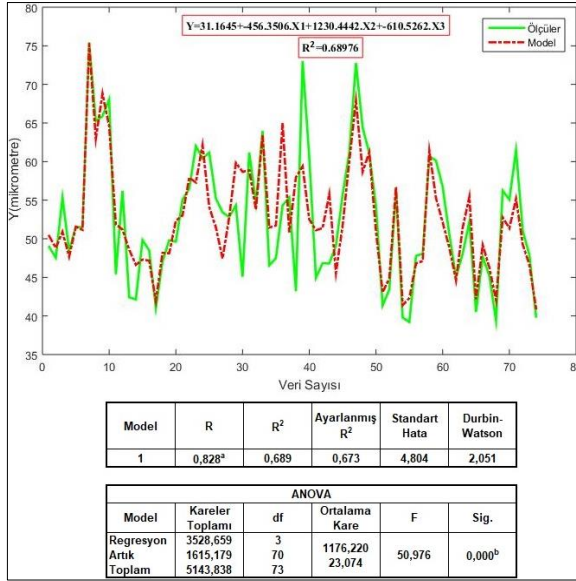
$$Y = b_0 + b_1X_{i1} + b_2X_{i2} + \dots + b_pX_{ip} + e_i \quad (3)$$

Burada, Y araziden elde edilen PM_{10} değeri, X_i , atmosferik reflektans, i uydu görüntüsüne ait bant numaraları ve b_i ise algoritma katsayılarını ifade etmektedir.

3. BULGULAR

a. Regresyon Modelinin Değerlendirilmesi

16.07.2018 tarihli arazi çalışması kapsamında 126 noktadan PM_{10} değeri ölçülmüş olup, bu noktaların 20 tanesi bulut ve bulut gölgesi altında kaldığı için regresyon analizinde kullanılmamıştır. Kalan 106 ölçüm noktasından 74 nokta regresyon analizinde kullanılmış, geri kalan 32 nokta ise test verisi olarak kullanılmıştır. 74 noktanın uydu görüntüsünde karşılık geldiği noktalar merkez alınarak 3x3'lük matrisler oluşturulmuş ve red, green ve blue değerlerinin komşu piksellerle olan ortalaması alınmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda, araziden elde edilen PM_{10} değerleri ile oluşturulan model arasında %68,976'lık bir ilişki gözlenmiştir (Şekil 4). Bu oran PM_{10} değerleri ile red, green ve blue bantlarının orta derecede ilişkili olduğunu göstermektedir. Geriye kalan %31,024'lik kısım ise bilinmeyen diğer faktörlere dağılmıştır. Bununla birlikte 2 civarında olması beklenen Durbin-Watson test istatistiği 2,051 olarak hesaplanmıştır. Yani bağımsız değişkenler dışında bağımlı değişkeni etkileyen herhangi başka bir etken bulunmadığı söylenebilir. Son olarak Anova tablosunda ise sigma değerinin 0,05 den az olması, oluşturulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir (Şekil 4).

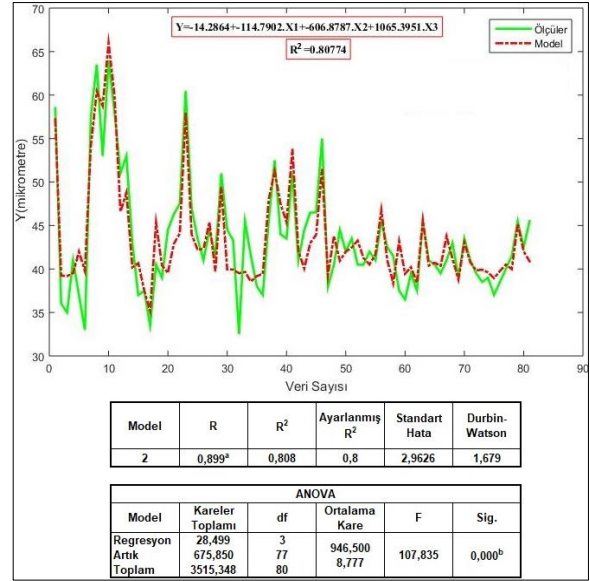


Şekil 4. Regresyon analiz modeli-1.

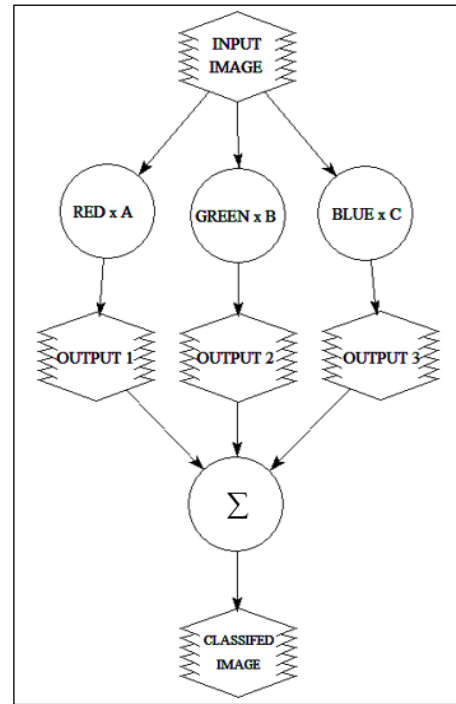
20.10.2018 tarihli arazi çalışması kapsamında ise 113 noktadan PM₁₀ değeri ölçülmüş olup, bu noktaların 2 tanesi bulut ve bulut gölgesi altında kaldığı için regresyon analizinde kullanılmamıştır. Kalan 81 nokta regresyon analizinde kullanılmış, kalan 30 nokta ise test verisi olarak kullanılmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda, araziden elde edilen PM₁₀ değerleri ile oluşturulan model arasında %80,774'lük bir ilişki gözlemlenmiştir (Şekil 5). Bu oran PM₁₀ değerleri ile red, green ve blue bantlarının yüksek derecede ilişkili olduğunu göstermektedir. Kalan %19,226'lık kısım ise bilinmeyen diğer faktörlere dağılmıştır. Bununla birlikte 2 civarında olması beklenen Durbin-Watson test istatistiği 1,679 olarak hesaplanmıştır. Yani bağımsız değişkenler dışında bağımlı değişkeni etkileyen herhangi başka bir etken bulunmadığı söylenebilir. Son olarak Anova tablosunda ise sigma değerinin 0,05 den az olması, oluşturulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir (Şekil 5).

b. Tematik Haritanın Üretilmesi

PM₁₀ ilişkili uydu görüntüsünün elde edilmesi için regresyon analizi kapsamında red, green ve blue bantlarına ait hesaplanan katsayılar kullanılarak, bir model akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 6).



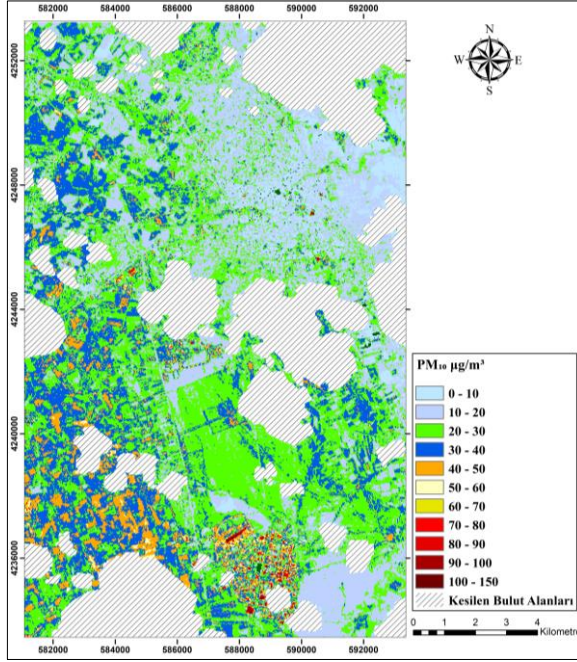
Şekil 5. Regresyon analiz modeli-2.



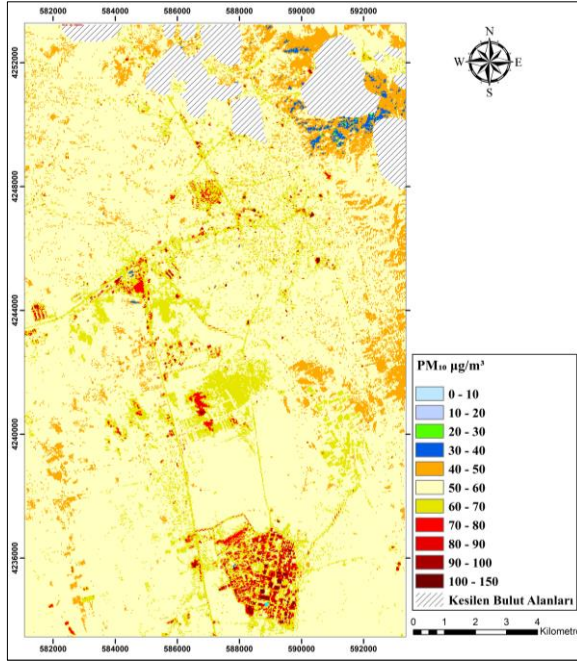
Şekil 6. Model akış şeması.

Her iki arazi döneminde PM₁₀ ilişkili uydu görüntüsünün belirlenmesine ait model akışı aynı olmakla birlikte sadece regresyon analizinden hesaplanan red, green ve blue bantlarına ait katsayılar farklılık göstermektedir. Model akışının girdi verisi, radyometrik olarak düzeltilmiş uydu görüntüsü olup, bu görüntüye ait red, green ve blue bantları regresyon analizinden elde edilen katsayılarıyla çarpılmış ve sonrasında elde edilen çıktılar toplanmış olup, sonuç verisi olarak PM₁₀ ilişkili uydu görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra

elde edilen bu görüntüler sınıflandırılarak, her iki arazi dönemine ait tematik haritalar üretilmiştir (Şekil 7 ve 8). Oluşturulan tematik haritalarda girdi verisi olarak kullanılan uydu görüntülerinin bulutlu olması nedeniyle uyumsuz değerler gözlemlenmiş olup, uydu görüntülerinden bulutlu alanlar kesilmiştir (Şekil 7 ve 8).



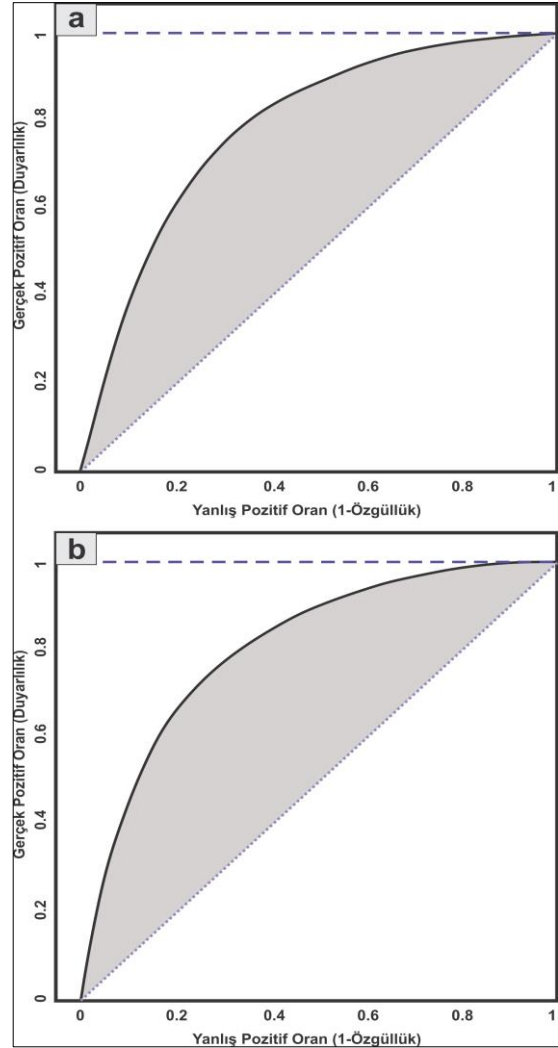
Şekil 7. 16.07.2018 tarihine ait PM₁₀ ilişkili tematik harita.



Şekil 8. 20.10.2018 tarihine ait PM₁₀ ilişkili tematik harita.

c. İstatistiksel Doğruluk Analizi

Her iki arazi dönemine ait üretilen tematik haritalar, model öncesinde yaklaşık %30 oranında rastgele seçilen ve PM₁₀ değeri belli olan test verileri ile karşılaştırılmış ve bu kapsamda ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrileri çizilmiştir. Buna göre ROC eğrileri altında kalan alan, ilk arazi çalışması için %79,64 ve ikinci arazi çalışması için %81,56 oranı tematik harita doğruluklarını göstermektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Analiz sonucu üretilen ROC eğrileri.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

16.07.2018 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen PM₁₀ ilişkili tematik haritada PM₁₀ yoğunluğu, şehir merkezinde 0-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında, trafiğin yoğun olduğu şehirlerarası yollarda 30-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, organize sanayi bölgesi ise 70-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında yüksek değerlere sahiptir.

20.10.2018 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen PM₁₀ ilişkili tematik haritada ise PM₁₀ yoğunluğu şehir merkezinde 50-60 µg/m³ aralığında, trafiğin yoğun olduğu şehirlerarası yollarda 70-100 µg/m³, organize sanayi bölgesinde ise 80-150 µg/m³ arasında değişmektedir.

PM₁₀ değerleri şehir merkezindeki bazı alanlarda, şehirlerarası yollarda ve organize sanayi bölgesinde DSÖ tarafından belirtilen hava kalitesi indeks değerinden yüksek çıkmış olup, hava kalitesi koşullarının orta ve hassas derecede olduğu belirlenmiştir. Şehir merkezinde ve şehirlerarası yollarda belirlenen yüksek PM₁₀ değerlerinin, ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlarından ve araçlardan salınan emisyon gazlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Organize sanayi bölgesinde ise yüksek PM₁₀ değerleri, endüstriyel tesislerin bu alanlarda faaliyet göstermesi ile ilişkilidir. Bunun yanında PM₁₀ değeri yüksek olan şehirlerarası karayolunun ve organize sanayi bölgelerinin şehir merkezinden uzaklaştırılması ile ulaşım ve endüstriyel tesis kaynaklı hava kirliliğinin azaltılabileceği öngörülmektedir. Böylece şehir merkezinin, dolayısıyla yaşam alanlarının hava kalitesi artırılabilir.

PM₁₀ ile uydu görüntüsü arasındaki ilişkinin derecesini açıklayan determinasyon katsayısı değerleri, 16.07.2018 tarihli uydu görüntüsünde 0.828, 20.10.2018'de ise 0.899 olarak bulunmuştur. Bu değerler Lim, Matjafri, Abdullah, Saleh ve Alsultan (2004), Nguyen ve Tran (2014) ve Shaheen ve diğerleri (2017)'deki çalışmalarda olduğu gibi, uydu görüntüsünden, PM₁₀ kirlilik parametresinin yüksek derecede belirlenebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte Landsat-8 uydusunun görüntü alma süresinin arazi çalışmaları sırasında PM₁₀ değerlerinin elde edilme süresinden oldukça kısa sürede olması nedeniyle uydu görüntüsünün çekim anındaki haliyle tamamen örtüşmemekte ve bu durum determinasyon katsayısının göreceli olarak düşük olmasına neden olmaktadır. Yapılan çalışmada kullanılan portatif örnekleme yönteminin pasif örnekleme yöntemleri ile değiştirilmesi veya mevcut portatif örnekleme yönteminin birden fazla örnekleme kullanılarak daha fazla noktadan ve daha kısa sürede PM₁₀ değerleri toplanmasıyla yapılan çalışmanın hassasiyetinin artırılabilirliği düşünülmektedir.

ORCID

Halil İbrahim GÜNDÜZ  <https://orcid.org/0000-0002-0609-8032>

Semih EKERCİN  <https://orcid.org/0000-0002-9458-2261>

KAYNAKLAR

- Atafar, Z., Pourpak, Z., Yunesian, M., Nicknam, M. H., Hassanvand, M. S., Soleimanifar, N., Saghafi, S., Alizadeh, Z., Rezaei, S., Ghosikali, M. G., Osornio-Vargas, A. R. ve Naddafi, M. (2019). Proinflammatory effects of dust storm and thermal inversion particulate matter (PM₁₀) on human peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) in vitro: a comparative approach and analysis. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17(1), 433-444. Doi: 10.1007/s40201-019-00362-1
- Birleşmiş Milletler (2018). 2018 revision of world urbanization prospects. Erişim adresi: <https://population.un.org/wup/Publications/File/sWUP2018-Report.pdf>
- 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. Doi: 10.1016/S0048-9697(00)00503-9
- 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. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.03.016
- Gündüz, H. İ. (2018). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Aksaray ili hava kalitesi haritasının oluşturulması* (Yüksek lisans tezi). YÖK veri tabanından erişildi (Tez No. 541401).
- Kayaalp, G. T., Güney, M. Ç. ve Cebeci, Z. (2015). Çoklu doğrusal regresyon modelinde değişken seçiminin zootehniye uygulaması. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 1-8. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cutarim>
- Konuk A. (2011). *Coğrafi bilgi sistemleri için temel istatistik*. Eskişehir: Anadolu üniversitesi web ofset.

- Lim, H. S., MatJafri, M. Z., Abdullah, K., Saleh, N. M. ve AlSultan, S. (2004). *Remote sensing of PM₁₀ from Landsat TM imagery*. 25th ACRS 2004, 739-744 Thailand.
- Matthew, M. W., Adler-Golden, S. M., Berk, A., Felde, G., Anderson, G. P., Gorodetzky, D., Paswaters, S., ve Shippert, M. (2002). Atmospheric correction of spectral imagery: evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data. In *Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, 2002. Proceedings*, 157-163. Doi: 10.1109/AIPR.2002.1182270
- 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. Doi: 10.1007/s12524-012-0235-2
- Nguyen, N. H. ve Tran, V. A. (2014, Aralık). *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, Vietnam.
- Örmeci, C. ve Ekercin, S. (2007). An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey, through multitemporal Landsat imagery and real-time ground surveys. *Hydrological Processes: An International Journal*, 21(11), 1424-1435. Doi: 10.1002/hyp.6355
- Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V. ve Nunziata, A. (2009). Effects of particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁) on the cardiovascular system, *Toxicology*, 261(1-2), 1-8. Doi: 10.1016/j.tox.2009.04.035
- 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. Doi: 10.18488/journal.2/2017.7.2/2.2.22.37
- Tanre, 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(D12), 15955-15964. Doi: 10.1029/JD093iD12p15955
- Ung, A., Wald, L., Ranchin, T., Weber, C., Hirsch, J., Perron, G. ve Kleinpeter, J. (2003, Haziran). *Air pollution mapping: relationship between satellite-made observations and air quality parameters*. 12th symposium Transport and Air Pollution, 105-112, France.
- 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. Doi: 10.1080/10590500802494538