

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**KENTSEL ISI ADALARININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ
KULLANILARAK BELİRLENMESİ: SAMSUN İLİ ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tuğba DOĞAN

Danışman

Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Tuğba Doğan tarafından, Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK danışmanlığında hazırlanan “Kentsel Isı Adalarının Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesi: Samsun İli Örneği” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 12.8.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan (Danışman)	Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. Aziz ŞİŞMAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. Erdem Emin MARAŞ Samsun Üniversitesi Pilotaj Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Dönem Projesi tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

08 /07/ 2021
Tuğba DOĞAN

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Kentsel Isı Adalarının Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesi: Samsun İli Örneği

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 12.07.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 7

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza
... /... / 2021
Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK

ÖZET

KENTSEL ISI ADALARININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ: SAMSUN İLİ ÖRNEĞİ

Tuğba DOĞAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Ağustos/2021

Danışman: Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK

Küresel iklim değişikliği nedeniyle sıcak hava dalgalarının şiddetinin ve yaşanma sıklığının artacağı öngörülmektedir. Bunun bir sonucu olarak, dünya nüfusunun yarısından fazlasının yaşadığı metropol alanlarda olumsuz etkilerin daha belirgin olması beklenmektedir. Çünkü bu alanlar, arazi örtüsü özellikleri nedeniyle kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Bu fenomen Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi olarak bilinir. KIA etkisi son yıllarda ilgi çekmesine ve hızla artan literatür tarafından incelenmesine rağmen, kıyı kentlerinde KIA hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı bir kıyı kenti olan Samsun ilinin Atakum, İlkadım, Canik ve Tekkeköy ilçelerinde 1985-2018 periyodunda arazi örtüsündeki değişimin, Kentsel Isı Adası (KIA) yoğunluğunun mekânsal ve zamansal değişimine etkisinin analiz edilmesidir. Çalışmada yer yüzey sıcaklıklarını (YYS) elde etmek ve arazi örtüsü haritalarını oluşturmak için 1985, 1995, 2011 ve 2018 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Arazi örtüsü haritaları, kontrollü bir sınıflandırma yöntemi olan Destek Vektör Makineleri kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışmada kıyı kentlerine özgü deniz enverziyonu etkisiyle yükseltisi fazla olan bölgelerde yüksek YYS görülmesinin, KIA'nın hatalı sınıflandırılmasına neden olmasının önüne geçmek amacıyla çalışma alanı yükseltisi 200 metreden az olan alanlarla sınırlandırılmıştır. KIA'nın mekânsal ve zamansal değişimi universal KIA yoğunluk indeksi kullanılarak YYS sınıflandırılması ile belirlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda, KIA yoğunluğunun kentleşmenin etkisiyle en çok kıyı kesimlerinde arttığı görülmüştür. En yüksek KIA yoğunluğuna sahip bölge Tekkeköy ilçesinde bulunan Organize Sanayi Bölgesi'dir. Yapılaşmış alanlarda en yüksek YYS görülürken, yeşil alanların en düşük YYS'ye sahip olduğu bulunmuştur. Çalışma, kıyı kentlerindeki karmaşık mezo-iklimin, KIA etkisinin tespitinin ve analizinin bütüncül bir yaklaşımla düzenlenmesini gerektirdiğini ve KIA'nın önlenmesi ve azaltılması stratejilerinde de mezo-iklim etkilerinin dikkate alınmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada kullanılan yöntemler, kıyı kentlerinde KIA yoğunluğunu belirlemek, arazi örtüsü türleri ve KIA ilişkisinin analizini yapmak için kullanılabilir. KIA azaltma stratejileri KIA yoğunluğu yüksek olan kentsel alanlarda uygulanmalı ve yeni yapılaşmalarda akıllı büyüme ilkeleri uygulanarak KIA'nın önlenmesi hedef alınmalıdır.

Anahtar Sözcükler: Kentsel ısı adası, yer yüzey sıcaklığı, arazi örtüsü, uzaktan algılama, sınıflandırma

ABSTRACT

DETERMINATION OF URBAN HEAT ISLANDS USING SATELLITE IMAGERY: THE CASE OF SAMSUN PROVINCE

Tuğba DOĞAN

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Geomatics Engineering

Master, August/2021

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Derya ÖZTÜRK

Due to global climate change, the frequency and intensity of heatwaves are projected to be increasing. As a consequence of that, adverse effects are expected to be more evident in metropolitan areas that inhabit more than half of the world's population. Because these areas are subject to higher temperatures given land cover characteristics as compared to rural areas. This phenomenon is known as the Urban Heat Island (UHI) effect. Although the UHI effect has been gaining traction in recent years and analyzed by a growing body of literature, there are a limited number of studies about UHI in coastal cities.

The aim of this thesis is to analyze the influence of land cover changes over the spatial and temporal changes of the UHI intensity in Atakum, İlkadım, Canik, and Tekkeköy districts of the coastal city of Samsun in the 1985-2018 period. In the study, Landsat satellite images of 1985, 1995, 2011, and 2018 were used to derive Land Surface Temperature (LST) and to create land cover maps. Land cover maps were created using Support Vector Machines, which is a controlled classification method. In this research, in order to prevent inaccurate classification of UHI in regions with high elevation where higher LST occurs due to effect of marine inversion, the study area was limited to areas with an altitude of less than 200 meters. The determination of the spatial and temporal variation of the UHI was done by classifying the LSTs with the universal UHI intensity index.

The results of the study showed that the UHI intensity has increased mostly in coastal areas due to urbanization. The region with the highest UHI intensity was the Organized Industrial Zone in Tekkeköy district. It was found that while the highest LST is observed in the developed areas, the lowest LST was observed in the green areas. The study revealed that the complex meso-climate in coastal cities requires a holistic approach to detect and analyze the UHI effect and that meso-climate effects should be taken into account in the prevention and mitigation strategies of UHIs. The methods used in this study can be used to determine UHI density in coastal cities and to analyze the relationship between land cover types and UHI. UHI mitigation strategies should be applied to urban areas with high UHI density and for newly developed areas, the UHI effect could be mitigated by applying smart growth principles.

Keywords: Urban heat island, land surface temperature, land cover, remote sensing, classification

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Öncelikle tez konusu seçiminden tezin tamamlanmasına kadar olan süreçte yönlendirmeleriyle ve bilgilendirmeleriyle yol gösteren, her daim anlayışını ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Doç.Dr. Derya Öztürk'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yurtdışında eğitim almam konusunda rehberlik eden ve her daim destek olan Doç.Dr. Aziz Şişman ve Prof. Dr. Okan Özgönenel hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak sevgili aileme ve beni hiç yalnız bırakmayan arkadaşlarıma destekleri için çok teşekkür ederim.

Tuğba DOĞAN

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	İ
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	3
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Kuramsal Temeller.....	4
2.1.1. Kentsel Isı Adası	4
2.1.2. Kentsel Isı Adası Etkisine Neden Olan Faktörler	5
2.1.3. Kentsel Isı Adasının Etkileri.....	6
2.1.4. Kentsel Isı Adasının Önlenmesi.....	7
2.2. Literatür Özeti.....	10
3. VERİ VE YÖNTEM.....	13
3.1. Çalışma Alanı: Samsun.....	13
3.2. Kullanılan Veri ve Yazılımlar.....	14
3.3. Yöntem.....	15
3.3.1. Arazi Örtüsü Haritalarının Oluşturulması.....	18
3.3.2. Uydu Görüntüleri ile Kentsel Isı Adalarının Belirlenmesi	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1. Arazi Örtüsü Haritaları	28
4.1.1. Arazi Örtüsü Haritalarının Doğruluk Analizi	30
4.2. Yer Yüzey Sıcaklığı Haritaları.....	31
4.2.1. Meteorolojik İstasyon Verileri ile Yer Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması	32
4.2.2. Kentsel Isı Adası Yoğunluğu Haritaları.....	33
4.3. Arazi Örtüsündeki Değişimin Kentsel Isı Adaları ile İlişkilendirilmesi	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	38
EKLER	40
KAYNAKLAR	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

DVM	Destek Vektör Makineleri
ha	Hektar
K	Kelvin
KIA	Kentsel Isı Adası
m	Metre
m/s	Metre cinsinden bir saniyelik zamanda alınan yol
mm	Milimetre
MNDWI	Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi
NDWI	Normalize Fark Su İndeksi
NDWI	Normalize Fark Su İndeksi
ÖÖ	Öğleden önce
ÖS	Öğleden sonra
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TIR	Isıl kızılotesi
TM	Tematik Haritalayıcı
UTC	Eşgüdümlü Evrensel Zaman (Coordinated Universal Time)
°C	Santigrat derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kentsel ısı adası profili	4
Şekil 2.2. Kentsel ısı adasına neden olan faktörler	6
Şekil 2.3. KIA önleme stratejileri.....	7
Şekil 2.4. Deniz enverziyonu oluşumu	9
Şekil 2.5. Deniz enverziyonu	9
Şekil 3.1. Çalışma alanı: Atakum, İlkadım, Canik ve Tekkeköy ilçeleri.....	14
Şekil 3.2. Samsun iline ait sıcaklık ve yağış dağılım haritaları	14
Şekil 3.3. Çalışma akış şeması	17
Şekil 3.4. DVM yönteminde hiper-düzlemin belirlenmesi	19
Şekil 3.5. MNDWI indeksi kullanılarak oluşturulan Mert Nehri maskesi.....	22
Şekil 3.6. Çalışma alanda yükseltisi 200 metreden az olan alanlar	25
Şekil 3.7. Meteorolojik istasyonların lokasyonları	26
Şekil 4.1. Arazi örtüsü Haritaları	28
Şekil 4.2. Arazi örtüsünün 1985, 1995, 2011 ve 2018 yılları arasında değişimi	29
Şekil 4.3. Yer yüzey sıcaklığı haritaları	32
Şekil 4.4. İstasyon verileri ile YYS verilerinin ilişkisi	33
Şekil 4.5. Kentsel ısı adası yoğunluğu haritaları.....	34
Şekil 4.6. Kentsel ısı adası yoğunluğunun 1985 yılına oranla yıllara göre değişim yüzdesi	35
Şekil 4.7. Yapılaşmış alanlarda kentsel ısı adası yoğunluğunun değişimi.....	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Literatürde uydu görüntüleri kullanılarak yapılan KIA ile ilgili çalışmalar.....	12
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri.....	15
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin elde edildiği tarihlere ait meteorolojik değerler.....	17
Çizelge 3.3. Kentsel ısı adası yoğunluğunun sınıflandırılması.....	27
Çizelge 4.1. Arazi örtüsünün 1985, 1995, 2011 ve 2018 yılları arasında değişimi.....	30
Çizelge 4.2. Doğruluk analizi sonuçları.....	30
Çizelge 4.3. Arazi örtülerindeki ortalama YYS değerleri.....	36



1. GİRİŞ

Kentleşme ve sanayileşmenin gelişimi yaşam koşullarını ve kalitesini iyileştirmiştir. Ancak aynı zamanda doğal çevrenin tahrip edilmesi ekolojik dengede bozulmalara yol açarak çevresel sorunlara sebep olmuştur. Bunun sonucunda 21. yüzyılın en önemli çevresel sorunları küresel iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı ve kirliliktir (López-Claros et al., 2020).

Özellikle son yıllarda ekstrem hava olaylarındaki artış ile birlikte küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ve alınması gereken önlemler önem kazanmıştır. İnsan faaliyetleri sonucu artan sera gazı salınımının iklim değişikliğine neden olduğu bilinmektedir. 9 Ağustos 2021 tarihinde yayınlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli tarafından hazırlanan 6'ncı İklim Rapor'unda küresel ortalama sıcaklık artışının önümüzdeki on yılda, Sanayi Devrimi öncesi (1850-1900) döneme kıyasla, 1.5 °C geçmemesi için derhâl harekete geçilmesi gerektiği vurgulanmıştır (IPCC, 2021). Küresel iklim değişikliğinin etkisi sıcaklık olarak temsil edilsede, bu değişimin sonucunda tüm ekstrem hava olaylarının yoğunluğu ve sıklığının etkileneceği tahmin edilmektedir.

Küresel iklim modelleri kullanılarak uygulanan iklim değişikliği senaryolarında, ülkemizin küresel iklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenen ülkelerden biri olacağı tahmin edilmektedir (Şeker vd., 2020). Bu değişimin özellikle kuraklık, sıcak hava dalgaları ve sel felaketinin yaşanma yoğunluğu ve sıklığını arttıracacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2021; Seneviratne et al., 2012). Aynı zamanda son yıllarda bu aşırı hava olaylarındaki artış da küresel iklim değişikliğinin sonuçlarının hali hazırda yaşanmaya başladığını göstermektedir. Özellikle 2021 yılının başındaki kuraklık, yaz aylarında ülkemizin güneyinde yaşanan orman yangınları ve kuzeyinde yaşanan sel felaketleri, küresel iklim değişikliği etkilerinin en aza indirilmesi ve adaptasyon stratejileri geliştirilmesinin aciliyetini ve önemini göstermiştir. Bu amaçla ülkemizde 25 Şubat 2021 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi Küresel İklim Değişikliği Araştırma Komisyonu kurulmuştur (TBMM, 2021).

Dünya nüfusunun yarısından fazlasının şehirlerde yaşaması ve aynı zamanda şehirlerin sera gazı salınımında en büyük paya sahip olması sebebiyle şehirler, küresel iklim değişikliğinin önlenmesi ve adaptasyon sağlanması açısından önemli role sahiptir (Revi et al., 2014). Sağlıklı kentleşmenin aksine, nüfusun hızlı artışı sonucu

ortaya çıkan hızlı kentleşme sera gazı salınımının ve dolayısıyla hava kirliliğinin hızlı bir şekilde artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte hızlı ve plansız kentleşme sonucu arazi örtüsü değişmekte ve kırsal alanlar ısı tutma kapasitesi daha yüksek olan yapılaşmış alanlara dönüştürülmektedir.

Kentlerdeki hızlı nüfus artışının sonucu oluşan hızlı kentleşme yoğun enerji tüketimi ve yeşil alanların azalmasına neden olarak mezo-iklimi de etkilemektedir. Kentlerde kırsal alanlara nispeten yüksek sıcaklıklar ölçülmesi “Kentsel Isı Adası” (KIA) olarak adlandırılmaktadır. Bu sıcaklık farkı, kent merkezinde gündüzleri 2-5 °C, geceleri 10 °C’ye kadar olabilmektedir (Santamouris et al., 2001). KIA’nın olumsuz etkileri ise; sıcaklıkla ilgili hastalıklara sebep olması ve termal konforu azaltması, hava kirliticileri ve sera gazlarının artışına sebep olması, su kalitesini düşürmesi ve enerji tüketimini arttırmasıdır (EPA, 2021b).

Türkiye hızlı kentleşmenin yaşandığı ülkeler arasındadır. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2020 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sisteminin verilerine göre, il ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı %93’tür ve bu oran 1990 yılında %59’dur (Kızıroğlu, 2017; TÜİK, 2021). Kentleşmede 30 yılda yaşanan bu %34’lük artışın sonucu olarak Türkiye genelinde yapılaşmış alan oranı 1990 - 2018 yılları arasında %63 oranında artmıştır (TOB, 2021). Bununla birlikte 12 Kasım 2012’de kabul edilen 6360 sayılı “Yeni Büyükşehir Yasası” ile il sınırlarındaki tüm ilçelerin büyükşehir belediyelerinin yetki sınırına katılması ve köy yönetimlerinin mahalle yapılmasının bu istatistiklere etkisi göz ardı edilmemelidir (Kalağan, 2018). Bu nedenle verilen istatistiklerde görülen artışın bir bölümünün KIA’ya konu olamayacak bölgelerde gerçekleştiği sonucu çıkarılabilir. Diğer taraftan kent merkezlerinde yaşanan artışın bu bölgelerdeki KIA’yı arttırdığı beklenmektedir.

Gerek küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının şiddetlenmesine neden olması, gerekse kentlerde neden olduğu olumsuz etkilerinden dolayı, KIA en çok araştırılan kent iklimi fenomenidir. Bununla birlikte her kentin farklı morfolojiye sahip olması ve coğrafi farklılıklar nedeniyle KIA’nın önlenmesi ve azaltılması için bahse konu kent üzerinden analiz yapılması gerektirmektedir. Özellikle ülkemizde hızlı kentleşme yaşanan şehirlerde KIA’nın analiz edilmesi ve sonuçlara uygun şekilde azaltıcı çalışmalar yapılması, kentlerdeki termal konforun sağlanması ve küresel iklim değişikliğine adaptasyon sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

1.1. Problemin Tanımı

Küresel iklim değişikliğinin sonucu olarak sıcak hava dalgalarının yoğunluğunun ve sıklığının artması riskine ek olarak, kentler aynı zamanda hızlı ve yoğun kentleşme nedeniyle ortaya çıkan ve KIA olarak adlandırılan, kentsel alanların kırsal alanlardan daha sıcak olması riski ile karşı karşıyadır. Özellikle kent merkezlerinde en yoğun ölçülen KIA, kentlerdeki termal konforu düşürerek sıcak havadan kaynaklanan hastalıklara sebep olur, enerji tüketimi arttırır, hava ve su kalitesinin düşmesine neden olur (US EPA, 2020). Kentlerdeki bu olumsuz etkilerinin yanı sıra, enerji tüketimi artması sonucu ortaya çıkan sera gazları ile küresel iklim değişikliğini dolaylı yoldan attırmaktadır. Bu nedenle kentlerdeki termal konforun sağlanması ve küresel iklim değişikliğine adaptasyon sağlanması açısından KIA'nın analiz edilmesi ve KIA'yı azaltma stratejilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı Samsun'daki KIA etkisinin mekânsal ve zamansal değişiminin ve arazi örtüsü ile ilişkisinin analiz edilmesidir. Bu amaçla meteorolojik istasyon gözlemleri ve uydu görüntülerinden elde edilen sıcaklık gözlemleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın amaçlarına ulaşmak için hedefler şunlardır; (1) Landsat TM / OLI uydu görüntülerinden Samsun'un arazi örtüsü haritalarının oluşturulması ve 1985, 1995, 2011 ve 2018 yılları Ağustos ayı için Landsat TM / TIR termal veri setinden yer yüzey sıcaklığının elde edilmesi; (2) KIA yoğunluğunun, universal KIA yoğunluk değerlendirme kriterine göre sınıflandırılması; (3) KIA'nın zamansal ve mekânsal oluşumunun çalışma dönemi boyunca değişikliklerle birlikte analiz edilmesi; ve (4) arazi örtüsü ve KIA arasındaki ilişkinin değerlendirilmesidir.

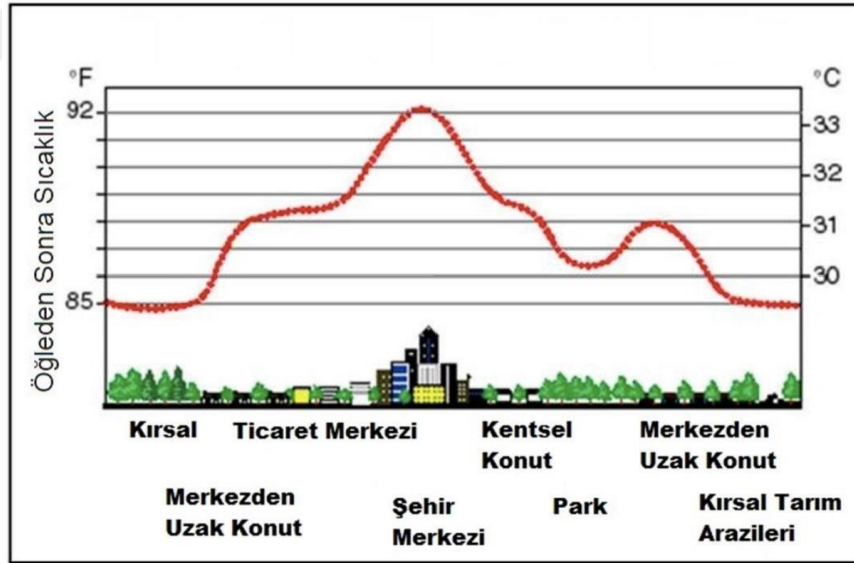
2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Kuramsal Temeller

Bu bölümde tezin konusu olan KIA ile ilgili temel bilgiler verilmiştir. KIA'ya neden olan faktörler, KIA'nın etkileri ve KIA'nın önlenmesi konuları ele alınmıştır. Bu tez çalışmasında çalışma alanı bir kıyı şehri olduğu için kıyı şehirlerinde KIA oluşumu incelenmiştir.

2.1.1. Kentsel Isı Adası

Kentsel bölgeler, kırsal bölgelerden farklı iklim özellikleri ve hava düzenleri göstermektedir (Taha, 1997). Şekil 2.1'deki sıcaklık profilinde gösterildiği üzere, kırsal alanlardan kent merkezine doğru gidildikçe sıcaklık artmaktadır. Kırsal bölgelere oranla kentlerde gözlenen yüksek sıcaklığı tanımlayan bu kentsel iklim fenomeni ilk olarak 1810 yılında Luke Howard tarafından araştırılmış ve Kentsel Isı Adası (KIA) terimi ilk olarak Timothy Richard Oke tarafından kullanılmıştır (Oke, 1982).



Şekil 2.1. Kentsel ısı adası profili (Öztürk, 2017a)

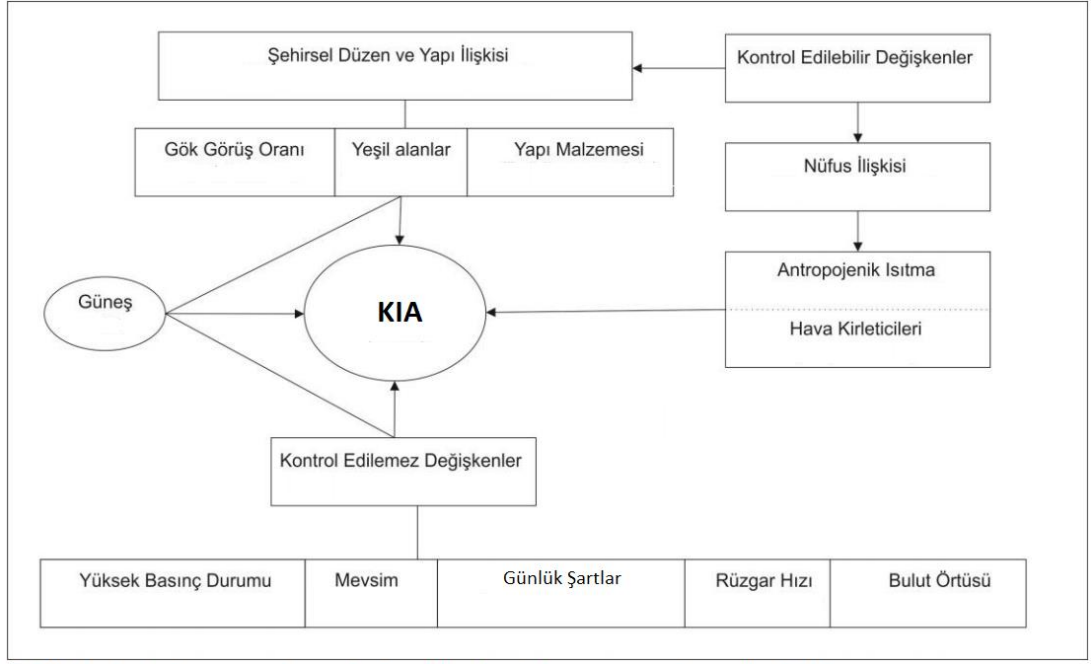
KIA'lar kentlerdeki ve kırsal bölgelerde meteorolojik istasyonlar tarafından ölçülen sıcaklıkların karşılaştırılması ile ölçülebilir ancak bu yöntem ile KIA'nın mekânsal dağılımı tespit edilemez. Uzaktan algılama teknolojisindeki gelişmelerle birlikte KIA'nın analizinin uydu görüntülerinin termal bantı kullanılarak gerçekleştirilmesi mümkün olmuştur.

2.1.2. Kentsel Isı Adası Etkisine Neden Olan Faktörler

KIA oluşumuna katkıda bulunan mekânizmaları anlamak ve önlem stratejilerini geliştirmek için, farklı şehirlerdeki KIA'ların incelenmesi ve ısı adasının etkisini arttıran veya azaltan faktörlerin tespit edilmesi gereklidir. Çünkü KIA'nın oluşumu ve şiddetini etkileyen pek çok faktör vardır ve bunun yanında bu faktörlerin etkisi de şehirden şehire değişmektedir. Özellikle kentleşme ve nüfus artışı KIA'nın büyüklüğünü ve mekânsal dağılımını etkileyen en önemli iki faktördür (Yao et al., 2021).

Şekil 2.2'de kentsel ısı adasına neden olan faktörler görülmektedir. Kontrol edilemeyen faktörler; güneşten gelen solar radyasyon, basınç durumu, mevsim, günlük koşullar, rüzgâr hızı ve bulut örtüsüdür. Bununla birlikte her kentin içinde bulunduğu iklimin yanı sıra çevresel (topoğrafya, denizellik vb.) koşullardan kaynaklı farklı mezo-iklimler görülmektedir. Bu mezo-iklim de KIA'nın gelişiminde önemli rol oynar. Örneğin aynı oranda kentleşme olmasına rağmen, mezo-iklimi gereği daha fazla rüzgâr alan ve daha az rüzgâr alan iki bölge kıyaslandığında rüzgâr almayan bölge de daha yoğun KIA görülmesi beklenir (Kim and Brown, 2021).

KIA'yı etkileyen kontrol edilebilir faktörler ise başlıca şehir planlamasından ve nüfus yoğunluğundan kaynaklıdır. Artan nüfusla birlikte yapılaşma ihtiyacı ve antropojenik enerji tüketiminin artması kaçınılmazdır. Ancak bilinçli kent planları ile KIA'yı önlemek veya yoğunluğunu azaltmak mümkündür. Kent planlaması yapılırken gök görüş oranının yüksek olması, yeşil alanların fazla olması ve yapı malzemelerinin ısı depolama kapasitesi düşük olan renk ve malzemelerden seçilmesi gibi etkenlere dikkat edilerek KIA önenebilir (Yao et al., 2021).



Şekil 2.2. Kentsel ısı adasına neden olan faktörler (Hertel et al., 2019)

2.1.3. Kentsel Isı Adasının Etkileri

Küresel iklim değişikliği sonucu yoğunluğu ve sıklığı artacağı tahmin edilen sıcak hava dalgalarına ek olarak KIA'nın da kentlerdeki sıcaklığı artırması kentlerdeki yaşam kalitesi için tehdit oluşturmaktadır.

KIA etkisiyle kentlerdeki termal konfor azalır. Özellikle sıcak hava dalgalarının yaşandığı zamanlarda, sıcaklık havadan kaynaklanan ölümlerin ve hastalıkların artmasına neden olur. Sıcak havadan kaynaklanan hastalıklar ise başlıca sıcak çarpması, ısı bitkinliği, rabdomiyoliz, ısı senkopu, ısı krampları, isiliktir. Özellikle yaşlılar ve açık havada çalışanlar risk altındadır. Ayrıca hayvanlar da sıcak havadan olumsuz etkilenmektedir. Bunların yanında sıcak hava ruh sağlığı sorunları yaşanması ihtimalini de arttırmaktadır (Liu et al., 2021).

KIA'nın diğer bir etkisi ise klima kullanımını artırması dolayısı ile sera gazlarının salınımını arttırmasıdır. Bu durum hava kirliliğine neden olmakla birlikte aynı zamanda kentlerdeki ısınmanın da artmasına sebep olmaktadır.

KIA aynı zamanda su kalitesini de olumsuz etkilemektedir. Özellikle kent yüzeylerindeki ısınma sonucu, kentlerde birikip göllere ve akarsulara dökülen ısınan yağmur suları, bu alanlardaki su kalitesini düşürerek akuatik canlıları olumsuz

etkilemektedir (US EPA, 2020). Aynı zamanda su yüzeylerinde sıcaklığın yükselmesi ötrofikasyonun da artmasına olarak su kalitesini düşürebilir (Paerl et al., 2016).

KIA'nın etkileri genellikle olumsuz olmakla birlikte, soğuk iklimlerin görüldüğü bölgelerde özellikle kış aylarında, ısınma ihtiyacının ve soğuk havadan kaynaklı rahatsızlıkların azalmasını sağlayabilir (Artiola et al., 2019). Bununla birlikte sıcak hava dalgaları yaşandığı dönemdeki oluşturduğu sorunların olumsuz etkilerinin bu olumlu etkisine kıyasla daha fazla olabileceği de göz önüne alınmalıdır.

2.1.4. Kentsel Isı Adasının Önlenmesi

KIA'nın oluşmasında en önemli faktörler kentleşme ve nüfus artışı olduğu için, KIA'nın azaltılmasında da kentleşmenin ve nüfus yoğunluğunun olumsuz etkilerinin azaltılması hedeflenerek etkili stratejiler oluşturulabilir. Bu amaçla altı ana strateji vardır (EPA, 2021a):

1. Ağaçların ve bitki ile kaplı alanların artırılması,
2. Yeşil çatı sistemlerinin uygulanması,
3. Soğuk çatı uygulamaları (açık renkli veya yansıtıcı çatı),
4. Soğuk asfalt (açık renkli veya geçirimli asfalt),
5. Akıllı Büyüme ilkelerinin uygulanması,
6. Gölge yapılarına yer verilmesidir.

Şekil 2.3'te KIA önleme stratejilerinin uygulanışı gösterilmiştir (Anonymous, 2012).



Şekil 2.3. KIA önleme stratejileri (Anonymous, 2012)

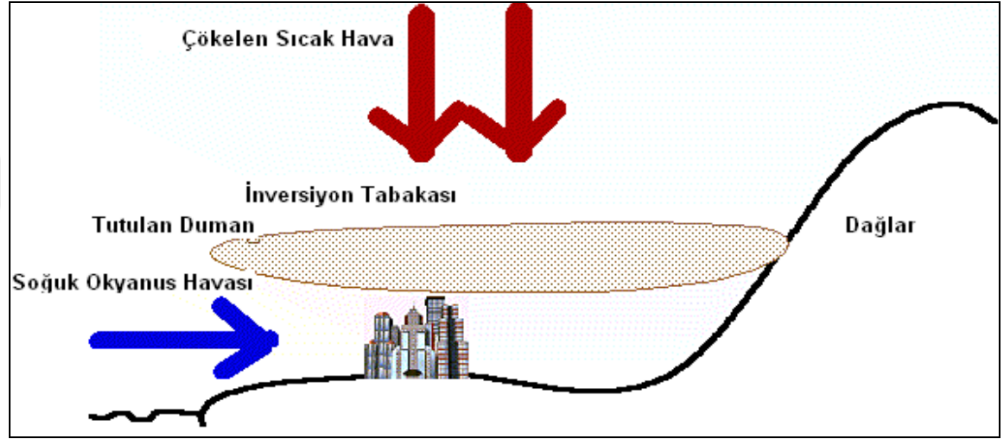
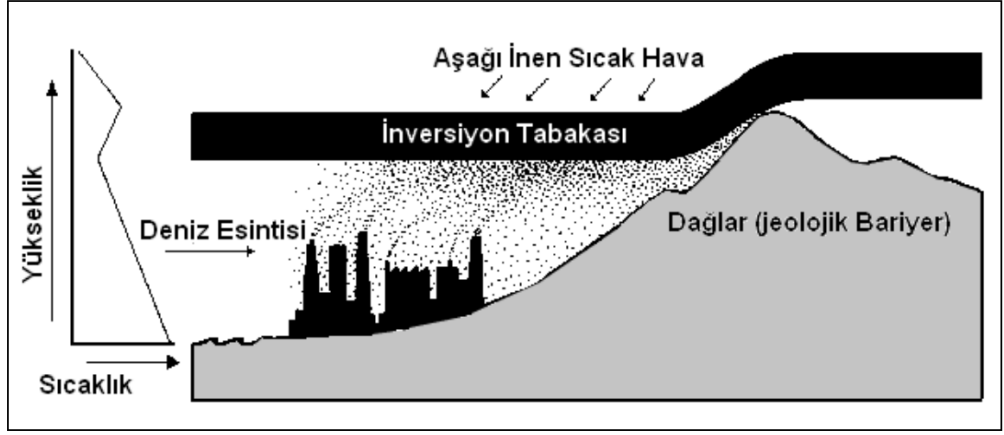
2.1.3. Kıyı Şehirlerinde Kentsel Isı Adası

KIA nedenleri literatürde ayrıntılı olarak ele alınmasına rağmen, her kentin coğrafi ve morfolojik farklılıklarının olması nedeniyle KIA araştırmalarında gerek şehirlerarası kıyaslama yapılması gerekse KIA etkisinin modellenmesi zorlayıcı bir konudur. Özellikle kıyı şehirlerinde deniz meltemleri mekânsal sıcaklık dağılışında büyük bir rol oynamaktadır (Papanastasiou and Kittas, 2011).

Atmosferin troposfer tabakasında yükselti arttıkça sıcaklık azalır. Antisiklonik hava koşulları (yüksek basınç olarak da adlandırılan kuru, rüzgârsız hava ve açık gökyüzü durumu) troposferin alt ve üst katmanlarındaki havanın birbirine karışmasını önler (MGM, 2021). Bu durum sıcaklığın 100 m'de m'de 0.5 ile 1.0 °C arasında azaldığı normal atmosfer şartlarının aksine, sıcaklığın yükseklik arttıkça azalmasına neden olur ve sıcaklık enverziyonu (terselmesi) olarak adlandırılır (MGM, 2021).

Karaların denizden daha çabuk ısınması ve sıcak havanın soğuk havadan daha fazla yoğunluğa sahip olmasının da etkisiyle, deniz meltemi ile gelen soğuk hava troposferin en alt tabakasına yerleşirken, sıcak hava kütlesi ısınarak şehrin üzerinde adeta bir örtü tabakası olarak yerleşir (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5). Bu durum literatürde deniz enverziyonu (marine inversion, advection inversion) olarak tanımlanır ve genellikle denize kıyısı olan dağlık şehirlerde görülür (Rendón et al., 2014). Deniz enverziyonu etkisiyle bilinenin aksine, yükselti arttıkça yüksek sıcaklık görülür.

Troposferdeki hava karışımının az olduğu bu durum hava kirliliği açısından da sorun teşkil etmektedir. Örneğin Los Angeles şehrinde deniz enverziyonu görülür (Huber, 2004).



Şekil 2.4. Deniz enverziyonu oluşumu (Öztürk, 2017b)



Şekil 2.5. Deniz enverziyonu (Öztürk, 2017b)

2.2. Literatür Özeti

Uzaktan algılama teknolojisinin gelişmesi ve uygulama konularının genişlemesiyle birlikte, yer yüzey sıcaklığı elde etme algoritmaları geliştirilmiş ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu bölümde tez konusuyla ilgili olarak uydu görüntülerinden yer yüzey sıcaklığının elde edilmesi ve KIA konusunda gerçekleştirilen çalışmalara yer verilmiştir.

Malezya-Putrajaya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, KIA fenomenini etkileyen faktörleri araştırılmıştır. Çalışmada arazi kullanımı/örtüsü değişikliğinin değerlendirmesi ve tarihsel iklim verilerinin karşılaştırması şeklinde iki farklı yaklaşım benimsenmiştir. Kentleşme ve kentsel alanın şehrin termal ayak izine etkilerini ölçmek için arazi kullanımı/örtüsü ve YYS haritaları oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda 1999-2006 yılları periyodunda kentsel alanların önemli ölçüde artmasına ve yeşil alanların azalmasına rağmen 2009 yüzey sıcaklığının 2006'dan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca buzulların erimesi dolayısı ile deniz seviyesinin belirgin şekilde yükseldiği de gözlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada KIA oluşumuna etki eden faktörlerin yalnızca kentleşme ve yeşil alan ile sınırlı olmadığı, iklim değişikliği ve diğer bölgesel faktörlerin de etkili olduğu gösterilmiştir (Salleh et al., 2013).

São José dos Campos'ta gerçekleştirilem bir çalışmada arazi örtüsü ve KIA ilişkisini analiz etmiştir. Araştırmada kullanılan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: Normalize Fark Bitki İndeksi), NDWI (Normalized Difference Water Index: Normalize Fark Su İndeksi) ve NDBI (Normalized Difference Built-up Index: Normalize Fark Yapılaşmış Alan İndeksi) indeksleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda kentsel ve çıplak alanlarla yüksek sıcaklıklar arasında pozitif korelasyon olduğu bulunmuştur (Ogashawara and Bastos, 2012).

Romanya- Bükreş'teki arazi kullanımı/örtüsü değişim dinamikleri ve bunların KIA'ya olan etkileri araştırılmıştır. 1984-2016 periyodunda Landsat uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada yerleşim alanlarında ve çıplak alanlarda artış olduğu ve ormanlık alanlarda düşüş meydana geldiği tespit edilmiş, bu durumun sonucu olarak da KIA'nın arttığı belirlenmiştir (Grigoraş and Urişescu, 2019).

Asansol-Durgapur'da gerçekleştirilen bir çalışmada arazi kullanımı/örtüsü değişimlerinin YYS'ye etkilerini araştırılmıştır. Çalışmada kentleşme nedeniyle YYS artarken, su kaynakları ve yeşil alanlarda YYS'nin daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Choudhury et al., 2018).

Çin-Hangzhou'da hızlı kentleşmenin KIA'ya etkisi 2003, 2008 ve 2013 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanarak araştırılmıştır. Çalışmada bitki ve yapılaşmış alan indeksleri KIA arasındaki ilişki araştırılmış, KIA ile bitki indeksi arasında negatif korelasyon bulunurken KIA ile yapılaşmış alan indeksi arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür (Wang et al., 2018) .

Çin-Şangay'da 1997-2008 periyodunda arazi kullanımı/örtüsü değişimi, nüfus değişimi ve bunların KIA'ya etkileri Landsat uydu görüntüleri kullanarak araştırılmıştır. Çalışmada nüfus artışı ve arazi kullanımı/örtüsündeki değişimlerin KIA üzerinde önemli ölçüde değişimlere sebep olduğu bulunmuştur. Çalışmada nüfus artışının devam edeceği ve buna bağlı olarak da KIA etkisinin de artmaya devam edeceği öngörülmüştür (Zhang et al., 2013) .

İspanya'nın Valensiya Bölgesi'nde KIA etkisinin mekânsal dağılımını, solar radyasyon, arazi örtüsü ve yükseklik verileri ile istatistiksel analiz gerçekleştirerek araştırılmıştır. Çalışmada KIA oluşumunda rol oynayan en önemli etkenlerin albedo ve yükseklik olduğu bulunmuştur. KIA etkisinin özellikle kentin etrafındaki bölgelerde zamanla yapılaşmanın artmasıyla birlikte arttığı tespit edilmiştir (Jato-Espino, 2019).

Hindistan-Chandigarh'ta MODIS uydu görüntüsü ile yükseklik ve geçirimsiz yüzeylerin yer yüzey sıcaklığına etkisini araştırılmıştır. Çalışmada MNDWI kullanılarak suyla kaplı alanlar maskelenmiştir. Çalışmanın sonucunda geçirimsiz yüzeylerin YYS'yi arttırdığı ancak bu ikisi arasındaki ilişkinin sezona bağlı olarak değişiklik gösterdiği bulunmuştur. Çalışmada aynı zamanda yükseklik arttıkça YYS'nin de arttığı tespit edilmiştir (Mathew et al., 2016).

Antalya ilinin KIA etkisinin mevsimsel değişimini uydu görüntüleri ve istasyon verileri kullanarak analiz edilmiştir. Çalışmada ayrıca uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü haritaları oluşturulmuş ve YYS'ler kıyaslanmıştır. Yaz aylarında en yüksek sıcaklıkların iç kesimlerde olduğu, kış aylarında ise sahil kesimlerinin daha

sıcak olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda kentleşme ve azalan yeşil alanlar nedeniyle KIA etkisinin arttığı görülmüştür (Şensoy vd., 2017).

KIA ile ilgili literatürdeki çalışmalar Çizelge 2.1'de özetlenmiştir. Bu çalışmalarla benzer şekilde kentsel alanlardaki artışın Samsun ilindeki KIA yoğunluğunu arttırması ve yeşil alanların en düşük YYS'ye sahip olması beklenmektedir.

Çizelge 2.1. Literatürde uydu görüntüleri kullanılarak yapılan KIA ile ilgili çalışmalar

Çalışmanın Adı	Çalışmanın Sonucu
Hızla Gelişen Kıyı Kentlerinde Kentsel Isı Adası Etkilerinin Değerlendirilmesi (Wang et al., 2018)	KIA ile bitki indeksi arasında negatif korelasyon bulunurken KIA ile yapılaşmış alan indeksi arasında pozitif korelasyon olduğu
Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin analizi, nüfus değişimi ve bunların Çin, Şanghay metropolündeki KIA'nın mekansal-zamansal deseni üzerindeki etkileri (Zhang et al., 2013)	Nüfus artışı ve arazi kullanımı/örtüsündeki değişimlerin KIA üzerinde önemli ölçüde değişimlere sebep olduğu
Bir Akdeniz bölgesindeki Kentsel Isı Adası etkisinin mekansal-zamansal istatistiksel analizi (Jato-Espino, 2019)	KIA oluşumunda en önemli etkenlerin albedo ve yükseklik olduğu, KIA'nın yapılaşmadaki artış sonucu arttığı
KIA'daki mekansal ve zamansal değişimleri ve geçirimsiz yüzey alanı yüzdesi ve yükseltinin YYS'ye etkisi: Hindistan, Chandigarh şehri (Mathew et al., 2016)	Geçirimsiz yüzeylerin YYS'yi arttırdığı ancak bu ikisi arasındaki ilişkinin sezona bağlı olarak değişiklik gösterdiği
Malezya, Putrajaya'da Kentsel Isı Adası Oluşumuna Katkıda Bulunan Faktörler (Salleh et al., 2013)	KIA oluşumuna etki eden faktörlerin yalnızca kentleşme ve yeşil alan ile sınırlı olmadığı, iklim değişikliği ve diğer bölgesel faktörlerin de etkili olduğu
Kentsel Isı Adaları ve Arazi Örtüsü Arasındaki İlişkinin Analizi İçin Nicel Bir Yaklaşım (Ogashawara and Bastos, 2012)	Kentsel ve çıplak alanlarla yüksek sıcaklıklar arasında pozitif korelasyon olduğu
Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü değişim dinamikleri ve bunların Bükreş, Romanya'daki Yüzey Kentsel Isı Adası üzerindeki etkileri (Grigoraş and Urişescu, 2019)	Yerleşim alanlarında ve çıplak alanlarda artış olduğu ve ormanlık alanlarda düşüş olduğu, bu durumun sonucu olarak da KIA'nın arttığı
Arazi kullanımı arazi örtüsünün değişimlerinin değerlendirilmesi ve bunun Asansol-Durgapur Kalkınma Bölgesi'ndeki YYS'deki değişime etkisi (Choudhury ve ark., 2018)	Kentleşme nedeniyle YYS artarken, su kaynakları ve yeşil alanlarda YYS'nin daha düşük olduğu
Antalya Yüzey Isı Adası Özelliklerinin Uydu Verileri ile Analizi (Şensoy ve ark., 2017)	Kentleşme ve azalan yeşil alanlar nedeniyle KIA etkisinin arttığı

3. VERİ VE YÖNTEM

Bu bölümde çalışma alanı olan Samsun ili ilgili bilgiler verilmiş ve çalışmanın sınırları tanımlanmıştır. Kullanılan veriler (uydu görüntüleri, meteorolojik istasyonlardan alınan sıcaklık değerleri ve yükseklik verisi) ve kullanılan yazılımlar (ENVI, ArcGIS) hakkında bilgi verilmiştir. Uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü haritalarının oluşturulması, yer yüzey sıcaklıklarının elde edilmesi ve KIA yoğunluğu haritası oluşturulmasında kullanılan yöntemler ve işlem adımlarını anlatılmıştır.

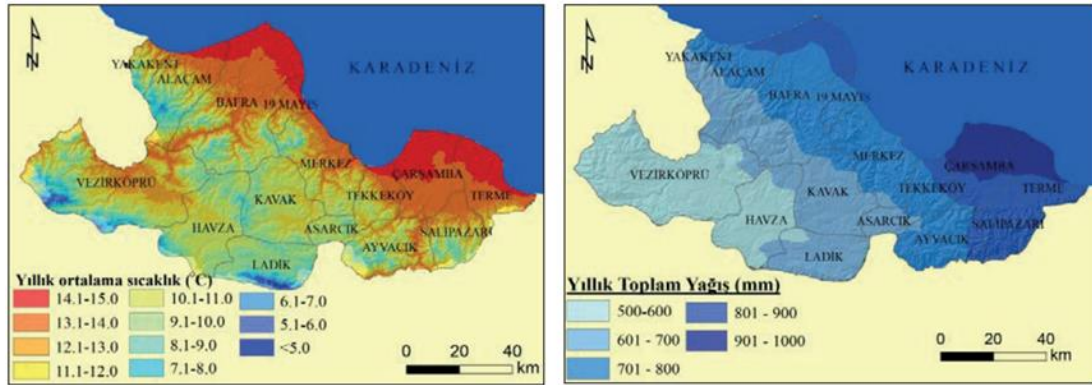
3.1. Çalışma Alanı: Samsun

Çalışma alanı (Şekil 3.1), Türkiye'nin kuzeyinde Orta Karadeniz Bölümünde, 37° 08' ve 34° 25' doğu boylamları ile 40° 50' ve 41° 45' kuzey enlemleri arasında bulunan Samsun ilidir. Samsun ili coğrafi konumu dolayısıyla bölgesel iklimini önemli ölçüde etkileyen birçok unsurun etkisi altındadır. Bunlardan en etkili olanları denize kıyısının olması ve aynı zamanda dağlık bir bölge olmasıdır. Bunun yanı sıra kuzey rüzgârlarına açık olması ve deniz meltemi de kıyı ve iç kesimler arasındaki sıcaklık farkını etkilemektedir. İlin sıcaklık ve yağış dağılımları Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

KIA tespitinde en önemli hususlardan biri de kentsel ve kırsal alan ayrımının uygun şekilde yapılması ve kentin karakteristiğine uygun değerlendirilmesidir. Bu amaçla ilk olarak çalışma alanı Samsun ilinin merkez ilçeleri; Atakum, İlkadım, Canik, Tekkeköy olarak seçilmiştir (Şekil 3.1). Yer yüzey sıcaklığı değerleri, bu ilçelerin sınırları dâhilinde hesaplanmıştır. KIA yoğunluğunun tespiti aşamasında çalışma alanı metoda uygun olarak sınırlandırılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı: Atakum, İlkadım, Canik ve Tekkeköy ilçeleri



Şekil 3.2. Samsun iline ait sıcaklık ve yağış dağılım haritaları (Turan vd., 2018)

3.2. Kullanılan Veri ve Yazılımlar

Çalışmanın birincil verisi uydu görüntüleridir. Çalışmada Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları Kurumu (United States Geological Survey: USGS) tarafından hazırlanan ve internet siteleri “<http://earthexplorer.usgs.gov/>” üzerinden ücretsiz olarak temin edilebilen Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri GeoTIFF formatında meta verileri ile birlikte indirilebilmektedir.

Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait teknik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri

Tarih	UTC	UTC+3	Uydu	Termal Bant	Termal bandın dalga boyu (mm)	Mekânsal çözünürlük (m)
31.08.1985	07:43	10:43	Landsat-5	bant 6	10.40-12.50	120 (30)
24.06.1995	07:20	10:20	Landsat-5	bant 6	10.40-12.50	120 (30)
20.06.2011	08:03	11:05	Landsat-5	bant 6	10.40-12.50	120 (30)
07.06.2018	08:13	11:15	Landsat-8	bant 10	10.60-11.19	100 (30)

Çalışmanın ikincil verileri ise; meteorolojik veriler, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve idari sınırlardır:

- Meteoroloji Genel Müdürlüğünden uydu görüntüleri ile aynı tarihte ve saatteki istasyon verileri temin edilmiştir.
- Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency) tarafından Copernicus programı çerçevesinde hazırlanmış olan, 25 m mekânsal çözünürlüklü Avrupa Birliği SYM (European Digital Elevation Model) versiyon 1.1 kullanılmıştır (Copernicus, 2016).
- Samsun ilçe sınırlarını gösteren idari sınır haritası, çalışma alanının sınırlandırılmasında kullanılmıştır (Anonim, 2020).

Çalışmada uydu görüntülerinin analizinde ENVI (Environment for Visualizing Images) ve mekânsal veri tabanının oluşturulması ve harita çıktılarının hazırlanmasında ArcGIS Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı kullanılmıştır.

3.3. Yöntem

1985-2018 periyodunda Samsun ilinin merkez ilçelerini kapsayan alanda KIA analizi için temel veri uydu görüntüleridir. Bu nedenle çalışmanın amacına uygun olarak görüntülerin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Farklı yıllara ait uydu görüntülerini ve arazi örtülerini kıyaslayarak KIA ait çıkarımlar yapabilmek için, termal ayak izini etkileyen diğer faktörlerin mümkün olduğunca elimine edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışmada uydu görüntülerinin seçim basamakları şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

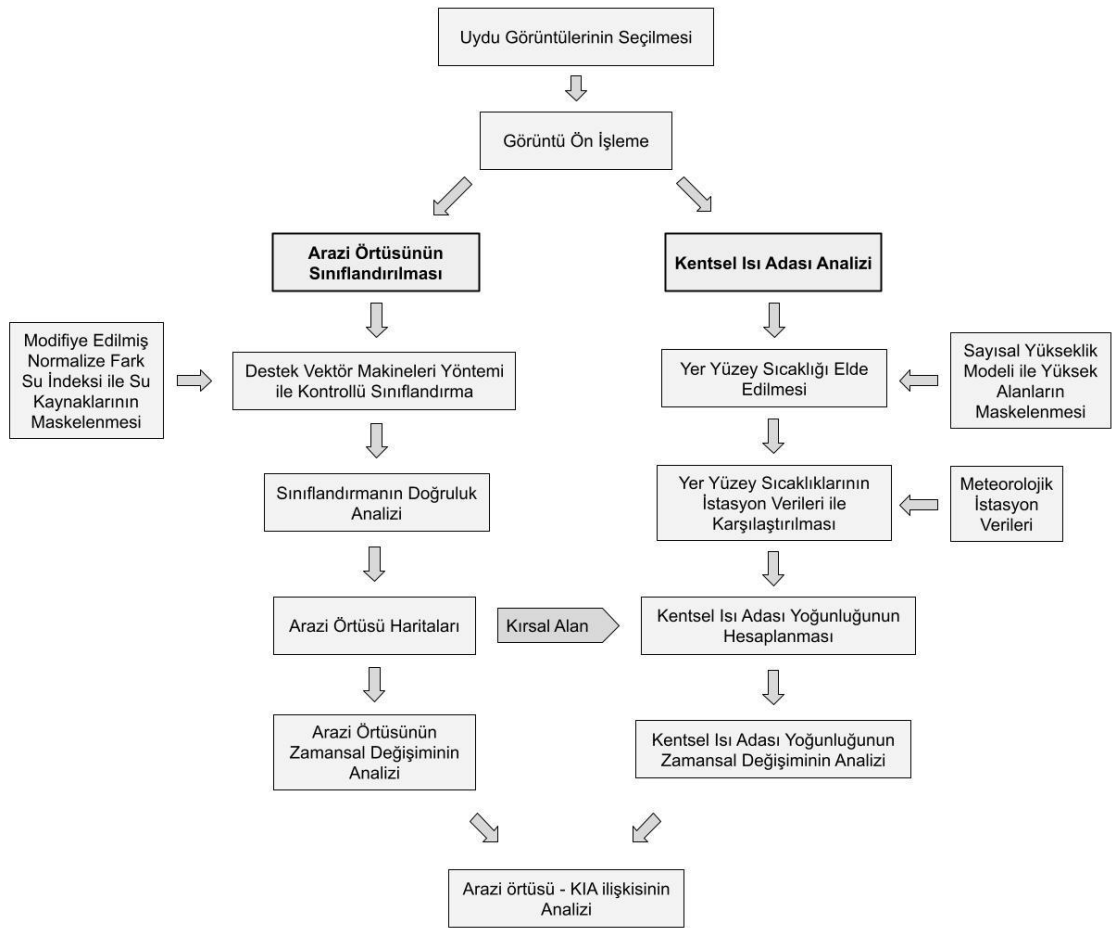
- 1985-2018 yılları arasında yaz mevsimi boyunca Samsun iline ait tüm Landsat uydu görüntülerinin listesi oluşturulmuştur. Analizlerde meteorolojik verilerle ilişkilendirme gerekli olacağından dolayı meteorolojik verilerin de temini gerekmektedir. Bu amaçla Weather Spark şirketinden Samsun-Çarşamba Havaalanına ilişkin meteorolojik veriler temin edilmiştir. Weather Spark dünya çapında havaalanları dahil 145.194 lokasyon için ücretsiz meteorolojik veriler sağlamaktadır (<https://weatherspark.com/about>). Çalışma kapsamında her bir uydu görüntüsünün elde edildiği saate en yakın zamandaki hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü bilgileri elde edilmiştir. Bu liste EK'de verilmiştir. Farklı yıllara ait uydu görüntülerinin seçiminde benzer meteorolojik koşullara sahip olmalarına dikkat edilmiştir.
- Seçilen uydu görüntülerinin termal bandı görsel yorumlama ile incelenerek, sıcaklığın mekânsal dağılımında anomalilik olan görüntüler elenmiştir.
- Sadece bulutluluk oranı çok düşük uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bulutluluk oranı düşük görüntüler arasından da, bulutlar şehir merkezinde olmayan görüntüler seçilerek, çalışma alanına gelen solar radyasyondaki farklılıkların KIA'ya etkisinin önüne geçilmiştir.
- Her bir uydu görüntüsündeki bulutlu alanlar Landsat kalite bandı kullanılarak tespit edilip, bulut varlığını işaret eden pikseller birleştirilerek oluşturulan bulut maskesi tüm görüntülerden maskelenmiştir. Böylelikle analiz edilecek her bir görüntü aynı piksel sayısına sahip olarak görüntüler arasında uygun kıyaslanma yapılmasına imkânı sağlanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususlar çerçevesinde 31.08.1985, 24.06.1995 ve 20.06.2011 tarihli Landsat-5 ve 07.06.2018 tarihli Landsat-8 uydu görüntülerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Seçilen uydu görüntülerinin elde edildiği saate en yakın zamandaki, Weather Spark şirketinin internet sitesinden (<https://weatherspark.com>) alınan Samsun-Çarşamba Havaalanına ait hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü bilgileri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin elde edildiği tarihlere ait meteorolojik değerler

Tarih	Landsat Uydu		Zaman,	Sıcaklık, Rüzgâr hızı ve Yönü*			Bulutluluk Yüzdesi		
	Türü	GMT		GMT+3	Sıcaklık,	Rüzgâr hızı ve Yönü*			
31.08.1985	L5	07:43	10:43	12:00	ÖS	25.4°C	2.10 m/s	K	0
24.06.1995	L5	07:20	10:20	12:00	ÖS	24.3°C	2.10 m/s	D	0
20.06.2011	L5	08:03	11:03	11:00	ÖÖ	24.5°C	1.50 m/s	KD	9
07.06.2018	L8	08:13	11:13	11:00	ÖÖ	25.2°C	2.60 m/s	GD	3.64

Uydu görüntülerinde ön işleme işlemlerinin ardından arazi örtüsünün sınıflandırılması ve KIA analizi gerçekleştirilmiş, mekânsal-zamansal değişimler ve arazi örtüsü-KIA ilişkisi irdelenmiştir. Çalışmanın ana işlem adımları Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma akış şeması

3.3.1. Arazi Örtüsü Haritalarının Oluşturulması

Uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü haritalarının oluşturulması için kontrollü bir sınıflandırma yöntemi olan Destek Vektör Makineleri (DVM) kullanılmıştır. DVM ile kontrollü sınıflandırma yöntemi anlatıldıktan sonra çalışmada izlenen adımlar verilmiştir.

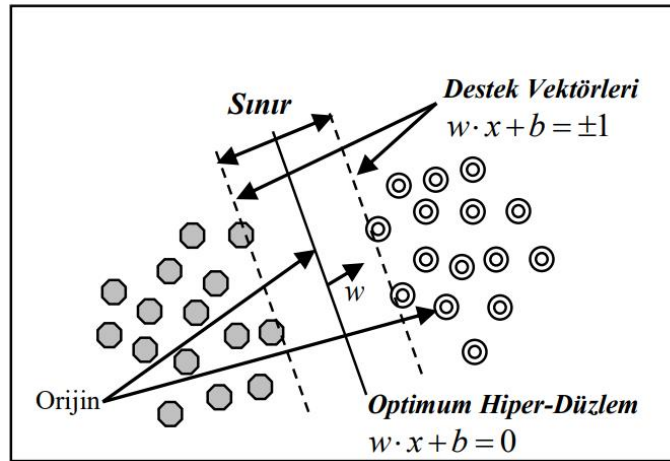
3.3.1.1. DVM ile Kontrollü Sınıflandırma

DVM, matematisyen ve bilim adamı olan Vladimir Vapnik'in geliştirmiş olduğu, uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kullanılan, istatistiksel öğrenme teorisine dayalı parametrik olmayan kontrollü sınıflandırma yöntemidir (Cortes and Vapnik, 1995). DVM yönteminde, iki sınıfın eğitim verileri kullanılarak bu sınıfları en uygun şekilde ayırabilecek bir karar doğrusu (hiper-düzlem) oluşturulur (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010). Bu sınıflandırmada amaç optimum algoritmayla hiper-düzlem oluşturularak daha az örnekleme bile doğru sınıflandırma sonuçları elde etmektir (Üstüner vd., 2013).

Doğrusal olarak ayrılabilen iki sınıflı bir sınıflandırma probleminde DVM'nin eğitimini ele alalım ve k sayıda örnekten oluşan eğitim verisinin $\{x_i, y_i\}$, $i = 1, \dots, k$, olduğunu kabul edelim. Burada $x \in \mathbb{R}^N$ olup N -boyutlu bir uzayı, $y \in \{-1, +1\}$ ise sınıf etiketlerini göstermektedir. Eğer hiper-düzlemin normali (w) ve eğilim değeri (b) belirlenebilirse eğitim örnekleri doğrusal olarak ayrılabilir.

$$w \cdot x_i + b = 0 \quad (\text{Çölkesen ve Kavzoğlu, 2008})$$

Şekil 3.4' deki örnek de iki farklı sınıfın optimum hiper-düzlem oluşturularak ayrılması gösterilmektedir.



Şekil 3.4. DVM yönteminde hiper-düzlemin belirlenmesi (Çölkesen ve Kavzoğlu, 2008)

Bu yöntemin en büyük avantajı örnekleme veri sayısının az olması durumunda bile doğru sınıflandırma sonuçlarının elde edilebilmesine olanak sağlamasıdır (Foody

and Mathur, 2004). Diğer bir avantajı ise sınıflar arasındaki dengesiz sayıda eğitim alanı ve uydu görüntülerindeki gürültüye daha az hassas olmasıdır ("Train Support Vector Machine Classifier (ESRI, 2021).

Literatürde sıklıkla kullanılan diğer bir kontrollü sınıflandırma metodu olan ve pikselin bir kümeye ait olup olmadığını değerlendiren En Çok Benzerlik yönteminden farklı olarak, DVM'de kümeler arasında mümkün olan en büyük mesafeyi oluşturan çok boyutlu uzayı belirlenir. Bunun sonucunda uzayda aralarında mesafeler olan farklı kümelenmeler oluşur ve her bir piksel bulunduğu küme ile sınıflandırılır.

Literatürde DVM'lerin sınıflandırma performansı diğer kontrollü sınıflandırma yöntemler ile kıyaslayan pek çok çalışma yapılmıştır. Rimal ve arkadaşları (2020) Nepal'de Kathmandu Vadisi'nde 1988-2016 periyodunda kentleşmenin belirlenmesi amacıyla Landsat uydu görüntüleri DVM ve En Çok Benzerlik yöntemleri kullanılarak arazi örtüsünü sınıflandırmıştır. İki sınıflandırma yönteminin karşılaştırılması sonucu DVM'nin sınıflandırma sonucu doğruluğunun En Çok Benzerlik yöntemini kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir şekilde Mondal ve arkadaşları (2012) Hindistan'ın Odisha Eyaletindeki Birupa dere yatağının arazi örtüsünü 2000 yılına ait Landsat uydu görüntüsü kullanarak DVM ve En Çok Sınıflandırma yöntemleri ile sınıflandırıp iki yöntemi karşılaştırmıştır ve DVM yöntemi ile elde edilen arazi örtüsünün doğruluğunun daha yüksek olduğunu bulmuştur. Başka bir çalışmada da DVM, Karar Ağacı ile Sınıflandırma ve En Çok Benzerlik yöntemleriyle yapılan sınıflandırmaların sonuçları kıyaslanmış ve sınıflandırma doğrulukları sırasıyla %81, %78, %68 olarak bulunmuştur (Medina and Atehortúa, 2019).

Literatürdeki çalışmalarda DVM yöntemi kullanılarak oluşturulan sınıflandırmaların sonucunun doğruluğunun diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek olması ve yukarıda belirtilen avantajlarından dolayı çalışmada arazi örtüsü sınıflandırılmak üzere DVM yöntemi tercih edilmiştir.

3.3.1.2. DVM Yöntemi kullanılarak Arazi Örtüsü Haritalarının Oluşturulması

İlk adım olarak ENVI yazılımının radyometrik kalibrasyon modülü kullanılarak uydu görüntülerinin çoklu-spektral bantlarının dijital numara (Digital Number: DN) değerleri spektral reflektansa dönüştürülmüştür. QUAC (QUick Atmospheric Correction: Hızlı Atmosferik Düzeltme) modülü kullanılarak atmosferik düzeltme yapılmıştır. NDVI indeksi NDVI aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinde her bir sınıfı temsil etmek üzere arazide o sınıfa ait bilinen pikseller alıştırma örnekleme olarak seçilir. Alıştırma örneklemlerinin seçiminde haritalar, yersel ölçümler ve uydu görüntülerinden görsel yorumlama teknikleri kullanılır. Her bir sınıfı temsil eden alıştırma örneklemlerinden oluşturulan spektral imzalar kullanılarak uygulanan kontrollü sınıflandırma algoritmasına göre tüm görüntü alanı için sınıflandırma gerçekleştirilir. Bu çalışmada arazi örtüsünü belirlemek amacıyla 1985, 1995, 2011 ve 2018 yıllarına ait görüntülerde her bir sınıf için 100 adet alıştırma örnekleme seçilerek, piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinden DVM kullanılarak ArcGIS-ArcMap yazılımında uydu görüntüleri sınıflandırılmıştır. Yer yüzey sıcaklığı hesaplanmasında kullanılan algoritmanın, farklı yer yüzeylerini temsil etmedeki kısıtlaması da göz önüne alınarak çalışmada yapılaşmış alan, yeşil alan ve çıplak alan olmak üzere 3 sınıf belirlenmiştir.

Oluşturulan arazi örtüsü haritalarının doğruluk analizlerini gerçekleştirmek için ArcGIS-ArcMap'te bulunan "create accuracy assessment points" aracı kullanılmıştır. Doğruluk analizi için gerekli test-doğrulama piksellerinin seçiminde Katmanlı Rastgele Örneklem Noktaları (stratified random sampling) yöntemi kullanılmış ve 300 adet test-doğrulama noktası ile hata matrisi oluşturulmuştur. Katmanlı Rastgele Örneklem Noktaları yönteminde test-doğrulama noktalarının seçimi, sınıfların mekânsal dağılımına ve yoğunluğuna göre belirlenmektedir.

Çalışma alanındaki en büyük su kütlesi Mert Irmağı'dır. Irmağın spektral yansımalarının benzerliğinden dolayı sınıflandırma işleminde yeşilin tonlarında olan yeşil alan ile daha açık tonlarda olan yapılaşmış alan karıştığı tespit edilmiştir. Irmağın dar olması ve ötrofikasyon etkisiyle farklı tonları yansıtması buna neden olarak gösterilebilir. Bu sebeple suyla kaplı alanların yanlış sınıflandırılmasını önlemek için arazi örtüsü sınıflandırması öncesi suyla kaplı alanların maskelenmesi gerekmektedir.

Uzaktan görüntülerinde suyla kaplı alanların belirlenmesi için Normalize Fark Su İndeksi (NDWI) kullanılmaktadır. Ancak literatürde yapılan çalışmada NDWI indeksi ve Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) karşılaştırılmış ve MDWI indeksinin özellikle kentsel ve toprak olan alanlarda suyla kaplı alanların tespit edilmesi konusunda daha başarılı olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni NDWI indeksi hesaplanırken kullanılan yakın kızılötesi bant yerine MDWI indeksi hesaplanırken kullanılan orta kızılötesi bandın kullanılmasıdır. Çünkü toprak ve yapılaşmış alanlar orta kızılötesi ışığı daha çok yansıtırlar. Ancak eğer çalışma alanında yeşil alan daha fazla ise yakın kızılötesi ışık daha fazla yansıtılacağı için NDWI kullanılması gerekmektedir (Xu, 2006).

Bu çalışmada maskelenmek istenen suyla kaplı alan olan Mert Irmağı'nın çevresi toprak ve yapılaşmış olduğu için MDWI (Denklem 3.1) (Xu, 2006) kullanılmıştır.

$$\text{MNDWI} = (\text{Yeşil} - \text{Orta Dalga Kızılötesi}) / (\text{Yeşil} + \text{Orta Dalga Kızılötesi}) \quad (3.1)$$

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri 33 yıllık bir periyodu kapsadığından dolayı, bu süre boyunca Mert Irmağı'nda küçülme olabileceği öngörülmüştür. Bu nedenle 1985 yılına ait uydu görüntüsüne MNDWI indeksi uygulanarak elde edilen alan tüm uydu görüntülerinde maskelenmiştir. Şekil 3.5'te çalışma alanından maskeleyerek çıkarılan alan gösterilmiştir (Şekil 3.5). Böylece çalışma alanında en düşük sıcaklığa sahip olduğundan dolayı sıcaklık farkı hesaplamasında ortalamaya önemli ölçüde etki edecek olan su kütesinin yanlış sınıfa dahil olmasından doğabilecek hatalar ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 3.5. MNDWI indeksi kullanılarak oluşturulan maskelenen alan

3.3.2. Uydü Görüntüleri ile Kentsel Isı Adalarının Belirlenmesi

Uydü görüntüleri ile KIA'nın belirlemek amacıyla öncelikle YYS elde etme algoritmaları uygulanmıştır. Elde edilen YYS ile meteorolojik istasyondan alınan hava sıcakları karşılaştırılmıştır. Üniversal KIA indeksi kullanılarak KIA yoğunluğu haritaları elde edilmiştir. İşlem basamakları ve kullanılan yöntemlerin ayrıntıları ilgili başlıklarda verilmiştir.

3.3.2.1. Yer Yüzey Sıcaklığının Elde Edilmesi

Çalışmada YYS elde edilirken uydü görüntülerinin termal bantları kullanılmıştır. Bu bantlar; Landsat 5 uydusu için bant 6, Landsat 8 uydusu için ise bant 10'dur. Termal bantlar, sırasıyla, 120 metre ve 100 metre çözünürlüklü üretilmesine rağmen sağlayıcı tarafından yapılan yeniden örnekleme sonucunda uydü görüntüleri 30 metre mekânsal çözünürlüklü elde edilmiştir. YYS hesabı için gerek uygulama pratikliği gerekse literatürde tercih edilen bir yöntem olması nedeniyle çalışmanın amacına en uygun olan piksele dayalı YYS algoritmasının kullanılmasına karar verilmiştir. Uydü görüntüleri meta verileri ile birlikte GeoTIFF formatında indirildiği için gerekli değerler ilgili ENVI yazılım modülünde otomatik olarak atanmıştır. İşlem adımları sırasıyla;

1. Dijital numaranın (DN) spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi

$$L\lambda = \text{Gain.Piksel değeri} + \text{Offset} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de $L\lambda$ ifadesi (Watts/(m².sr.µm) biriminde spektral radyansı ifade etmektedir (Harris Geospatial, 2017).

2. Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi

$$T_B = \frac{K_2}{\ln(1 + \frac{K_1}{L\lambda})} \quad (3.3)$$

Denklem 3.3’te T_B ifadesi kelvin biriminde parlaklık sıcaklığını ifade etmektedir. K_1 ve K_2 banda özel termal transfer sabitlerini ifade etmektedir ve bu sabitlere ait değerler metaveriden temin edilmiştir (USGS, 2019).

3. NDVI eşik metodu ile yer yüzey yayınlılık (ϵ_i) hesabı

Bir önceki adımda elde edilen sıcaklık, siyah obje sıcaklığı olarak da bilinen, tüm radyasyonun emildiği durumu temsil eder. Bu yüzden yer yüzey yayınlılığı hesaplanarak sıcaklık düzeltilmesi yapılması gereklidir. NDVI eşik metodu ($NDVI^{THM}$) ile NDVI değerleri kullanılarak yer yüzey yayınlılığı hesaplanmıştır.

Yayınlılık değerleri aşağıdaki Denklem 3.4’e göre hesaplanmıştır (Giannini et al., 2015) :

$$\epsilon = \epsilon_s * (1 - PV) + \epsilon_v * PV \quad (3.4)$$

Denklem 3.4’te ϵ_s ifadesi 0,97 ve ϵ_v ifadesi 0,99’dir. PV değeri Denklem 3.5’e göre hesaplanır.

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (3.5)$$

Denklemden 3.5’te $NDVI_{min}$ ifadesinin değeri 0,2 ve $NDVI_{max}$ ifadesinin değeri 0,5’dir.

4. Yer yüzey yayınlılık (ϵ_i) düzeltilmesi

$$T_s = \frac{T_B}{1 + (\lambda x T_B / \alpha) \ln \epsilon} \quad (3.6)$$

Denklem 3.6'da T_s ifadesi kelvin biriminde yüzey sıcaklığını, T_B ifadesi siyah obje sıcaklığını, λ ifadesi yayılan radyasyonun dalga boyunu ve ε ifadesi yer yüzey yayınlırlığını ifade etmektedir (Zhang et al, 2013).

Denklem 3.6'daki α sabiti Denklem 3.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$\alpha = h.c / (1.438 \times 10^{-2} \text{ mK}) \quad (3.7)$$

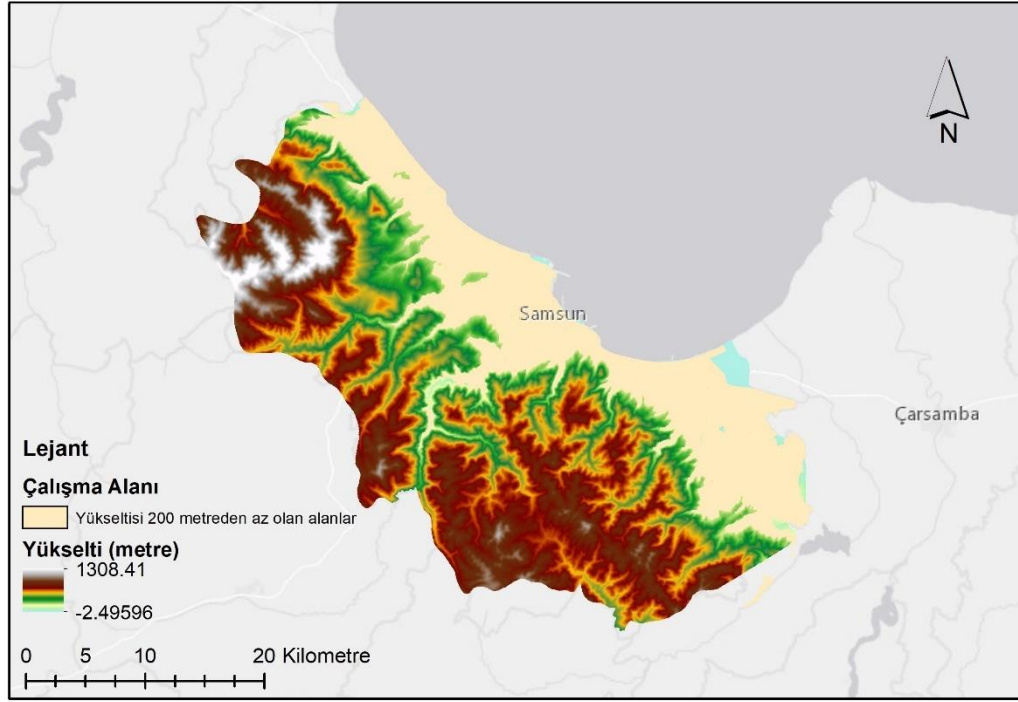
Denklem 3.7'de h ifadesi Planck's sabitini ($6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}^{-1}$), c ifadesi ışık hızını ($2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$), k ifadesi Boltzmann's sabitini ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$) ifade etmektedir.

5. Sıcaklığın Kelvin dereceden Santigrat dereceye dönüştürülmesi

$$LST_{\text{C}} = LST_{\text{K}} - 273.15 \quad (3.8)$$

Çalışma alanının dağlık olması ve yükseltisinin fazla olması mezo-iklimi etkilemektedir. Sıcaklık haritası incelendiğinde ve yükselti haritası ile karşılaştırıldığında, dağlık alanlarda yüksek sıcaklık gözlenmiştir. Genel olarak sıcaklığın yükselti ile birlikte düşmesi beklenir. Çalışma alanındaki bu aykırı durum literatürde “deniz enverzasyonu” (marine inversion) olarak adlandırılmaktadır. Deniz meltemlerinin sonucu olarak, yaz aylarında gece boyunca yer yüzeyinin hızlı bir şekilde soğuması, alçak bölgelerin hava sıcaklığının yüksek bölgelere göre daha düşük olmasına sebep olur.

KIA yoğunluğu tespit edilmeden önce deniz enverzasyonu etkisinden dolayı hatalı sonuç almayı önlemek amacıyla çalışma alanı sınırlandırılmıştır. Çalışma alanındaki tüm yerleşim yerlerini kapsayan, aynı zamanda kırsal alanların da temsil edilebilirliğini sağlamak için 200 m yüksekliğe kadar olan bölgeler çalışmaya dâhil edilmiştir (Şekil 3.6). Yükseklik verisi olarak 25 metre mekânsal çözünürlüğe sahip olan SYM kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Çalışma alanda yükseltisi 200 metreden az olan alanlar

3.3.2.2. Meteorolojik İstasyon Verileri ile Yer Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması

Uydu görüntülerinden elde edilen YYS ile kıyaslamak üzere, Atakum' da yer alan Samsun Bölge (istasyon numarası: 17030) ve Çarşamba'da yer alan Samsun Çarşamba Havalimanı (istasyon numarası: 17031) istasyonlarına ait ölçüm bilgileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Şekil 3.7'de belirtilen istasyon noktalarının etrafında 250 m genişliğinde tampon bölge (buffer zone) oluşturularak, kullanılan uydu görüntülerindeki her bir tarihe ve saate karşılık gelecek şekilde YYS değerleri bu bölge için elde edilmiştir.



Şekil 3.7. Meteorolojik istasyonların lokasyonları

3.3.2.3. Ünlversal KIA İndeksi ile Kentsel Isı Adası Yoğunluğunun Sınıflandırılması

Tanımı gereği KIA kırsal alanlara göre kentsel alanlardaki sıcaklık değerinin, kentleşmenin sonucu olarak daha yüksek olmasıdır. Bu nedenle KIA yoğunluğunun tespitinde baz alınması gereken sıcaklık değeri kentin çevresindeki kentleşmeye maruz kalmamış kırsal alanlardır. Bu çalışmada arazi örtüsü sınıflandırılmasından elde edilen ve 4 dönem boyunca değişikliğe uğramamış yeşil alanlar kırsal alan olarak değerlendirilmiştir. Her bir döneme ait arazi örtüsü haritasından kentsel alanlar dışındaki alanların ortalaması hesaplanarak; her bir pikselin ait olduğu periyodun hesaplanan kırsal alan ortalamasına göre farkına oranına göre KIA yoğunluğunu elde edilmiştir. Ünlversal KIA indeksi Denklem 3.8’de belirtilmiştir (Huang et al., 2019).

$$UHIER = \Delta T_i / T_s = (T_i - T_s) / T_s \quad (3.8)$$

Denklem 3.8’de UHIER ifadesi KIA yoğunluğunu (Urban Heat Island Effect Ratio), ΔT_i ifadesi piksel değerinin kırsal alanın sıcaklık ortalamasından farkını, T_i ifadesi hesaplanan pikselin değerinin sıcaklığını, T_s kırsal alanların sıcaklık ortalamasını ifade etmektedir.

Uygulanan yaklaşıma ve formüle göre elde edilen KIA yoğunluk dereceleri 5 farklı kategoriye ayrılır (Çizelge 3.3) (Zhang et al., 2013).

Çizelge 3.3. Kentsel ısı adası yoğunluğunun sınıflandırılması

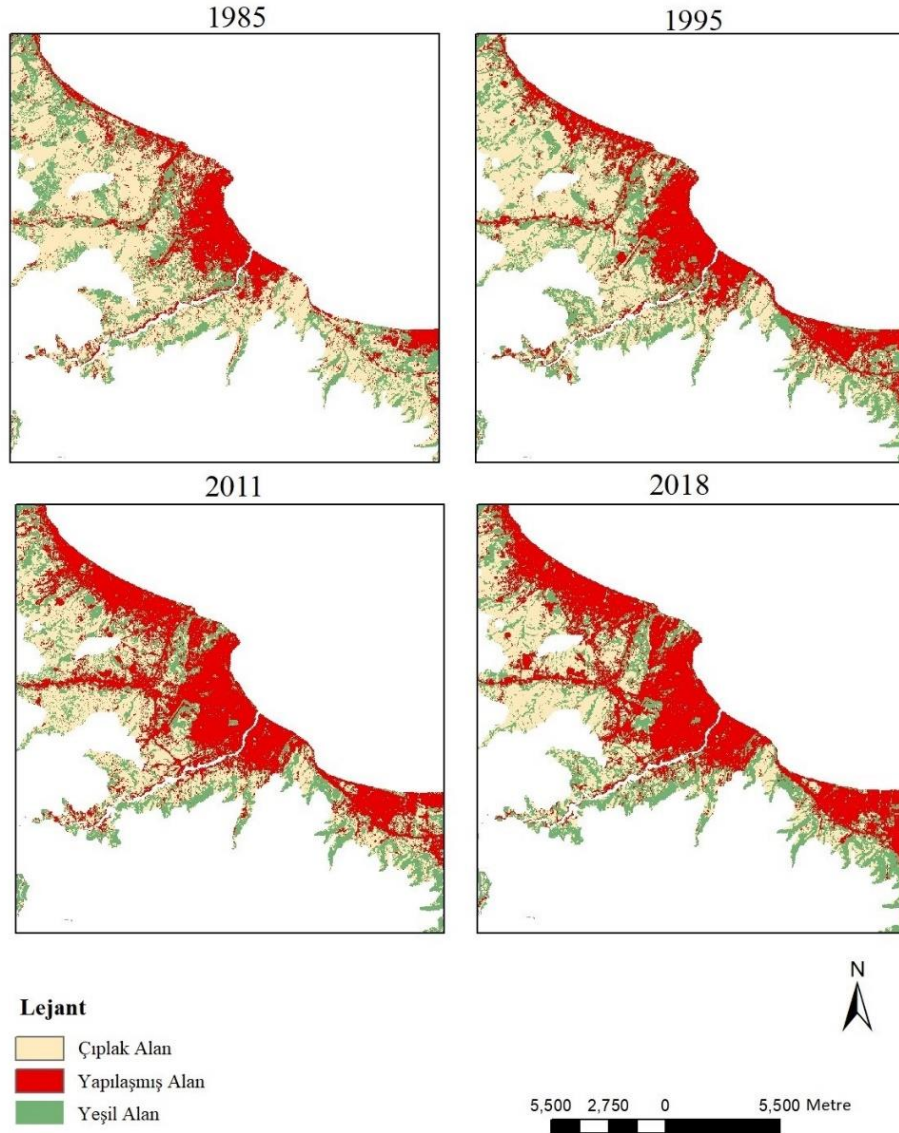
UHIER Değeri	Seviye	Tanımlama
$UHIER \leq 0$	Çok Düşük	Çok düşük sıcaklık bölgesi: Kent ve kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı sınırdadır.
$0 < UHIER \leq 0.1$	Düşük	Düşük sıcaklık bölgesi: Kent ve kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı azdır.
$0.1 < UHIER \leq 0.2$	Orta	Orta sıcaklık bölgesi: Kent ve kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı ortadır.
$0.2 < UHIER \leq 0.3$	Yüksek	Yüksek sıcaklık bölgesi: Kent ve kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı yüksektir.
$0.3 < UHIER \leq 0.4$	Çok Yüksek	Çok yüksek sıcaklık bölgesi: Kent ve kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı çok yüksektir.
$0.4 < UHIER$	Aşırı Yüksek	Yüksek sıcaklık bölgesi: Kent ve kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı yüksektir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında Samsun ilinde 1985-2018 periyodunda KIA etkisinin mekânsal ve zamansal değişimi ve arazi örtüsü ile ilişkisi analiz edilmiştir. Çalışmanın bulguları; Arazi Örtüsü Haritaları, Yer Yüzey Sıcaklığı Haritaları ve Arazi Örtüsündeki Değişimin KIA İle İlişkilendirilmesi başlıkları altında ayrı ayrı ele alınmıştır.

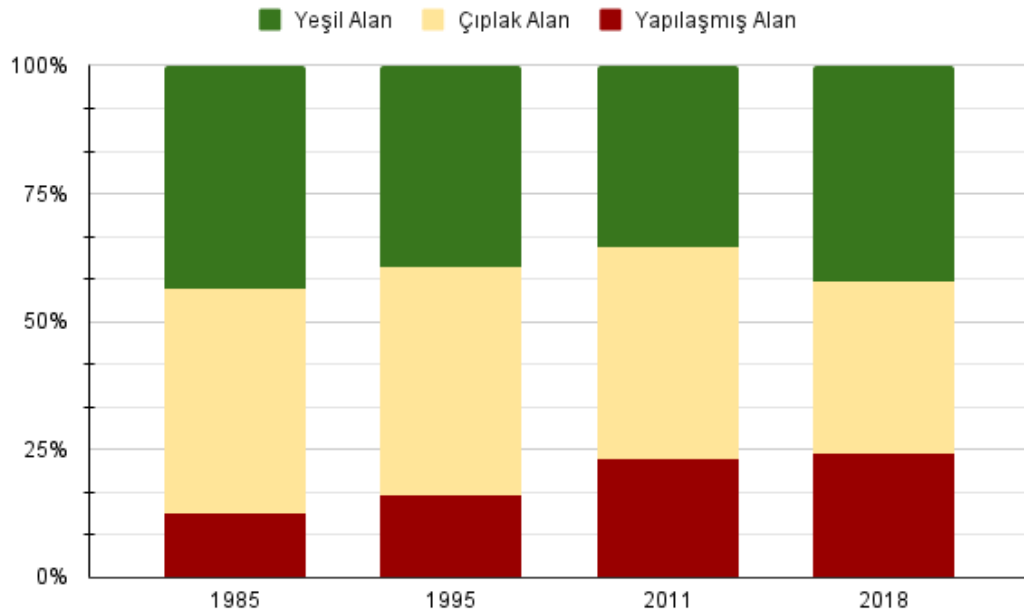
4.1. Arazi Örtüsü Haritaları

Şekil 4.1'de 1985, 1995, 2011 ve 2018 yılları için Landsat uydu görüntülerinden DVM yöntemiyle oluşturulan arazi örtüsü haritaları görülmektedir.



Şekil 4.1. Arazi örtüsü haritaları

Şekil 4.2 ve Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere yapılaşmış alanlarda 4 dönem boyunca düzenli bir artış olmakla birlikte, en fazla artış 1995 ve 2011 yılları arasında %44 (23835 ha) oranında gerçekleşmiştir. Yeşil alanlarda 2011 yılına kadar düzenli bir şekilde azalma yaşanmasına rağmen 2018 yılında %18 (21460 ha) oranında artış dikkat çekmektedir. Şekil 4.1’de 2011 ve 2018 yıllarına ait arazi örtüleri kıyaslandığında, yeşil alanlardaki artışın çıplak alanda gerçekleştiği görülmektedir. 2018 yılında görülen yeşil alanlardaki artışın muhtemel sebebinin ağaçlandırma çalışmaları ve son yıllardaki bilinçlenme olması ihtimali ile birlikte, uydu görüntüsü seçiminde birbirine yakın sıcaklıklar seçilmesine rağmen, yıllık sıcaklık değişimlerinin tarımsal ürünleri (örneğin erken hasat olan bir yılda çıplak alan olarak sınıflandırılan alan başka bir yılda geç hasat dolayısıyla yeşil alan olarak sınıflandırılabilir) ve vejetasyonları etkilediği de göz ardı edilmemelidir.



Şekil 4.2. Arazi örtüsünün 1985, 1995, 2011 ve 2018 yılları arasında değişiminin karşılaştırılması

Çizelge 4.1. Arazi örtüsünün 1985, 1995, 2011 ve 2018 yılları arasında değişimi (ha)

Yıl	1985	1995	2011	2018
Yapılaşmış Alan	42018	53093	76928	80450
Çıplak Alan	146408	149078	137685	112703
Yeşil Alan	144503	130758	118316	139776

4.1.1. Arazi Örtüsü Haritalarının Doğruluk Analizi

Sınıflandırma sonucunda elde edilen arazi örtüsü haritalarının doğruluk değerlendirmesi, haritanın kalitesinin ve kullanılabilirliğinin bir ölçütüdür ve sınıflandırılmış görüntüdeki her sınıfın yer gerçeği verileriyle karşılaştırılması ilkesine dayanır. Doğruluk değerlendirmesi için hata matrisi oluşturulur. Hata matrisinden hesaplanan Kappa değeri 0.8'den büyükse mükemmel, 0.6-0.8 arasındaysa güçlü, 0.4-0.6 arasındaysa orta ve 0.4'ten küçükse zayıf uyum vardır (Zheng et al., 2015). DVM yöntemiyle 1985, 1995, 2011 ve 2018 yılları için oluşturulan arazi örtüsü sınıflandırmalarının doğruluk analizi sonuçları Çizelge 4.2'de görülmektedir. Tüm sınıflandırmalarda kullanıcı ve üretici doğrulukları %88'ten ve Kappa (κ) katsayısı 0.80'den yüksek hesaplanmıştır. Elde edilen doğruluk analizi sonuçlarına göre DVM yöntemi ile yapılan bu 4 arazi örtüsü sınıflandırmasının performansı çok iyi olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.2. Doğruluk analizi sonuçları

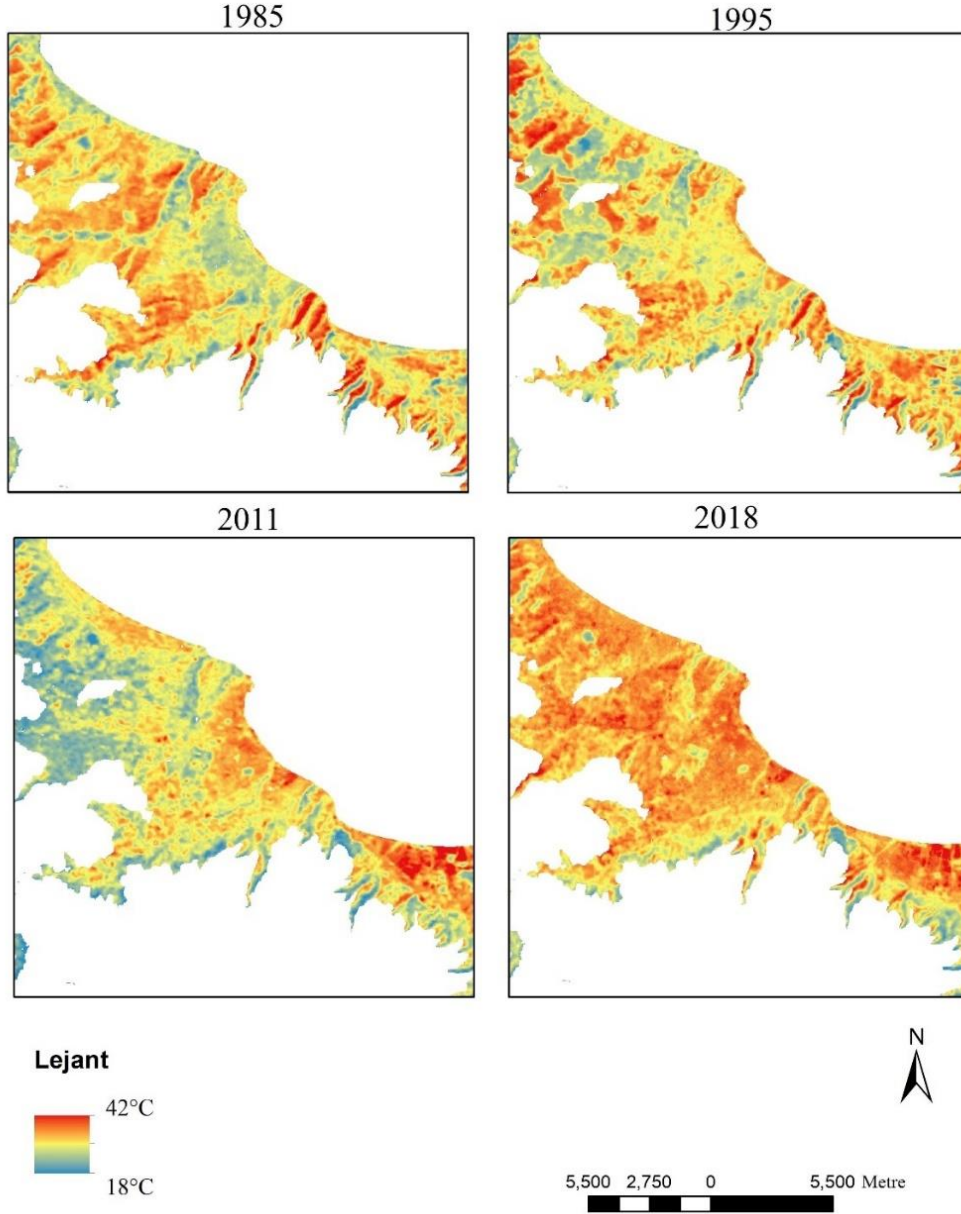
Yıl	Sınıflandırma	Referans Veri				Toplam	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa
		Çıplak Alan	Yapılaşmış Alan	Yeşil Alan				
2018	Çıplak Alan	98	2	2	102	0.96	0	
	Yapılaşmış Alan	6	65	1	72	0.90	0	
	Yeşil Alan	4	0	122	126	0.97	0	
	Toplam	108	67	125	300	0	0	
	Üretici Doğruluğu	0.91	0.97	0.98	0	0.95	0	
	Kappa	0	0	0	0	0	0.92	
2011	Çıplak Alan	95	1	28	124	0.77	0	
	Yapılaşmış Alan	2	65	2	69	0.94	0	
	Yeşil Alan	2	1	104	107	0.97	0	
	Toplam	99	67	134	300	0	0	
	Üretici Doğruluğu	0.96	0.97	0.78	0	0.88	0	
	Kappa	0	0	0	0	0	0.82	

Çizelge 4.2. Doğruluk analizi sonuçları (devam ediyor)

Yıl	Sınıflandırma	Referans Veri			Toplam	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa
		Çıplak Alan	Yapılaşmış Alan	Yeşil Alan			
1995	Çıplak Alan	132	1	1	134	0.99	0
	Yapılaşmış Alan	3	41	4	48	0.85	0
	Yeşil Alan	7	1	110	118	0.93	0
	Toplam	142	43	115	300	0	0
	Üretici Doğruluğu	0.93	0.95	0.96	0	0.94	0
	Kappa	0	0	0	0	0	0.91
1985	Çıplak Alan	122	0	9	131	0.93	0
	Yapılaşmış Alan	4	35	0	39	0.90	0
	Yeşil Alan	16	5	109	130	0.84	0
	Toplam	142	40	118	300	0	0
	Üretici Doğruluğu	0.86	0.88	0.92	0	0.89	0
	Kappa	0	0	0	0	0	0.81

4.2. Yer Yüzey Sıcaklığı Haritaları

Şekil 4.3'te 1985, 1995, 2011 ve 2018 yıllarına ait YYS'nin mekânsal dağılım haritaları görülmektedir. Şekil 4.3 incelendiğinde 1995 yılından itibaren kıyı bölgelerinde YYS artışı gözlemlenmektedir. Özellikle 2011 yılında kıyı kesimlerdeki sıcaklığın iç kesimlere göre artışı dikkat çekmektedir. 2018 yılındaki YYS'nin ise tüm çalışma alanı boyunca yüksek olması dikkat çekmektedir. Her ne kadar YYS haritaları yer yüzey sıcaklığının mekânsal dağılımı hakkında bilgi verse de, her bir uydu görüntüsü farklı meteorolojik koşullarda elde edildiğinden dolayı kantitatif analizler için universal KIA indeksi kullanılarak oluşturulan KIA yoğunluğu haritaları kullanılmıştır.

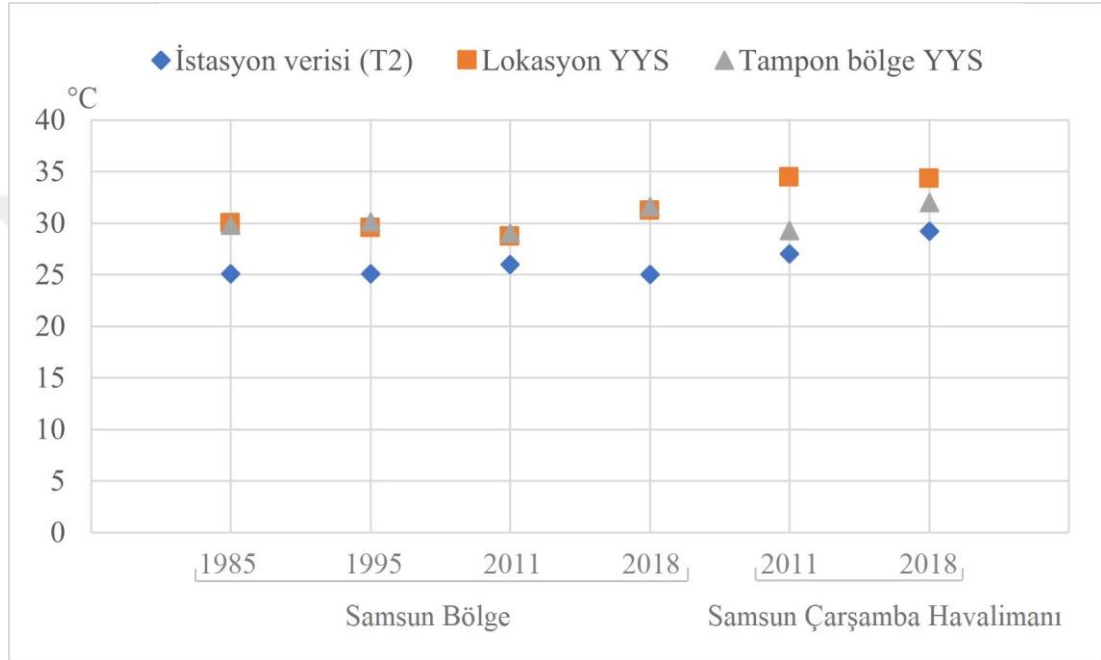


Şekil 4.3. Yer yüzey sıcaklığı haritaları

4.2.1. Meteorolojik İstasyon Verileri ile Yer Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması

İstasyon verileri ile uydu görüntülerinden elde edilen YYS'ları arasında doğrudan ilişki kurulması mümkün değildir. Uydu görüntülerinden elde edilen YYS değerleri yerin sıcaklık değerini verirken, istasyon verileri 2 metre yükseklikte ölçülen hava sıcaklığı değerini vermektedir. Bu nedenle istasyonların koordinatlarının çevresinde 250 m tampon bölge oluşturulup, oluşturulan tampon bölgedeki ortalama YYS'ler ile istasyondan elde edilen hava sıcaklıkları karşılaştırılmıştır. Ancak bu yaklaşımda da eksiklikler vardır. Çünkü arazi örtüsündeki değişim, arazinin ısı

depolama kapasitesine, sonuç olarak da YYS'ne direkt etki ettiği için değişimin oluşturduğu fark YYS'de daha belirgin olurken, çevresindeki arazi örtüleri ve antropojenik etkilerin tamamından etkilenen istasyonda ölçülen hava sıcaklığını daha az etkilemektedir. Şekil 4.4'te de görüldüğü üzere havaalanındaki istasyon verisi ile tampon bölge YYS değerleri daha yakındır. Bu durum Samsun Bölge İstasyonu'nun sahil kenarında olması ve denizelliğin, hava sıcaklığını düşürme etkisinin, YYS'yi düşürme etkisinden daha fazla olması ile açıklanabilir.

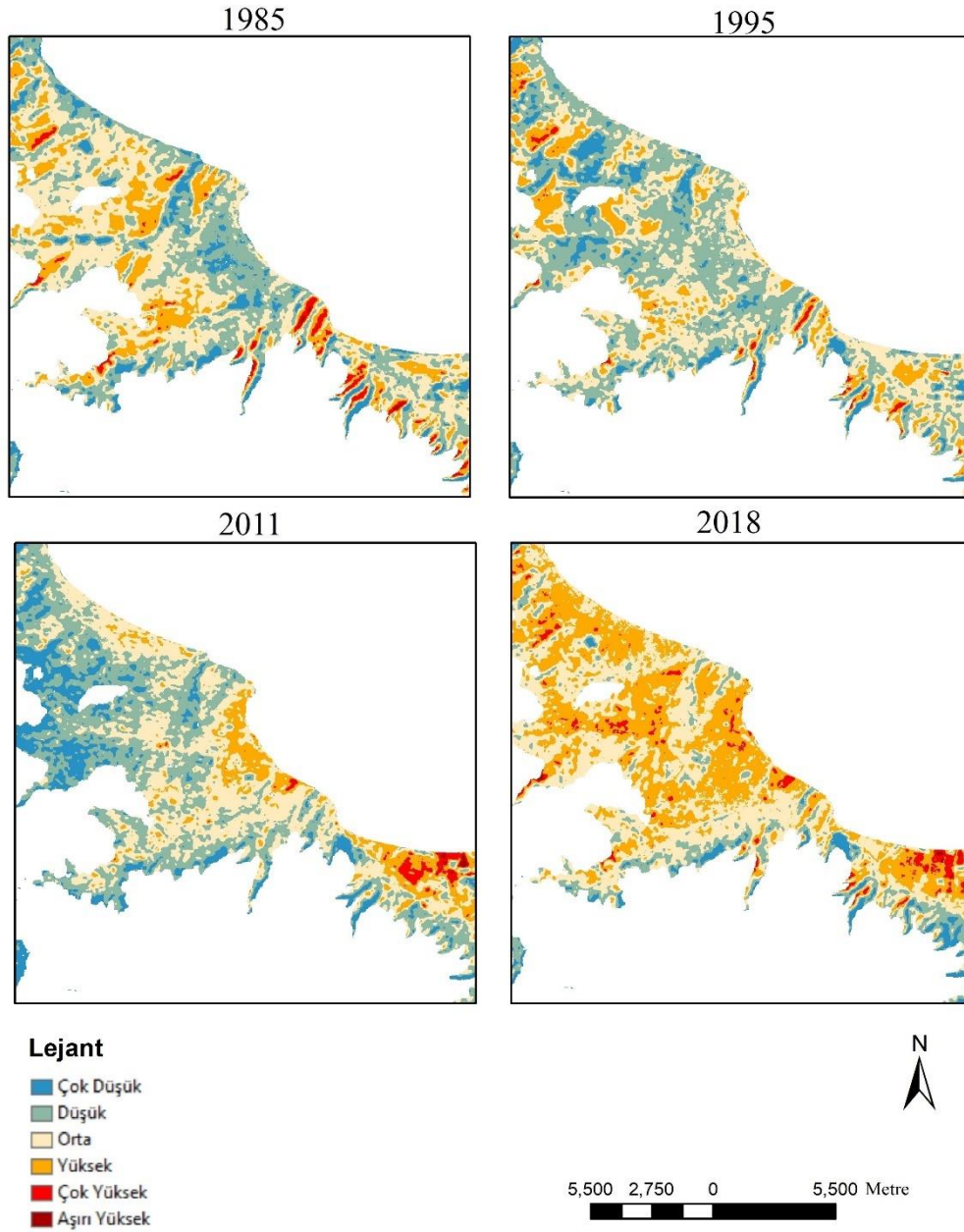


Şekil 4.4. İstasyon verileri ile YYS verilerinin ilişkisi

4.2.2. Kentsel Isı Adası Yoğunluğu Haritaları

Şekil 4.5'te 1985, 1995, 2011 ve 2018 yıllarına ait universal KIA indeksi kullanılarak oluşturulan KIA yoğunluğu haritaları görülmektedir. YYS sonuçları ile benzer şekilde, KIA yoğunluğu ve KIA'dan etkilenen alanların zamanla arttığı gözlenmektedir. En dikkat çekici artış, çalışma alanının güneydoğu bölgesinde kalan

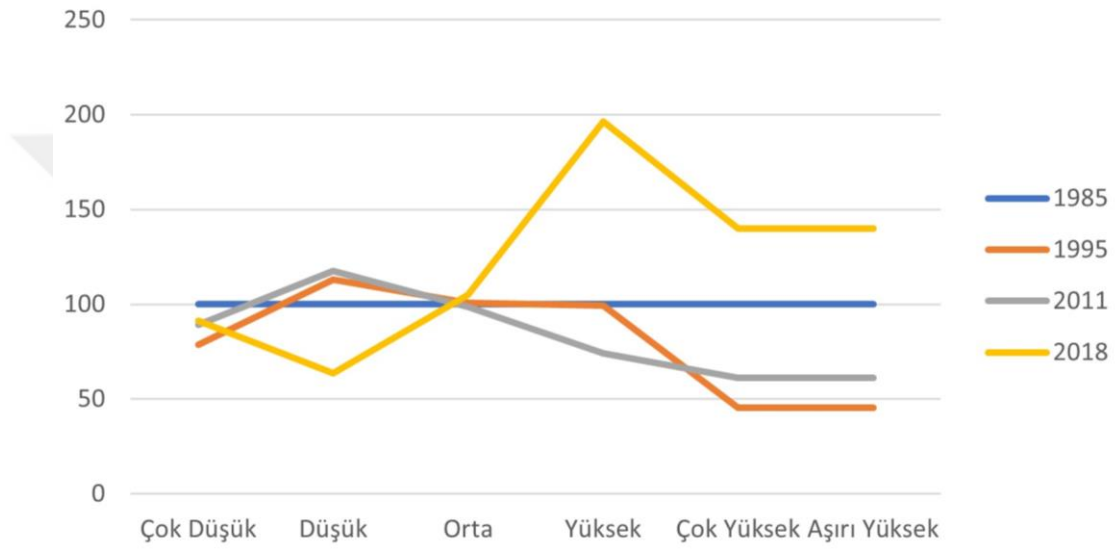
Tekkeköy ilçesinin kıyı bölgesinde yer alan Organize Sanayi Bölgesinde görülmüştür.



Şekil 4.5. Kentsel ısı adası yoğunluğu haritaları

Şekil 4.6’da KIA yoğunluklarının 1985 yılındaki KIA yoğunluğuna oranla yüzde olarak değişimi gösterilmektedir. Mekânsal dağılım haritasına bakıldığında 1985 ve 1995 yılları arasında kıyı bölgesinde KIA yoğunluğu artışı gözle görülür olmasına rağmen, istatistiksel olarak kıyaslandığında bu durumun sayısal değerlere yansımadağı görülebilir. Bu durumun nedeni yine KIA yoğunluğu haritalarının incelenmesi ile anlaşılabilir: 1985 yılında iç kesimlerde KIA yoğunluğu belirgin bir şekilde yüksek olduğu görülmektedir ve bu durum sahil bölgesinde yapılaşmanın az olması

dolayısıyla engellenmeyen deniz meltemlerinin sıcaklığı düşürmesi ile açıklanabilir. Benzer şekilde 2011 ve 2018 yılları arasında iç kesimlerde KIA'nın arttığı gözlemlenmektedir. Artan yapılaşmanın rüzgârları bloklaması ihtimali ile birlikte, yapılaşmanın artış oranının dramatik olmadığı da göz önüne alınarak, 2018 yılında rüzgâr yönünün güneydoğu olmasının iç kesimlerdeki bu sıcaklık artışına neden olabileceği ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte mevsimsel değişiklik arazi örtüsündeki değişimler (yeşil alan - çıplak alan) veya sinoptik koşullarda bu farklılığın nedeni olarak açıklanabilir.



Şekil 4.6. Kentsel ısı adası yoğunluğunun 1985 yılına oranla yıllara göre değişim yüzdesi

KIA yoğunlukları haritasında (Şekil 4.5.) 2011 yılında iç kesimlerde, özellikle kuzeybatı bölgesinde, KIA'nın yoğunluğunun azaldığı görülmektedir. Arazi örtüsü haritası (Şekil 4.1) incelendiğinde, yeşil alanlarda bu düşüşün nedenini açıklayacak miktarda artış olmadığı görülmektedir. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin elde edildiği tarihlere ait meteorolojik değerler (Çizelge 3.2) incelendiğinde, bulutluluk oranı en yüksek uydu görüntüsünün 2011 yılına ait olduğu dikkat çekmektedir. Her ne kadar bulutlar çalışma alanının dışında olsa da, uydu görüntüsü elde edilmeden önce çalışma alanının kuzeybatı bölgesinin de bulutlu olması ve dolayısıyla solar radyasyonun yer yüzeyine ulaşmasını ve ısıtmasını engellemesi ihtimalinin bu duruma neden olduğu düşünülebilir. Uydu görüntüleri ile KIA tespitinde benzer meteorolojik koşullara sahip uydu görüntüleri seçilmesine rağmen, önceki günlere ait sıcaklık

farklılıkları, rüzgâr yönü ve hızındaki farklılıkların çalışmanın doğruluğu açısından kısıtlayıcı faktörler olduğu görülmektedir.

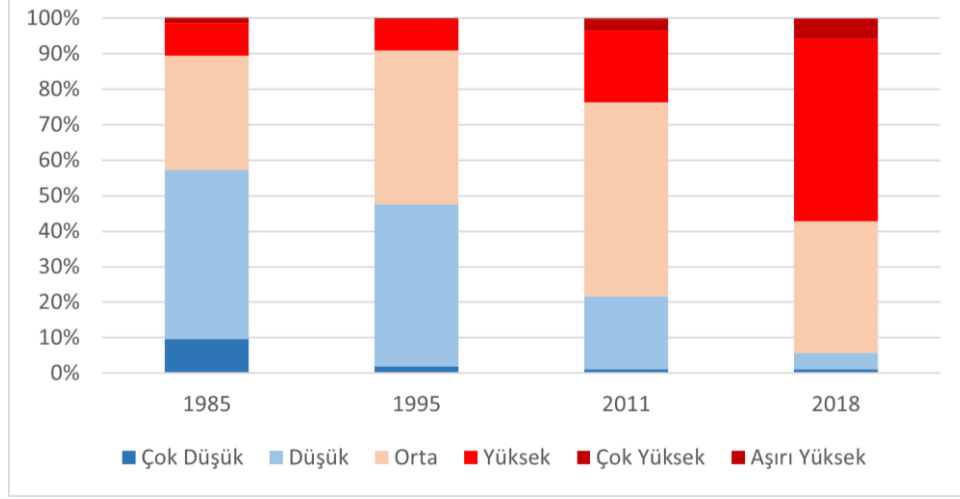
4.3. Arazi Örtüsündeki Değişimin Kentsel Isı Adaları ile İlişkilendirilmesi

Çizelge 4.3'te her bir arazi örtüsünün ortalama YYS'leri gösterilmektedir. Literatürdeki diğer çalışmalarda da görüldüğü gibi (Jato-Espino, 2019; Ogashawara and Bastos, 2012; Zhang et al., 2013) tüm yıllarda en yüksek YYS yapılaşmış alanlarda gözlenmiştir. Benzer şekilde pek çok araştırmada da kanıtlandığı gibi (Choudhury et al., 2018; Grigoraş and Urişescu, 2019; Wang et al., 2018) bu çalışmada da yeşil alanların en düşük YYS'ye sahip olduğu görülmüştür. Çıplak alanların ise 1985 yılında yapılaşmış alanlardan daha yüksek sıcaklığa sahip olduğu görülmektedir. Bu duruma 1985 yılında kentleşmenin en az olmasının neden olduğu düşünülebilir. KIA'da kentin morfolojisinin önemli bir rolü vardır. Kentleşme ile birlikte yoğunlaşan konutlar kentte ısı depolamasını, antropojenik ısıyı arttırırken konutların oluşturduğu engelden dolayı rüzgârların soğutma etkisi azalır. 2011 ve 2018 yıllarında ise artan kentleşme ile yapılaşmış alanlarda YYS'nin çıplak alanlara göre arttığı görülmektedir. Benzer şekilde yapılaşmış alanlarla yeşil alanlar arasındaki farkın da zamanla arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Arazi örtülerindeki ortalama YYS değerleri

Yıl	1985	1995	2011	2018
Yapılaşmış Alan	32°C	31°C	30°C	32°C
Çıplak Alan	33°C	31°C	28°C	31°C
Yeşil Alan	30°C	29°C	26°C	28°C

Çalışma alanında yapılaşmış alanlardaki KIA yoğunluklarını incelemek amacıyla sadece yapılaşmış alanlara ait KIA yoğunlukları elde edilmiş ve yıllara göre değişimi kıyaslanmıştır (Şekil 4.7). Yapılaşmış alanlarında 2011 ve 2018 yılları arasındaki artış % 4 olmasına rağmen (Şekil 4.2), Şekil 4.7'de görüldüğü üzere yapılaşmış alanlardaki KIA yoğunluğu artışı çok daha fazladır. Bu durum KIA'nın yoğunluğunun sadece kentsel alandaki artışa bağlı olmadığını, diğer faktörlerin de etkisini, özellikle kentin morfolojisinin ve kentleşmedeki artışla birlikte artan antropojenik ısının da bu durumu etkileyebileceğini göstermektedir.



Şekil 4.7. Yapılaşmış alanlarda kentsel ısı adası yoğunluğunun değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın sonuçları 1985-2018 periyodunda Samsun ili merkez ilçelerini kapsayan alanda KIA yoğunluğunun zamanla artan kentleşme ile birlikte arttığını ortaya koymuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Çalışma ile birlikte uydu görüntülerinden elde edilen YYS'nin yalnızca KIA tespitinde değil, diğer mezo-iklimsel etkileri araştırmak için de kullanabileceği gösterilmiştir. Özellikle ölçüm istasyonlarının yer almadığı için meteorolojik çalışmaların mümkün olmadığı dağlık alanlardaki mezo-iklimsel etkiler araştırılabilir.

Çalışma alanında deniz enverziyonu etkisi gözlenmiştir. Bu etkinin elimine edilmesi için çalışmada uygulanan belirli bir yükseltinin üstündeki alanların çalışmaya dâhil edilmemesi yaklaşımı sayesinde çalışma sonuçlarının anlaşılabilirliği gerek görsel gerekse sayısal olarak iyileştirilmiştir. Literatürdeki benzer çalışmaların aksine deniz enverziyonu etkisiyle YYS'si yüksek olan alanlar KIA olarak değerlendirilmeyerek, yıllar arası değişim incelenirken bu durumdan kaynaklı ortaya çıkabilecek hataların önüne geçilmiştir. Bu nedenle, benzer şekilde sıcaklık enverziyonundan etkilenen çalışma bölgelerinde de aynı metodun kullanılması önerilmektedir. Bu çalışma ile KIA araştırılırken çalışma alanının ve meteorolojik faktörlerin incelenerek sonuçların analiz edilmesinin önemi ortaya konulmuştur.

KIA incelenirken sadece YYS'lerin karşılaştırılmasının farklı tarihlerde farklı meteorolojik koşullar oluşacağı için yeterli olmadığı, bu sorunu çözmek için literatürdeki diğer çalışmalarda da benzer şekilde kullanıldığı üzere, KIA yoğunluğu indeksinin etkin bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir. Bununla birlikte çalışma alanında denizden gelen rüzgârların mezo-iklimde belirleyici rolü olması ve topoğrafik yapının kıyı ve iç kesimlerde farklılık yaratması sebebiyle meteorolojik koşullardaki kısmi farklılıkların KIA analizinin doğruluğunu etkilediği görülmüştür. Bu nedenle çalışma sonucunun KIA'yı azaltma stratejileri geliştirme amacıyla kullanılması durumunda, çalışmada KIA yoğunluğu yüksek olan alanların incelenerek, bu durumun şehirselleşme ve yapı nedeniyle mi, kontrol edilemez faktörler (topoğrafik veya mikro iklimsel etkiler) nedeniyle mi oluştuğunun belirlenmesi gerekmektedir. Şehirselleşme ve yapı nedeniyle KIA yoğunluğu yüksek olan alanlarda KIA'yı azaltmak yapılabilecek uygulamalar:

- Ağaçlandırma ve yeşillendirme alışmaları,
- Yeşil atı ve soğuk çatı uygulamaları,
- Soğuk asfalt uygulamaları,
- Gölge yapılarının oluşturulmasıdır.

KIA'nın oluşumunun önlenmesi için yapılaşma olmadığı halde kontrol edilemez faktörler nedeniyle KIA yoğunluğu yüksek olan alanların yeni yapılaşmalar için tercih edilmemesi veya bu alanların akıllı büyüme ilkelerine göre ve KIA'yı azaltma stratejilerini uygulayarak planlanması önerilmektedir. KIA azaltma stratejilerinden optimum fayda sağlamak için stratejinin uygulanacağı bölgenin üç boyutlu simülasyonunun mikro iklim modeli kullanılarak oluşturulması ve farklı senaryolar denenerek KIA'yı azaltma etkisi en fazla olan tercih edilmelidir.

KIA hali hazırda insan sağlığını ve çevreyi olumsuz etkilemektedir ve küresel iklim değişikliği nedeniyle sıcak hava dalgalarının şiddetinin ve yaşanma sıklığının artması kaçınılmaz bir şekilde KIA'nın olumsuz etkilerini de arttıracaktır. Bu nedenle karar vericiler ve şehir plancılar KIA'nın önlenmesi ve azaltılması için çalışmalara önem vermeli ve gerekli stratejileri uygulamalıdır. KIA'nın tasarım ve planlama parametrelerini kapsayan kontrol edilebilir kısmı ve mezo-iklime bağlı kontrol edilemez kısmının birbirine bağlantı olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle etkili KIA önlemleri ve azaltma stratejileri geliştirmek için KIA konusunun bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir.

EKLER

EK 1984-2019 Yılları Arasında Elde Edilen Landsat Uydu Görüntüleri Listesi ve Meteorolojik Değerler*

Tarih	Landsat Uydu Türü	GMT	GMT+3	Zaman,	Sıcaklık, Rüzgâr hızı ve Yönü*	Bulutluluk Yüzdesi
1984-06-25	L5	07:42	10:42	12:00	ÖS 23.4°C 1.50 m/s, KD	0
1984-08-12	L5	07:43	10:43	12:00	ÖS 24.2°C 3.60 m/s, D	2
1985-08-31	L5	07:43	10:43	12:00	ÖS 25.4°C 2.10 m/s, K	0
1986-07-01	L5	07:37	10:37	12:00	ÖS 23.6°C 2.60 m/s, D	0
1987-07-20	L5	07:39	10:39	12:00	ÖS 25.8°C 1.50 m/s, K	3
1988-08-23	L5	07:45	10:45	12:00	ÖS 25°C 2.57 m/s, KD	1
1989-08-10	L5	07:41	10:41	11:00	ÖÖ 26°C 4.12 m/s, D	0
1989-08-26	L5	07:34	10:34	12:00	ÖS 26.6°C 3.10 m/s, D	33
1991-06-29	L5	07:37	10:37	12:00	ÖS 24.0°C 2.60 m/s, D	1
1991-07-15	L5	07:37	10:37	11:00	ÖÖ 24°C 1.54 m/s, KD	8
1993-07-04	L5	07:36	10:36	12:00	ÖS 24.0°C 2.60 m/s, KD	8
1994-06-05	L5	07:33	10:33	12:00	ÖS 21.4°C 1.50 m/s, K	0
1994-06-21	L5	07:33	10:33	11:50	ÖÖ 25°C 3.09 m/s, KD	0
1994-07-07	L5	07:32	10:32	11:50	ÖÖ 25°C 2.57 m/s, KD	1
1995-06-08	L5	07:20	10:20	12:00	ÖS 23.3°C 2.60 m/s, D	1
1995-06-24	L5	07:20	10:20	12:00	ÖS 24.3°C 2.10 m/s, D	0
1996-06-26	L5	07:27	10:27	12:00	ÖS 24.4°C 3.10 m/s, D	0
1997-08-16	L5	07:45	10:45	12:00	ÖS 25.2°C 3.10 m/s, D	4
1998-07-02	L5	07:52	10:52	12:00	ÖS 25.2°C 3.10 m/s, D	32
1999-06-19	L5	07:52	10:52	9:00	ÖÖ 23.2°C 1.00 m/s, KB	0
1999-07-21	L5	07:52	10:52	12:00	ÖS 25.5°C 1.50 m/s, K	10
1999-08-14	L7	08:07	11:07	12:00	ÖÖ 29.1°C 4.10 m/s, KB	0
2000-06-13	L7	08:06	11:06			0
2000-07-31	L7	08:05	11:05			0
2000-06-21	L5	07:50	10:50			1
2000-07-07	L5	07:51	10:51			1
2000-08-08	L5	07:51	10:51			0
2001-07-18	L7	08:03	11:03			0

2002-07-29	L5	07:49	10:49				0
2002-07-05	L7	08:02	11:02				0
2003-06-30	L5	07:50	10.5				10
2005-08-06	L5	08:02	11:02				0
2006-08-09	L5	08:07	11:07				5
2007-06-09	L5	08:08	11:08				20
2007-06-25	L5	08:08	11:08				2
2007-07-11	L5	08:07	11:07				0
2007-08-12	L5	08:07	11:07				0
2008-06-27	L5	08:01	11:01				1
2010-08-04	L5	08:04	11:04	11:00	ÖÖ	29.2°C 3.10 m/s, D	4
2011-06-20	L5	08:03	11:03	11:00	ÖÖ	24.5°C 1.50 m/s, KD	9
2011-07-06	L5	08:03	11:03	11:00	ÖÖ	24.9°C 3.10 m/s, D	2
2013-06-25	L8	08:16	11:16	11:00	ÖÖ	25.1°C 1.50 m/s, KD	5.77
2014-07-14	L8	08:14	11:14	11:00	ÖÖ	26.0°C 4.10 m/s, K	11.01
2014-08-31	L8	08:14	11:14	11:00	ÖÖ	25.6°C 1.50 m/s, KD	15.25
2016-06-17	L8	08:13	11:13	11:00	ÖÖ	23.6°C 4.60 m/s, D	28.55
2016-08-20	L8	08:14	11:14	11:00	ÖÖ	26.5°C 2.10 m/s, D	35.45
2017-06-04	L8	08:13	11.13	11:00	ÖÖ	21.6°C 3.10 m/s, D	0.64
2017-08-07	L8	08:14	11.14	11:00	ÖÖ	28.4°C 2.60 m/s, D	5.97
2018-06-07	L8	08:13	11:13	11:00	ÖÖ	25.2°C 2.60 m/s, GD	3.64
2018-08-26	L8	08:13	11:13	11:00	ÖÖ	27.0°C 1.50 m/s, D	4.33
2019-06-26	L8	08:14	11:14	11:00	ÖÖ	27.2°C 2.10 m/s, D	51.73

*Havalanında yapılan ölçümlerden elde edilen meteorolojik değerler ilgili websitesinden alınmıştır (<https://weatherspark.com/h/d/148724/1984/6/25/Historical-Weather-on-Monday-June-25-1984-at-Samsun-Turkey>).

KAYNAKLAR

- Anonymous, (2012). Urban heat and cool spaces. Austintexas. Retrieved 14 August 2021, from <http://austintexas.gov/department/urban-heat-cool-spaces>
- Anonymous, (2020). Turkey Shapefile. Retrieved 8 January 2020, from <http://www.turkeyshapefile.com/maps.html>
- Artiola, J., Reynolds, K. and Brusseau, M. (2019). Urban and Household Pollution. *Environmental And Pollution Science*, 311-326. doi: 10.1016/b978-0-12-814719-1.00018-5
- Choudhury, D., Das, K. and Das, A. (2018). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal Of Remote Sensing And Space Science*. doi: 10.1016/j.ejrs.2018.05.004
- Cortes, C. and Vapnik, V., (1995). Support vector networks. *Machine Learning*, 20, 1-25.
- Copernicus (2016). EU-DEM v1.1 *Land Copernicus EU*. Retrieved 4 August 2020, from <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1?tab=download>
- Çölkesen, İ., ve Kavzoğlu, T. (2008). Destek Vektör Makineleri Kullanarak Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması: Gebze Örneği. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu UZAL-CBS 2008, Kayseri.
- EPA (2021a). Heat Island Cooling Strategies. US EPA. Retrieved 10 June 2020, from <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-cooling-strategies>
- EPA (2021b). Heat Island Impact. US EPA. Retrieved 1 July 2021, from <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-impacts>
- ESRI (2021). Train Support Vector Machine Classifier (Spatial Analyst). ArcGIS Pro Documentation. Retrieved 1 January 2021, from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/tool-reference/spatial-analyst/train-support-vector-machine-classifier.htm>
- Foody, G.M. and Mathur, A. (2004). Toward intelligent training of supervised image classifications: directing training data acquisition for SVM classification. *Remote Sensing of Environment*, 93, 107–117.
- Giannini, M., Belfiore, O., Parente, C. and Santamaria, R. (2015). Land Surface Temperature from Landsat 5 TM images: comparison of different methods using airborne thermal data. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(3), pp.83-90
- Grigoraş, G. and Urişescu, B. (2019). Land Use/Land Cover changes dynamics and their effects on Surface Urban Heat Island in Bucharest, Romania. *International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation*, 80, 115-126. doi: 10.1016/j.jag.2019.03.009
- Harris Geospatial (2017). Digital Number, Radiance, and Reflectance. *Harris Geospatial Solutions*. Retrieved 6 March 2019, from <http://www.harrisgeospatial.com/Home/NewsUpdates/TabId/170/ArtMID/735/ArticleID/13592/Digital-Number-Radiance-and-Reflectance.aspx>

- Hertel, W., Snyder, P. and Twine, T. (2019). Factors Contributing to Urban Heat Island Development: A Global Perspective. *American Geophysical Union*. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2012AGUFM.B43H0526H>
- Huang, Q., Huang, J., Yang, X., Fang, C. and Liang, Y. (2019). Quantifying the seasonal contribution of coupling urban land use types on Urban Heat Island using Land Contribution Index: A case study in Wuhan, China. *Sustainable Cities And Society*, 44, 666-675. doi: 10.1016/j.scs.2018.10.016
- Huber, A. (2004). Inversion layers. Inversions. Retrieved 3 June 2021, from http://www.csun.edu/~hmc60533/CSUN_103/weather_exercises/soundings/smog_and_inversions/Inversions.htm
- IPCC (2021). Climate change widespread, rapid, and intensifying. *IPCC AR6*. Retrieved 28 July 2021, from <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>
- Jato-Espino, D. (2019). Spatiotemporal statistical analysis of the Urban Heat Island effect in a Mediterranean region. *Sustainable Cities And Society*, 46, 101427. doi: 10.1016/j.scs.2019.101427
- Liu, J., Varghese, B., Hansen, A., Xiang, J., Zhang, Y. and Dear, K. (2021). Is there an association between hot weather and poor mental health outcomes? A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 153, 106533. doi: 10.1016/j.envint.2021.106533
- Kalağan, G. (2018). Türkiye’de 6360 Sayılı Büyükşehir Yasası Kapsamında Büyükşehirler/ Bütünşehirler: Yönetmelik Yapı, Mali/İktisadi Boyut Ve Gelecek Vizyonu Üzerine Bir Tartışma. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(25), 591-603. doi: 10.20875/makusobed.453775
- Kavzoğlu, T. ve Çölkesen, İ. (2010). Destek Vektör Makineleri ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Kernel Fonksiyonlarının Etkilerinin İncelenmesi. *Harita Dergisi*, 144.
- Kim, S. and Brown, R. (2021). Urban heat island (UHI) variations within a city boundary: A systematic literature review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 148, 111256. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111256>
- Kızıroğlu, A. (2017). Türkiye'nin Nüfus Değişimine Göre İl Bazında Kentleşmesine Bir Bakış (1965-2014). *Dergi Park*, 16, s. 153 - 183
- Mathew, A., Khandelwal, S. and Kaul, N. (2016). Spatial and temporal variations of urban heat island effect and the effect of percentage impervious surface area and elevation on land surface temperature: Study of Chandigarh city, India. *Sustainable Cities And Society*, 26, 264-277. doi: 10.1016/j.scs.2016.06.018
- MGM (2021). Yardım - Enverziyon. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Erişim: 01 Ocak 2021, <https://www.mgm.gov.tr/site/yardim1.aspx?=-Enverziyon/>
- Mondal, A., Kundu, S., Chandniha, S., Shukla, R. and Mishra, P. (2012). Comparison of Support Vector Machine and Maximum Likelihood Classification Technique using Satellite Imagery. *International Journal Of Remote Sensing And GIS*, 1(2), 116-123.

- Ogashawara, I., and Bastos, V. (2012). A Quantitative Approach for Analyzing the Relationship between Urban Heat Islands and Land Cover. *Remote Sensing*, 4(11), 3596-3618. <https://doi.org/10.3390/rs4113596>
- Oke, T. (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
- Öztürk, M. (2017a). Su Geçirgen Beton ve Asfaltlar. *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*. Erişim: 6 Şubat 2021, http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/248HQ7HaxmKA.pdf
- Öztürk, M. (2017b). Hava kirliliğini artıran sıcaklık inversiyon. *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*. Erişim: 12 Mart 2021, http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/ro17bNm6ttR8.pdf
- Papanastasiou, D. and Kittas, C. (2011). Maximum urban heat island intensity in a medium-sized coastal Mediterranean city. *Theoretical And Applied Climatology*, 107(3-4), 407-416. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0491-z>
- Paerl, H., Gardner, W., Havens, K., Joyner, A., McCarthy, M. and Newell, S. (2016). Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae*, 54, 213-222. doi: 10.1016/j.hal.2015.09.009
- Rendón, A., Salazar, J., Palacio, C., Wirth, V. and Brötz, B. (2014). Effects of Urbanization on the Temperature Inversion Breakup in a Mountain Valley with Implications for Air Quality. *Journal Of Applied Meteorology And Climatology*, 53(4), 840-858. doi: 10.1175/jamc-d-13-0165.1
- Revi, A., D.E. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R.B.R. Kiunsi, M. Pelling, D.C. Roberts, and W. Solecki, 2014: Urban areas. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535-612.
- Rimal, B., Rijal, S. and Kunwar, R. (2019). Comparing Support Vector Machines and Maximum Likelihood Classifiers for Mapping of Urbanization. *Journal Of The Indian Society Of Remote Sensing*, 48(1), 71-79. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-01056-9>
- Salleh, S., Abd.Latif, Z., Mohd, W. and Chan, A. (2013). Factors Contributing to the Formation of an Urban Heat Island in Putrajaya, *Malaysia. Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 105, 840-850. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.11.086
- Santamouris M., Papanikolaou N., Livada I., Koronakis I., Georgakis C., Argiriou A., Assimakopoulos D.N. (2001) On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Energy and Buildings*, 70, 201–216.
- Seneviratne, S.I., Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, and X. Zhang. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken,

K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.

Şeker, M., Koyuncu, İ. and Öztürk, İ. (2020). Climate Change and Public Health in Turkey. Ankara: *Turkish Academy of Sciences*. Erişim: 18 Ağustos 2021, <http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/Climate%20Change%20and%2020Public%20Health%20in%20Turkey.pdf>

Şensoy, S., Şahin, L., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Darende, V. ve Yazıcı, B. (2017). Antalya Yüzey Isı Adası Özelliklerinin Uydu Verileri ile Analizi. In III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu. Antalya: Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2017/17.pdf>

TBMM Meclis Araştırması Komisyonları Önerge Bilgileri. (2021). Erişim: 24 Ağustos 2021, https://www5.tbmm.gov.tr/develop/owa/ARASTIRMA_ONERGESI_SD.onerge_bilgileri?kanunlar_sira_no=1417

TOB (2021). Corinecbs. Erişim: 5 Şubat 2021 [https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/corine?fbclid=IwAR1LoXv781nEb2osnKHIMILtP1pKyZMo-E4kT2ePAFO8KQrTtM0dp4jFtuA./](https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/corine?fbclid=IwAR1LoXv781nEb2osnKHIMILtP1pKyZMo-E4kT2ePAFO8KQrTtM0dp4jFtuA/)

Turan, M., Dengiz, O. and Demirağ Turan, I. (2018). Samsun ilinin Newhall Modeline Göre Toprak Sıcaklık ve Nem Rejimlerinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 131-142. <https://doi.org/10.19159/tutad.382340>

USGS (2019). Landsat 8 Data Users Handbook. Department of the Interior U.S. Geological Survey. Retrieved 10 July 2020, from <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook>

Üstüner, M., Şanlı, F., Balçık, F. and Esetlili, M. (2013). Destek Vektör Makineleri Tekniği İle Sınıflandırma: Rapideye Örneği. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*. Trabzon.

Valero Medina, J. And Alzate Atehortúa, B. (2019). Comparison of maximum likelihood, support vector machines, and random forest techniques in satellite images classification. *Tecnura*, 23(59), 13-26. <https://doi.org/10.14483/22487638.14826>

Yao, L., Sun, S., Song, C., Li, J., Xu, W. and Xu, Y. (2021). Understanding the spatiotemporal pattern of the urban heat island footprint in the context of urbanization, a case study in Beijing, China. *Applied Geography*, 133, 102496. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102496>

Zhang, H., Qi, Z., Ye, X., Cai, Y., Ma, W. and Chen, M. (2013). Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. *Applied Geography*, 44, 121-133. doi: 10.1016/j.apgeog.2013.07.021

Zheng, H., Shen, G., Wang, H. and Hong, J. (2015). Simulating land use change in urban renewal areas: A case study in Hong Kong. *Habitat International*, 46, 23-34. doi: 10.1016/j.habitatint.2014.10.008

Wang, S., Xiang, M., He, Y., Tsou, J., Zhang, Y., Liang, X. and Lu, X. (2018). Evaluating Urban Heat Island Effects in Rapidly Developing Coastal Cities. *Coastal Environment, Disaster, And Infrastructure - A Case Study Of China's Coastline*. doi: 10.5772/intechopen.80020

Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal Of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033. doi: 10.1080/01431160600589179



ÖZ GEÇMİŞ

Tuğba Doğan, Ankara Yavuz Sultan Selim Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2015 yılında mezun oldu. 2017 yılında Çek Yaşam Bilimleri Üniversitesi'nde Peyzaj Planlama Yüksek Lisans programını bitirdi ve aynı yıl OMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı. Mezuniyetinden bu yana Çek Yaşam Bilimleri Üniversitesi'nde doktora yapan Doğan, iyi derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları, uzaktan algılama ve kent iklimi.

İletişim Bilgileri

ORCID ID: 0000-0002-6854-8959

Yayınlanmış Çalışmalar:

- 1. Dogan, T.**, Hanel, M., Oguz, K. and Demircan, M. (2019). Assessment of the urban heat island effect under current and climate change conditions in Istanbul. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2019, *Energy and Clean Technologies*, 19(4.1), p.891. doi: 10.5593/sgem2019/4.1