

KENTLEŞMENİN ARAZİ YÜZEY SICAKLIĞINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI BURSA İLİ ÖRNEĞİ

B. Yamak^a, Z. Yağcı^a, B.B. Bilgilioglu^{a,b}, R. Çömert^a

^aHarita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi,
29000 Bağlarbaşı Gümüşhane, Türkiye - (beyzanryamak, zekeriya.yagci@gmail.com
(bahabilgilioglu, rcomert)@gumushane.edu.tr

^b ITU, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İnşaat Fakültesi, 80626 Maslak İstanbul, Türkiye - bilgilioglu16@itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Arazi Yüzey Sıcaklığı, Kentsel Isı Adası, Uzaktan Algılama, NDVI

ÖZET

Günümüzde büyük kentlerdeki sanayileşme ve kentleşme beton ve asfaltla kaplanmış yüzeylerin artmasına neden olmaktadır. Kent alanlarının genişlemesi ile birlikte yüksek ısı depolama özelliklerine sahip malzemelerin kullanımının artması bölgenin hissedilebilir sıcaklığındaki artışı gösteren Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) değerini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, kentleşmeye bağlı arazi yüzey sıcaklığının zamansal değişimi incelenmiştir. AYS arazinin doğal yeşil bitki örtüsüne doğrudan bağlı olup geniş kent alanlarında büyük ölçekte farklılık gösterir, bu farklılık ‘kentsel ısı adası’ olarak tanımlanır. Çalışma bölgesi olarak ele alınan Bursa ili 1990 yılından bu yana hızlı nüfus artışı göstermiş ve bununla beraber yapı sayısında hızlı bir artış bu da beraberinde kentleşmeyi getirmiştir. Bu kentleşmenin arazi yüzey sıcaklığına etkisini ortaya koymak amacıyla on yıllık periyotlarla Landsat uydu görüntüleri ile Bursa ili kent alanında yüzey sıcaklığının zamansal değişim analizi gerçekleştirilmiştir. 1988, 1998, 2008 ve 2018 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü indeksi (NDVI) üretilmiştir. Bu NDVI görüntülerinin emisyon değerleri kullanılarak Landsat uydu sensörünün termal verilerinden AYS hesaplanmıştır. Üretilen NDVI haritalarından zamansal olarak kent alanlarında yüksek oranda yeşil bitki örtüsü miktarında azalma, bunun aksine arazi yüzey sıcaklığı haritalarından ise kent alanlarına ait sıcaklıklarda artış olduğu gözlemlenmiştir.

1. GİRİŞ

Kent alanlarında gelişen iş istihdamı eğitim, sağlık ve barınma olanaklarına bağlı olarak kentlerde yaşayan nüfus kontrolsüz bir şekilde artmaktadır. Hızlı nüfus artışı kentlerdeki arazi kullanım özelliklerinin değişimine neden olmaktadır. Özellikle konut ve sanayi alanının artışı ile birlikte doğal peyzaj elemanları azalmaktadır. Kentleşme ve sanayileşme, atmosferin sınır tabakasındaki ısı ve su döngüsünü etkilemekte ve kent iklimini kırsal alandan farklılaştırmaktadır. (Yüksel, 2008). Bunlara ek olarak kentsel ihtiyaçların artması ile birlikte yeşil bitki örtüsünün azaltmakta, güneş radyasyonu emilimini artırmakta ve bölgesel iklimi etkilemektedir. Bu sonuçlar beraberinde kentsel ısı adası (KIA) oluşumuna sebebiyet vermektedir (Marco Morabito, 2016). KIA, şehirdeki atmosferik alanın diğer bölgelere kıyasla daha sıcak olduğu durumdur. Bu sıcaklık farkı ile kent alanları kendine özgü bir iklimi olan bölgeler haline gelmektedir. Kent ve kırsal alanlardaki bu iklimsel farklılaşma kentsel ısı adası olarak tanımlanabilir (Yüksel, 2008).

Yeryüzüne ulaşan radyasyon KIA oluşumunu etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Kır ve şehir alanlarındaki farklı zemin özellikleri bu alanlarda önemli derecede ısı farklılıklarına neden olmaktadır. Gelen enerjinin yerden yansması da kır ve şehir alanlarında aynı değildir. Çünkü kırsal alanlarda geri yansıyan enerji hiçbir fiziksel engelle maruz kalmadan yansırken şehir alanlarında yüksek binalar arasında önemli oranda tutulmakta ve geri yayılımında önemli zamansal gecikmeler olmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005).

Kentlerde oluşan ısı adalarının etkisini azaltmak ve gelecekte sürdürülebilir planlamalar yapılabilmesi için öncelikle bu alanların tespit edilmesi oldukça önemlidir.

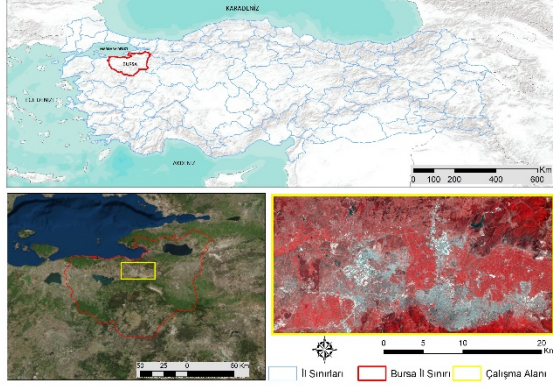
Gelişen uydu teknolojileri ile birlikte uydu sensörlerinde yer alan termal algılayıcılar ile kentsel ısı adalarının belirlenmesi mümkündür. Günümüzde kentleşme arazi kullanımı/arazi örtüsü ve kentsel ısı adası arasındaki ilişkiyi inceleyen çok sayıda araştırma mevcuttur (Abhijit S. Patil, 2018) (Herbei, 2012). Bu araştırmalar incelendiğinde genellikle benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Özellikle kentsel alanlarda yüksek KIA değerinin yüksek olduğu, yeşil alanlarda ve su alanlarda düşük KIA değerinin olduğu görülmüştür (Şekertekin vd., 2015).

Bu çalışmada Bursa kent merkezinin 1988-2018 yılları arasındaki kentsel büyümesine bağlı olarak kentsel ısı adası oluşumu incelenmiştir. Bu kapsamda 1988’den itibaren 10 yıllık periyotlarla kent merkezinin arazi kullanımı/arazi örtüsü (AK/AÖ) ve arazi yüzey sıcaklığı (AYS) haritaları üretilmiştir. Üretilen haritalar karşılaştırılarak AYS ile arazi AK/AÖ arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında ayrıca AYS ile yerleşim yeri ve yeşil alanlar arasındaki ilişkiyi belirlemek için normalize edilmiş fark bitki indeksi ve normalize edilmiş yerleşim alanı indeksleri üretilmiş ve bu indekslerle AYS arasındaki korelasyon belirlenmiştir. Arazi yüzey sıcaklıklarının hesaplanması ile belirlenmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışmanın ana hattını Bursa’nın Osmangazi, Yıldırım ve Nilüfer ilçe merkezleri oluşturmaktadır. Kentsel ısı adaları özellikle kent merkezleri, yapılaşmış alanlarda ve sanayinin geliştiği alanlarda belirgin olarak ortaya çıktığı için çalışma alanı sınırını kent merkezi ve çevresini kapsayacak şekilde belirlenmiş ve toplam olarak 630.72 km²’lik bir alanı içermektedir. Çalışma alanının konumu ve sınırları Şekil

1'de yer almaktadır. Çalışma alanı olarak Bursa'nın seçilmesinin nedeni Bursa kent nüfusu, sanayileşmenin artışı ile hızla çoğalmıştır. Bursa ili 1965 yılında 755.504 kişinin yaşadığı orta ölçekli bir şehir iken bu rakam 2000 yılında 2.150.571, 2018 yılında ise 2.994.521 kişiye ulaşarak Türkiye'nin en yoğun 4. ili olma özelliğini almıştır (TÜİK). Bu açıdan bakıldığında Bursa'nın kentleşmesinin kent iklimine olan etkilerini incelemek ve sonuçlarını irdelemek çok önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı

3. VERİ VE METOT

3.1 Veri

1988, 1998, 2008 yılları için Landsat 5 uydu görüntüleri 2018 yılları için Landsat 8 uydu görüntüleri, ABD Jeolojik Etüt (USGS) 'Earth Explorer' web sitesinden elde edilmiştir (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Uydu görüntüleri seçilirken atmosferik koşullar ve mevsimsel etkiler dikkate alınarak yakın tarihli görüntüler çalışma kapsamında tercih edilmiştir. (Tablo 1). Çalışma kapsamında AK/AÖ sınıflandırması için spektral bantlar, AYS üretimi içinde ilgili spektral bantlar ve termal bantlardan yararlanılmıştır. Kullanılan uydu görüntülerinin bant özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Sıra No	Uydu	Sensör	EldeEdilmeTarihi
1	Landsat 5	TM	25.07.1988
2	Landsat 5	TM	06.08.1998
3	Landsat 5	TM	17.08.2008
4	Landsat 8	OLI & TIRS	13.08.2018

Tablo 1. Landsat görüntülerin detayları

Bant adı	Mekânsal çözünürlük (m)
Mavi	30
Yeşil	30
Kırmızı	30
Yakın Kızılötesi	30
Kısa dalga kızılötesi 1	30
Kısa dalga kızılötesi 2	30
Termal*	30
*Landsat 5 uydu görüntüsünde Termal bant 120 metreden, Landsat 8 uydu görüntüsünde 100 metreden 30 metreye yeniden örneklenmektedir.	

Tablo 2. Analiz işlemlerinde kullanılan bantlar ve mekânsal çözünürlükleri

3.2 Metot

Çalışma kapsamında uygulanan metodoloji aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

3.2.1 Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AK/AÖ) Üretimi

AK/AÖ belirlenmesi için kontrollü sınıflandırma yöntemi işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesine ait veriler ArcMap 10.3 yazılımında işlenmiştir.

Çalışma bölgesinin belirlenen yıllara ait uydu görüntülerini sınıflandırmak için su, yeşil alan, yerleşim alanı, çıplak alan ve tarım arazisi olmak üzere 5 adet sınıf tanımlanmıştır. Tanımlanan sınıflara göre eğitim verisi toplanıp En Çok Benzerlik (Maximum Likelihood) algoritması kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının belirlenen yıllara ait kontrollü sınıflandırma işlemi sonucunda üretilen sınıflandırma haritalarının doğrulukları hata matrisine göre hesaplanmıştır.

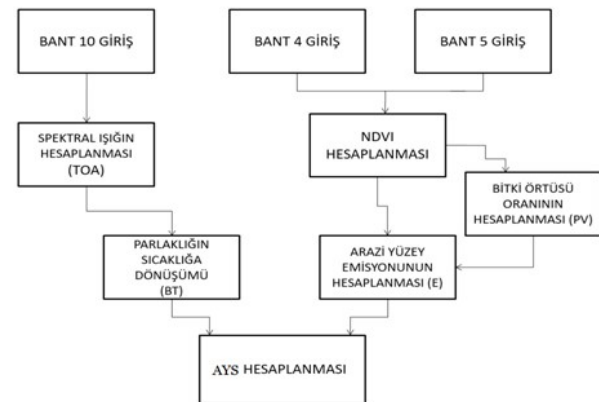
3.2.2 Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI)

Orta kızılötesi (MIR) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarının spektral yansıtım değerleri ile yerleşim alanlarını tespit etmek amacıyla normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (Normalized Difference Built-up Index, NDBI) oluşturulmuştur (Herbei, 2012). Bu indeks yerleşim alanlarını tespit etmek, yerleşim alanının arazi yüzey sıcaklığıyla ilişkisinin araştırılması amacıyla çalışma alanı verilerine uygulanmıştır. Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi orta kızıl ötesi ve yakın kızıl ötesi bantların farklarının toplamına bölünmesi ile elde edilmektedir (Eşitlik 1).

$$NDBI = \frac{MIR - N}{MIR + N} \quad (1)$$

3.2.3 Arazi Yüzey Sıcaklığının(AYS) Hesaplanması

Uygulanan metodun işlem akışı aşağıda Şekil 2'de verilmiştir (Avdan ve Jovanovska, 2016). Şekil 2'de verilen akış Landsat 8 uydu verisine göre uyarlanmıştır. Çalışmada bant 10 parlaklık sıcaklığını belirlenmek için, bant 4 ve bant 5 ise normalize edilmiş bitki endeksini (NDVI) hesaplamak için kullanılmıştır. Landsat 5 uydu görüntüleri ile AYS haritaları elde edilirken kullanılan bant ve termal dönüşüm sabitleri değişkenlik gösterir. Landsat 5 uydu görüntüsüne göre yapılan hesaplamada yakın kızılötesi için bant 4, kırmızı için bant 3 ve termal bant için bant 6 kullanılır.



Şekil 2. Arazi yüzey sıcaklığı(AYS) algoritmasının akış şeması

AYS hesaplamasının işlem adımları ve formülleri aşağıda verildiği gibidir.

Atmosfer Üstü Spektral Işığının Hesaplanması (TOA)

Algoritmanın ilk adımı termal bant girişidir. Termal bant girişinden sonra USGS resmi sitesinden elde edilen formüle spektral ışık hesaplanır (Eşitlik 2).

$$TOA(L) = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

M_L :Banda özgül çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörü

Q_{cal} : termal bantta tekabül eden ışıma değeri

A_L :Yeniden boyutlandırma faktörü

Spektral Parlaklığın Parlaklık Sıcaklığına Dönüşümü (BT)

Dijital sayılar (DN), yansıma değerlerimizi ifade etmektedir. Bu yansıma değerleri parlaklık değerlerine dönüştürüldükten sonra, termal bant verilerinin meta veri dosyasında sağlanan termal sabitler kullanılarak spektral parlaklık, parlaklık sıcaklığına (BT) dönüştürülür (Eşitlik 3).

Sonuçların Celcius' ta elde edilmesi için Kelvin dönüşümü yapılır (yaklaşık -273.15).

$$BT = \frac{K2}{(\ln(K1 / "TOA") + 1)} - 273.15 \quad (3)$$

K_1 ve K_2 : Banda özgül termal dönüşüm sabiti

Meta Veri	Landsat 5	Landsat 8
K_1	607.76	774.8853
K_2	1260.56	1321.0789
M_L	0.055375	0.0003342
A_L	1.18243	0.1

Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) Hesabı

Normalize edilmiş bitki endeksinin hesabı hem AYS'de emisyonun hesabında hem de AYS ile yıllar arasındaki mevcut yeşil alanların karşılaştırılmasında kullanılmıştır (Eşitlik 4).

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

Bitki Örtüsü Oranının Hesaplanması (P_v)

Bitki örtüsü oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir.

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

Arazi Yüzey Emisyonunun Hesaplanması (ϵ)

AYS'nin hesaplanabilmesi için arazi yüzeyi emisyonu(ϵ) belirlenmelidir (Eşitlik 6). Yüzey emisyonu bir materyalin yüzeyinin nispi olarak radyasyon ile enerji yayma yeteneği olarak tanımlanır. Ayrıca emisyon, aynı sıcaklıkta, belirli bir

materyalin yaydığı enerjinin, bir kara cisim tarafından yayılan enerjiye oranı olarak da ifade edilmektedir. Kısacası, termal enerjiyi yüzeyden atmosfere iletmenin etkinliğidir (Jimenez ve Munoz, 2006).

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

$\epsilon_{v\lambda}$: bitki emisyon değeri ; $\epsilon_{s\lambda}$: toprak emisyon değeri

Arazi Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması (AYS)

Yüzey sıcaklığı haritasını elde etmek için Eşitlik 7 ve Eşitlik 8 uygulanmaktadır.

$$AYS = \frac{BT}{\{1 + [(\lambda BT / \rho) * \ln(\epsilon)]\}} \quad (7)$$

$$\rho = h \frac{c}{\sigma} = 1.438 \times 10^{-2} \text{ m K} \quad (8)$$

σ : Boltzmann sabiti (1.38×10^{-23} J/K)

h : Planck sabiti (6.626×10^{-34} Js)

c : Işık hızı (2.998×10^8 m/s)

3.2.4 Kentsel Isı Adası Etkisinin Hesaplanması

Çalışma alanındaki kentsel ısı adası değişikliklerini analiz etmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Ma, 2010):

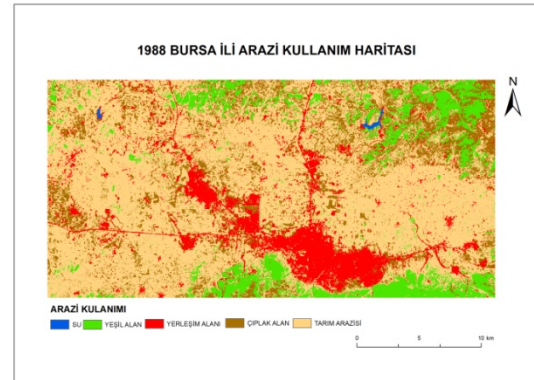
$$KIA: \mu + \frac{\sigma}{2} \quad (9)$$

Formüldeki μ çalışma alanının ortalama AYS değeri, σ ise AYS' nin standart sapmasıdır.

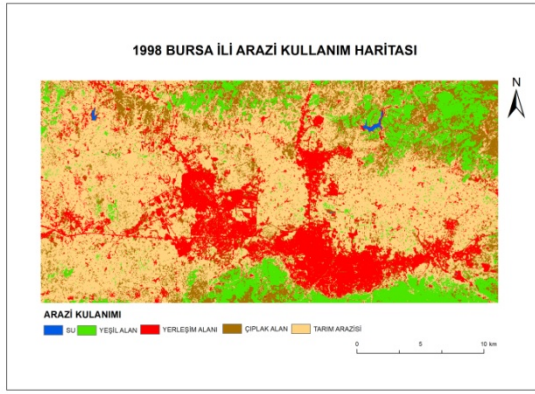
4. BULGULAR

4.1 AK/AÖ Sınıflandırması

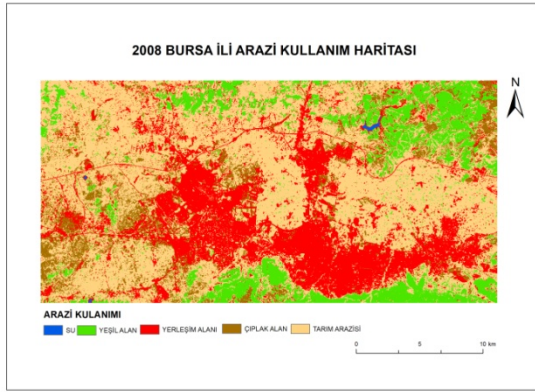
Bursa kent merkezine yönelik olarak yapılan sınıflandırma işlemine ait sonuç haritaları Şekil 3'de gösterilmiştir. Üretilen haritaların doğruluklarını belirlemek için çalışma sahasına 350 referans noktası atılmış ve sınıflandırılmış verilerin genel doğruluk yüzdeleri belirlenmiştir. 1988, 1998, 2008, 2018 yılına ait sınıflandırılmış görüntülerin genel doğruluk değerleri sırası %85, %83, %80 ve %86 olarak elde edilmiştir.



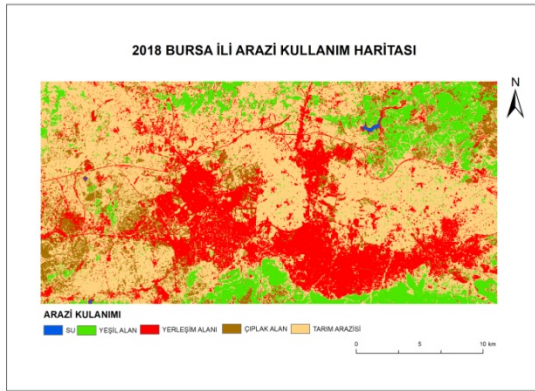
(a)



(b)



(c)



(d)

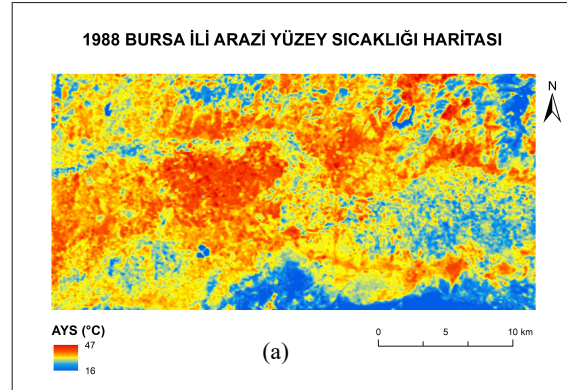
Şekil 3.Yapılan sınıflandırma işlemi sonucu elde edilen AK/AÖ haritaları; (a): 1988,(b): 1998, (c): 2008, (d): 2018

Sınıflandırma sonucuna göre yerleşim alanlarının büyük ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Sınıflandırma sonrası yapılan alansal karşılaştırmaya göre 1988 yılı verisinde yerleşim alanı 74.18 km² iken; yaklaşık 1.73 kat artarak 2018 yılında 202.44 km² olmuştur. Yerleşim alanının bu artışı arazi yüzey sıcaklığının artmasına sebep olacaktır. Bu artış beraberinde kentsel ısı adasının genişlemesini etkileyecektir.

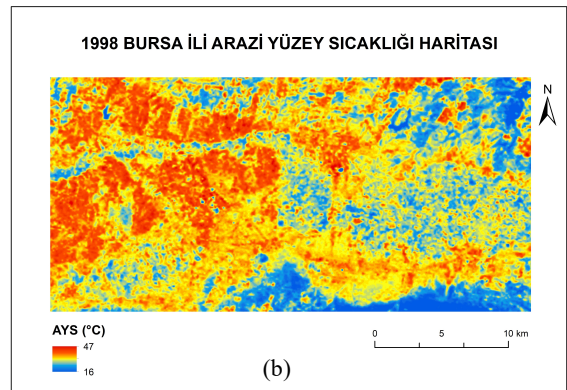
4.2 Arazi Yüzey Sıcaklığı

Landsat 5 ve Landsat 8 uydularının, termal kızılötesi bantları spektral ışığa dönüştürülerek parlaklık sıcaklığı ve arazi yüzey sıcaklığının hesaplanmasında bir kaynak olarak kullanılmıştır. Şekil 2'deki işlem adımları takip edilerek çalışma alanının belirlenen yıllara ait arazi yüzey sıcaklığı haritaları üretilmiştir (Şekil 4).

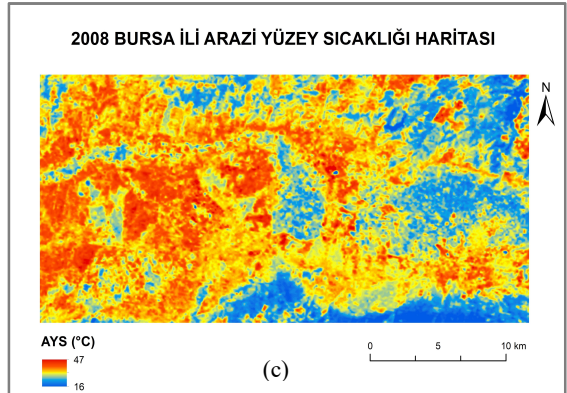
Arazi yüzey sıcaklığı değeri, 1988 yılında 20-34 °C, 1998 yılında 17-32 °C, 2008 yılında 22-46 °C ve 2018 yılında 19-42 °C arasında değişkenlik göstermektedir. 1988 ve 2018 yıllarında maksimum sıcaklık farkı 8 °C ve minimum sıcaklık farkı değeri ise 1 °C'dir.



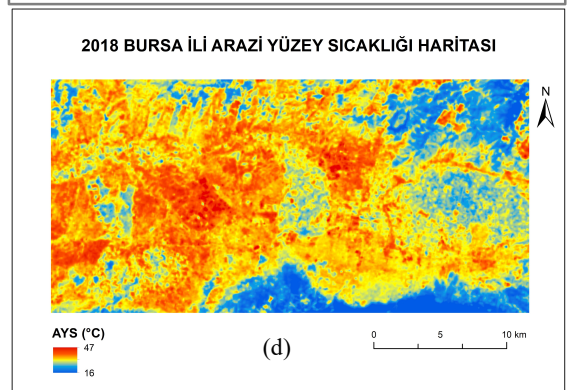
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4. Yıllara bağlı üretilen AYS haritaları (a): 1988, (b): 1998, (c): 2008, (d): 2018

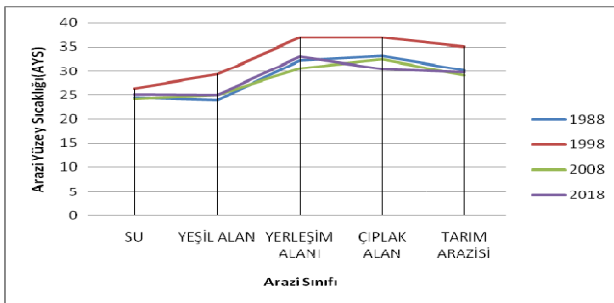
Arazi yüzey sıcaklığı haritalarına ait değerleri kontrol etmek amacıyla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden çalışma alanı sınırı içerisinde bulunan; Bursa, Kestel, Nilüfer ve Yıldırım istasyonlarına ölçülen, uydu görüntülerinin elde edildiği ana en yakın ait sıcaklık verileri temin edilmiştir (Tablo 5). Arazi yüzey sıcaklığı haritalarının karesel ortalama hatası 1988 yılında 1.93 °C, 1998 yılında 3.82 °C, 2008 yılında 4.03 °C ve 218 yılında ise 0.83 °C olarak hesaplanmıştır.

İstasyon Adı	İstasyon Sıcaklık Değeri (°C)	AYS Haritalarından Elde Edilen Sıcaklık Değeri (°C)	Sıcaklık Farkı (°C)
25.07.1988/11.00			
BURSA	33.8	34.5	0.7
ULUDAĞ	21	22.8	1.8
06.08.1998/11.00			
BURSA	35.2	32.5	2.7
ULUDAĞ	21	23.7	2.7
17.08.2008/12.00			
BURSA	36.3	39.2	2.9
ULUDAĞ	22.2	25	2.8
13.08.2018/12.00			
BURSA	31	32	1
KESTEL	32.8	32.6	0.2
NİLÜFER	31	32	1
YILDIRIM	32.8	32.6	0.2

Tablo 5. Arazi yüzey sıcaklıkları ile istasyon sıcaklık değerleri arasındaki fark

4.3 Arazi Yüzey Sıcaklığı ile Arazi Örtüsü Arasındaki İlişki

Üretilen arazi yüzey sıcaklığı haritaları ile AK/AÖ sınıfları arasındaki ilişkiye bakıldığında, arazi yüzey sıcaklığının en yüksek değerinin yerleşim alanında, en düşük değerinin ise sulak alanlarda olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5). Bununla birlikte çalışma alanının arazi yüzey sıcaklığının arazi örtüsü ve arazi kullanım sınıflarına bağlı olarak da değiştiği ortaya konmuştur.



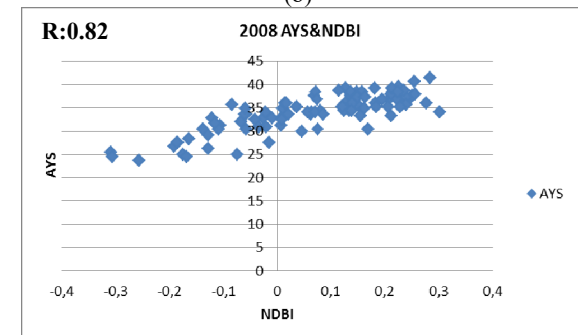
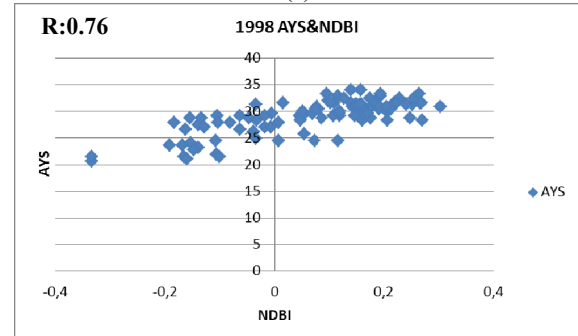
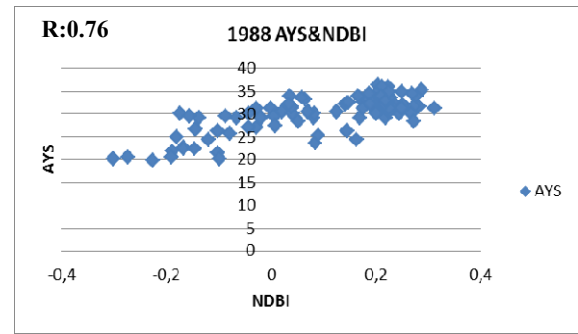
Şekil 5. Arazi yüzey sıcaklığı ile arazi örtüsü arasındaki ilişki

4.4 4.4 Arazi Yüzey Sıcaklığının NDBI ve NDVI ile İlişkisi

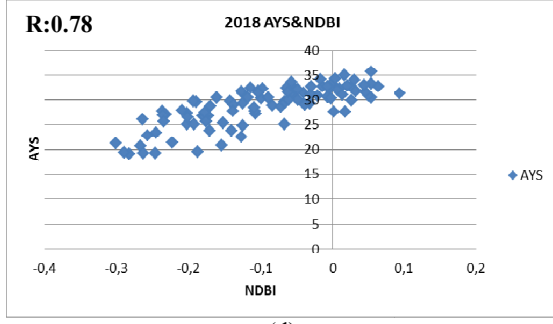
Çalışmanın sonucu olarak üretilen arazi yüzey sıcaklığının NDBI ve NDVI ile ilişkisi korelasyon analizi yöntemi

uygulanarak araştırılmıştır. 1988,1998,2008 yıllarına ait Landsat 5 ve 2018 yılına ait Landsat 8 uydu görüntülerinden rastgele alınan 100 nokta kullanılarak korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6 ve Şekil 7’de korelasyon değeri ve arazi yüzey sıcaklığının NDBI ve NDVI ile ilişkisi açıkça gösterilmektedir.

Sonuç olarak yüksek arazi yüzey sıcaklığının olduğu alanlarda NDBI değerinin yüksek olduğu, daha düşük arazi yüzey sıcaklığının olduğu alanlarda ise NDVI değerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak korelasyon analizi sonucunda arazi yüzey sıcaklığının NDBI ile pozitif NDVI ile negatif bir korelasyon içerisinde olduğu görülmüştür. Arazi yüzey sıcaklığı ile NDBI arasında korelasyon katsayısı; 1988 yılında 0.75648,1998 yılında 0.75579,2008 yılında 0.82532 ve 2018 yılında 0.78215 olarak hesaplanmıştır. Arazi yüzey sıcaklığı ile NDVI arasındaki korelasyon katsayısı ise; 1988 yılında -0.72241, 1998 yılında-0.75256, 2008 yılında -0.78061 ve 2018 yılında -0.70042 olarak hesaplanmıştır.

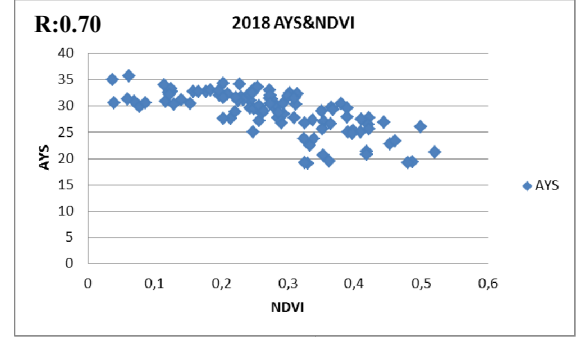


(c)



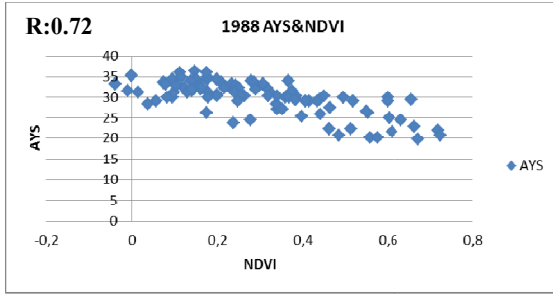
(d)

Şekil 6. Belirlenen yıllara ait AYS ve NDBI arasındaki ilişki; (a): 1988, (b): 1998, (c): 2008, (d): 2018

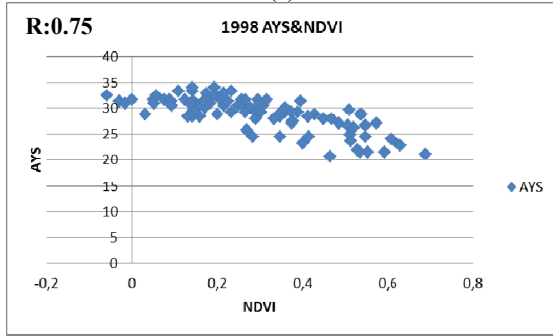


(d)

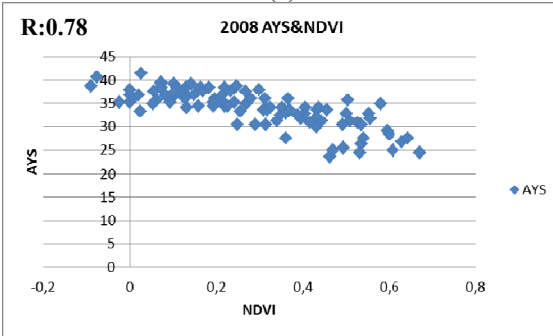
Şekil 7. Belirlenen yıllara ait AYS ve NDVI arasındaki ilişki; (a): 1988, (b): 1998, (c): 2008, (d): 2018



(a)



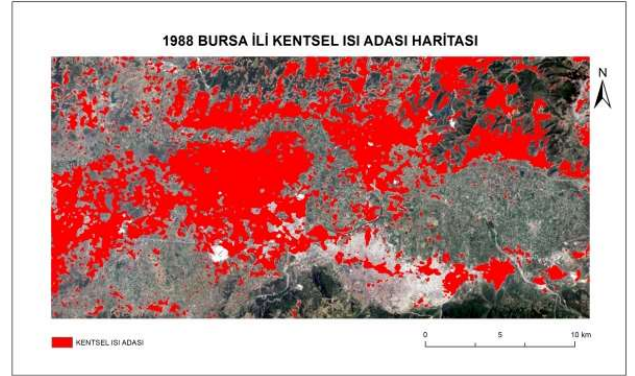
(b)



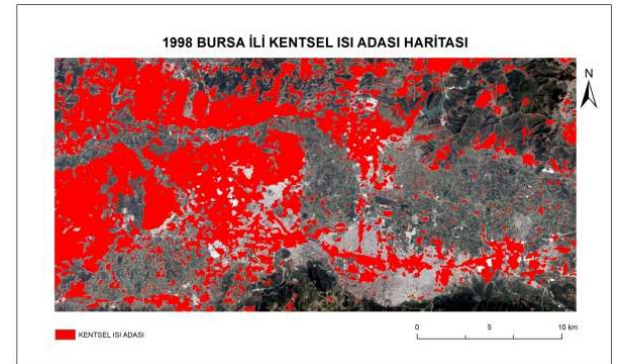
(c)

4.5 Kentsel Isı Adası Etkisinin Hesaplanması

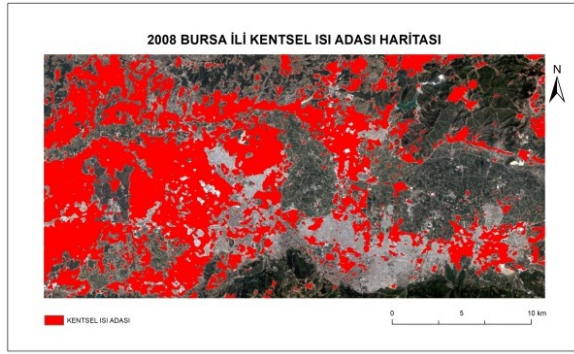
Çalışma kapsamında 1988, 1998, 2008 ve 2018 yıllarına ait kentsel ısı adası etkisi hesaplanmıştır (Şekil 8). Sonuçlara bakıldığında kentsel ısı adası etkisinin en fazla yerleşim ve sanayi bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu bölgeler arazi yüzey sıcaklığının yüksek olduğu bölgelerdir. En düşük kentsel ısı adası etkisinin ise sulak alan ve yeşil alanlarda olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölgelerde ise arazi yüzey sıcaklığı düşüktür. Bu gözlemlere dayanarak yerleşim alanı ve sanayi bölgesinin yoğunluğu arazi yüzey sıcaklığını arttırmış ve kentsel ısı adası kavramını ortaya çıkarmıştır denilebilir.



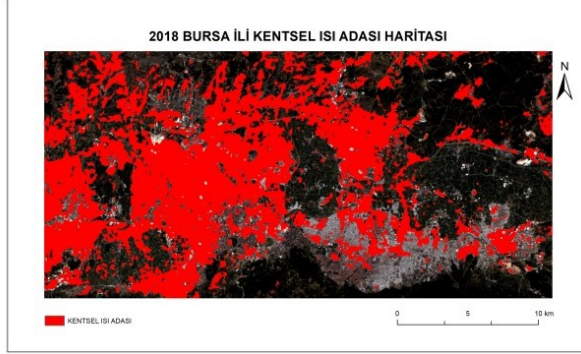
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 6. Belirlenen yıllara ait kentsel ısı adaları; (a): 1988, (b): 1998, (c): 2008, (d): 2018

5. SONUÇ

Çalışma kapsamında, Landsat 8 ve Landsat 5 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Arazi yüzey sıcaklığı çıkarımı için Landsat verisinin yakın kızılötesi, kırmızı ve termal bantlarından faydalanılmıştır. Elde edilen AYS haritalarının yanında, çalışma alanı hakkında genel bir değerlendirme yapılabilmesi amacıyla su, yeşil alan, yerleşim alanı, çıplak alan ve tarım arazisi olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Genel olarak AYS haritaları değerlendirildiğinde literatürdeki çalışmalarda da olduğu gibi, sanayi bölgelerinde, çıplak alanlarda ve betonarme yapıların ağırlık gösterdiği alanlarda yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında bitki örtüsü ile kaplı alanlarda, ormanlık alanlarda ve sulak alanlarda düşük sıcaklık değerlerinin olduğu görülmüştür. Ayrıca NDVI ve NDBI ile AYS arasında yapılan karşılaştırma sonucunda NDBI ile pozitif korelasyon, NDVI ile negatif korelasyon olduğu görülmüştür. Bitki ile kaplı alanların kentsel ısı adası etkisini azaltabildiği, kent yoğunluğunun arttığı alanların ise kentsel ısı adası etkisini artırabildiğini belirlenmiştir. Bazı alanlarda şehir merkezi ile yeşil alanlar arasında ortalama 5-6 °C sıcaklık farkı olmasının yanı sıra, şehir merkezi içerisinde yoğunluk olarak farklılık gösteren alanların 10 °C kadar sıcaklık farkı gösterdiği saptanmıştır. Bu farklılığın sebebi, kentsel ısı adası oluşumu ile ilgili alanın kendine özgü iklim ve sıcaklık değeri yansıtmasıdır. Kentsel ısı adası etkisini azaltmak için arazi yüzey sıcaklığı değerini azaltmak dolaylı yoldan yapılması gereken başlıca unsurdur. Analitik çözümlemeler ve mekânsal regresyon modellerinin kullanılması KIA araştırması için önemli ve gelecek nesillerin kentsel planlamayı daha iyi yapması için bir temel hazırlar. Sonuç olarak kentsel alanlarda yükselen bu sıcaklık değerleri, insan sağlığını, sosyal, ekonomik ve çevre koşullarını olumsuz etkilemektedir. Düşük AYS değerleri, NDVI' in yüksek olduğu bölgelerde tespit edildiğinden, kentsel

alanlarda bulunan yeşil alanların korunumu ve artışı ile kentsel ısı adası etkisi azaltılabilir.

KAYNAKÇA

Abhijit S. Patil, S. S. (2018). IMPACT OF LAND USE LAND COVER CHANGE ON LAND SURFACE TEMPERATURE USING GEOINFORMATICS TECHNIQUES. *IJRAR* , 550-559.

Avdan, U, and Jovanovska, G. "Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data." *Journal of Sensors* 2016 (2016).

Herbei, M. V. (2012). Using satellite images LANDSAT TM for calculating normalized difference indexes for the landscape of Parang Mountains.

Çiçek, İ. Doğan, U. (2005). ANKARA'DA ŞEHİR ISI ADASININ İNCELENMESİ. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2005, 3 (1), 57-72 .

Jimenez, J. C., Munoz, J. A. (2006). Improved land surface emissivities over agricultural areas using ASTER NDVI. *Remote Sensing of Environment* , 474-487.

Ma, Y. Y. (2010). Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM+ imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* , 110-118.

Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş. H., Kaya, Ş., & Marangoz, A. M. (2015, 3 25-28). Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye . *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* .

Yüksel, Ü. D., & Yılmaz, O. (2008). ANKARA KENTİNDE KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN YAZ AYLARINDA UZAKTAN ALGILAMA VE METEOROLOJİK. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* , 937-952.

Morabito M., Crisci A., Messeri A., Orlandini S., Raschi A., Maracchi G., Munafò M.. (2016). The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of The Total Environment*. 317-326.

URL: <http://tuik.gov.tr/Start.do>