

Arazi Örtüsü Değişiminin Arazi Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Belirlenmesi: Aksaray İli Örneği

(Determination of the Effect of Land Cover Change on Land Surface Temperature through Remote Sensing and GIS Integration: Case of Aksaray Province)

Gamze KAÇMAZ¹ , Esra GÜRBÜZ² 

¹Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği ABD, 68100 Aksaray

²Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100 Aksaray
gamzeekacmaz@gmail.com, egurbuz@aksaray.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 10.08.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 12.01.2022

ÖZ

Özellikle son dönemlerde Dünya genelinde arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖ/AK) pek çok farklı nedenle değişmekte, yeşil alanlar azalmakta diğer taraftan kentsel büyüme, yapılaşma, sanayileşme artmaktadır. AÖ/AK'daki bu değişim arazi yüzey sıcaklığına (AYS) etki etmekte ve yüzey sıcaklık değerlerini arttırmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte uzaktan algılama yöntemleri AÖ/AK ve AYS değişimlerinin tespit edilmesi ve değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda sıklıkla kullanılır hale gelmiştir. Aksaray Türkiye'nin nüfusu hızla artan illerinden bir tanesidir. Bu durum şehirde aynı zamanda yapılaşmanın da hızla artmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada 1990-2018 yılları arasında Aksaray ilinin AÖ/AK'sında meydana gelen değişimin arazi yüzey sıcaklığına olan etkisinin zamansal olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait CORINE verilerinden yararlanılarak AÖ/AK haritaları oluşturulmuştur. Yine aynı yıllara ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu verileri kullanılarak AYS değerleri hesaplanıp haritalanmıştır. Landsat uydu görüntülerinden hesaplanan AYS değerlerinin doğruluğunu test etmek amacıyla MODIS MOD11A1 görüntüleri kullanılarak AYS haritaları oluşturulmuş ve iki veri seti arasındaki korelasyon incelenmiştir. Ayrıca şehir merkezinde bulunan ve toprak sıcaklığı ölçümü yapan bir meteoroloji istasyonunun, kullanılan uydu görüntüleri ile aynı gün aldığı toprak sıcaklığı ölçümleri incelenmiş ve karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma sonucunda Aksaray ili AÖ/AK'ında; yapay bölgeler, tarım alanları ve tuz bataklıklarının arttığı, diğer taraftan orman alanları, maki ve otsu alanlar, çıplak alanlar, karasal bataklıklar ve su yapılarının ise azaldığı tespit edilmiştir. AYS verileri ile AÖ/AK verileri ilişkilendirildiğinde sulak alanlar ve orman alanlarındaki sıcaklık değerlerinin; yapay alanlar, çıplak alanlar, maki ve otsu alanlar ile tarım alanlarındaki sıcaklık değerlerine göre belirgin şekilde düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma alanından rasgele seçilen noktalardaki Landsat ve MODIS uydu verilerinden hesaplanan AYS değerleri karşılaştırılmış ve çok yüksek korelasyon tespit edilmiştir. Landsat uydu görüntülerinden hesaplanan AYS değerleri ile meteoroloji istasyonundan elde edilen sıcaklık değerleri arasında ise ortalama 3,22°C, fark olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı, Arazi yüzey sıcaklığı, Landsat, CORINE, İç Anadolu.

ABSTRACT

In recent years, land cover and land use (LC/LU) on the Earth have been changing for many different reasons, while green areas are declining, urban growth, construction, and industrialization are also increasing. This change in LC/LU affects land surface temperature (LST), at the same time increases temperature values. With the developing technology, Remote Sensing provides an opportunity to detect and evaluate the changes in LC/LU and LST. Aksaray is one of the rapidly growing cities in Turkey. This situation also causes the increase in construction rapidly in the city. This study aims to examine temporal changes the effect of the change in LC/LU of Aksaray city on land surface temperature between 1990-2018. In this context, LC/LU maps were created using CORINE data for 1990, 2000, 2006 and 2018. LST values were calculated and mapped using Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI/TIRS satellite data for the same years. In order to confirm the accuracy of the LST calculated from the Landsat satellite images, the LST maps were created using MODIS MOD11A1 and the correlation between the two data sets was investigated. In addition, the measurements taken on the same day as the satellite images used by a meteorology station in the city center, which measures soil temperature, were examined and compared. As a result of the study, Aksaray province in LC/LU; artificial regions, agricultural areas and salt marshes have been found to increase, while forest areas, herbaceous areas, bare areas, terrestrial marshes and water structures have decreased. When the LST data are correlated, with LC/LU, the temperature values in wetlands and forest areas are significantly lower than the in artificial areas, bare areas, moors and heathland and natural grassland areas and agricultural areas. In addition, LST values calculated from Landsat and MODIS satellite data were compared in random points cohosed in study area and high correlation was detected. It has been observed that there is a average difference of 3.22 °C between the LST values calculated from the Landsat satellite images and the temperature values obtained from the meteorology station.

Keywords: Land Cover/Land Use, Land Surface Temperature, Landsat, CORINE, Central Anatolia.

1. GİRİŞ

Dünya çapında özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, son yıllarda nüfus ve ekonomideki hızlı büyüme arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖ/AK) değişiminde ana etkeni oluşturmaktadır (Lv ve Zhou, 2011). Bu değişim hem doğal hem de antropojenik kaynaklı olabilir. Dünya nüfustaki hızlı artış kentleşmeyi ve kontrolsüz yapılaşmayı beraberinde getirmekle birlikte doğal afetler, ormanların yok olması, küresel ısınma başta olmak üzere pek çok tehlikeyi de tetiklemekte ve AÖ/AK'ya etki etmektedir (Oğuz ve Zengin, 2009). Arazi yüzey sıcaklığı (AYS) doğrudan yüzeye temas edildiğinde hissedilen sıcaklık anlamına gelmektedir (Latif, 2014). AYS bölgesel iklim değişikliği ve bu değişikliğin arazi örtüsü ile ilişkisinin incelenmesinde kullanılan bir iklim parametresidir (Şekertekin, Kutoğlu, Kaya ve Marangoz, 2015). Son yıllarda özellikle küresel ısınma ve sıcaklık değişimleri, şehir ısı adalarının belirlenmesi, AÖ/AK değişimlerinin bölgesel iklim üzerine etkilerinin anlaşılması ve kentsel büyümenin AYS üzerinde etkisinin tespit edilmesi gibi pek çok çalışmada kullanılan bu parametre, farklı platformlardan elde edilen görüntülerin uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak işlenmesi ile izlenebilmektedir (Ghobadi, Pradhan, Shafri ve Kabiri, 2014; Kaçmaz ve Gürbüz, 2021). Günümüzde özellikle Landsat, MODIS ve SENTINEL-3 uydularına ait görüntüler AYS hesaplamalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Ergene, 2006; Gerçek ve Bayraktar, 2014; Zheng ve diğerleri, 2019). AÖ/AK değişimleri ile AYS'deki değişimleri ilişkilendirmek mümkün olduğu gibi (Pal ve Ziaul, 2017) kentsel alanlardaki AYS değerlerinin, artan arazi kullanım değişikliği ile birlikte dünya genelinde giderek arttığı bilinmektedir (Hua ve Ping, 2018).

Ülkemizde de farklı amaçlarla, uydu görüntüleri kullanılarak AYS değerlerinin hesaplandığı örnek çalışmalar bulunmaktadır. Ahmed (2015), Adana ilinin 1990 ve 2011 yılları arasındaki AYS değişiminin AÖ/AK'ya etkisini araştırdığı çalışmada Landsat uydu görüntülerini kullanarak 21 yıl içerisinde çalışma alanında kentsel alanların arttığını, tarım alanı, otlak vb. alanların azaldığını tespit etmiş ve AYS değerlerindeki artışın kentsel alan artışları ile doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Dağlıyar, Avdan ve Uça Avcı (2015), Kahramanmaraş ili için Landsat uydu görüntülerini kullanarak AYS hesaplaması yapmış ve elde ettiği değerleri meteoroloji yer istasyon verileri ile karşılaştırmışlardır. Yazarlar AYS hesaplamalarında Landsat görüntülerinin yeterli doğrulukta sonuç verdiğini ifade etmişlerdir. Amiri (2018), yine Landsat uydu görüntülerini kullanarak

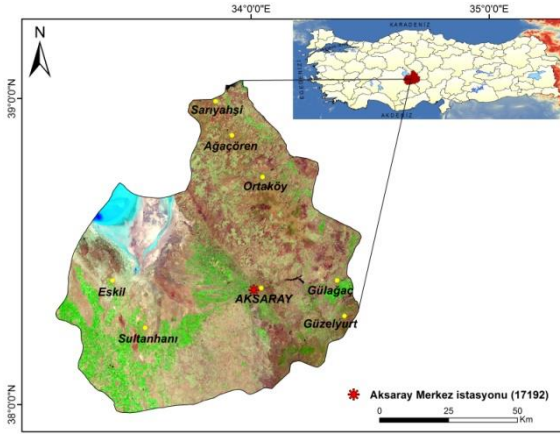
Kayseri ilinde bulunan Develi Ovası'nın 1984-2014 yılları arasında AYS ve arazi kullanım haritalarını üretmiştir. Yazar bu süreçte Develi Ovası'nda özellikle su ve toprak miktarının azaldığını ve bununla orantılı olarak AYS değerlerinde artış olduğu sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Atak ve Tonyaloğlu (2020), Aydın ilindeki AÖ değişiminin AYS'ye etkisini inceledikleri çalışmalarında 1990 ve 2017 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerini kullanmış ve bitki örtüsü ile su varlığının AYS üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Akkurt (2020), Eskişehir ilinin 1990-2018 yılları arasında AÖ değişiminin AYS'ye etkisini incelediği çalışmada yapay bölgelere dönüşen alanlarda yüzey sıcaklığının arttığını, bitki örtüsü ve su yapılarına dönüşen alanlarda ise yüzey sıcaklığının azaldığını belirlemiştir. Orhan (2021), Mersin ilindeki kentleşmenin AYS'ye etkisini araştırdığı çalışmada 1990 ve 2018 yıllarına ait kent merkezi haritaları ile AYS haritalarını karşılaştırarak doğal alanların büyük ölçüde yapay bölgelere dönüştüğünü ve kent merkezinde 28 yıllık süreçte 6 °C sıcaklık artışının olduğunu tespit etmiştir.

Tüm bu çalışmalar nüfusun hızla arttığı ülkemizde AÖ/AK değişimlerinin AYS üzerindeki etkilerini göstermektedir. Aksaray ili de Türkiye'nin diğer pek çok ili gibi hızla artan bir nüfus eğilimine sahiptir ve şehir genelinde yapılaşma yoğun şekilde devam etmektedir. Hem ikamete hem de sanayiye bağlı yapılaşmanın hızla arttığı bir şehir olmasının yanı sıra daha önce bu kapsamda yapılan mevcut bir çalışma bulunmaması sebebiyle Aksaray ili çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında öncelikle 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait CORINE verileri çalışma alanının yüzey özelliklerine göre yeniden gruplandırılarak Aksaray ilinin AÖ/AK haritaları oluşturulmuştur. Yine aynı yıllara ait Landsat uydu görüntüleri üzerinden AYS değerleri hesaplanmış ve haritalanmıştır. Önceki pek çok çalışmada bu verilerin doğruluğu aynı/yakın tarihli farklı uydu görüntüleri ya da yersel istasyonlar ile kontrol edilmiş olup, bu çalışma kapsamında Landsat verilerinin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla hem aynı tarihli MODIS uydu görüntüleri hem de çalışma alanındaki meteoroloji istasyonuna ait toprak sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Farklı uydu görüntülerinden elde edilen veri setleri kendi aralarında ve de yersel ölçümler ile korele edilerek, Aksaray ilindeki AÖ/AK değişiminin arazi yüzey sıcaklığına etkisi incelenmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Aksaray ili

1989 yılında il olmasıyla birlikte hızla artan bir nüfus grafiği göstermektedir. 1990 yılında 326.399 olan il nüfusu 2018 yılında 412.172'e ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2021). Genel olarak düzlük bir topografya üzerine kurulan ve Tuz Gölü'nün güneydoğusunda yer alan şehrin topraklarının çok büyük bir bölümünün tuzlu olması bölgede bitki örtüsü dağılımının kısıtlı olmasına sebep olmaktadır (Şekil 1). Özellikle 2000'li yıllara gelindiğinde nüfustaki hızlı artış, il genelinde kentleşmeyi ve dolayısıyla yapılaşmayı da beraberinde getirerek arazi kullanımının farklılaşmasına yol açmıştır. Ayrıca coğrafik olarak pek çok şehri birbirine bağlayan bir kavşak konumunda olması şehirde sanayinin farklı kollarının gelişmesine ve bunlara bağlı yapılaşmanın da artmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait Landsat 8 uydu görüntüsü (RGB 7,5,3).

3. MATERYAL VE METOT

Aksaray ilinde AÖ/AK değişiminin neden olduğu AYS değişiminin araştırılması için CORINE arazi örtüsü verileri ile Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri temel veri seti olarak kullanılmıştır. Ayrıca Landsat görüntülerinden elde edilen verilerin doğruluğunu test etmek için MODIS MOD11A1 (Land Surface Temperature/Emissivity; Arazi Yüzey Sıcaklığı ve Emisyonu) görüntüleri ile il merkezinde toprak sıcaklığı ölçümü alan meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır (Şekil 1).

a. CORINE AÖ/AK Verileri

CORINE (Coordination of Information on the Environment; Çevre Hakkında Bilginin Koordinasyonu), Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency) tarafından belirlenen çeşitli arazi örtüsü sınıflarına dair mekânsal bilgilerin bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile

üretildiği, bir arazi örtüsü belirleme ve sınıflandırma projesidir. Proje kapsamında SPOT, IRS ve RapidEye, Sentinel-2 ve Landsat 8 gibi yer görüntüleme uyduları tarafından elde edilen görüntüler kaynak olarak kullanılmaktadır. 1985 yılında başlatılan program kapsamında günümüze kadar 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait AÖ/AK verileri Avrupa Birliği üyesi ülkeler ile Türkiye'nin de içinde bulunduğu 39 ülke için üretilmiş durumdadır. Bu veriler, Avrupa Çevre Ajansı'nın belirlediği 3 hiyerarşik düzey ve 44 sınıftan oluşan 1/100.000 ölçeğinde vektör veriler şeklinde sunulmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

Yapılan bu çalışma kapsamında Aksaray ilinin AÖ/AK'sında meydana gelen değişiklikleri belirlemek amacıyla 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait CORINE verileri kullanılmıştır. Veriler kullanılırken öncelikle çalışma kapsamında tüm yıllardaki alt sınıflar incelenmiş, farklı tarihlerdeki verilerde bulunan farklı sınıflar tespit edilmiştir (1990 ve 2000 yılı verilerinde olmayan, ancak 2006 ve 2018 yılı verilerinde bulunan 'tuz bataklıkları' sınıfı). Bölgede zamana bağlı değişimin yorumlanabilmesi için bu sınıflar da dikkate alınarak benzer özellik gösteren alanlar bir araya getirilmiş ve yeniden sınıflandırma işlemi yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. CORINE sınıfları ve çalışma kapsamında kullanılan (yeni) sınıflar.

Yeni sınıf	3.Seviye CLC CORINE sınıflar
Yapay bölgeler	1.1.1.Sürekli şehir yapısı, 1.1.2.Kesikli/sürekli şehir yapısı, 1.2.1.Endüstriyel ve ticari birimler, 1.2.4.Havaalanları, 1.3.1.Maden çıkarma sahaları, 1.3.3.İnşaat sahaları, 1.4.1.Yeşil şehir alanları, 1.4.2.Spor ve eğlence alanları.
Tarımsal alanlar	2.1.1.Sulanmayan ekilebilir alanlar, 2.1.2.Sürekli sulanan alanlar, 2.2.1.Üzüm bağları, 2.2.2.Meyve bahçeleri, 2.3.1.Mera alanları, 2.4.2.Karışık tarım alanları, 2.4.3.Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları.
Ormanlık alanlar	3.1.1.Geniş yapraklı ormanlar, 3.1.2.İğne yapraklı ormanlar, 3.1.3.Karışık ormanlar.
Maki-otsu alanlar	3.2.1.Doğal çayır/otluklar, 3.2.4.Bitki değişim alanları.
Çıplak alanlar	3.3.1.Sahiller, kumsallar,kumluklar, 3.3.2.Çıplak kayalıklar, 3.3.3.Seyrek bitki alanları.
Karasal bataklık	4.1.1.Karasal bataklıklar.
Tuz bataklıkları	4.2.1.Tuz bataklığı.
Su yapıları	5.1.1.Su yolları, 5.1.2.Su kütelleri.

b. Uydu Görüntüleri

Çalışma kapsamında AYS haritalarının üretilmesi amacıyla 1990, 2000 ve 2006 yıllarına ait Landsat 5 TM uydu görüntüleri ile 2018 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü kullanılmıştır (Tablo 2). AYS'nin daha anlamlı bir şekilde hesaplanabilmesi, mevsimsel etkilerin azaltılması ve bulut miktarının minimum seviyede olması amacıyla Temmuz ve Ağustos ayı görüntüleri tercih edilmiştir. AYS haritalarının hazırlanmasında Landsat TM sensörüne ait 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip kırmızı (Band 3) ve yakın kızılötesi bant (Band 4) ile 120 m çözünürlüğe sahip termal bant (Band 6) kullanılırken, OLI/TIRS sensörüne ait yine 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip kırmızı (Band 4) ve yakın kızılötesi bant (Band 5) ile 100 m çözünürlükteki termal bant (Band 10) kullanılmıştır.

Ayrıca çalışmada Landsat görüntülerinden elde edilen AYS değerlerinin doğruluğunun kontrol edilmesi amacıyla Landsat görüntüleri ile eş zamanlı 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait MODIS MOD11A1 verilerinden yararlanılmıştır. MODIS Terra uydusu 1999 yılında faaliyete geçtiği için 1990 yılına ait veri bulunmamaktadır (Tablo 2). MOD11A1 verisi 1000 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Bu nedenle MODIS görüntülerinden elde edilen AYS haritalarının Landsat görüntülerinden elde edilen AYS haritaları ile korele edilebilmesi için öncelikle Landsat uydu görüntüleri 1000m'ye yeniden örneklenerek yeni bir grup AYS haritası üretilmiştir. Daha sonra çalışma alanında rastgele seçilmiş 150 noktanın her iki uyduya ait görüntülerdeki değerleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri.

Sensör	Görüntü tarihi
Landsat-5 TM	04.08.1990
Landsat-5 TM	14.07.2000
Landsat-5 TM	31.07.2006
Landsat-8 OLI&TIRS	17.08.2018
MOD11A1	14.07.2000
MOD11A1	31.07.2006
MOD11A1	17.08.2018

c. Meteoroloji İstasyonu Verileri

Landsat uydu görüntülerinden elde edilen AYS değerlerinin doğruluğunu teyit etmek amacıyla, MODIS görüntülerinin yanı sıra Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Aksaray Merkez istasyonuna (İstasyon no: 17192) ait, aynı tarihli toprak sıcaklık verileri kullanılmıştır (çalışma alanında toplamda 8 adet meteoroloji istasyonu

bulunmakla birlikte toprak sıcaklığı ölçümü alan sadece 1 adet istasyon vardır). Kullanılan toprak sıcaklığı verileri 5 cm. derinlikteki toprak sıcaklığı verileridir.

ç. Landsat Uydu Görüntülerinden AYS'nin Hesaplanması

Landsat uydu görüntülerinden sıcaklık verisi elde etmek için termal bantlar kullanılmaktadır (Qin, Karnieli ve Berliner, 2001). AYS'nin hesaplanabilmesi için öncelikle termal bant değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Landsat-5 görüntülerinden atmosfer üstü spektral radyans değerinin hesaplanması için eşitlik (1), Landsat-8 görüntüsünden atmosfer üstü spektral radyans değerinin hesaplanması için ise eşitlik (2) kullanılmıştır (Chander ve Markham, 2003; Chander ve Groeneveld, 2009; Barsi vd., 2014; Roy ve diğerleri, 2020);

$$L_{\lambda} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{QCAL_{\max} - QCAL_{\min}} (QCAL - QCAL_{\min}) + L_{\min} \quad (1)$$

$$L_{\lambda} = ML * QCAL + A_L \quad (2)$$

Eşitliklerdeki, L_{λ} sensördeki spektral radyans değeri, ML meta veriden alınan banda özgü ölçekleme çarpan faktörü, $QCAL$ dijital sayının piksel değeri, A_L meta veriden alınan banda özgü ölçekleme toplam faktörünü ifade etmektedir.

Bir sonraki adımda, elde edilen spektral radyans değerlerinin sıcaklık değerlerine dönüşümü, eşitlik (3) kullanılarak yapılmıştır (Chander ve Markham, 2003; Yuan ve Bauer, 2006; Coll, Galve, Sánchez ve Caselles, 2010).

$$TB = \frac{K2}{\ln((K1/L_{\lambda}) + 1)} - 273,15 \quad (3)$$

Burada, TB atmosfer üstü parlaklığın sıcaklığa dönüştürülmesini, K1 ve K2 meta veriden alınan termal bant dönüşümlerini ifade etmektedir (United States Geological Survey [USGS], 2021).

AYS hesaplamalarında kullanılan bir sonraki adım Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksinin (NDVI) hesaplanmasıdır. Tucker (1979) tarafından geliştirilmiş olan bu indeks yakın kızılötesi ve kırmızı dalga boylarındaki yansıtma değerlerini kullanarak yeşil bitki örtüsü yoğunluğu hakkında bilgi edinmeyi sağlar (eşitlik (4)).

$$NDVI = \frac{\text{Yakın Kızılötesi Band} - \text{Kırmızı Band}}{\text{Yakın Kızılötesi Band} + \text{Kırmızı Band}} \quad (4)$$

Eşitlikten çıkan sonuçlar (-1) ile (+1) arasında değer alır ve yeşil bitki örtüsünün fazla olduğu alanlarda indeks değeri +1'e doğru yaklaşır. Bitki örtüsünün olmadığı alanlarda ise bu değer negatif yöne doğru değişir. Bununla birlikte bu aralıkta ki değerler literatürde 3 gruba ayrılarak değerlendirilmektedir: Yüzey değerleri; $NDVI < 0,2$ olduğu durumlarda kayaç ya da kuru toprağı, $0,2 < NDVI < 0,5$ olduğu durumlarda toprak/kayaç ve bitki örtüsü karışımını, $NDVI > 0,5$ olduğu durumda ise tamamen bitki örtüsünü temsil etmektedir (Sobrino, Jiménez-Muñoz ve Paolini, 2004).

Ayrıca NDVI, AYS hesaplamalarında arazi yüzey emisyonu (ϵ_λ) ve bitki örtüsü oranının (P_v) belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bitki örtüsü oranı (eşitlik (5)) NDVI üzerinden maksimum ($NDVI_{max}$) ve minimum ($NDVI_{min}$) değerler kullanılarak belirlenmektedir (Sobrino ve diğerleri, 2004).

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (5)$$

AYS hesaplamalarında kullanılan bir diğer parametre arazi yüzey emisyonu/yayınırılığı (ϵ_λ)'dır. Yayınırılığı, cisme gelen toplam ışın enerjisinin, emilen ışın enerjisine oranı olarak ifade etmek mümkündür. Cisim ne kadar siyah ve mat ise yayınırılığı o kadar yüksektir. Arazi yüzey emisyonu eşitlik (6) ile hesaplanır (Sobrino ve diğerleri, 2004).

$$\epsilon_\lambda = \epsilon_{v\lambda} P_v + \epsilon_{s\lambda} (1 - P_v) + C_\lambda \quad (6)$$

Burada, $\epsilon_{v\lambda}$ bitki yayılım değerini, $\epsilon_{s\lambda}$ toprak yayılım değerini, C_λ ortalama arazi pürüzlülüğünü ifade etmektedir. (Sobrino ve diğerleri, 2004).

Son olarak, daha önce hesaplanmış sensör parlaklık sıcaklık değerine (eşitlik 3), eşitlik 7'deki yer arazi yüzey emisyonu düzeltmesi yapılarak AYS değerleri elde edilir (eşitlik (7)).

$$T_s = \frac{TB}{1 + \left[\left(\frac{\lambda TB}{h * c} \right) \ln \epsilon_\lambda \right]} \quad (7)$$

Burada, λ termal bant dalga boyu, h Planck sabiti ($6.626 \cdot 10^{-34} Js$), c ışık hızı ($2.998 \cdot 10^8 m/s$), b Boltzmann sabiti ($1.38 \cdot 10^{-23} J/K$), ϵ_λ arazi yüzey emisyonunu ifade etmektedir (Avdan ve Jovanovska, 2016).

Landsat görüntülerine ilgili işlem adımları uygulanarak, belirlenen tarihler için üretilen AYS

haritalarının yanı sıra bu haritalardan 1990 ve 2018 yıllarına ait olanlar kullanılarak çalışma alanı için AYS fark haritası oluşturulmuştur.

d. MODIS MOD11A1 Görüntülerinden AYS Haritalarının Üretilmesi

Çalışma kapsamında kullanılan MOD11A1 verilerindeki piksel değerleri yüzey sıcaklığına dönüştürülmemiş sayısal parlaklık değerleridir. Bu nedenle görüntüdeki piksel değerleri 0,02 ölçek faktörü ile çarpılarak yüzey sıcaklığına çevrilir (eşitlik (8)). Ayrıca Kelvin olan sıcaklık değerleri santigrat dereceye dönüştürülmüştür (Gerçek ve Bayraktar, 2014).

$$AYS_{MODIS} = Q_c * 0,02 - 273,15 \quad (8)$$

Burada, Q_c MOD11A1 piksel değerlerini temsil eder.

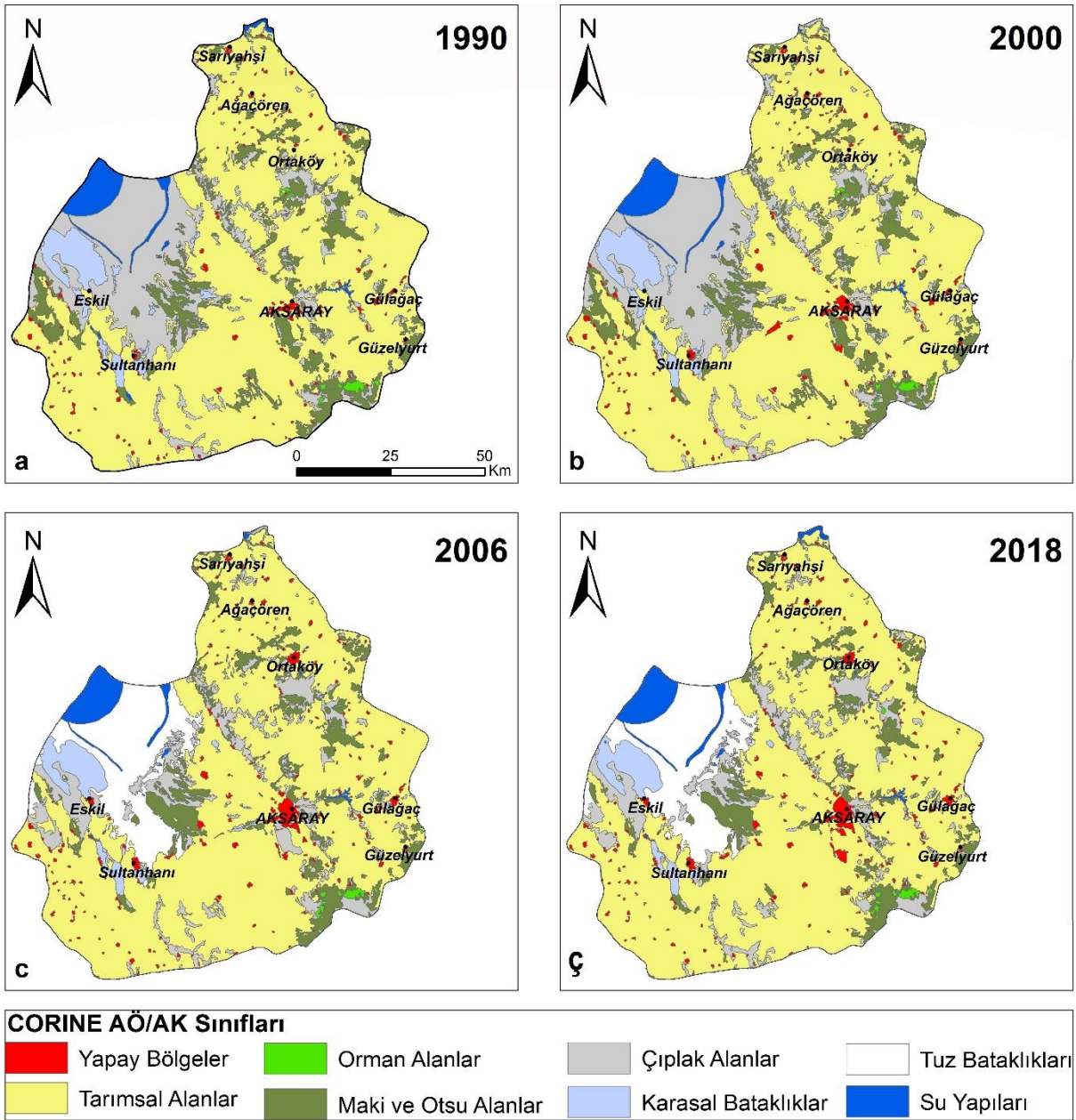
4. BULGULAR

a. CORINE AÖ/AK Haritaları

Bu çalışmada, CORINE verilerinden oluşturulan yeni sınıflandırma ile Aksaray ilinin 1990, 2000, 2006 ve 2018 yılları için üretilen AÖ/AK haritaları Şekil 2'de gösterilmektedir. 1990-2018 yılları arasında AÖ/AK değişimine bakıldığında; genel olarak yapay bölgeler, tarım alanları ve tuz bataklığı olarak tanımlanan alanların arttığı, diğer taraftan orman alanları, maki ve otsu alanlar, çıplak alanlar, karasal bataklıklar ve su yapılarının azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu değişim süreci içerisinde maki ve otsu alanlar ile çıplak alanların 2000 ile 2006 yılı arasında önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Ayrıca 1990-2000 yıllarında AÖ/AK haritalarında bulunmayan, Tuz Gölü ve çevresinde yer alan ve büyük bir kısmı çıplak alan olarak alt sınıfa ayrılmış karasal bataklık alanlarının 2006-2018 yıllarında tuz bataklığı alanlarına dönüşerek yeni bir sınıf oluşturduğu görülmüştür.

Tablo 3. Çalışma alanındaki AÖ/AK sınıflarının 1990 ve 2018 yıllarındaki alansal dağılımı.

Sınıflar	Alansal dağılım (km ²)			
	1990	2000	2006	2018
Yapay Bölgeler	113	141	191	202
Tarımsal alanlar	5249	5245	5246	5326
Ormanlık alanlar	28	26	22	23
Maki-otsu alanlar	782	770	638	590
Çıplak alanlar	1457	1468	766	708
Karasal aklıklar	258	250	212	208
Tuz bataklıkları	-	-	830	833
Su yapıları	197	184	179	194

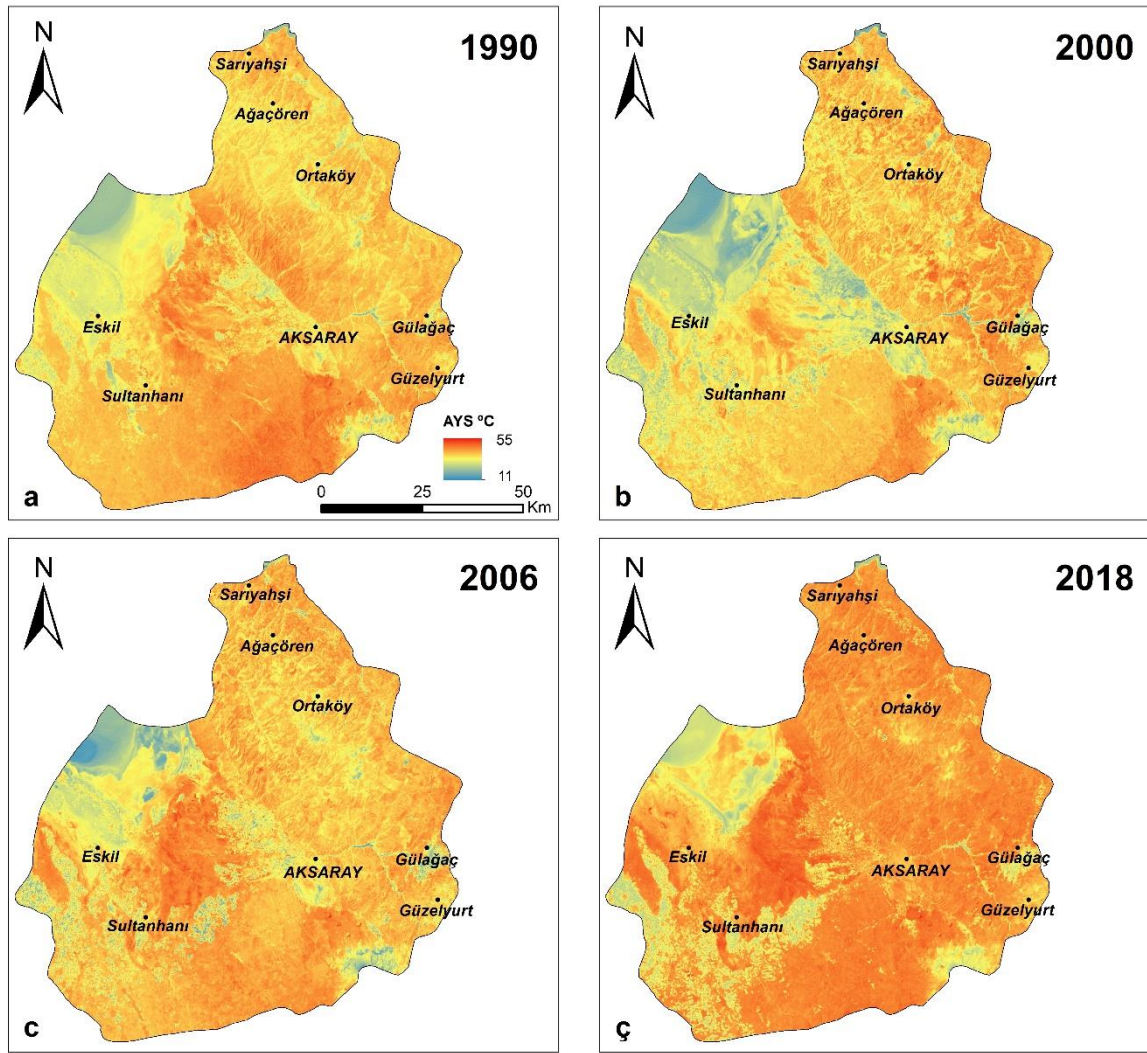


Şekil 2. Belirlenen yıllara ait CORINE AÖ/AK haritaları; (a) 1990, (b) 2000, (c) 2006, (ç) 2018.

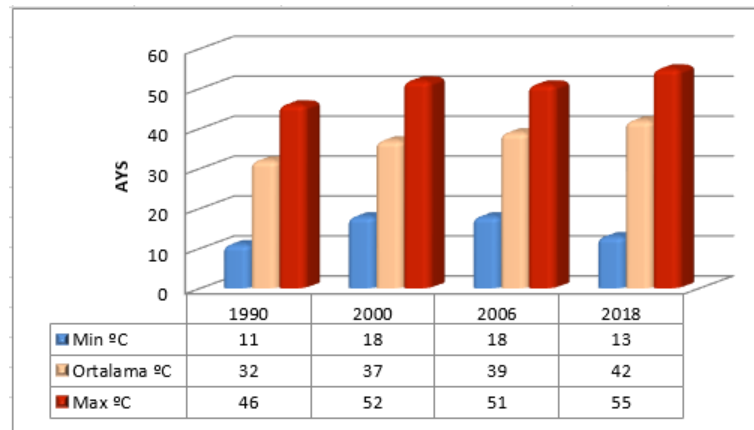
b. AYS Haritaları

Çalışma kapsamında, Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak Aksaray ilinin 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait AYS haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3). Landsat uydu görüntülerinden hesaplanan

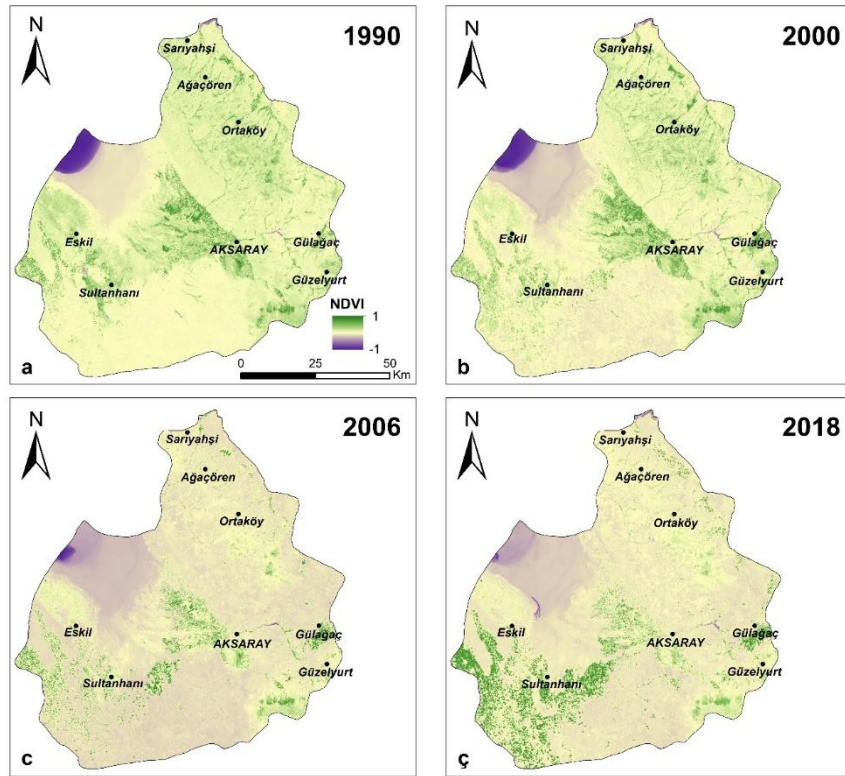
minimum ve maksimum AYS değerlerinin 11 °C ile 55 °C arasında değiştiği görülmektedir. Tüm görüntülerden hesaplanan minimum, ortalama ve maksimum değerler ve bunlara ait grafik Şekil 4'te yer almaktadır. Ayrıca AYS haritalarının üretimi sırasında belirtilen her yıl için çalışma alanının NDVI haritaları da oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 3. Landsat görüntülerinden üretilmiş (a) 1990, (b) 2000, (c) 2006, (ç) 2018 yıllarına ait AYS haritaları.



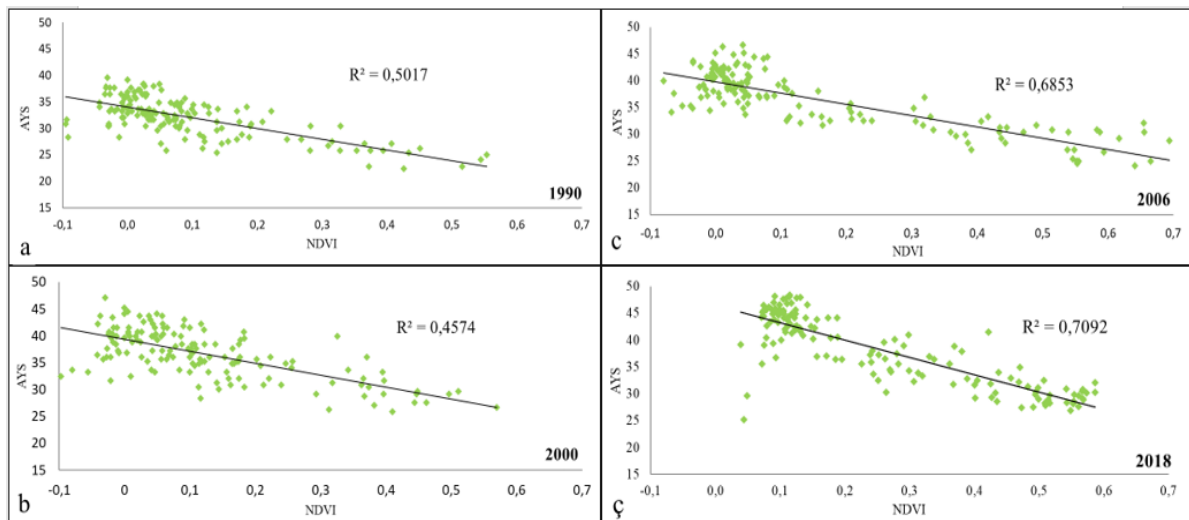
Şekil 4. 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait Landsat görüntülerinden üretilmiş AYS değerleri.



Şekil 5. Landsat görüntülerinden üretilmiş (a) 1990, (b) 2000, (c) 2006, (ç) 2018 yıllarına ait NDVI haritaları.

Bir bölgedeki bitki örtüsü varlığı o bölgedeki yüzey sıcaklığının değişimi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle Landsat görüntüleri üzerinden AYS hesaplaması yapılırken kullanılan önemli parametlerden bir tanesi NDVI'dır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak ortaya konabilmesi için çalışma alanında seçilen 150 rastgele noktanın, Landsat görüntülerinden üretilen tüm AYS ve NDVI

haritalarındaki değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 6). Elde edilen veriler AYS değerlerinin yüksek olduğu yerlerde NDVI değerlerinin düşük, AYS değerlerinin düşük olduğu yerlerde ise NDVI değerlerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, AYS değerleri ile NDVI değerleri arasında negatif bir korelasyon mevcuttur.



Şekil 6. 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait Landsat görüntülerinden üretilen AYS ve NDVI değerlerinin karşılaştırılması.

c. AYS ile AÖ/AK Arasındaki İlişki

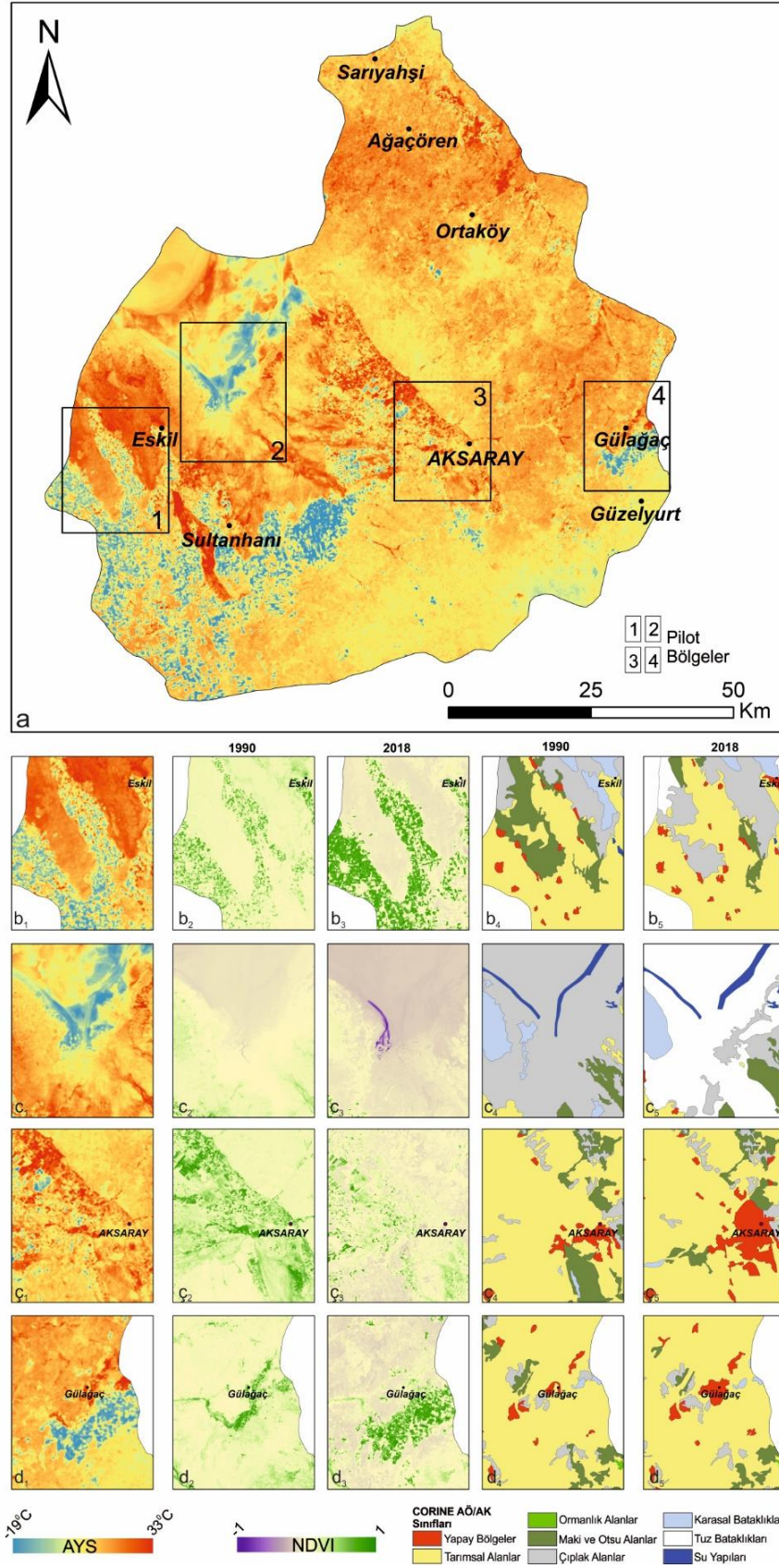
Çalışma alanında farklı tarihlerdeki AYS ve AÖ/AK değişiminin ortaya konması amacıyla uydu görüntülerinden üretilen AYS değerleri aynı yıllara ait CORINE AÖ/AK sınıfları ve de AYS haritalarının oluşturulması sırasında üretilen NDVI haritaları ile karşılaştırılmıştır. Böylece bir arazi sınıfının yıllar içerisindeki değişimi, aynı alandaki AYS değerleri ve bitki örtüsü varlığının bu değerlere etkisi ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu amaçla 1990 ve 2018 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılarak AYS fark haritası oluşturulmuştur (Şekil 7a). Hazırlanan fark haritası üzerinden farklı özelliklere sahip pilot bölgeler seçilmiş ve bu alanlardaki sıcaklık değişimleri, bitki örtüsü yoğunluğu ve AÖ/AK değişimleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 7b, c, ç, d).

1 nolu pilot bölgenin AÖ/AK haritalarına bakıldığında 1990 yılında Eskişehir'in batısında bulunan maki-otsu alanların 2018 yılında çıplak alanlara, 1990 yılında çıplak alan olarak sınıflanmış bölgelerin ise 2018 yılında tuz bataklığına dönüştüğü görülmektedir, bu durum aynı alanlarda AYS değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Diğer yandan 28 yıllık periyot içerisinde aynı pilot alanda sıcaklığın düştüğü kesimlerin AÖ/AK'sında büyük bir değişiklik olmamış aksine tarım alanından oluşan yüzey örtüsü varlığını korumuştur. NDVI haritalarına bakıldığında ise bu alanların NDVI değerleri 1990 yılında düşük iken, 2018 yılında bitki örtüsü varlığını temsil edecek şekilde 1'e yaklaştığını söylemek mümkündür. Bu durumun 2018 yılı görüntüsünün hasat zamanından önce alınmış olmasından ya da toprağın nem miktarındaki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir.

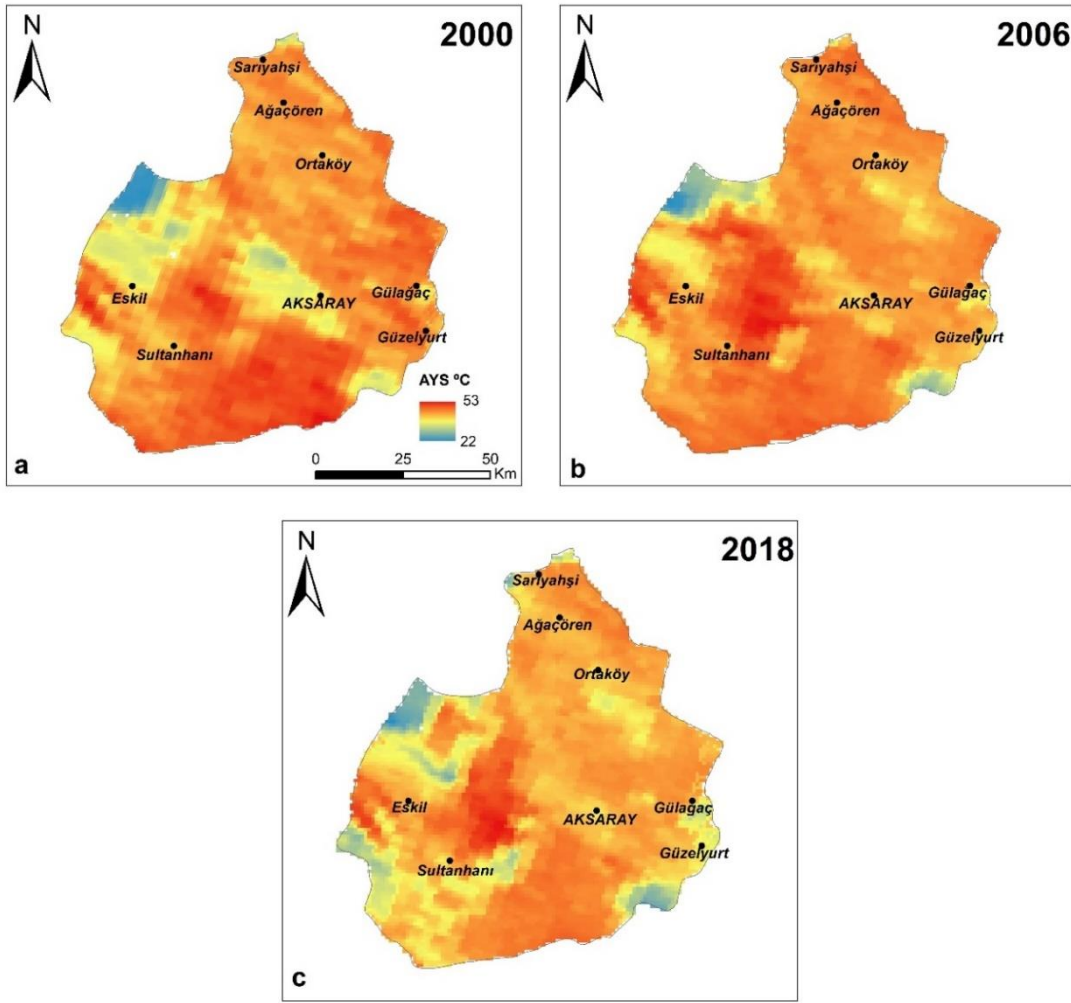
2 nolu pilot bölgeye bakıldığında, 1990 yılında çıplak alan olarak sınıflanmış kesimlerin 2018 yılında tuz bataklığına dönüştüğü görülmektedir. Bu alanlar tuz ve farklı miktarda su ihtiva eden alanlardır. Pilot alan içerisinde öne çıkan, sıcaklığın belirgin şekilde düştüğü bölgenin bataklığın su miktarı fazla olan, sıcaklığın arttığı bölgenin ise bataklığın görece daha az su içeren kısımları olduğu söylenebilir.

Aksaray merkez ilçeyi de kapsayan 3 nolu pilot bölgenin AÖ/AK haritalarına bakıldığında bu alandaki en belirgin değişimin il merkezinin bulunduğu yapay alanda artış, merkezin G-GB'sindeki maki ve otsu alanlarda azalış şeklinde olduğu görülmektedir. Bu durum AYS değerlerinde artışa sebep olmuştur. Merkez ilçenin KB'sı boyunca uzanan diğer bir sıcaklık artış bölgesinde ise belirgin bir arazi örtüsü değişimi görülmemektedir (söz konusu bölge 1990 yılında da 2018 yılında da tarım alanıdır). Ancak AÖ/AK'da belirgin bir değişiklik olmadığı halde var olan tarım alanında ürün türünün değişimi ya da görüntünün hasat zamanından sonra alınmış olması AYS değerlerini arttırmış olabilir. NDVI haritalarındaki değerlerin değişimi de bu düşünceyi desteklemektedir.

Tarımsal alanlarda ürün bulunuyor olmasının AYS değerlerine etkisinin çalışma alanında net bir şekilde görüldüğü bir diğer Pilot Bölge Gülağaç ilçesini içine alan 4 nolu pilot bölgedir. Bu Pilot bölge büyük oranda tarım alanları ile kaplıdır ve ilçe merkezindeki yapay alan artışı ile genel olarak maki ve otsu alanların az da olsa azalışının yanı sıra büyük bir AÖ/AK değişimi yansıtmamaktadır. Ancak AYS fark haritasına bakıldığında ilçe merkezinin alt kesimlerinde belirgin bir sıcaklık düşüşü göze çarpmaktadır. Aynı bölgenin NDVI değerlerine bakıldığında, 1990 yılından itibaren mevcudiyetini koruyan tarım alanlarında 2018 yılı görüntüsünde ürün olması ya da bu tarihte toprağın nem değerinin yüksek olmasına bağlı olarak NDVI değerlerinin yüksek, dolayısıyla AYS değerlerinin düşük çıktığını söylemek mümkündür.



Şekil 7. (a) Çalışma alanı 2018-1990 AYS fark haritası, pilot bölgelerin (b₁, c₁, ç₁, d₁) AYS fark haritaları, (b_{2,3}; c_{2,3}; ç_{2,3}, d_{2,3}) NDVI haritaları, (b_{4,5}; c_{4,5}; ç_{4,5}, d_{4,5}) AÖ/AK haritaları.

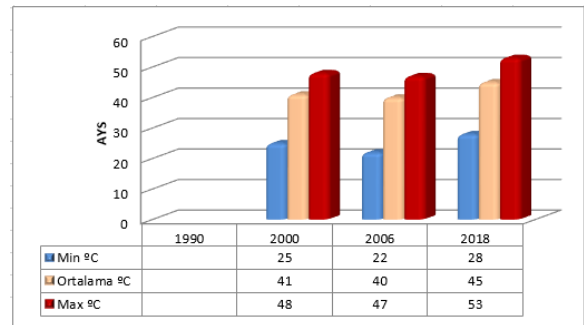


Şekil 8. MOD11A1 görüntülerinden üretilmiş (a) 2000, (b) 2006, (c) 2018 yıllarına ait AYS haritaları.

ç. Doğruluk Analizleri

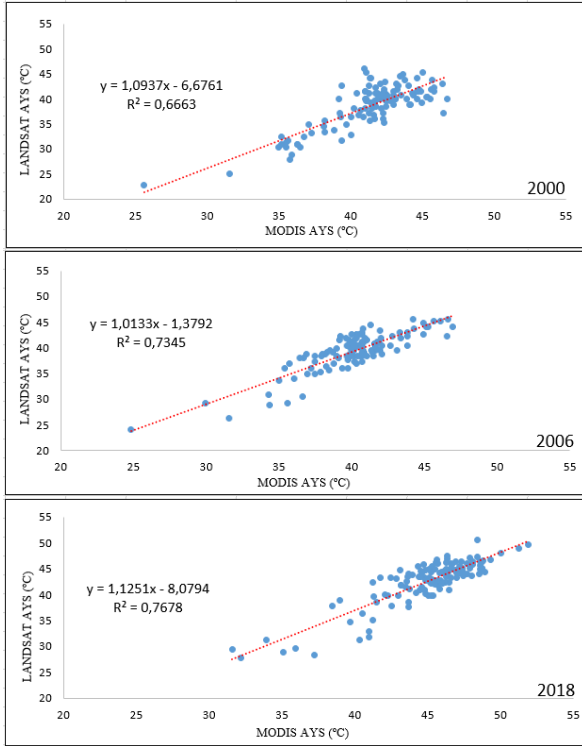
Landsat görüntüleri kullanılarak hesaplanan AYS değerlerinin doğruluğunu test etmek amacıyla öncelikle 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait MODIS görüntülerinden AYS haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalara bakıldığında AYS değerlerinin 22 °C ile 53 °C arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 8). Çalışılan tüm yıllar için hesaplanan minimum, ortalama ve maksimum değerler ve bunlara ait grafik Şekil 9'da yer almaktadır.

Çalışma kapsamında farklı uydu görüntülerinden üretilen AYS haritalarının karşılaştırılabilmesi amacıyla, çalışma alanı içerisinde seçilen 150 rastgele noktanın tüm haritalardaki sıcaklık değerleri hesaplanarak grafiklenmiştir (Şekil 10).



Şekil 9. 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait MOD11A1 görüntülerinden üretilmiş AYS değerleri.

Elde edilen bu verilere iki sayısal veri arasındaki ilişkiyi gösteren bir istatistiksel yöntem olan Pearson Korelasyonu uygulanmıştır. Pearson korelasyon katsayısının (r) -1 ile +1 arasında aldığı değerler korelasyonun durumunu ifade etmektedir.



Şekil 10. 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait Landsat ve MODIS uydu verileri arasındaki ilişki.

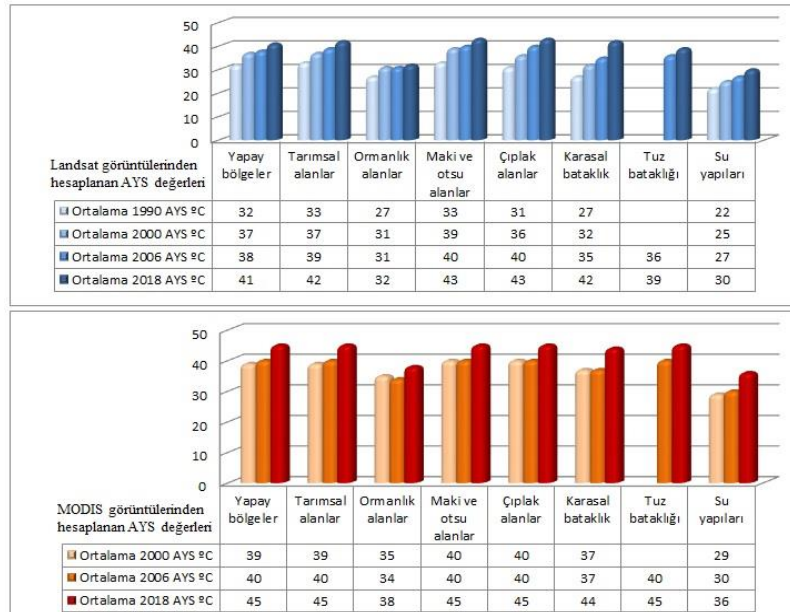
Korelasyon katsayısının $r=+/-1$ olması, değişkenler arasındaki ilişkinin tam olduğunu $r=0$ olması ise değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını gösterirken, korelasyon katsayısının $+/-1$ 'e yaklaşması ilişkinin güçlü olduğuna, 0'a yaklaşması ise değişkenler arasında zayıf bir ilişki

olduğuna işaret etmektedir (Konuk, 2011, Gündüz ve Ekercin, 2020). Landsat ve MODIS görüntülerinden üretilen AYS haritalarının karşılaştırılması amacıyla seçilen noktaların sıcaklık değerlerinin kıyaslanması sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları (r) Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Belirlenen yıllarda Landsat ve MODIS uydu verileri arasındaki Pearson's korelasyon katsayıları.

Landsat görüntü tarihleri	MODIS görüntü tarihleri	Pearson's korelasyon katsayısı (r)
14.07.2000	14.07.2000	0,81
31.07.2006	31.07.2006	0,82
17.08.2018	17.08.2018	0,88

Çalışma kapsamında ayrıca Landsat ve MODIS görüntülerinden üretilen AYS değerleri ile CORINE AÖ/AK sınıfları arasındaki ilişki grafikler oluşturularak incelenmiştir (Şekil 11). MODIS uydusu 1999 yılında faaliyete geçtiği için bu kıyaslamaya 2000 ve 2018 yıllarına ait görüntüler üzerinden yapılmıştır. Her iki uydu verisinde de su yapıları ve orman alanlarında AYS değerlerinin düşük, yapay bölgeler, çıplak alanlar, bataklık alanları, tarımsal alanlar, seyrek bitki alanları, maki ve otsu alanlarda ise AYS değerlerinin yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca 2000 yılından 2018 yılına kadar belirlenen her sınıf içerisinde AYS değerlerinin arttığı net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 11. Çalışma alanı için Landsat ve MODIS görüntülerinden üretilmiş AYS değerleri ile AÖ/AK arasındaki ilişki.

Çalışma alanında Landsat uydu görüntülerinden elde edilen AYS değerlerini kontrol etmek amacıyla görüntüler ile eş zamanlı olarak meteoroloji istasyonundan elde edilen toprak sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır (Tablo 5). Karşılaştırma için, istasyonun ölçüm alanı ile görüntüde denk geldiği piksel alanının bire bir örtüşmemesi ihtimaline karşın, istasyonun bulunduğu pikselin merkez kabul edildiği 3x3 piksellik bir alan belirlenmiş ve bu alandaki sıcaklık değerlerinin ortalaması alınmıştır. Elde edilen arazi yüzey sıcaklık değerlerine göre, minimum farkın 2006 yılında 1,1 °C maksimum farkın ise 2018 yılında 5,46 °C olduğu görülmüştür.

Tablo 5. Meteoroloji istasyonu ve Landsat uydu verileri arasındaki sıcaklık ilişkisi.

Landsat görüntü tarihleri	Meteoroloji istasyonu sıcaklık değeri (°C)	Landsat AYS değeri (°C)
04.08.1990	32,70	31,34
14.07.2000	36,40	35,30
31.07.2006	30,30	35,26
17.08.2018	33,40	38,86

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, CORINE verileri kullanılarak Aksaray ilinin 1990, 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait AÖ/AK haritaları ve Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak AYS haritaları üretilmiştir.

Aksaray ilinin belirlenen tarihlerde AÖ/AK'sı incelendiğinde; yapay bölgeler, tarım alanları ve tuz bataklıkları artarken orman alanları, maki-otsu alanlar, çıplak alanlar, karasal bataklıklar ve su yapılarının azaldığı tespit edilmiştir.

Landsat görüntülerinden üretilen AYS değerlerinin doğruluğunu test etmek amacıyla aynı tarihli MODIS MOD11A1 uydu görüntülerinden AYS haritaları üretilmiş ve her iki sensörden elde edilen veriler rastgele seçilen noktalar üzerinden korele edilmiştir. 2000, 2006 ve 2018 yıllarına ait veriler üzerinden yapılan bu değerlendirmede Pearson korelasyon katsayıları sırasıyla 0,81, 0,82 ve 0,88 çıkmıştır. Bu değerler iki veri seti arasında belirlenen yıllarda çok yüksek korelasyon olduğunu göstermektedir (Tablo 4). Bununla birlikte her iki sensörden elde edilen uydu görüntülerinde ortalama ve maksimum değerler daha yakın iken minimum değerler arasında daha büyük bir farklılık görülmektedir. Landsat verilerinden elde edilmiş AYS değerlerinin 1000m.'ye yeniden örneklenmesi ve

karşılaştırmada yeniden örneklenmiş görüntüler üzerinden alınan değerlerin kullanılması iki veri seti arasındaki korelasyonu arttırmıştır. Ancak Landsat verilerinde en düşük sıcaklık değerinin (11° C) kaydedildiği 1990 yılına ait MODIS görüntüsü bulunmaması bu duruma neden olmuştur.

Diğer yandan Landsat verileri, çalışma alanında bulunan ve toprak sıcaklığı ölçümü alan meteoroloji istasyonundan elde edilen eş zamanlı veriler ile karşılaştırılmıştır. Uydu görüntülerinden elde edilen veriler ile 5cm derinlikten alınan yersel ölçümlerden elde edilen sıcaklık değerleri arasındaki fark ortalama 3,22 °C'dir. Dağlıyar, Avdan ve Uça Avcı (2015), Kahramanmaraş ili için Landsat uydu görüntülerini kullanarak hesapladıkları AYS değerlerini meteoroloji yer istasyon verileri ile karşılaştırmışlar ve iki veri seti arasında minimum 0,23 °C, maksimum 4,12 °C fark olduğunu tespit ederek bu sonuçların noktasal bazda yeterli doğruluk sınırları içerisinde olduğunu ifade etmişlerdir. Avdan ve Jovanovska (2016), Toronto ve Moncton (Kanada)'da 2015 yılına ait Landsat 8 uydu görüntülerini kullanarak AYS haritaları ürettikleri çalışmalarında benzer şekilde uydu görüntüleri ile eş zamanlı meteorolojik istasyon verilerini karşılaştırmıştır. Yazarlar Toronto'da en düşük farkın 0,7 °C en yüksek farkın ise 5,8 °C ve Moncton (Kanada)'da ise en düşük farkın 0,2°C en yüksek farkın ise 7,8 °C olduğunu hesaplamış ve sonuçların tutarlı olduğunu belirtmişlerdir. Söz konusu çalışmalar da dikkate alınarak, bu çalışma kapsamında Landsat uydu görüntüsünden elde edilen AYS değerleri ile gerçek değerler arasında tutarlık olduğunu söylemek mümkündür (Tablo 5).

Çalışmada belirlenen yüzey sınıflarında seçilen her yıl için minimum, ortalama ve maksimum AYS hesaplanmış ve bu alanlarda yıllara bağlı olarak meydana gelen sıcaklık değişimleri ortaya konulmuştur (Şekil 11).

Aksaray İli genelinde tüm yüzey alanlarındaki değişime bakıldığında, özellikle yapay alanlarda artış, yeşil alanlarda ise azalış olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yapay bölgelere dönüşen alanlarda AYS değerlerinin görece yüksek, orman alanları ve su yapılarına dönüşen alanlarda ise AYS değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Landsat uydu verilerinden elde edilen AYS değerlerine bakıldığında 28 yıllık bir periyotta il genelinde ortalama AYS değerleri 32 °C'den 42 °C ye yükselmiştir (Şekil 4). Bu artış 1990 yılından 2000 yılına 5 °C, 2000 ve 2006 yılları arasında 2 °C 2006 yılı sonrasında ise 3 °C olarak hesaplanmıştır.

Çalışma yapılan 4 yılda da tarımsal alanlar ile yapay ve çıplak alanların daha yüksek, buna karşın ormanlık ve sulak alanların daha düşük AYS değerlerine sahip olduğunu söylemek mümkündür. (Şekil 11). Bununla birlikte AYS fark haritasına bakıldığında, belirgin sıcaklık artış ve azalış bölgelerinin bir kısmının hem 1990 hem de 2018 yılı AÖ/AK haritalarında tarımsal alanlara denk geldiği görülmektedir. AÖ/AK'da herhangi bir değişim olmadığı halde, bu alanlarda belirgin sıcaklık farklarının oluşmasının, görüntünün alındığı tarihte hasatı henüz yapılmamış ürünlerin bulunmasından ya da toprağın nem içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde de benzer örnekler mevcuttur (Atak ve Tonyalıoğlu, 2020).

1990-2018 yılları arasında çalışma alanı içerisinde en fazla arazi sınıfı alanı artışının yapay bölgelerde %78,76 oranında olduğu ve kentleşmedeki bu yoğun artışın il ve ilçe merkezlerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bununla birlikte yapay bölgeler tüm alan içerisinde görece olarak az bir alan kaplamaktadır (1990 yılında 113 km², 2018 yılında 202 km²). Yine aynı yıllar arasında yapay bölgelerde ortalama sıcaklık değişimi 9 °C'dir. Bu durum yapay alanların artmasına bağlı ısı adası oluşumu ile açıklanabilir (Yüksel ve Yılmaz, 2008).

Bunun yanı sıra orman alanlarının %17,86 oranında azaldığı ve bu alanlarda ortalama sıcaklık artışının 5 °C olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca özellikle bitki örtüsü ile kaplı tüm alanlardaki yüzey örtüsü ve yüzey sıcaklığı değişiminin ortaya konulması amacıyla, AYS haritaları üretilirken kullanılan NDVI haritaları AYS haritaları ile karşılaştırılmış ve genel olarak negatif bir korelasyon elde edilmiştir. Literatürdeki farklı örnekleri gibi (Hua ve Ping, 2018; Mercan 2020) negatif yönlü bu ilişki bitki örtüsü alanlarının azalmasının, yüzey sıcaklığı artışındaki temel parametrelerden biri olduğunu göstermektedir.

NDVI değerleri teorik olarak -1, +1 arasında değişmektedir. Şekil 5 detaylı olarak incelendiğinde NDVI değerlerinin genel olarak 0 değeri civarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumun, bölgede en geniş alanı kaplayan kuru tarım alanlarından ve çorak alanlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte 2018 yılına gelindiğinde değerlerin az da olsa artarak 0,1-0,2 değer aralığında yoğunlaştığı görülmüştür. Ancak NDVI haritalarına bakıldığında, bu artışın çalışma kapsamında yeşil alan olarak tanımlanan alanlardan (ormanlık alan ya da maki ve otsu alanlar) daha ziyade henüz ürünün toplanmadığı diğer bir ifade ile hasatı

yapılmamış ya da toprak neminin daha yüksek olduğu tarım alanlarından kaynaklandığı görülmektedir.

CORINE sınıflarına göre çalışma alanı içerisinde en geniş yüzey alanı ilin %65'ini kaplayan (1990 yılında, 5249 km²; 2018 yılında 5326 km²) tarım alanlarına aittir. Bu alanlarda da tüm yıllara ait ortalama sıcaklık değerleri görece yüksektir. Çalışmada kullanılan görüntülerin Temmuz ve Ağustos ayına ait olması ve bölgede bu aylarda ürün hasatının yapıyor olmasının, tarım alanlarının daha yüksek ısı tutma potansiyeline sahip olmasına sebep olabileceği düşünülmektedir. Bu alanlardaki sıcaklık değerlerinin çıplak arazi alanlarındaki sıcaklık değerleri ile yakın olması da bu görüşü desteklemektedir (Şekil 11). Ayrıca literatürde, uydu görüntülerinin gündüz kayıt edilmesinden dolayı, tarımsal alanlar, karasal bataklıklar ve otlak meralar (maki ve otsu alanlar) gibi açık alanların yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğuna işaret edilmektedir (Ahmed 2015).

Çalışma alanında en geniş yüzey örtüsüne sahip tarım alanları ile görece daha az alan kaplayan yapay bölgelerde 1990-2018 yılları arasındaki alansal değişim ortalama 83 km² civarındadır. Dolayısıyla aslında AYS'deki belirgin artış sadece yapay alanlar değil aynı zamanda tarım alanlarının artması ile de artmıştır.

Landsat görüntülerinden üretilen AYS değerlerinde olduğu gibi MODIS görüntülerinden üretilen AYS değerlerine bakıldığında da yıllar içerisinde her arazi sınıfı için belirgin bir sıcaklık artışı olduğu net bir şekilde görülmektedir (Şekil 11).

1990-2018 yılları arasında il genelinde Landsat görüntülerinden hesaplanan ortalama AYS artışı 10 °C'dir. Türkiye genelinde AÖ/AK değişiminin AYS değişimi üzerine etkilerinin araştırıldığı, yakın ya da farklı zamansal periyotları içeren diğer çalışmalara bakıldığında da benzer sonuçlar görmek mümkündür. Orhan ve Ekercin (2015), Aksaray'ın da içinde bulunduğu Konya Kapalı Havzası'nda Landsat uydu görüntüleri yardımı ile 1984-2001 yılları arasında AYS değerlerinin 2 ila 3 °C yükseldiğini tespit etmişlerdir. Aslan (2016), 2001-2014 yılları arasında Antalya ilinin ortalama AYS değerinin 2,5 °C arttığını, AÖ/AK sınıflarında ise en fazla artışın 5,49 °C ile sanayi bölgeleri ve 5,15 °C boş alanlarda, en az artışın ise 1 °C ile su yapılarında olduğunu gözlemlemiştir. Yazar benzer şekilde Burdur ve Isparta illerinde de 13 yıllık periyotta ortalama AYS değerlerinin sırasıyla 1,2 °C ve 1,1 °C arttığını belirtmiştir. Bu illerde de

artışın en yüksek olduğu arazi türünün boş alanlar olduğunu tespit etmiştir. Yamak, Yağcı, Bilgilioglu ve Çömert (2019), Bursa ilinde 1988-2018 yılları arasında maksimum AYS artışının 8 °C olduğunu ve en yüksek sıcaklık değerinin artan kentleşme ile birlikte yerleşim alanlarında görüldüğünü ifade etmişlerdir. Akkurt (2020), 1990-2018 yılları arasında Eskişehir ilinin AYS değerlerinde 6,7 °C sıcaklık artışı olduğunu ve yapay alanlarda sıcaklık değerlerinin fazla, su alanları, sulak yapılar ve orman ve yarı orman alanlarında sıcaklık değerlerinin az olduğu tespit etmiştir.

Günümüzde iklim değişimi ve kuraklık gibi etmenlerden dolayı AÖ/AK sınıflarının değişmesinin ve buna bağlı olarak AYS değerlerinin artmasının olağan olduğunu söylemek mümkündür. Ancak antropojenik faaliyetlerin artması ile birlikte yapay alanların hızlı bir şekilde genişlemesi, gıda ihtiyacına çözüm olarak tarım alanlarının artması ve bu alanların eski sulak alanlar ya da ormanlık alanlardan sağlanmasının bir bölgedeki AYS değerlerinin olması gerekenden daha hızlı artmasına sebep olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada sunulan uygulamanın sonuçlarının esas olarak atmosferik ısınmadan kaynaklı iklim değişikliği ile beraber ortaya çıkan sıcaklık değerleri değil, insan faaliyetleri nedeni ile yıllar içerisinde değişen AÖ/AK'nın AYS değerlerine etkisi olduğu unutulmamalıdır.

Son olarak su ve bitki örtüsü ile kaplı alanların AYS değerlerinin daha düşük olduğu da yukarıda değinildiği gibi farklı çalışmalarca doğrulanmıştır. Bu nedenle sadece çalışma alanında değil artan nüfus taleplerinin bulunduğu tüm alanlarda yapılacak şehir planlamasında, hızlı sıcaklık ve kentsel ısı adalarının artışının engellenebilmesi için öncelikle var olan yeşil alanların korunması ve uygun bölgelerde yeşil ve mümkünse sulak alanların genişletilmesi gerekmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma birinci yazarın, ikinci yazarın danışmanlığında yapmakta olduğu yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümünü içermektedir. Yazarlar, değerlendirmeleri ve makalenin gelişmesine sağladıkları katkıları için hakemlere teşekkür etmektedir.

ORCID

Gamze KAÇMAZ  <https://orcid.org/0000-0002-6010-9345>

Esra GÜRBÜZ  <https://orcid.org/0000-0001-6105-2291>

KAYNAKLAR

- Ahmed, S.O. (2015). Determining *The Impact Of Urban Expansion On Land Surface Temperature In Adana-Turkey* (Yüksek Lisans Tezi). YÖK veri tabanından erişildi (Tez No. 395702).
- Akkurt, A. (2020). *Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimlerinin Yer Yüzey Sıcaklığına Olan Etkisinin Araştırılması (Eskişehir İli Örneği)* (Yüksek Lisans Tezi). YÖK veri tabanından erişildi (Tez No. 647552).
- Amiri, A.M. (2018). *Develi Ovası'nda Arazi Yüzey Sıcaklık Değişimlerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). YÖK veri tabanından erişildi (Tez No. 520833).
- Aslan, N. (2016). *Landsat Uydu Görüntülerinden Kentsel Isı Adalarının Belirlenmesi: Batı Akdeniz Bölgesi Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). YÖK veri tabanından erişildi (Tez No.433014).
- Atak ve Tonyaloğlu. (2020). Alan kullanım/arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(4), 489-497. doi: 10.18182/tjf.786827.
- Avdan, U. ve Jovanovska G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2006(2), 1-8. doi: 10.1155/2016/1480307.
- Barsi, J., Schott, J., Hook, S., Raqueno, N., Markham, B. ve Radocinski, R. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607-11626. doi:10.3390/rs6111607.
- Chander, G. ve Groeneveld, D. P. (2009). Intra-annual NDVI validation of the Landsat 5 TM radiometric calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1621-1628. doi: 10.1080/01431160802524545.
- Chander, G. ve Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677. doi:10.1109/tgrs.2003.818464.

- Coll, C., Galve, J. M., Sánchez, J. M., Caselles, V. (2010). Validation of Landsat-7/ETM+ thermal-band calibration and atmospheric correction with ground-based measurements. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 48(1), 547–555.
- Dağlıyar, A., Avdan, U. ve Uça Avcı, Z.D. (2015, Mayıs). Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Kahramanmaraş İli Ve Çevresinin Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu*, Konya.
- Ergene, E.M. (2016). *Landsat 8 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Yeryüzü Sıcaklıklarının Uzaktan Algılama Tekniği İle Belirlenmesi: İstanbul Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). YÖK veri tabanından erişildi (Tez No. 445028).
- Gerçek, D. ve Bayraktar, N. (2014, Ekim). Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti Ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği. 5. *UZAL-CBS Sempozyum*, İstanbul.
- Ghobadi Y., Pradhan B., Shafri H. ve Kabiri, K. (2014). Assessment of Spatial Relationship Between Land Surface Temperature and Landuse/cover Retrieval from Multi-Temporal Remote Sensing Data in South Karkheh Sub-basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 8 (1), 525-537. doi: 10.1007/s12517-013-1244-3.
- Gündüz, H.İ. ve Ekercin, S. (2020). Landsat-8 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Hava Kalitesi Haritasının Oluşturulması: Aksaray İli Örneği. *Harita Dergisi*, 163, 50-57. Erişim Adresi: <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/articles/landsat-8-uydu-goruntuleri-kullanilarak-hava-kalitesi-haritasinin-olusturulmasi-aksaray-il-1200.pdf>
- Hua, K. A. ve Ping, O. W. (2018). The influence of land-use/land-cover changes on land surface temperature: a case study of Kuala Lumpur metropolitan city. *European Journal of Remote Sensing*, 51, 1, 1049-1069. doi: 10.1080/22797254.2018.1542976.
- Kaçmaz, G. ve Gürbüz, E. (2021). *UA ve CBS Entegrasyonu ile Arazi Örtüsü Değişiminin Arazi Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Belirlenmesi: Aksaray Örneği*. 18. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Erişim adresi: https://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/ec0d9f3d4c5dd7a_ek.pdf
- Konuk A. (2011). Coğrafi bilgi sistemleri için temel istatistik. Eskişehir: Anadolu üniversitesi wep ofset.
- Latif, M. S. (2014). Land Surface Temperature Retrival of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm-A Case Study of Ranchi District. *International Journal of Engineering Development and Research*, 2(4), 2840-3849. Erisim Adresi: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.679.1491&rep=rep1&type=pdf>
- Lv, Z. ve Zhou, Q. (2011). Utility of Landsat Image in the Study of Land Cover and Land Surface Temperature Change, *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1287–1292. doi: 10.1016/j.proenv.2011.09.206.
- Mercan, Ç. (2020). Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri İle Araştırılması: Muş İli Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42-49. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal/issue/57834/787041>
- Oğuz, H. ve Zengin, M. (2009, Aralık). Erzurum Kenti Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimlerinin (1987-2007) Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi. 3. *DEÜ CBS Sempozyumu*, İzmir.
- Orhan, O. ve Ekercin. S. (2015, Mayıs). Konya Kapalı Havzasında Uzaktan Algılama ve CBS Teknolojileri İle İklim Değişikliği ve Kuraklık Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu*, Konya.
- Orhan, O. (2021). Mersin İlindeki Kentsel Büyümenin Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Araştırılması, *Geomatik dergisi*, 6(1), 69-76. doi: 10.29128/geomatik.679858.
- Roy, S., Pandit, S., Eva, E. E., Bagmar, M. S. H., Papia, M., Banik, L., ... Razi, M.A. (2020). Examining the nexus between land surface temperature and urban growth in chattogram metropolitan area of Bangladesh uaing long term landsat series data. *Urban Climate*, 2(2020), 1-22.
- Pal, S. ve Ziaul, S. K. (2017). Detection of land use and land cover change and land surfacetemperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125-145. doi:10.1016/j.ejrs.2016.11.003.

- Polat, N. (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1),10-15. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal/issue/52699/649526>
- Qin, Z., Karnieli, A. ve Berliner, R. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719-374. doi:10.1080/2150704X.2020.1868601.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C. ve Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440. doi:10.1016/j.rse.2004.02.003.
- Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş.H., Kaya, Ş. ve Marangoz, A.M. (2015, Mart). Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği. 15. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Tarım Orman. (2021). Erişim adresi: <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/index.html>
- Tucker C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations monitoring vegetation. *Journal of Remote Sensing Environment*, 8(2), 127-150. doi:10.1016/0034-4257(79)90013-0.
- TÜİK. (2021).Türkiye istatistik kurumu. Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210>
- USGS. (2021). United States Geological Survey. Erişim Adresi: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>
- Yamak, B, Yağcı., Z, Bilgilioğlu, B.B. ve Çömert, R. (2019, Nisan). *Kentleşmenin Arazi Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Araştırılması Bursa İli Örneği*. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu, Aksaray.
- Yuan, F. ve Bauer, M. E. (2006). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery, *Remote Sensing of environment*, 106(3), 375-386. doi:10.1016/j.rse.2006.09.003.
- Yüksel Ü. D. ve Yılmaz O. (2008), Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 937-95. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/gazimmfd/issue/6678/88558>
- Zheng, Y., Ren, H., Guo, J., Ghent, D., Tansey, K., Hu, X., ... Chen S. (2019). Land Surface Temperature Retrieval from Sentinel-3A Sea and Land Surface Temperature Radiometer, Using a Split-Window Algorithm. *Remote Sensing*, 11(6), 650. doi:10.3390/rs11060650.