

Landsat Görüntüleri ile Adana Yüzey Isı Adası

Adana Surface Heat Island using Landsat Images

Erkan Yılmaz¹

Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara

Öz: Şehirler çevrelerine göre farklı sıcaklık özellikleri gösterirler. Bu farklı sıcaklık koşulları hava sıcaklığı ile ölçüldüğünde “şehir ısı adası (ŞIA)”, yüzey sıcaklığı ile belirtildiğinde ise “yüzey ısı adası (YIA)” adını alır. Adana şehri ve yakın çevresinde YIA'nın yıl içindeki karakterinin konu edildiği bu çalışmada, Landsat uydu görüntüleri, meteoroloji istasyonu verileri ve çeşitli tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden ve çeşitli kaynaklardan yararlanılarak, şehrin gelişimi ve buna bağlı yüzey ısı adası (YIA) boyutlarındaki büyüme ortaya konulmuştur. Uydu görüntülerinin termal bantlarından yüzey sıcaklık modelleri üretilmiş, şehrin çevresine göre nispi yüzey sıcaklık durumunun yıl içinde gösterdiği farklılıklar analiz edilmiştir. Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle oluşturulan arazi örtüsüne göre yüzey sıcaklıklarındaki farklılıklar belirlenmiştir. Yıl içindeki normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI) değerlerinin yıl içerisindeki değişimi ortaya konulmuştur. Yüzey sıcaklıkları ile NDVI değerleri arasındaki ilişkilerin de incelendiği çalışmada, Adana YIA'nın günümüzde 170 km² ye yaklaştığı, kış aylarında negatif YIA, yaz aylarında ise pozitif YIA özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Su yüzeylerinin en düşük sıcaklıklara sahip olduğu Adana çevresinde en yüksek yüzey sıcaklıkları soğuk dönemde kuru tarım yapılan sulu tarım alanlarında, yaz aylarında ise mera alanlarında belirlenmiştir. NDVI ile yüzey sıcaklıkları arasındaki korelasyonlar su yüzeyleri haricinde negatif değerler göstermektedir. Şehirsel alanlardaki NDVI-yüzey sıcaklığı ilişkisi yaz aylarında negatif değerler gösterirken kış döneminde genel olarak pozitifdir.

Anahtar Kelimeler: Adana, yüzey sıcaklığı, şehir ısı adası, YIA, NDVI

Abstract: The cities show different temperature characteristics than their surroundings. These different temperature conditions are called as “urban heat island (UHI)” when they are measured by the air temperature and as “surface heat island (SUHI)” when the surface temperature is specified. In this study the subject of which is the characteristic of the SUHI within the year in Adana city and its close surrounding the Landsat satellite images, the meteorology station data and various definitive statistics were used. By using the satellite images and various sources, the development of the city and the associated growth in the surface heat island (SHI) dimensions were revealed. The surface temperature models were created from the thermal bands of the satellite images and the differences that the relative surface temperature status shows within the year as compared with the surrounding of the city were analyzed. The differences in the surface temperatures according to the land cover created by the controlled classification were identified. The development in the normalized vegetation index (NDVI) values within the year was analyzed and its natural development in Adana and its surrounding was revealed. In the study in which also the relations between the surface temperatures and the NDVI values were examined, it was determined that Adana SUHI has reached to 170 km² today and shows negative SHI characteristic in the winter season and positive SUHI characteristic in the summer season. In the surrounding of Adana where the water surfaces have the lowest temperatures, the highest surface temperatures were identified in the irrigated farming areas where dry farming is performed in the cold period and in the pasture areas in the

¹ İletişim yazarı: E. Yılmaz, e-posta: erylilmaz@ankara.edu.tr

Makale Geliş Tarihi: 5.05.2016

Makale Basım Uygun Tarihi: 25.09.2016

summer season. The correlations between the NDVI value and the surface temperatures show negative values except for the water surfaces. The NDVI-surface temperature relation in the urban areas is generally positive in the winter period whereas it shows negative values in the summer season.

Keywords: Adana, land surface temperature, urban heat island, SUHI, NDVI

1.Giriş

Şehir ısı adası (ŞIA), yapay bir yapı olan şehirlerin çevrelerindeki yarı doğal-doğal kırsal alanlara göre daha sıcak olma durumu olarak tanımlanmaktadır. Şehirler, değişen yapı malzemesi ve şehir morfolojisine bağlı olarak, güneşten gelen radyasyonu daha fazla tutmakta ve radyasyonu geri yansıtma da geciktirici rol oynamaktadır. Bu durum şehirde farklı enerji bilançosu oluşmasına, değişen arazi örtüsüne göre ısı ve enerji kapanı meydana gelmesine neden olmaktadır (Oke, 1981; Oke, 2002). Şehrin dikey gelişimi, gelen radyasyonun emilme sayısını artırarak şehir kanyonlarını üretmekte ve şehir ısı adası etkisi büyümektedir. Özellikle şehir kanyonları bu etkileri artırmakta ve şehirleri, çevrelerine göre farklı iklim özellikleri gösteren “mikro ve mezo klima” alanlar yapmaktadır.

Mezoklima alanlar, sahip oldukları özellikler nedeniyle insan yaşamını hem olumlu hem de olumsuz etkileyebilmektedir. Çevrelerine göre daha sıcak ve soğuk olabilen şehirler, ısınma ve soğutma ihtiyaçlarında farklılıklar yaratmakta, daha fazla enerji harcanmasına ve sıcaklık streslerine neden olmaktadır (Balogun ve diğ., 2010; Lee ve diğ., 2009; Oka, 2011; Tomlinson ve diğ., 2011; Zhang ve diğ., 2011). Şehirlerde yaşayan yoğun nüfus ve endüstri faaliyetine bağlı olarak kirlilik artmaktadır (Lin ve diğ., 2008). Şehirler çevrelerine göre hem dikey hem de yatay görüş oranının azaldığı bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Tsing-Chang ve diğ., 2007). Şehirlerde hidrolojik döngü kesintiye uğramaktadır (Bounoua ve diğ., 2009; Guoxiang ve diğ., 2010). Bunlara bağlı olarak şehirler, insan sağlığını ve yaşam kalitesini etkileyen hava olaylarının görüldüğü yerlerin başında gelmektedir.

ŞIA, sadece sıcaklık açısından farklılıklar yaratmamakta, şehirdeki rüzgâr paternini değiştirmekte, yağış şeklinde ve tipinde değişikliklere neden olmaktadır. Şehir örtüsü, şehir alanında suyun ve nemin azalmasına neden olmakta, suyun buharlaşması için enerji kullanılmadığından, buharlaşma için harcanacak enerji sıcaklığı artırıcı etki yapmakta aynı şekilde soğuk dönemde de suyun buz haline geçerken havaya enerji vererek sıcaklığı artırıcı etkisi azalmakta, su kütlesi de azaldığından (bu su topraktaki su da olabilir) soğuma döneminde havaya donma esnasındaki enerji aktarımı olmamaktadır. Bu da şehirlerdeki termal konfor değişikliklerine neden olmaktadır (Çalışkan ve diğ., 2012; Çalışkan ve Türkoğlu, 2011; Türkoğlu ve Çalışkan, 2011). Şehrin büyümesi bu farklılıkları daha da artırmaktadır.

Şehirler ve çevrelerindeki alanlarda ölçülen meteorolojik değişkenlerde görülen farklılıklar birçok yöntemle çalışılabilmekte, her yöntem bu farklılığın değişik yönleri ile ilgili bilgi sunmaktadır. Yersel istasyonlara bağlı çalışıldığında, şehir ve kırsal alan arasındaki meteorolojik değişkenler arasındaki farklar, bu farkların azaldığı ve arttığı dönemler ortaya çıkarılabilmektedir. Bunun yanında termal kameralar, termal uydu görüntüleri ve kızılötesi hava fotoğrafları ile de şehir sıcaklıkları çalışılabilmektedir (Guoyin ve diğ., 2011; Su ve diğ., 2010; Tomlinson ve diğ., 2011; Unger ve diğ., 2011; Xiaofeng ve diğ., 2010; Xuefei ve Qihao, 2011). Bu durumda ise hava sıcaklığı değil, şehirden yayılan enerji ölçülmekte yani yüzey sıcaklıkları araştırılmaktadır. Hava sıcaklığının kırsal alanlara göre yüksek olma durumu “şehir ısı adası (ŞIA)” (urban heat island) olarak tanımlanırken, şehrin yüzey sıcaklığı açısından kırsal alanlara göre sıcak olma durumu “yüzey ısı adası (YIA)” (surface urban heat island-SUHI) olarak ifade edilmektedir (Yılmaz, 2013). Şehirsel alanın dikey yöndeki atmosfer şartları ravinsonde ile yapılan ölçümlerle araştırılabilmekte, bu sayede “şehir domu” incelenebilmektedir. Mobil ölçümlerle de şehir iklimi çalışmaları yapılabilmekte ve şehrin bir hattındaki değişkenler incelenebilmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Şehir iklimi çalışma yöntemleri ve bunların avantaj-dezavantajları

| Yöntem | Zamansal Sınır | Alansal Sınır | Konu |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yersel İstasyon | Her döneme ait dakikalık bilgiler | Sadece istasyon çevresi | Ölçüm yapılan her değişken çalışılabilir |
| Mobil Ölçüm | Ölçüm anına ait | Ölçüm hattı ve yakın çevresine ait bilgiler | Ölçümü yapılan değişkenler |
| Termal Kamera | Görüntülerin alındığı dönemler | Kamera özelliğine göre değişse de, bazıları sadece bir caddeyi yansıtmakta, bazıları ise daha geniş, birkaç mahalleyi görüntüleyebilmektedir (hava araçlarıyla) | Yüzey sıcaklığı ve elektromanyetik tayfın izin verdiği bilgiler |
| Uydu Görüntüsü | Uyduların geçiş periyoduna göre değişmektedir. Modis uyduları günde 4 defa görüntü alırken, Landsat uydusu 16 günde 1 görüntü almaktadır. | Uydu çözünürlüğüne göre değişmekte, 60 metreden 1 km'ye kadar farklı çözünürlükte görüntüler vardır. Bunların kapladıkları alanlar 10*10 km den daha geniş alanlara (250*250 km) kadar ulaşabilmektedir | Elektromanyetik enerji, lazer, ses dalgası ve radar ışınlarından elde edilen görüntülerin meteorolojik değişkenleri yansıtmada ölçüsünde kullanılabilir. |
| Ravinsonde | Ravinsonde kullanımına bağlıdır. Normal olarak bazı istasyonlarda günde 3 defa bu rasat yapılmaktadır. | Rasatta, atmosferin alt katları istasyon ve çevresinin karakterini yansıtmakta, yükseldikçe bu durum değişmekte, genel atmosfer dolaşımı ile veriler elde edilmektedir. | Ravinsonde aleti ile ölçülen değişkenler (sıcaklık, nem, basınç, dolaylı rüzgâr şartları) |

Şehir iklimi çalışmalarında oldukça fazla konu araştırılmaktadır. Bunlardan biri şehrin çevresi ile olan sıcaklık farkındaki artışın değeridir (Oke, 1982) ki bu ŞIA şiddetini vermektedir ve hava sıcaklığı ile çalışılmaktadır. ŞIA şiddeti, şehirleşmenin şiddetine, yoğunluğuna bağlıdır. Bir alanda nüfusun artması insan faaliyetlerini artırmakta ve ŞIA şiddetinin de artmasına neden olmaktadır. Diğer bir husus, meydana gelen sıcaklık farkının yarattığı termal konfor değişiminin şiddetidir (Çalışkan ve diğ., 2012; Çalışkan ve Türkoğlu, 2011; Matzarakis, 2011, 2013). Bu şiddette meydana gelecek nitel farklar sıcaklık streslerine neden olmakta ve yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Şehirsel alanın büyümesi ŞIA ve YIA şiddetini artırmakta ve dolayısıyla şehirde meydana gelen alansal ve nitel değişimler (kentsel dönüşümler) şehir iklimini etkilemektedirler.

Şehir ısı adası, genel olarak şehrin çevresine göre sıcak olma durumu olarak tanımlansa da, bu durum tipik ısı adasına karşılık gelmektedir. Anlaşılmıştır ki şehirler her zaman çevrelerinden sıcak olmazlar. Özellikle yarı kurak ve kurak alanlardaki şehirler çevrelerine göre soğuk karakterde de olabilirler (Lougeay ve diğ., 1996; Nichol, 1996; Peña, 2009; Yılmaz, 2013) Bu soğuk olma durumu mevsime göre de değişebilir. Son yıllardaki çalışmalar özellikle kurak dönemdeki ŞIA şiddetinin arttığını göstermektedir (Cui ve de Foy, 2012). Dolayısıyla bir şehirde oluşan ŞIA ve YIA'nın karakterini belirlemek de ayrı bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

ŞIA şiddetini azaltılmasında yeşil alanların artırılması ya da bina yapı malzemesi ve renklerinde değişim önerilmektedir (Melvin ve diğ., 1999; Solecki ve diğ., 2005; Taha ve diğ., 1988). Bu da şehirsel alandaki park ve bahçelerin artırılmasını gerektirmektedir. Yapılan çalışmalar NDVI ile yüzey sıcaklıkları ile negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir (Liu ve Zhang, 2011; Tan ve diğ., 2009; Xu ve diğ., 2007; Zhong ve diğ., 2009). Dolayısıyla yeşil alanların artırılması ile sıcaklığın düşürülebileceği gibi durum ortaya çıkmaktadır. Önceki çalışmalar NDVI ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi bir ya da iki dönemde incelemiştir. Yılın tamamında bu durumun değişip değişmediği hakkında tam bir fikir elde etmek için tüm aylara ait çalışmalara ihtiyaç vardır.

Türkiye'de şehir ısı adası çalışmaları birkaç şehirde uygulanmış (Acar, 2005; Bilgili, 2009; Çiçek, 2003; Karaca ve diğ., 1995; Karaca ve Tayanç, 1998; Matzarakis, 2011; Özdemir ve diğ., 2011; Tanrıku, 2006; Tayanç ve Toros, 1997; Temuçin, 1995; Yüksel, 2005; Yüksel ve Kuntay, 2009), yüzey ısı adası ile ilgili çalışmalar ise daha sınırlı kalmıştır. İstanbul için yapılan YIA çalışmasında YIA'nın alansal ve mekansal özellikleri belirlenirken (Kuşçu ve Şengezer, 2011), Ankara YIA'nın

alansal, mekânsal ve zamansal özellikleri ortaya konulmuş, fakat uydu görüntülerinin günün sadece bir dönemine ait olması nedeniyle de sınırlı bir tanımlama yapılabilmektedir (Çiçek ve diğ., 2013).

Adana şehri, Türkiye'nin büyükşehirlerindedir. Şehrin düzensiz yapılaşması, yaz aylarındaki sıcaklık şartlarını etkilemekte, olumsuz yaşam şartları yaratmaktadır. Adana'da oldukça şiddetli bir şehir ısı adası oluştuğu tahmin edilmekte, şehir ve çevresindeki sıcaklık farkı ile ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Adana ve çevresindeki ŞIA'dan çok YIA konu edilmiş ve uydu görüntülerinden YIA'nın karakteristiği belirlenmiştir. Çalışmada bu amaçla aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

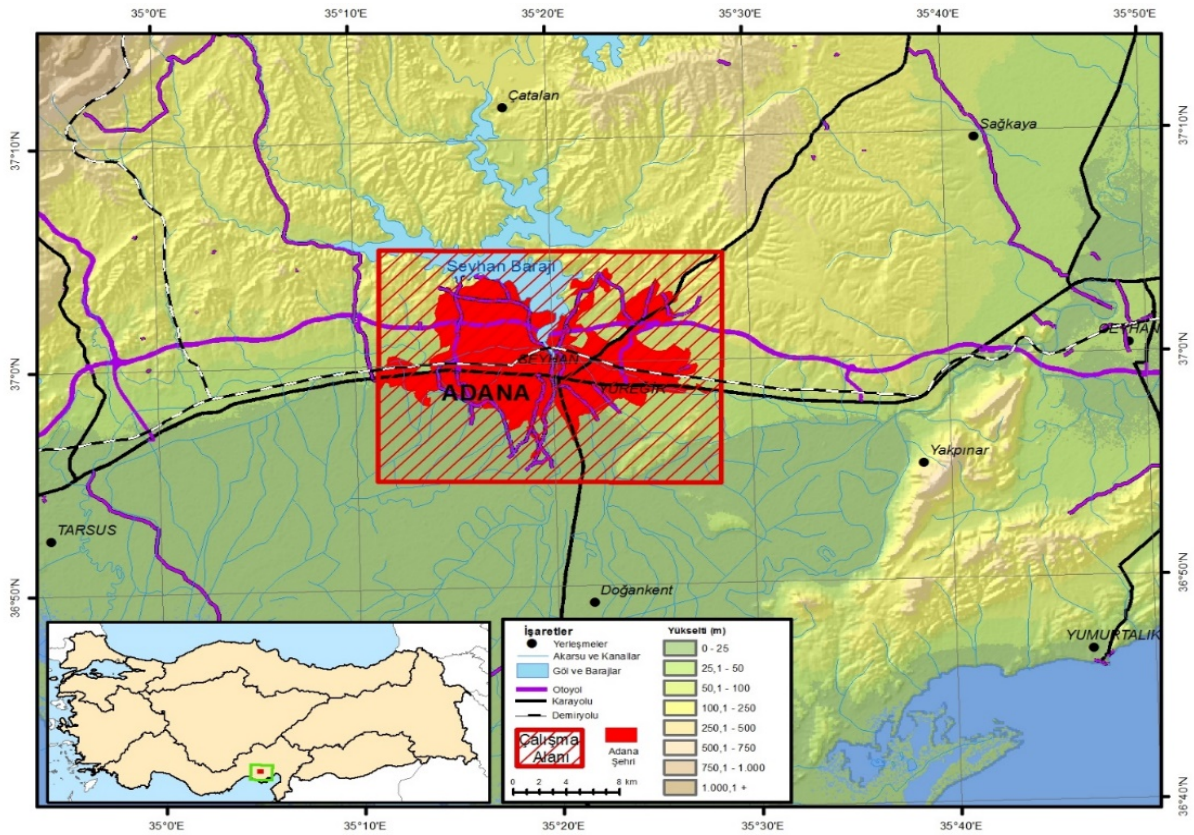
a) Şehrsel alan ile YIA alanı birbiri ile senkronize büyümektedir (Yılmaz, 2013). Adana'da oluşan YIA alanı geçmişten günümüze nasıl değişmiştir. Günümüzdeki alanı ne kadardır?

b) Adana oluşan yüzey ısı adasının karakteri tek tip midir, yoksa birden fazla karakteri mi vardır?

c) Şehir ısı adası azaltma stratejileri içerisinde yeşil alanı arttırmak sayılmaktadır. Adana ve çevresinde NDVI ile yüzey sıcaklıkları arasında nasıl bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki yıl içinde sürekli aynı özellikte mi kalmaktadır?

2. Çalışma Alanı Özellikleri

Adana, Akdeniz Bölgesinin Adana Bölümü'nde yer alan, 2014 yılı nüfusu 1.695.790 (Sarıçam 143.547+Yüreğir 419.240+Çukurova 353.680+Seyhan 779.323) olan Çukurova'daki en büyük yerleşimdir. Merkezi, Çukurova'nın kuzeyinde bulunan Adana, nüfus artışına bağlı hızlı bir şehirleşmeyle genişlemiş, barajın etkisiyle kuzeye ve ulaşım ağlarının etkisiyle de doğu-batı yönünde gelişme göstermiştir (Şekil 1, Şekil 3).



Şekil 1: Adana şehri lokasyon haritası.

Adana, Akdeniz ikliminin tipik olarak görüldüğü bir alandır. Adana meteoroloji istasyonu verilerine göre (1970-2014) şehir ve çevresi en fazla yağışı Aralık ayında almakta (120 mm), yaz yağışlarının çok az olduğu bu alanda yıllık ortalama toplam yağış 600 mm'nin üzerine çıkmaktadır. En soğuk ay olan Ocak ayı sıcaklık ortalaması 10°C'a yaklaşan Adana'da yaz aylarındaki sıcaklık ortalaması 25°C'ı geçmektedir. Haziran ayında 14 saati geçen gündüz uzunluğu Aralık ayında 10 saatin altındadır, buna göre de Adana'da yaz aylarında 10 saatin üzerinde güneşleme süresi ölçülürken kış aylarında bu değer 5 saatin altına inmektedir.

Adana, Köppen iklim sınıflanmasına göre C (orta iklimler) kuşağında, kışı ılık, yazı sıcak ve kurak iklime sahiptir. Emberger metoduna göre az yağışlı yumuşak Akdeniz iklimine sahip olan Adana, De Martonne iklim sınıflandırmasına göre yarı kurak ile nemli iklim arasında yer almaktadır.

3. Veri ve Yöntem

Bu çalışmada, her aya ait 1 Landsat uydu görüntüsü kullanılmış, bu görüntülerin tek bir yıla ait olması istenmişse de bulutluluk nedeniyle bu gerçekleşmemiş, görüntüler bir önceki yıllara başvurularak tamamlanmıştır. Elde edilen görüntülerden yüzey sıcaklıkları üretilmiş, NDVI (Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi) değerleri hesap edilmiş ve kontrollü sınıflandırma tekniğiyle arazi örtüsü oluşturulmuştur. Görüntülerin alındığı günlerde, yersel istasyonlardaki hava sıcaklıkları da değerlendirmiş, yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Aşağıda, kullanılan görüntüsü özellikleri, yüzey sıcaklığı elde etmek için kullanılan algoritmalar, NDVI değeri üretim ve arazi örtüsü elde edilme yöntemi ile kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler açıklanmıştır. Ayrıca kullanılan istatistiksel yöntemler hakkında bilgiler ve tüm çalışmada yapılan analizlerin iş akış şeması da verilmiştir.

3.1.Uydu Görüntüleri ve Kullanılan Algoritmalar

Çalışmada her aya ait sadece bir yılın görüntüleri kullanılmak istense de bulutluluktan ve zaman sınırından dolayı mümkün olmamış, 2014 Mart ayı ile 2016 Mayıs ayları arasındaki döneme ait Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) uydu görüntülerinden 12 aylık görüntü tamamlanabilmiş, görüntülerin termal bantları kullanılarak yüzey sıcaklık modelleri üretilmiştir (Çizelge 2). Sıcaklık modeli üretimi Landsat 8 görüntülerinin 10. (TIRS sensöründen) bandından yapılmıştır. 11. bant kalibrasyon hatası nedeniyle kullanılmamıştır (NASA, 2013, 2014).

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin tarihleri, görüntüyü alan uydu ile şehir ve çevresindeki maksimum, minimum ve ortalama yüzey sıcaklıkları.

| Görüntü Tarihi | Uydu ve sensör | Y_{max} | Y_{min} | Y_{ort} | Y_{std} |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2015-Ocak-22 | Landsat 8 OLI | 20,9 | -2,8 | 12,4 | 2,1 |
| 2016-Şubat-26 | Landsat 8 OLI | 29,3 | 9,5 | 18,6 | 2,0 |
| 2014-Mart-24 | Landsat 8 OLI | 38,2 | 1,7 | 26,0 | 3,8 |
| 2015-Nisan-28 | Landsat 8 OLI | 48,8 | 16,6 | 31,7 | 4,5 |
| 2016-Mayıs-16 | Landsat 8 OLI | 48,7 | 20,7 | 31,4 | 3,0 |
| 2014-Haziran-28 | Landsat 8 OLI | 52,3 | 23,1 | 37,8 | 4,3 |
| 2015-Temmuz-17 | Landsat 8 OLI | 50,6 | 25,1 | 36,2 | 3,6 |
| 2015-Ağustos-18 | Landsat 8 OLI | 43,3 | 22,5 | 33,2 | 2,7 |
| 2015-Eylül-03 | Landsat 8 OLI | 52,2 | 25,9 | 33,9 | 2,8 |
| 2014-Ekim-18 | Landsat 8 OLI | 34,0 | 10,6 | 23,1 | 2,0 |
| 2015-Kasım-06 | Landsat 8 OLI | 36,3 | 12,5 | 21,8 | 2,2 |
| 2014-Aralık-21 | Landsat 8 OLI | 19,8 | -7,4 | 11,6 | 1,3 |

Açıklama: Y_{max} -Maksimum yüzey sıcaklığı, Y_{min} -Minimum yüzey sıcaklığı, Y_{ort} -Ortama yüzey sıcaklığı, Y_{std} -Yüzey sıcaklık standart sapmasını ifade etmektedir.

Landsat 8 görüntüleri toplam 12 banttan oluşmaktadır. Bu bantların çeşitli kombinasyonlarına algoritmalar uygulanarak çeşitli indisler üretilmektedir (Zha ve diğ., 2003). Landsat 8 uydusunun 10.

(10,60-11,19 μ) ve 11. (11,50-12,51 μ) bantları termal bantlar olarak tanımlanmaktadır (NASA, 2015). 100 metrelik mekansal çözünürlüğü olan bantlardan yüzey sıcaklık modeli oluşturulması birkaç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak bantlardaki yansımaya değerleri (0-255) spektral radyans (SR) değerine çevrilir (Eşitlik 1). İkinci işlem yansımaya değerlerinin yayılan enerjiye çevrimidir (Eşitlik 2). En sonunda ise elde edilen Kelvin enerji yayılma değerleri selsius ölçeğine çevrilir (Eşitlik 3) ve yüzey sıcaklık modeli oluşturulmuş olur (NASA, 2015).

$$SR_{L8} = M_L * YD + A_L \dots \dots \dots [1]$$

$$T_K = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{SR} + 1\right)} \dots \dots \dots [2]$$

$$T_C = T_K - 273,15 \dots \dots \dots [3]$$

Eşitliklerde SR-spektral radyans değerini; $M_L=0,0003342$, $A_L=0,1$; YD-yansımaya değerini (0-255); $K_1=774,89$; $K_2=1321,08$, T_K -Kelvin değerini, T_C -selsius sıcaklık değerini ifade etmektedir(Görüntü metadatalarından elde edilmiştir).

Çalışmada Adana şehri gelişiminin belirlenmesi amacıyla Sönmez (2011) ve Sandal ve Tıraş (2012) çalışmalarından faydalanılmış ayrıca 1972-10-22, 1984-04-30, 1990-08-29, 1998-10-22, 2006-08-25, 2015-07-17 tarihli görüntülerinden şehir sınırları çizilerek, şehrsel alan belirlenmiştir.

3.2.Arazi Örtüsü Verileri

Adana şehri ve yakın çevresine ait 2000 ve 2006 yılı Corine arazi kullanım bilgileri bulunmaktadır. Ayrıca Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce hazırlanmış, 1980 yıllarına ait arazi kullanım sınıflarına ait haritalar da mevcuttur. Sözü edilen arazi kullanım haritaları yeteri kadar ayrıntı içermemekte, arazi kullanım bilgilerini sunmamaktadır. Yüzey ısı adası ise arazi kullanım türünden çok arazi örtüsüne göre şekillenen ve daha ayrıntılı tanımlamalara göre karakter kazanan bir olgudur. Çalışmada bu gerekliliklerin sağlanması amaçlanmış, 2015 yılı Temmuz ayına ait Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmış ve elde edilen arazi örtüsüne göre sıcaklık ve NDVI değerleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir.

Kontrollü sınıflandırmada Landsat 8 görüntüsünün 12 bandı da kullanılmış, maksimum olasılık (maximum likelihood) tahmin edicisi ile örneklere bağlı öngörüler yapılmıştır. Bu şekilde çalışma alanına ait su yüzeyi, orman alanı, yoğun şehir alanı (YŞA-şehir merkezi ve çevresinde, yüksek katlı binaların bitişik halde ya da kısa mesafede yer aldığı, cadde ve sokakların dar olduğu alanlar), az yoğun şehir alanı (AYŞA-şehrin çevresinde, az katlı binaların yer aldığı, binaların bitişik olmadığı, cadde ve sokakların genişlediği, bahçeli konut alanları), kuru tarım alanı, sulu tarım alanı, dikili tarım alanı, mera alanı ve sanayi alanı bilgilerini içeren arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur. Kontrollü sınıflandırmanın doğruluk analizi rasgele 198 nokta ile yapılmış, genel doğruluk analizi % 70,71, kappa istatistiği ise 0,67 olarak hesap edilmiştir. Arazi örtülerine göre en yüksek doğruluk oranı su yüzeyleri ve sulu tarım alanlarında (sırasıyla % 100 ve 96), en düşük doğruluk ise sanayi alanlarında belirlenmiştir (% 38).

3.3.Yersel İstasyon Verileri ve Karşılaştırılması

Çalışmada, yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelenmek istenmiş ve kırsal alan ile şehirsel alandaki istasyonlardaki hava sıcaklıklarının yüzey sıcaklıkları ile ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Adana, Şakirpaşa ve İncirlik istasyonları kullanılmış, bu istasyonların, uydu görüntülerinin tarihlerine göre saatlik hava ve yüzey sıcaklıkları incelenmiştir. Yersel istasyonlara ait ölçüm bilgileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiş, konumlarına göre istasyon özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve özellikleri

| İstasyon | İstasyon Özelliği | Koordinat | | Yükseklik |
|-----------|---------------------------|---------------|---------------|-----------|
| Adana | Şehirsel | 37°00'14.76"K | 35°20'39.48"D | 23 |
| İncirlik | Havaalanı (Yarı Şehirsel) | 36°59'01.68"K | 35°17'52.80"D | 20 |
| Şakirpaşa | Havaalanı (Yarı Şehirsel) | 37°00'01.80"K | 35°25'05.88"D | 65 |

3.4.NDVI Verilerinin Oluşturulması

Uzaktan algılamada, bantlara uygulanan çeşitli algoritmalarla elde edilen indisler bulunmaktadır. Bunlar içerisinde bitki örtüsünün belirlenmesi amacıyla kullanılan indis NDVI'dir (normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi-Normalized Difference Vegetation Index) (Lillesand ve diğ., 2015, s. 468). NDVI değeri bitki örtüsünün bulunduğu alanın durumuna göre -1 ve +1 değerleri arasında değişim gösterir. NDVI değeri su yüzeyi gibi bitki örtüsünden yoksun alanlarda negatif, çıplak toprak alanlarda 0'a yakın değerler gösterirken (Karabulut, 2003) sağlıklı bitki örtüsüne karşılık gelen alanlarda +1'e doğru büyümektedir (Tunay ve Ateşoğlu, 2008). Çalışmada, her ay için NDVI değerleri oluşturulmuş, bu NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiler Pearson Korelasyon Katsayısı ile analiz edilmiştir.

$$NDVI = \frac{YakınKızılötesi - Kırmızı}{YakınKızılötesi + Kırmızı} \dots\dots\dots[4]$$

NDVI değerleri yakın kızılötesi bantla kırmızı banda eşitlik 4'ün uygulanmasıyla elde edilmektedir. Landsat 8 görüntüsünde yakın kızılötesi 5. , kırmızı ise 4. banttır.

3.5.Korelasyon Analizi

İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesi "r" simgesiyle gösterilen korelasyon katsayısıyla ölçülür. Korelasyon katsayısı iki değişkenin değişimlerinde ne dereceye kadar uyumluluk olduğunu belirler. Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkinin yönünün, derecesinin ve bu ilişkinin istatistik açıdan anlam taşıyıp taşımadığının ortaya konulması gerektiğinde kullanılmaktadır. Korelasyon katsayısı +1 ile -1 arasında değişen sayısal bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonucun +1'e yaklaşması, iki değişkenden birinin artması diğ erinde de artmanın olduğunu, -1'e yaklaşması ise birinde artma diğ erinde azalma olduğunu göstermektedir. 0'a yaklaşan değerler ise ilişkinin anlam ifade etmediğini gösterir. Korelasyon analizinde eşitlik 5 kullanılır.

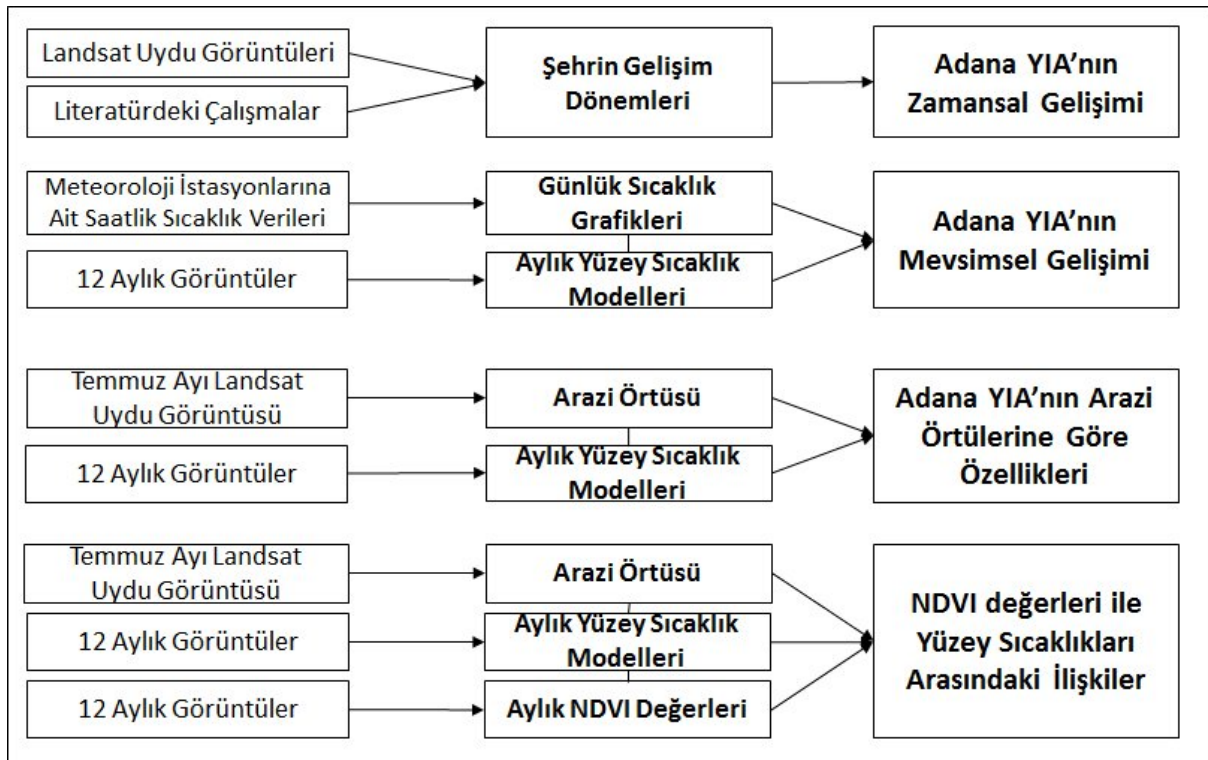
$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) \sum (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \dots\dots\dots[5]$$

Çalışmada korelasyon değerleri t testi ile kontrol edilmiş, $p=0,05$ anlamlılık düzeyinde sınanmış ve olasılık değeri 0,05'ten küçük olan korelasyon katsayıları istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir (Albar, 2003).

Çalışmanın bir diğer aşamasında, arazi örtülerine göre NDVI ve yüzey sıcaklık korelasyonları incelenmiştir. Bu işlem esnasında, tüm NDVI ve yüzey sıcaklıkları arazi örtülerine göre gruplandırılmış ve korelasyon değerleri bu gruplar içinde ayrı ayrı hesap edilmiştir.

3.6.İş Akış Şeması

Çalışmada birçok veri seti ve analiz uygulanmış, sırasıyla Adana şehrine ait gelişim aşamaları, Adana yüzey ısı adasının mevsimsel (aylara göre) değişimi, Adana'da arazi örtülerine göre yüzey sıcaklarının yıl içindeki değişimi ve Adana'da yüzey sıcaklıkları ile NDVI arasındaki ilişkiler araştırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışmada kullanılan veriler ve analizlere at iş akış çizelgesi

4.Bulgular

4.1. Adana YIA'nın Zamansal Gelişimi

Adana, sürekli genişleyen ve nüfusu artan bir şehirdir. Bu genişleme ve kalabalıklaşma durumu, YIA'nın da genişlemesine neden olmaktadır. 1832 yılından önce 1,79 km² alana sahip olan şehir günümüzde 170 km²'ye yaklaşmıştır (Çizelge 4). Şehir ilk kurulduğu yerden genel olarak kuzeye doğru gelişmiş, özellikle şehirlerarası yollar çevresinde büyümüştür (Şekil 3).

Şehrin alansal gelişimi genel olarak yılda 1 km²'den yüksektir. Hesaplamalarda yalnızca 1998-2006 döneminde bu değer altında alansal gelişim gösteren Adana, son yıllarda çok büyük bir hızla genişlemektedir. Genişleme alanı şehrin kuzeybatısında ve kuzeydoğusunda artmaktadır (Çizelge 4, Şekil 3).

yüksek yüzey sıcaklıkları gösterirken bazı aylarda Adana istasyonu ile benzer özellikler göstermiştir (Çizelge 5).

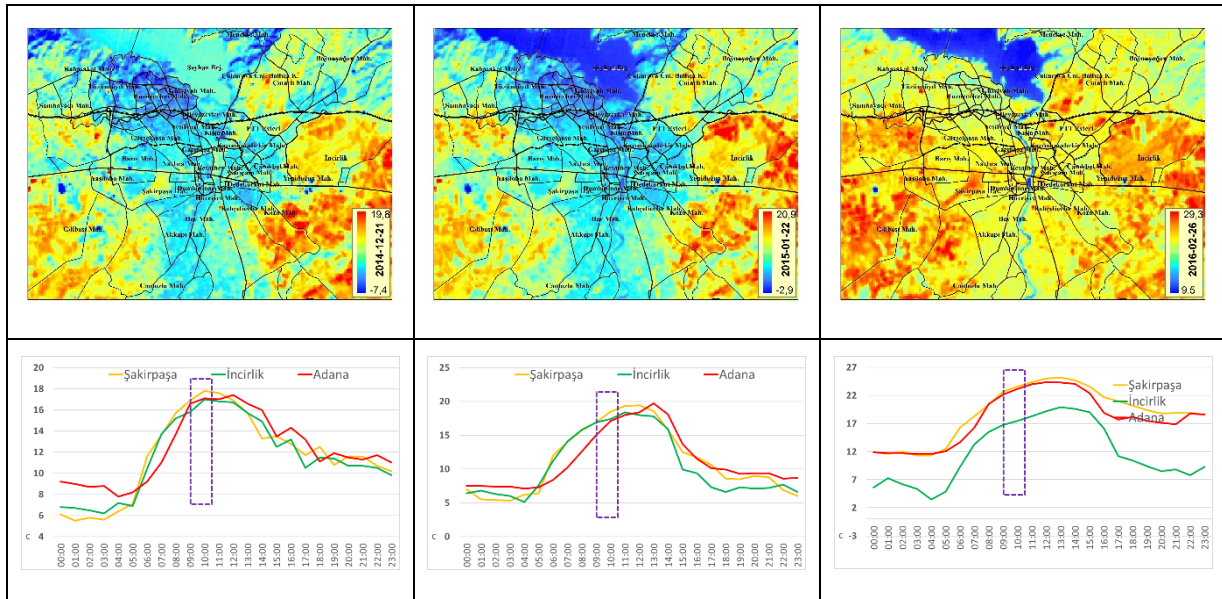
Çizelge 5. Meteoroloji istasyonları için uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklıkları (İstasyon noktalarına 250 m tamponlar oluşturularak elde edilen alan için hesaplanmıştır).

| İstasyon | Oc. | Şub. | Mar. | Nis. | May. | Haz. | Tem. | Ağus. | Eyl. | Ek. | Kas. | Ara. |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Adana | 10,9 | 18,8 | 25,8 | 31,6 | 33,6 | 39,8 | 38,2 | 34,5 | 34,5 | 22,6 | 20,7 | 10,8 |
| İncirlik | 14,6 | 20,0 | 27,7 | 32,7 | 36,1 | 43,1 | 40,3 | 37,5 | 38,6 | 25,5 | 23,5 | 12,6 |
| Şakirpaşa | 12,4 | 20,8 | 27,6 | 34,8 | 35,0 | 40,6 | 40,5 | 36,3 | 37,6 | 23,4 | 21,6 | 12,0 |

Adana’da oluşan yüzey ısı adası, 2015 yılı bilgilerine göre 170 km² civarındadır. Mevsimsel olarak farklı özellikler sunan ısı adası, 3 farklı özellik göstermektedir. Soğuk dönemde oluşan negatif yüzey ısı adası (Ekim-Ocak arası), bahar ve güz dönemlerinde belirginliğini azaltmaktadır (Eylül, Şubat, Mart, Nisan). Yaz mevsiminde (Mayıs-Ağustos) ise yüzey ısı adası (pozitif) tüm özellikleriyle görülmektedir. Aşağıda mevsimlere göre Adana YIA’nın özellikleri ve meteoroloji istasyonlarının hava sıcaklıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiler verilmiştir.

Kış Mevsimi

Aralık, Ocak ve Şubat aylarında Adana şehri, yüzey sıcaklığı açısından çevresindeki alanlardan ayrılmakta ve tipik bir negatif yüzey ısı adası özelliği göstermektedir. Şehirsel alan çevresindeki mera ve tarım alanlarına göre düşük yüzey sıcaklıkları göstermekte, güneyinde yer alan dikili tarım alanlarına benzer yüzey sıcaklıkları gösterse de, bu alandan daha düşük sıcaklıklar ile ayrılmaktadır. Şehir, Aralık ayında kuzeyde yer alan Seyhan Baraj Gölü’ne göre daha soğuk alanları barındırırken, Ocak ve Şubat aylarında göle göre daha sıcaktır (Şekil 4).

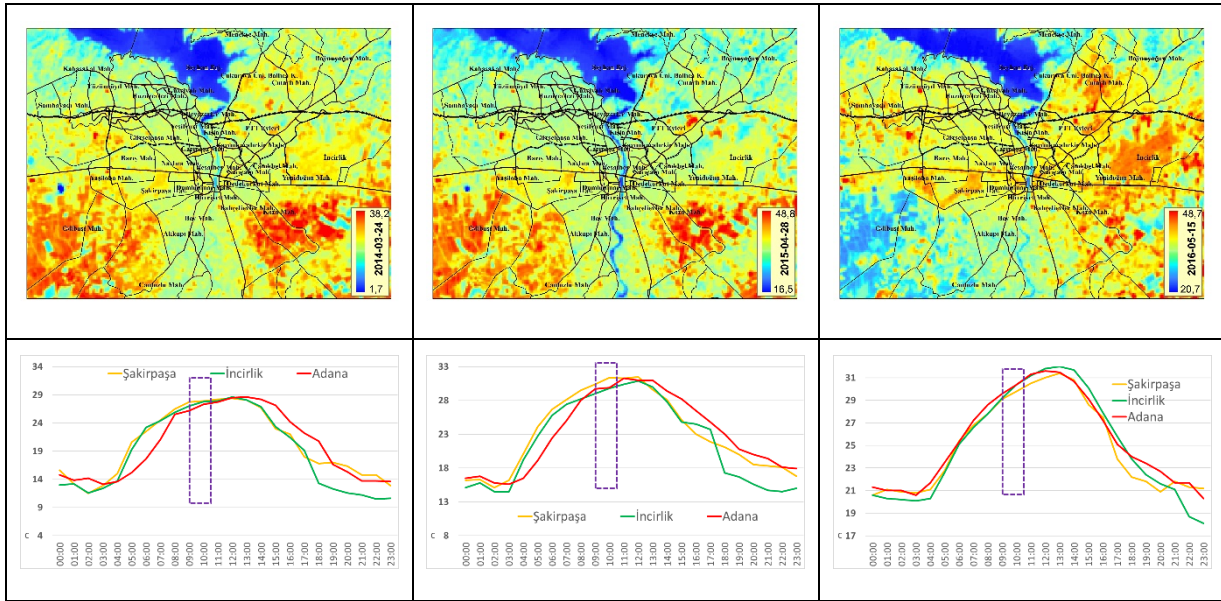


Şekil 4. Aralık (solda), Ocak (ortada) ve Şubat (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir.

Kış aylarında yüzey ısı adası ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelendiğinde birbiri ile uyumlu sonuçlar görülmektedir. Görüntüsünün alındığı saatte kış aylarında en yüksek hava sıcaklığı Şakirpaşa’da ölçülmüştür (Şekil 4). İstasyonların uydu görüntülerindeki sıcaklığı da benzer özellikler sunmaktadır. Şehirsel özellikler gösteren Adana istasyonunda her üç ayda da İncirlik ve Şakirpaşa istasyonlarına göre düşük yüzey sıcaklıkları belirlenmiştir (Çizelge 5).

Bahar Mevsimi

Mart ve Nisan aylarında Adana şehrinde negatif yüzey ısı adası oluşsa da bu ada çok belirgin değildir. Mayıs ayında ise şehrsel alan pozitif yüzey ısı adası durumundadır. Mart ve Nisan aylarında şehrin kuzeyinde yer alan Seyhan Baraj Gölü ve çevresinde düşük yüzey sıcaklıkları görülmekte, şehrin güneybatısında ve güneydoğusunda yer alan sulu tarım alanları ise en yüksek yüzey sıcaklıklarının görüldüğü sahalara karşımıza çıkmaktadır (Şekil 5). Bu aylarda şehir genel olarak kuzeydeki soğuk ve güneydeki sıcak alanlardan farklılaşsa da doğusu ve batısındaki alanlardan çok belirgin bir şekilde ayrılmamakta, benzer özellikler göstermektedir. Mayıs ayında da şehir doğusundaki ve batısındaki alanlara benzer özellikler gösterse de, kuzeyindeki ve güneyindeki sahalara göre belirgin şekilde sıcaktır.

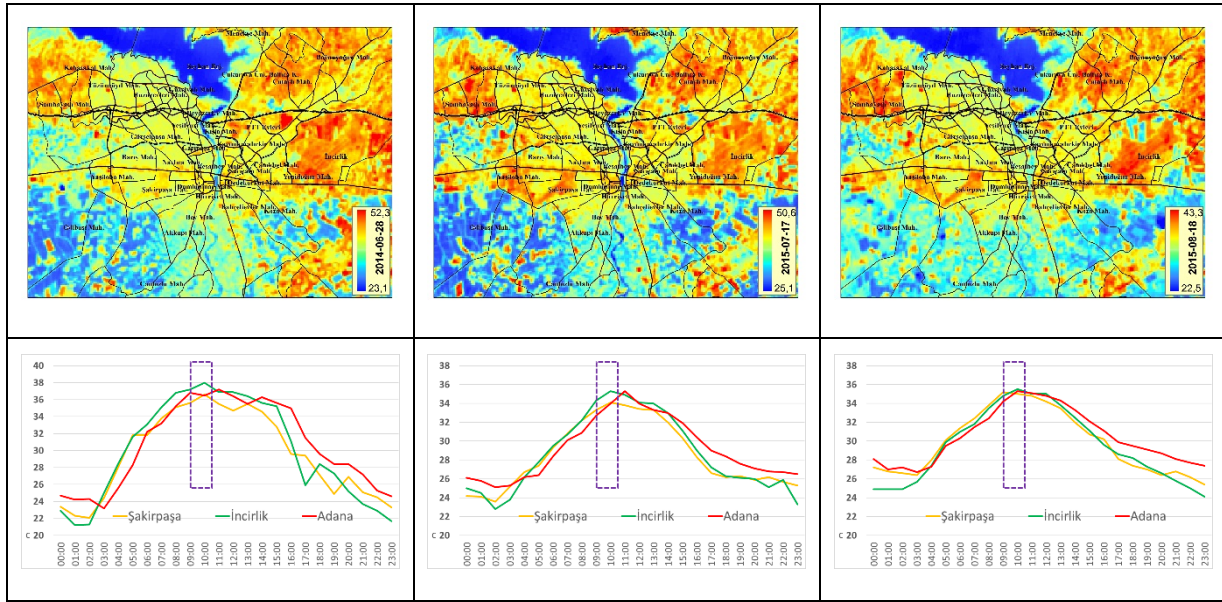


Şekil 5. Mart (solda), Nisan (ortada) ve Mayıs (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Bahar aylarında uydu görüntülerinin alındığı günlerde, meteoroloji istasyonlarındaki hava sıcaklıkları ile uydu görüntülerinden bu istasyon noktaları için elde edilen yüzey sıcaklıkları arasında tam bir paralellik yoktur. Mart ve Nisan ayında da uydu görüntüsünün alındığı saatte en yüksek hava sıcaklıkları Şakirpaşa istasyonunda Mayıs ayında ise Adana istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 5). İstasyonların yüzey sıcaklıklarına bakıldığında, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yarı şehrsel istasyonların yüksek yüzey sıcaklıkları gösterdiği görülmektedir. Mart ve Nisan aylarında hava sıcaklıklarında çok belirgin olmayan negatif yüzey ısı adası, istasyon yüzey sıcaklıklarında daha belirgindir. Mayıs ayında ise istasyon yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasında ters bir durum söz konusudur. Pozitif YIA oluşmasına rağmen bu durum yüzey sıcaklıklarına yansımamıştır (Çizelge 5).

Yaz Mevsimi

Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında Adana şehri çevresine göre yüksek yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Şehrin kuzeyinde yer alan Seyhan Barajı, güneyindeki dikili tarım alanları ve güneydoğusunda yer alan sulu tarım alanları çok düşük yüzey sıcaklıkları göstermektedir. Şehrin doğusunda ve batısında yer alan mera alanları ile kuru tarım alanları şehirden daha yüksek yüzey sıcaklıkları göstermektedir. Bu dönemde şehir tipik yüzey ısı adası (pozitif) özelliğini sürdürmüştür (Şekil 6).



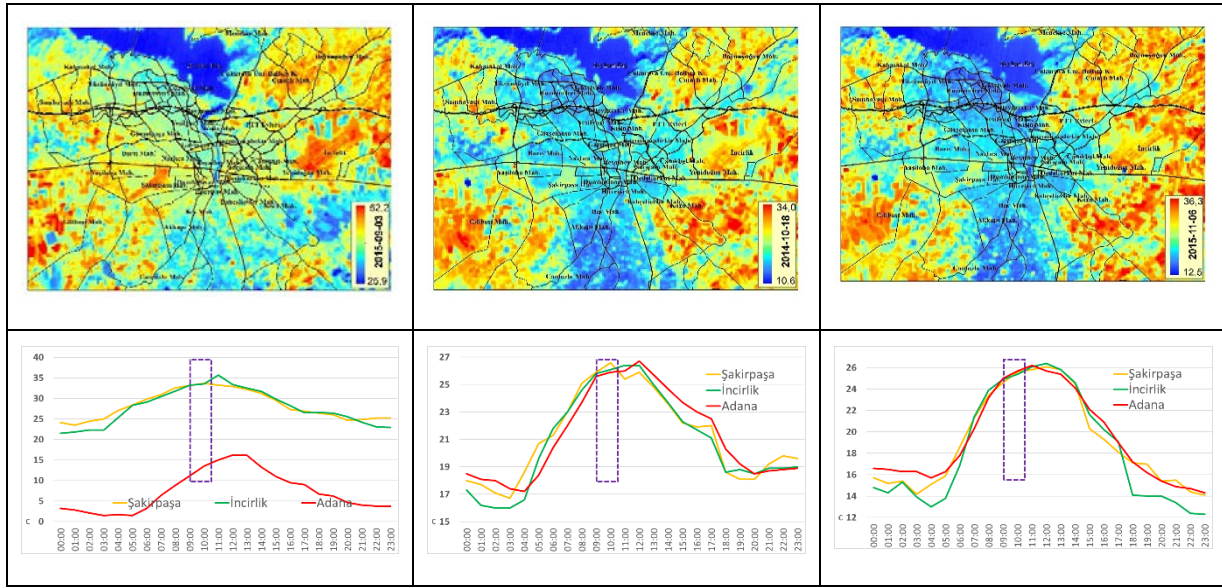
Şekil 6. Haziran (solda), Temmuz (ortada) ve Ağustos (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında şehrin çevresine göre yüksek sıcaklıklar gösterme durumu, hava sıcaklıklarında ve görüntülerden elde edilen istasyon yüzey sıcaklıklarında tam olarak görülememektedir. Hava sıcaklıklarında, Şakirpaşa istasyonunun diğer istasyonlardan sıcak olma durumu kaybolmuş, İncirlik istasyonu en yüksek sıcaklıkları kaydetmiştir (Şekil 6). Yüzey ısı adası görülmesine rağmen, yarı şehrsel istasyon olan İncirlik istasyonunda görülen yüksek sıcaklıklar, istasyonun konumu ile ilgilidir. İstasyon, şehrin doğusunda, mera-kuru tarım alanlarına yakın bulunmaktadır. Adana istasyonu Haziran ve Ağustos ayında İncirlik istasyonuna çok yakın değerler göstermektedir. Yaz aylarında istasyonların yüzey sıcaklıkları incelendiğinde her üç ayda da en yüksek sıcaklıkların İncirlik'te en düşük sıcaklıkların ise Adana istasyonunda olduğu, bu değerlerin hava sıcaklıkları ile benzer olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 5).

Güz Mevsimi

Yaz aylarındaki yüzey ısı adası durumu güz aylarında değişmekte, şehrsel alan negatif yüzey ısı adası durumuna geçmektedir. Fakat bu özelliğin her zaman çok belirgin olmadığı söylenebilir. Ekim ve Kasım aylarındaki negatif yüzey ısı adası çok belirginken Eylül aylındaki negatif yüzey ısı adası ile şehrin doğu ve batısı arasında sıcaklık farkları çok yüksek değildir. Buna rağmen şehrin güneybatısı ve güneydoğusundaki tarım alanları oldukça yüksek yüzey sıcaklıkları ile şehirden ayrılmaktadır. Şehrin güneyinde yer alan dikili tarım alanları şehrsel alana yakın yüzey sıcaklıklarına sahiptir (Şekil 7).

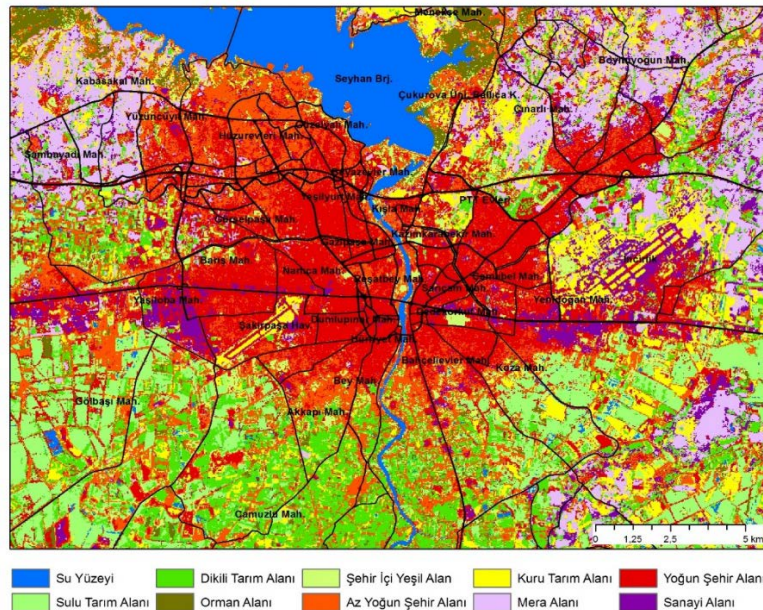
Güz aylarında görüntülerin alındığı zamanlardaki hava sıcaklıkları incelendiğinde; Ekim ayında Şakirpaşa istasyonunun, Kasım ayında ise Adana istasyonunun sıcak olduğu görülmektedir. Eylül ayında Adana istasyonu verilerinde bir anormallik bulunmakta, bu ayda Şakirpaşa ve İncirlik istasyonları çok yakın sıcaklık değerleri göstermektedir (Şekil 7). İstasyonların yüzey sıcaklıkları incelendiğinde, her üç ayda da en yüksek sıcaklıkların İncirlik, en düşük sıcaklıklar ise Adana istasyonunda belirlenmiştir (Çizelge 5).



Şekil 7. Eylül (sola), Ekim (ortada) ve Kasım (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

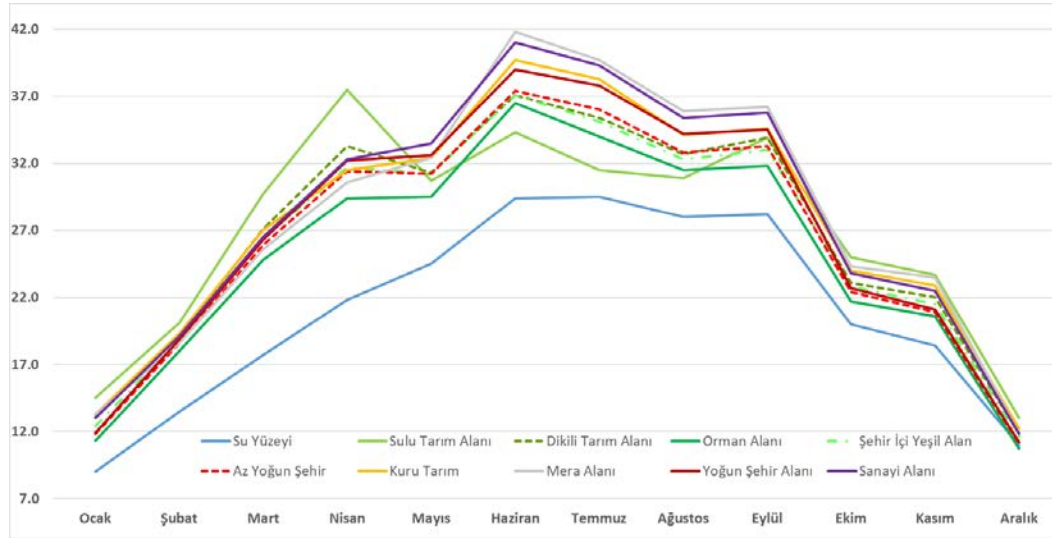
4.3. Adana YIA'nın Arazi Örtülerine Göre Özellikleri

Adana çevresinin 2015 yılı Temmuz ayında alınan uydu görüntüsünden kontrollü sınıflandırma yöntemiyle oluşturulan arazi örtüsüne göre, çalışma alanının büyük kısmı şehir alanı ile kaplıdır. Yoğun ve az yoğun olarak ayrılan bu şehirsal alan içerisinde yeşil alanlar ve sanayi alanları bulunmaktadır. Şehrin güneyinde genel olarak dikili tarım alanları, güneybatısı ve güneydoğusunda ise sulu tarım alanları ve mera alanları bulunmaktadır. Şehrin kuzeyindeki Seyhan Baraj gölü çevresinde orman alanları bulunmakta, baraj çevresinde geniş mera alanları yer almaktadır. Mera alanları özellikle şehrin kuzeydoğusunda geniş alan kaplamaktadır. Kuzeydoğuda yer alan mera alanları ile ana şehirsal alan arasında sıkışmış kuru tarım alanları bulunmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Adana ve Çevresi Arazi Örtüsü (2015-07-17 Landsat 8 görüntüsünden oluşturulan kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilmiştir).

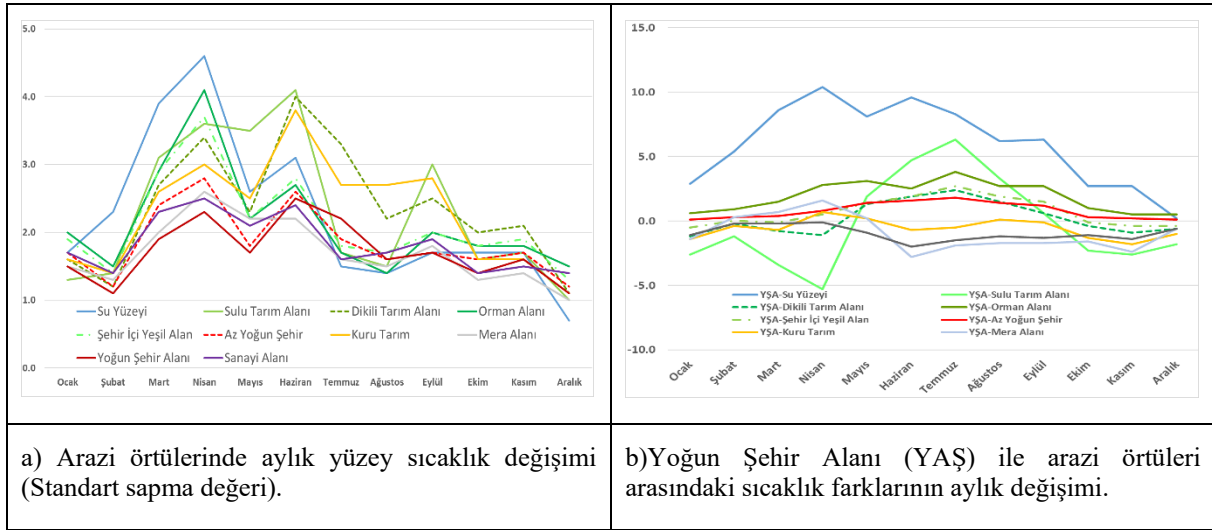
Yüzey sıcaklığı, arazi örtüsüne göre değişir. Adana çevresindeki arazi örtülerindeki yüzey sıcaklıkları analiz edilmiş ve en düşük sıcaklıkların su yüzeylerinde olduğu hesaplanmıştır. Su yüzeylerini orman alanları, az yoğun şehir alanı, şehir içindeki yeşil alanlar ve yoğun şehir alanları takip etmektedir. Sulu tarım alanları, yıllık ortalamada en yüksek yüzey sıcaklıklarının hesaplandığı arazi örtüsüdür. Sulu tarım alanlarını sanayi, mera ve kuru tarım alanları takip etmektedir. Bu genel gidiş, mevsimsel olarak değişmekte, özellikle ekonomik faaliyetler sonucu oluşan arazi örtüsü değişiminden etkilenmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Arazi örtülerinin aylara göre ortalama yüzey sıcaklıkları

Yukarıda sayılan yıllık ortalama sıcaklık gidişi, Mayıs ayında değişmekte ve bu değişim Eylül ayına kadar devam etmektedir. Ekim-Nisan döneminde en yüksek sıcaklıkları sulu tarım alanı olarak belirtilen sahalarda hesaplanmıştır. Bunun nedeni bu sahalarda bu dönemde sulama yapılmadan tarım yapılması, nem oranının azlığı ve kuru olmasıdır. Sulu tarım alanları bu dönemde kuru yüzeyler gibi yansıma yapmaktadır. Mayıs-Eylül arasında sulanan bu alanlar, su yüzeylerinden sonra en soğuk yüzeyler olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna benzer bir özellik dikili tarım alanlarında da gözlenmiştir. Bu alanlar, Ekim-Nisan arasında sulu tarım alanlarında sonra en yüksek yüzey sıcaklığı gösterirken, Mayıs-Eylül arasında bu durum değişmekte, sulamaya bağlı olarak yüzey sıcaklıkları düşmektedir. Bu sıcaklık düşüşü, sulu tarım alanları kadar şiddetli değildir (Şekil 9). Yoğun şehirselle alan tüm aylarda az yoğun şehirselle alana göre sıcaktır. Yaz aylarında en yüksek yüzey sıcaklıkları sırasıyla mera, sanayi ve kuru tarım alanlarında hesaplanmıştır. Sanayi alanları yılın tamamında şehirselle alandan yüksek sıcaklık özellikleri göstermiştir. Orman alanları, yaz ayları haricinde su yüzeylerinden sonra en soğuk yüzeyler olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 9).

Arazi örtülerindeki yüzey sıcaklık değişebilirliği, arazi örtülerindeki yüzey sıcaklığı homojenliğini vermekte ve bu çalışmada standart sapma değerleriyle açıklanmaktadır. Buna göre, yüzey sıcaklıklarındaki değişebilirlik mevsimsel olarak farklılaşsa da bu değişim arazi örtüsündeki değişimden daha fazla etkilenmekte, mevsimlere tam olarak uymamaktadır. Mart-Haziran döneminde yüksek değerler gösteren sıcaklık değişebilirliği, Temmuz-Şubat arasında düşmektedir (Şekil 10a). Mart-Haziran döneminde en yüksek sıcaklık değişimi su yüzeylerinde ve orman alanlarında hesaplanırken, Temmuz-Aralık arasında en yüksek sıcaklık değişimi kuru tarım alanları ile dikili tarım alanlarında hesaplanmıştır.



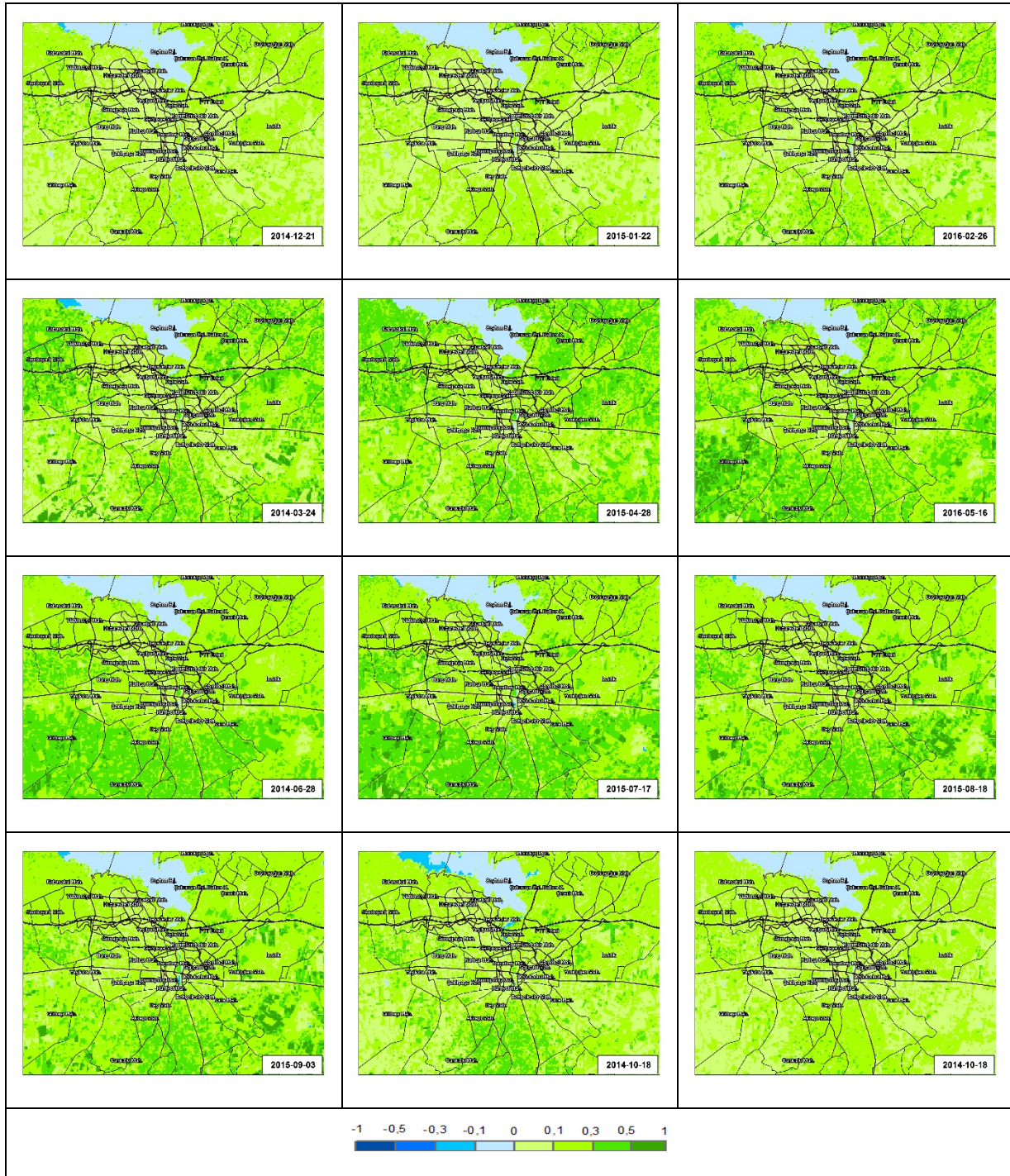
Şekil 10. Arazi örtülerine göre çeşitli özelliklerin yıl içindeki gidişi

Yoğun şehir alanı (YŞA) ile diğer arazi örtüleri arasındaki yüzey sıcaklık farkları yıl içinde hem nicelik hem de nitelik yönünden değişmektedir. YŞA ile diğer arazi örtüleri arasındaki en yüksek sıcaklık farkları su yüzeyleri ve sulu tarım alanlarında hesaplanmıştır (Şekil 10b). Az yoğun şehir alanı (AYŞA), YŞA'ya benzer sıcaklıklar gösterse de yaz aylarında YŞA, AYŞA'ya göre daha sıcaktır. AYŞA'ya benzer özellik orman alanlarında da gözlenmiştir. Şehir içindeki yeşil alanlar ile dikili tarım alanları YŞA'ya göre yazın daha soğukken, kış aylarında sıcaktır. Bu niteliksel değişim meralarla ile sulu tarım alanlarında da görülmekte, dönemsel olarak farklılaşmaktadır. Meralar genel olarak şehrsel alandan daha sıcakken, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında YŞA'dan daha soğuktur. Bu dönemdeki yağışlar ve toprak nemindeki yüksek değerler, mera alanlarını daha serin yapmaktadır. Sulu tarım alanları ise genelde şehrsel alandan sıcakken ki sıcak oldukları dönemse kuru tarım alanı olarak kullanılmaktadır, yaz aylarında sulamaya bağlı olarak YŞA'da daha serin özellikler göstermiştir (Şekil 10b).

4.4. Aylara Göre NDVI Değerlerindeki Değişim

Adana çevresinde NDVI değerleri yıl içerisinde farklılaşmakta, -0,66 ile +0,70 arasında değişim göstermektedir. Özellikle tarımsal faaliyetlerin yıl içerisinde gösterdiği değişimler, NDVI değerlerinin de yıl içinde büyük değişim göstermesine neden olmaktadır. Tarım alanlarındaki faaliyetlerin oluşturduğu NDVI değişiminin, doğal mevsimlere bağlı olarak meydana gelen NDVI değişiminden daha baskın olduğu görülmüştür. Bu durum, çalışma alanındaki tarımsal faaliyet yoğunluğundan kaynaklanmaktadır.

Adana ve çevresindeki NDVI değerleri, yani bitki klorofil miktarı, su yüzeyleri ile şehrsel alanda düşük değerler göstermekte, tarım alanları ile orman alanlarında 1'e yakın değerler göstermektedir. Tüm aylarda en düşük NDVI değerleri su yüzeylerinde çıkmakta, en yüksek değerler ise tarım alanları ile orman alanlarında görülmektedir. Sanayi alanları ile şehrsel alanlar "0" çevresinde NDVI değerlerine sahipken, kuru tarım alanları ile mera alanlarındaki NDVI değerleri yıl içinde farklılıklar göstermektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Adana ve çevresinde yıl içinde NDVI değeri değişimi (Soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım aylarına ait NDVI değeri dağılımları).

Yapılan analizler sonucunda tüm aylarda NDVI değeri $-0,3$ 'ten düşük değere sahip sahaların çok dar alan kapladığı, $-0,3$ ile $0,0$ arasındaki sahaların ise % 5-6 civarında olduğu ve çok sabit bir durum gösterdiği, su yüzeyleri ile bu sahaların örtüştüğü anlaşılmıştır.

Çizelge 6. NDVI eşik değerlerine göre yıl içindeki alanlar

| NDVI | Oc. | Şub. | Mar. | Nis. | May. | Haz. | Tem. | Ağu. | Eyl. | Eki. | Kas. | Ara. | Ort. |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <= (-0,3) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Oran | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| (-0,31)-(-0,1) | 0.03 | 0.68 | 1.40 | 0.11 | 0.25 | 0.14 | 0.69 | 0.29 | 1.03 | 4.99 | 0.02 | 0.66 | 0.86 |
| Oran | 0.01 | 0.14 | 0.29 | 0.02 | 0.05 | 0.03 | 0.14 | 0.06 | 0.21 | 1.02 | 0.00 | 0.13 | 0.17 |
| (-0,11)-(0,0) | 30.47 | 28.38 | 26.79 | 28.82 | 28.04 | 27.04 | 28.23 | 27.47 | 26.95 | 21.56 | 25.59 | 29.30 | 27.39 |
| Oran | 6.21 | 5.78 | 5.46 | 5.87 | 5.71 | 5.51 | 5.75 | 5.60 | 5.49 | 4.39 | 5.23 | 5.97 | 5.58 |
| (0,01)-(0,1) | 218.72 | 176.87 | 118.43 | 74.31 | 46.63 | 37.08 | 49.70 | 54.48 | 69.84 | 152.25 | 205.44 | 210.03 | 117.82 |
| Oran | 44.55 | 36.03 | 24.12 | 15.14 | 9.50 | 7.56 | 10.12 | 11.10 | 14.23 | 31.01 | 42.02 | 42.78 | 24.01 |
| (0,11)-(0,3) | 224.94 | 242.74 | 228.79 | 245.60 | 277.00 | 297.03 | 265.21 | 308.72 | 311.89 | 266.11 | 250.53 | 238.58 | 263.10 |
| Oran | 45.82 | 49.44 | 46.61 | 50.03 | 56.43 | 60.53 | 54.02 | 62.89 | 63.53 | 54.21 | 51.24 | 48.60 | 53.61 |
| (0,31)-(0,5) | 16.75 | 42.09 | 99.89 | 138.01 | 119.61 | 124.06 | 132.14 | 82.55 | 66.27 | 45.44 | 7.32 | 12.33 | 73.87 |
| Oran | 3.41 | 8.57 | 20.35 | 28.11 | 24.36 | 25.28 | 26.92 | 16.82 | 13.50 | 9.26 | 1.50 | 2.51 | 15.05 |
| =>0,51 | 0.00 | 0.17 | 15.61 | 4.06 | 19.38 | 5.36 | 14.94 | 17.40 | 14.93 | 0.56 | 0.00 | 0.01 | 7.70 |
| Oran | 0.00 | 0.03 | 3.18 | 0.83 | 3.95 | 1.09 | 3.04 | 3.54 | 3.04 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 1.57 |

NDVI değeri 0,0 ile 0,1 arasında olan sahalar soğuk dönemde artmakta, sıcak dönemde % 10'un altına kadar inmektedir. Buna karşın NDVI değeri 0,1 ile 0,5 arasında olan sahaların oranı sıcak dönemde artmaktadır NDVI değeri 0,5'ten büyük olan sahalar soğuk dönem haricinde artsa da düşük bir alana sahiptir (Çizelge 6).

4.5. NDVI değerleri ile Yüzey Sıcaklıkları Arasındaki İlişkiler

Çalışmada, Adana ve çevresinde NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkini belirlenmesi amacıyla NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasındaki korelasyonlar hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere göre, soğuk dönemde uydu görüntüsünün alındığı saatte NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır. Sıcak dönemde ise ilişki negatiftir. En düşük değer Temmuz ayında, en yüksek değer ise Ocak ayında hesaplanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. NDVI Değerleri ile Yüzey Sıcaklıkları Arasındaki aylık Korelasyon Değerleri.

| Oc. | Şub. | Mar. | Nis. | May. | Haz. | Tem. | Ağu. | Eyl. | Eki. | Kas. | Ara. |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.157 | 0.153 | 0.033 | -0.015 | -0.084 | -0.285 | -0.330 | -0.214 | -0.119 | -0.045 | -0.033 | -0.035 |

Arazi örtülerine göre NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasındaki korelasyonlar incelendiğinde karşımıza 3 farklı durum çıkmaktadır. Bunlardan ilki, genel olarak negatif değerler gösteren NDVI yüzey sıcaklığı korelasyonlarının su yüzeylerinde değişmesi, pozitif değerler göstermesidir. Yılın tamamında su yüzeylerinde hesaplanan NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasında yüksek pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. İkinci durum, en soğuk aylarda (Kasım, Aralık, Ocak) pozitif, diğer aylarda ise negatif korelasyonlar gösteren arazi örtüleridir ki bu alanlar YŞA, sanayi alanları ve AYŞA'dır. Bu alanlardaki korelasyonların yönü soğuk ve sıcak dönemde değişmektedir. Bu alanlarda soğuma ve ısınmanın şiddetine göre korelasyon değerlerinde de artış ve azalışlar görülmektedir. Korelasyonlardaki 3. durum, NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkinin yıl içinde sürekli negatif olduğu arazi örtüleridir. Mera, orman, sulu ve kuru tarım, dikili tarım alanı ve şehir içi yeşil alanlarda bu durum görülmektedir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Arazi örtülerine göre NDVI ve yüzey sıcaklık aylık korelasyon değerleri

| Arazi Örtüsü | Oc. | Şub. | Mar. | Nis. | Ma. | Haz. | Tem. | Ağu. | Eyl. | Ek. | Kas. | Ara. | Ort |
|-----------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Su Yüzeği | 0.65 | 0.76 | 0.72 | 0.69 | 0.72 | 0.70 | 0.64 | 0.63 | 0.69 | 0.67 | 0.57 | 0.39 | 0.65 |
| Sulu Tarım Alanı | -0.52 | -0.61 | -0.81 | -0.79 | -0.82 | -0.84 | -0.53 | -0.52 | -0.53 | -0.70 | -0.68 | -0.62 | -0.66 |
| Dikili Tarım Alanı | -0.57 | -0.62 | -0.75 | -0.78 | -0.68 | -0.86 | -0.82 | -0.60 | -0.66 | -0.75 | -0.75 | -0.63 | -0.71 |
| Orman Alanı | -0.24 | -0.15 | -0.41 | -0.38 | -0.33 | -0.47 | -0.14 | -0.36 | -0.29 | -0.55 | -0.48 | -0.16 | -0.33 |
| Şehir İçi Yeşil Alan | -0.27 | -0.21 | -0.31 | -0.41 | -0.31 | -0.53 | -0.39 | -0.48 | -0.47 | -0.51 | -0.49 | -0.27 | -0.39 |
| Az Yoğun Şehir | 0.14 | -0.05 | -0.16 | -0.13 | -0.40 | -0.60 | -0.60 | -0.60 | -0.45 | -0.24 | -0.17 | 0.08 | -0.26 |
| Kuru Tarım | -0.42 | -0.56 | -0.66 | -0.68 | -0.60 | -0.86 | -0.77 | -0.80 | -0.74 | -0.55 | -0.55 | -0.38 | -0.63 |
| Mera Alanı | -0.37 | -0.43* | -0.57 | -0.68 | -0.53 | -0.61 | -0.32 | -0.46 | -0.51 | -0.34 | -0.32 | -0.26 | -0.45 |
| Yoğun Şehir Alanı | 0.25 | -0.01* | -0.06 | -0.24 | -0.48 | -0.60 | -0.62 | -0.55 | -0.38 | 0.02* | 0.04* | 0.16 | -0.21 |
| Sanayi Alanı | 0.06* | -0.38 | -0.31 | -0.51 | -0.40 | -0.32 | -0.31 | -0.56 | -0.49 | -0.09* | 0.10 | 0.08* | -0.26 |

Not: * İşareti, $p < 0,05$ olasılığından büyük değerleri dolayısıyla istatistiksel olarak anlamlı olmayan değerleri ifade etmektedir.

Çalışmada, yüzey sıcaklıkları ve NDVI değerleri için kendi içlerinde ardışık iki ayın NDVI ve yüzey sıcaklıklarının korelasyon analizleri yapılmış ve yıl içindeki kırılmalar ve benzerlikler belirlenmeye çalışılmıştır. Her iki değişkende de genel olarak yüksek ve anlamlı pozitif korelasyonların belirlendiği analizde, Nisan-Mayıs ve Eylül-Ekim korelasyonlarında belirgin düşüşler görülmüştür (Şekil 12).



Şekil 12. Ardışık aylarda kendi içlerinde NDVI ve yüzey sıcaklık korelasyonlarının yıl içindeki değişimi

Nisan-Mayıs dönemi, sulu tarım alanlarında sulamanın başladığı yüzey sıcaklıklarının düştüğü aynı zamanda mera ve kuru tarım alanlarında da nemliliğin azaldığı ve dolayısıyla yüzey sıcaklıklarında değişimin olduğu bir dönemdir. Bu nedenle hem yüzey sıcaklık hem de NDVI değerleri arasındaki korelasyonlar bu iki ay arasında düşmektedir. İkinci kırılma dönemi olan Eylül-Ekim dönemi ise, sulamanın bittiği, yağışların başladığı ve dolayısıyla doğal alanlarda toprak neminin yükseldiği bir dönemdir. Eylül ayı ile Ekim ayı arasındaki korelasyonların düşüşü sulama ve yağış ve dolayısıyla bitki ve arazi örtüsü değişiminden kaynaklanmaktadır.

5. Tartışma

Bu çalışmada, Adana şehri ve yakın çevresindeki şehirsiz gelişim ve buna bağlı YIA gelişimi ortaya konulmuştur. Ayrıca şehir ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarının aylara göre değişimi incelenmiş, yıl içindeki NDVI değerlerindeki farklılıklar hesaplanmıştır. Normal olarak YIA'lar,

şehrin gelişimine bağı olarak genişlemekte, planlanan alanların kaplama ve yapı malzemesine göre karakter kazanmaktadır. Yüzey sıcaklıkları ile belirlenen YIA'lar sıcak dönemden ziyade kurak dönemde şiddetini artırmakta ve ana karakteri ortaya çıkmaktadır (Cui ve de Foy, 2012). Adana'da da normal YIA olarak tanımlanan pozitif YIA yaz aylarında, kurak dönemde belirlenmiştir.

Arazi örtüsü değışimine bağı olarak yüzey sıcaklıkları ve hava sıcaklıkları, dolayısıyla da ortam koşulları değışmektedir. Genel olarak arazi örtülerindeki sıcaklık şartları; özgül ısı, ısı kapasitesi, termal iletkenlik ve albedoya bağı olarak değışmekte bu değıerlerin bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Şehirler özgül ısı değıeri yüksek yapı malzemeleri ile kaplı olduklarından iklime göre değışiklik gösterse de geç ısınan ve geç soğuyan bir karakterdedir. Bu karakter, şehir ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarında da gözlenebilmektedir. Adana'da sabah saatlerinde yaz mevsimi haricinde negatif YIA oluşması, güneşlenme süresinin kısalığı ve özgül ısı ile ilişkilidir. Bunun benzeri Ankara'da belirlenmiştir (Çiçek ve diğ., 2013). Güneş doğuşuna bağı olarak özgül ısı düşük ve gök görüş oranı yüksek olan kırsal alanlar şehrsel alana göre daha fazla ısınmakta ve negatif YIA oluşmaktadır.

Genel olarak yüzey sıcaklığı mevsime göre değışmekle birlikte su yüzeylerinde düşük değıerler göstermektedir. Bazı durumlarda sulu tarım alanları (Çizelge 9) su yüzeylerinden daha soğuk çıksa da, bu durum ana karakteri değıştirmemektedir. Çünkü bu tür durumlar okyanus ya da deniz ile sulu tarım alanı arasındaki karşılaştırmalarda çıkmaktadır. Okyanuslar, yıl içindeki sıcaklık değışimin karalara göre çok yavaş olduğı sahalardır. Okyanuslar ve denizler, mevsime ve gün içindeki saate bağı olarak karalara göre daha sıcak olabilmektedirler.

Arazi örtüsüne göre yüzey sıcaklık değıerleri arazi çeşitliliğine göre değışmektedir. Hem kırsal hem de şehrsel alanın birlikte araştırıldığı çalışmalarda en yüksek sıcaklıklar mera, açık alan ve kuru tarım alanları gibi gök görüş oranı yüksek sahalarda belirlenmiştir. Şehrsel alan içerisindeki arazi örtüsündeki farklılığı konu alan çalışmalarda ise en yüksek sıcaklıklar sırasıyla; sanayi, şehir, yoğun şehir ve merkezi ticaret alanlarında belirlenmiştir (Çizelge 9). Adana'da da benzer özellikler görülmektedir. Yaz aylarında en sıcak yüzeyler mera alanları olurken diğ er aylarda kuru tarım yapılan sulu tarım alanları en yüksek sıcaklıkların görüldüğü alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, arazi örtüsündeki hâkim maddelerin ve şehrsel alan için de yapı malzemelerinin özgül ısıları, termal iletkenlikleri ve termal yayılım özellikleri ile ilişkilidir. Su yüzeylerindeki düşük sıcaklıklar, hem suyun özgül ısısının diğ er malzemelere göre yüksek olması hem termal yayılım ve termal iletkenliğinin yüksek olması ile ilişkilidir (Schlunzen ve Katzfey, 2003; Yılmaz, 2013). Şehrsel arazilerin de (YŞA, AYŞA, sanayi alanı) diğ er arazi örtülerine göre düşük sıcaklıklar göstermesi, günün saati ve sayılan özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Özgül ısının şehrsel arazilerde yüksek olması, gelen enerji aynı miktarda olmasına rağmen bu arazi örtülerinde daha az sıcaklık artışına imkan vermektedir.

Çizelge 9: Çeşitli çalışmalarda elde edilen, arazi örtülerine göre sıcaklık durumları

| Şehir | Zaman | Düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa arazi örtüleri | Literatür |
|---------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Toronto | Eylül | Su yüzeyleri, rekreasyon alanları, parklar, şehir içi açık alanlar, konut alanları, kamu alanları, endüstriyel alanlar, ticaret alanları | (Rinner ve Hussain, 2011). |
| Ankara | Tüm aylar ortalaması | Su yüzeyi, park ve bahçe, şehir alanı, sanayi alanı, sulu tarım alanı, kuru tarım alanı, mera alanı | (Çiçek ve diğ., 2013) |
| Nagbur | Aralık | Su yüzeyi, yoğun bitki örtüsü, seyrek bitki örtüsü, açık alanlar (mera), yoğun şehir, az yoğun şehir, asfalt yüzeyler, tarım alanları, nadas alanları | (Katpatal ve diğ., 2008) |
| Pearl Nehri Deltası | Eylül | Su yüzeyi, balık üretim alanları, doğal bitki örtüsü ile kaplı alanlar, yarı şehrsel alanlar, tarım alanları, site alanları, şehir alanı | (Chen ve diğ., 2006) |

| | | | |
|--------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Shenzhen | Mart ve Aralık | Su yüzeyi, yarı şehirsel alan, doğal bitki örtüsü ile kaplı alan, site alanı, şehir alanı, çıplak yüzeyler | (Chen ve diğ., 2006) |
| Shanghai | Temmuz | Sulu tarım alanları, su yüzeyleri, park ve bahçe alanları, terkedilmiş yerleşim alanı, yerleşim alanları, ulaşım alanları, üniversite sahası, merkezi iş alanı, ticari alanlar ve sanayi alanları | (Xu ve diğ., 2007) |
| Changhai | Kasım | Su yüzeyi, bitki örtüsü ile kaplı alan, beton yüzeyler, gölgede kalan alanlar, asfalt yüzeyler | (Shan-You ve diğ., 2006) |
| Guangzhou | Ekim, Kasım ve Ocak | Orman alanı (ağaçlık alan), su yüzeyi, tarım alanı, diğer alanlar (mera benzeri), yapılaşma alanı (şehir alanı) | (Shaopeng ve diğ., 2012) |
| Nanjing | Mayıs | Ağaç ve çalılık alan, çimen alanı, ot ve step alanı, bitki örtüsü alanları | (Taiyang ve diğ., 2009) |
| Penang adası | Şubat ve Aralık | Orman alanı, otlak alanı (mera), az yoğun şehir alanı, diğer alanlar (çıplak alanlar), yoğun şehir alanı | (Tan ve diğ., 2009) |

Uydu görüntüleri ile analiz edilen yüzey ısı adalarında genel olarak görüntünün alındığı saatteki meteorolojik ve yüzeysel yansıma özellikleri etkili olmaktadır. Şehirsel alanların yarı kurak-kurak iklim bölgelerinde çevrelerine göre nispi sıcaklık durumu mevsimsel ve gün içerisindeki ısınma-soğuma özelliklerine göre farklılaşmaktadır. Bu nedenle çevresine göre sıcak karakterli olarak görmemiz gereken şehir alanları bu özelliğini ancak ısınmanın maksimum olduğu dönemden sonra devam ettirebilmekte, soğuma döneminde ve soğuma döneminin maksimum olduğu evreyi geçtiğinde çevresine göre soğuk bir karakter kazanmakta dolayısıyla geç ısınmaktadır. Bu durum, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yapılan yüzey sıcaklığı çalışmalarında (özellikle yarı kurak-kurak alanlarda) görülmektedir. Landsat uydusu genelde görüntüyü yerel saate göre 10:00'da almakta dolayısıyla kırsal alanlar şehirsel alana göre yüksek sıcaklık değerleri göstermektedir.

NDVI değerleri bitki örtüsü yoğunluğu ile ilişkilidir. Şehirsel alanlar bitki örtüsünün ortadan kaldırıldığı alanlardır. Şehir içerisinde oluşturulan yeşil alanlar NDVI değerlerinin yüksek çıktığı alanlar, şehirsel alanlarda NDVI değerleri düşük değerler gösterir. Bitki ve dolayısıyla arazi örtüsü, sıcaklığı etkilediğinden NDVI değerleri de bir sıcaklık ve daha doğru bir ifadeyle nemlilik göstergesidir. NDVI değerleri aynı zamanda bir yapılaşma göstergesidir. NDVI değerlerinde yıl içinde meydana gelen farklılıklar ortam koşullarını da değiştirmekte ve nem ve sıcaklık şartları farklılaşmaktadır.

Hong Kong ve çevresinde NDVI ve yüzey sıcaklıkları arasında -0,41, korelasyon hesaplanmıştır (Liu ve Zhang, 2011). Zhong ve diğ. (2009), Nanjing şehri çevresinde NDVI ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi farklı çözünürlüklerde (30m – 960m) araştırılmış, görüntü çözünürlükleri yüksek olduğunda yüksek korelasyon değerleri (-0,59) hesap edilmiş, görüntü çözünürlüğü azaldıkça (960 m) ilişkinin de azaldığı belirlenmiştir (-0,14). Xu ve diğ. (2007), Changhai'de NDVI ve yüzey sıcaklıkları arasındaki doğrusal regresyon analizinde belirleme katsayısını (R^2) 0,5 bulmuş, regresyonun eğim değerini ise negatif olarak hesaplamıştır. Tan ve diğ. (2009), Penang adasında hem Şubat hem de Aralık ayında farklı arazi örtülerindeki NDVI ve yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkilerin tamamının negatif korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada belirleme katsayısının en yüksek çıktığı arazi örtüsü orman alanlarıyken en düşük katsayı açık alanlarda hesap edilmiştir.

Adana şehri çevresinde yıl içerisinde hem NDVI hem de yüzey sıcaklık değerlerinde değişiklik görülmekte, bu da NDVI yüzey sıcaklık korelasyonlarında farklılıklar görülmesine neden olmaktadır. Literatürdeki çalışmalar tek bir ay ya da ay çifti alınarak yapıldığından daha sade ve yalın değerler elde edilmekte, tüm aylardaki ilişki araştırıldığında farklı davranışlar göze çarpmaktadır. Adana çevresinde bazı arazi örtülerinde ilişki hep aynı yönde kalıp ilişki anlamlılığı değişse de (su yüzeyleri) bazı arazi örtülerinde hem ilişki yönü hem de anlamlılık değeri değişmektedir (YŞA,

AYŞA, sanayi alanları). Diğer arazi örtülerinde ise ilişki yıl boyunca negatif kalmaktadır. Bu sonuç yukarıda belirtilen benzer çalışmaların bulgularıyla uyumludur.

Analiz edilen dönemde, istasyonlarda ölçülen hava sıcaklıklarının nispi durumları ile termal bantlardan istasyon çevreleri için (istasyonlara oluşturulan 250 metrelik tampon içinde kalan alandaki sıcaklıklar) elde edilen yüzey sıcaklıklarındaki nispi durumlar birbiriyle tam örtüşmemektedir. Bu durum hava sıcaklıkları ile yüzey sıcaklıkları arasında tam bir paralellik olmadığını göstermektedir. Özellikle termik basınç farkı ve buna bağlı olarak meydana gelen meltemler bu durumu yaratabilir. Yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasında tam bir eşzamanlılığın olmadığı da bilinmektedir (Yılmaz, 2013)

Sonuç

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Adana yüzey ısı adası 2015 yılı itibariyle 170 km² alan kaplamaktadır.
- Adana şehrinde yüzey ısı adası açısından 3 farklı durum söz konusudur. Bunlardan ilki, şehrin soğuk, çevredeki alanların sıcak olduğu kış dönemidir (negatif YIA). Yaz döneminde görülen ve ikinci durum olarak tanımladığımız durum, şehrin, güneyindeki ve kuzeyindeki alanlara göre sıcak, doğu ve batısındaki alanlara göre benzer özellikler gösterdiği normal yüzey ısı adası durumudur. Üçüncü durum ise, şehrin negatif YIA olduğu, fakat bu karakterin çok belirgin olmadığı geçiş mevsimleridir. Bu durumlar, görüntülerin alınma saatleri, ısınma süresi ve arazi örtüsü ile ilişkilidir. Uydu görüntüleri sabah 08:15Z (Türkiye saati ile 10:15 ve 11:15) civarında alınmaktadır. Kış döneminde güneş geç doğmakta, dolayısıyla görüntü alınana dek geçen süre kısalmaktadır. Kırsal alanlardaki gök görüş oranı fazla olduğundan hızlı bir ısınma meydana gelmekte ve şehirden daha sıcak görünmektedir. Yaz döneminde, güneşin erken doğuşuna bağlı ısınma süresi uzamakta, şehrin ısınması önceki günden kalan enerji birikimiyle daha da artmakta dolayısıyla kırsal alanlara göre daha sıcak özellikler göstermektedir.
- Yüzey ısı adalarının negatif olma durumu, şehrsel alanların özelliklerinden değil, şehir çevresindeki arazi örtüsünün özelliğine göre şekillenmektedir. Şehir çevresindeki alanların özgül ısıları şehrsel alana göre düşük ise ısınma döneminde şehir negatif YIA özelliğinde olmaktadır. Buna karşın, çevresindeki alanların özgül ısıları şehre göre yüksekse, tam tersi bir durum oluşmaktadır.
- Adana şehri çevresinde en düşük yüzey sıcaklıkları su yüzeylerinde ve orman alanlarında, en yüksek yüzey sıcaklıkları kış döneminde sulu tarım alanlarında, yaz döneminde ise mera alanlarında belirlenmiştir. Su yüzeylerinde termal iletkenliğin fazla olması, gelen enerjinin daha alt katmanlara aktarımına neden olmakta ve diğer arazi örtülerine göre ısınma yavaş meydana gelmektedir.
- Adana çevresinde yüzey sıcaklık değişimi yoğun şehir alanı ve sanayi alanlarında yıl boyunca düşüktür. Orman alanları ile su yüzeylerindeki yüzey sıcaklık değişimi soğuk dönemde yüksek, sıcak dönemde ise düşük değerler göstermektedir.
- Arazi örtüleri ve şehrin sıcaklık durumu yıl içerisinde değişmektedir. Su yüzeyleri, orman alanları ve AYŞA yıl boyunca şehirden soğukken, kuru tarım alanları iki ay haricinde yıl boyunca şehirden sıcak çıkmıştır. Sulu tarım alanları, dikili tarım alanları ve şehir içi yeşil alanlar yaz aylarında şehirden soğuk diğer aylarda şehirden sıcakken, mera alanları sadece Mart, Nisan ve Mayıs aylarında şehirden soğuktur.
- Adana ve çevresinde NDVI değerleri yıl boyunca değişmektedir. Su yüzeyleri 0'ın altında NDVI değerleri ile karakterize edilirken, insan yapısı alanlar 0 çevresinde, doğal bitki örtüsü ile kaplı alanlar ise 0'dan büyük değerler göstermektedir.

- NDVI değerleri ile yüzey sıcaklıkları arasında su yüzeyleri hariç genelde negatif bir korelasyon bulunmuştur. Şehirsel alanlarda (YŞA, AYŞA, sanayi alanı) ise NDVI ve yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkilerin yönü yıl içinde değişmekte, soğuk dönemde negatif sıcak dönemde ise pozitif değerler göstermiştir. Diğer arazi örtülerinde ise yılın tamamında negatif korelasyonlar hesaplanmıştır.

- Adana ve çevresinde hem yüzey sıcaklıkları hem de NDVI değerleri açısından iki kırılma dönemi vardır. Biri sulama ve bitki değişim dönemi olan Nisan-Mayıs, diğeri ise sulamanın bitişi ve yağışların başladığı dönem olan Eylül-Ekim dönemidir. Adana ovalarında yıl içinde birkaç ürün alınabilmektedir. Özellikle yaz döneminde sulu tarım yapılan, pamuk, ay çiçeği, mısır, soya fasulyesi ve yer fıstığı gibi ürünlerin ekimi ve hasadı da belirtilen kırılma dönemlerine denk gelmektedir. Bu kırılma dönemlerinin oluşmasında ürün değişiminin etkisi bulursa da önemli faktör sulamadır.

- Bu çalışmada şehrin alansal gelişimine bağlı olarak büyüyen YIA ortaya konulmuştur. Bu çalışmalar Şehir Isı Adası (ŞIA) yani hava sıcaklığındaki niceliksel ve niteliksel değişimleri inceleyen çalışmalarla desteklenmelidir (Çicek ve Türkoğlu, 2009; Çicek, 2003, 2005; Çicek ve Doğan, 2005).

Teşekkürler

Yazar, çalışmanın değerlendirilmesi, yönlendirilmesi ve hazırlanmasında eleştiri ve katkılarından dolayı Doç. Dr. Necla Türkoğlu'na ve makalenin hakemlerine teşekkür etmektedir.

Referanslar

- Acar, D. (2005). *Bursa'da Şehirleşmenin Yağış ve Sıcaklık Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Albar, R. (2003). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Balogun, A. A., Balogun, I. A., & Adeyewa, Z. D. (2010). Comparisons of urban and rural heat stress conditions in a hot-humid tropical city. *Global Health Action*, 3, 5p. doi:10.3402/gha.v3i0.5614
- Bilgili, C. (2009). *Ankara Kenti Yeşil Alanlarının Kent Ekosistemine Olan Etkilerinin Bazı Ekolojik Göstergeler Çerçevesinde Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma*. (Ph-D), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Bounoua, L., Safia, A., Masek, J., Peters-Lidard, C., & Imhoff, M. L. (2009). Impact of Urban Growth on Surface Climate: A Case Study in Oran, Algeria. *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, 48(2), 15p. doi:10.1175/2008jame2044.1
- Chen, X.-L., Zhao, H.-M., Li, P.-X., & Yin, Z.-Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2), 133-146. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016
- Cui, Y. Y., & de Foy, B. (2012). Seasonal Variations of the Urban Heat Island at the Surface and the Near-Surface and Reductions due to Urban Vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(5), 855-868. doi:10.1175/JAMC-D-11-0104.1
- Çalışkan, O., Çicek, İ., & Matzarakis, A. (2012). The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism. *Theoretical and Applied Climatology*, 107(3), 417-425.
- Çalışkan, O., & Türkoğlu, N. (2011). Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(2), 978-1001.
- Çicek, İ., & Türkoğlu, N. (2009). The effects of Urbanization on Water Vapour Pressure in a Semi-Arid Climate. *Theoretical & Applied Climatology*, 95(1/2), 10p. doi:10.1007/s00704-007-0363-8
- Çicek, İ. (2003, 11-13 Nisan 2002). *Ankara'da Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi*. Paper presented at the Prof.Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı, İzmir.
- Çicek, İ. (2005). Ankara'da Şehir ve Kırsal Sıcaklık Farklarındaki Değişiklikler (1970-2002). *Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 1-16.
- Çicek, İ., & Doğan, U. (2005). Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72
- Çicek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2013). Seasonal variation of surface temperature based on land cover in Ankara Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi. *2013*, 10(1), 20.

- Guoxiang, Y., Bowling, L. C., Cherkauer, K. A., Pijanowski, B. C., & Niyogi, D. (2010). Hydroclimatic Response of Watersheds to Urban Intensity: An Observational and Modeling-Based Analysis for the White River Basin, Indiana. *Journal of Hydrometeorology*, 11(1), 17p. doi:10.1175/2009jhm1143.1
- Guoyin, C., Mingyi, D., & Yong, X. (2011). Monitoring of urban heat island effect in Beijing combining ASTER and TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 32(5), 20p. doi:10.1080/01431160903469079
- Karabulut, M. (2003). An examination of relationships between vegetation and rainfall using maximum value composite AVHRR-NDVI data. *Turkish Journal of Botany*, 27(2), 93-101.
- Karaca, M., Antepioğlu, Ü., & Karsan, H. (1995). Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey. *Il Nuovo Cimento C*, 18(1), 49-55. doi:10.1007/bf02561458
- Karaca, M., & Tayanç, M. (1998, 18-23 October). *Urbanization Effects on Regional Climate Change in Turkey*. Paper presented at the Second European Climate Conference, Vienna, Austria.
- Katpatal, Y., Kute, A., & Satapathy, D. (2008). Surface- and Air-Temperature Studies in Relation to Land Use/Land Cover of Nagpur Urban Area Using Landsat 5 TM Data. *J. Urban Plann. Dev.*, 134:3 (110), 110-118.
- Kuşçu, Ç., & Şengezer, B. (2011, 10-15 April 2011). *Determination of Heat Islands from Landsat Tm Data: Relationship between Surface Temperature and Urbanization Factors in Istanbul*. Paper presented at the 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Sydney, Australia.
- Lee, S. H., Song, C. K., Baik, J. J., & Park, S. U. (2009). Estimation of anthropogenic heat emission in the Gyeong-In region of Korea. *Theoretical & Applied Climatology*, 96(3/4), 13p. doi:10.1007/s00704-008-0040-6
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition*: Wiley.
- Lin, C.-Y., Chen, F., Huang, J. C., Chen, W. C., Liou, Y. A., Chen, W. N., & Liu, S.-C. (2008). Urban heat island effect and its impact on boundary layer development and land-sea circulation over northern Taiwan. *Atmospheric Environment*, 42(22), 15p. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.03.015
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535.
- Lougeay, R., Brazel, A., & Hubble, M. (1996). Monitoring Intraurban temperature patterns and associated land cover in phoenix, Arizona using Landsat thermal data. *Geocarto International*, 11(4), 79-90. doi:10.1080/10106049609354564
- Matzarakis, A. (2011). *Climate as key factor in urban planning, The example of Freiburg*. Ankara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü.
- Matzarakis, A. (2013). Basic analysis of climate and urban bioclimate of Dar es Salaam, Tanzania. *Theoretical & Applied Climatology*, 114(1/2), 14p. doi:10.1007/s00704-012-0828-2
- Melvin, P., Hashem, A., Paul, B., Steven, J. K., Haider, T., & Arthur, H. R. (1999). Reflective surfaces for cooler buildings and cities. *Philosophical Magazine Part B*, 79.
- NASA. (2013). Upcoming Change in Landsat 8 Radiometric Calibration. *Nasa Web Page*, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=6609>.
- NASA. (2014). Atmospheric Correction Parameter Calculator. *Nasa Web Page*, <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>.
- NASA. (2015). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*.
- Nichol, J. E. (1996). High-Resolution Surface Temperature Patterns Related to Urban Morphology in a Tropical City: A Satellite-Based Study. *Journal of Applied Meteorology*, 35(1), 135-146. doi:doi:10.1175/1520-0450(1996)035<0135:HRSTPR>2.0.CO;2
- Oka, M. (2011). The Influence of Urban Street Characteristics on Pedestrian Heat Comfort Levels in Philadelphia. *Transactions in GIS*, 15(1), 15p. doi:10.1111/j.1467-9671.2010.01245.x
- Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237-254. doi:10.1002/joc.3370010304
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24. doi:10.1002/qj.49710845502
- Oke, T. R. (2002). *Boundary layer climates* (Secon Edition ed.): Routledge.
- Özdemir, H., Ünal, A., Kindap, T., Turuncoglu, U., Durmusoglu, Z., Khan, M., . . . Karaca, M. (2011). Quantification of the urban heat island under a changing climate over Anatolian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-8. doi:10.1007/s00704-011-0515-8
- Peña, M. A. (2009). Examination of the Land Surface Temperature Response for Santiago, Chile. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(10), 1191-1200. doi:10.14358/PERS.75.10.1191
- Rinner, C., & Hussain, M. (2011). Toronto's Urban Heat Island—Exploring the Relationship between Land Use and Surface Temperature. *Remote Sensing*, 3(6), 1251.
- Sandal, E. K., & Tıraş, M. (2012). Adana'da Ulaşım Problemlerinin Şehir Coğrafyası Açısından Değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 17(18), 125-140.
- Schlünzen, K. H., & Katzfey, J. J. (2003). Relevance of sub-grid-scale land-use effects for mesoscale models. *Tellus A*, 55(3), 232-246. doi:10.1034/j.1600-0870.2003.00017.x

- Shan-You, Z., Qiu, Y., & Ding-Bo, K. (2006). Using characteristic spectral bands of OMIS1 imaging spectrometer to retrieve urban land surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 27(8), 16p. doi:10.1080/01431160500462147
- Shaopeng, H., Feng, C., Hong, Y., Cuiping, W., & Changbai, Z. (2012). The Impacts of Rapid Urbanization on the Thermal Environment: A Remote Sensing Study of Guangzhou, South China. *Remote Sensing*, 4(7), 24p. doi:10.3390/rs4072033
- Solecki, W. D., Rosenzweig, C., Parshall, L., Pope, G., Clark, M., Cox, J., & Wiencke, M. (2005). Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 6(1), 39-49. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.hazards.2004.12.002
- Sönmez, M. E. (2011). Adana Şehrinin Alansal Gelişimi ve Yakın Çevresinin Arazi Kullanımında Meydana Gelen Değişimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 57, 55-69.
- Su, W., Gu, C., & Yang, G. (2010). Assessing the Impact of Land Use/Land Cover on Urban Heat Island Pattern in Nanjing City, China. *Journal of Urban Planning & Development*, 136(4), 8p. doi:10.1061/(asce)up.1943-5444.0000033
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A., & Huang, J. (1988). Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo. *Building and Environment*, 23(4), 271-283. doi:http://dx.doi.org/10.1016/0360-1323(88)90033-9
- Taiyang, Z., Xuezhi, F., & Ke, W. (2009). Estimation of the relationship between vegetation patches and urban land surface temperature with remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 30(8), 14p. doi:10.1080/01431160802549252
- Tan, K. C., Lim, H. S., MatJafri, M. Z., & Abdullah, K. (2009). Landsat data to evaluate urban expansion and determine land use/land cover changes in Penang Island, Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 60(7), 1509-1521. doi:10.1007/s12665-009-0286-z
- Tanrıkulu, M. (2006). *İzmir'de Şehirleşmenin Sıcaklığa Etkisi*. (Master), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tayanç, M., & Toros, H. (1997). Urbanization Effects On Regional Climate Change in The Case Of Four Large Cities Of Turkey. *Climatic Change*, 35(4), 501-524. doi:10.1023/a:1005357915441
- Temuçin, E. (1995). Türkiye'de Kentleşmenin Sıcaklık Koşulları Üzerine Etkisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 8, 75-92.
- Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., & Baker, C. J. (2011). Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham, UK. *International Journal of Health Geographics*, 10(1), 14p. doi:10.1186/1476-072x-10-42
- Tsing-Chang, C., Shih-Yu, W., & Ming-Cheng, Y. (2007). Enhancement of Afternoon Thunderstorm Activity by Urbanization in a Valley: Taipei. *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, 46(9), 17p. doi:10.1175/jam2526.1
- Tunay, M., & Ateşoğlu, A. (2008). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Amasra ve Yakın Çevresine Ait Bitki Örtüsü Değişim Analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 71-80.
- Türkoğlu, N., & Çalıkan, O. (2011). Nevşehir ve Ürgüp'te Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 51(1), 45-63.
- Unger, J., Savic, S., & Gal, T. (2011). Modelling of the Annual Mean Urban Heat Island Pattern for Planning of Representative Urban Climate Station Network. *Advances in Meteorology*, 2011, 9p. doi:10.1155/2011/398613
- Xiaofeng, Z., Jucong, H., Hong, Y., Kai, W., & Quanyi, Q. (2010). Spatiotemporal changes of the urban heat island of a coastal city in the context of urbanisation. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 17(4), 6p. doi:10.1080/13504509.2010.490333
- Xu, J., Tan, W., & Xu, L. (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15), 22p. doi:10.1080/01431160500306906
- Xuefei, H., & Qihao, W. (2011). Impervious surface area extraction from IKONOS imagery using an object-based fuzzy method. *Geocarto International*, 26(1), 18p. doi:10.1080/10106049.2010.535616
- Yılmaz, E. (2013). *Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu*. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yüksel, Ü. (2005). *Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Basılmamış Doktora Tezi.
- Yüksel, Ü., & Kuntay, O. (2009). *Effects of Urbanization on the Climate of Ankara*. Paper presented at the Urban Research Symposium: Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda Marseille.
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583-594. doi:10.1080/01431160304987
- Zhang, D.-L., Shou, Y.-X., Dickerson, R. R., & Chen, F. (2011). Impact of Upstream Urbanization on the Urban Heat Island Effects along the Washington-Baltimore Corridor. *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, 50(10), 18p. doi:10.1175/jamc-d-10-05008.1
- Zhong, T., Wang, K., & Cheng, Z. (2009). Scaling of impervious surface area and vegetation as indicators to urban land surface temperature using satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 30(4), 19p. doi:10.1080/01431160802395219