T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAYSERİ'NİN ARAZİ KULLANIMI VE ISI ADASI ETKİSİNİN MODELLENMESİ

Hazırlayan
Gül ÇAKICI

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ

Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2021
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAYSERİ'NİN ARAZİ KULLANIMI VE ISI ADASI ETKİSİNİN MODELLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Gül ÇAKICI

Danışman
Dr. Öğr Üyesi Ümran KÖYLÜ

Temmuz 2021
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Gül ÇAKICI

İmza

“Kayseri’nin Arazi Kullanımı ve Isı Adası Etkisinin Modellenmesi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Gül ÇAKICI	Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ
İmza	İmza

Harita Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan, tecrübeleri anlayışı, desteği ve güler yüzü ile yardımını esirgemeyen hayatımın her döneminde değerli bilgilerinden yararlanmak istediğim, danışman hoca statüsünü en güzel şekilde temsil eden değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ 'ye teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Uygulamada kullandığımız verileri ücretsiz sağlayan https://earthexplorer.usgs.gov/ 'a teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan emeğini, desteğini ve sevgisini esirgemeyen canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Gül ÇAKICI

Temmuz, 2021, KAYSERİ

KAYSERİ'NİN ARAZİ KULLANIMI VE ISI ADASI ETKİSİNİN MODELLENMESİ

Gül ÇAKICI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2021
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ

ÖZET

Değişen şehir iklimi konusunda yapılan çalışma sayısı günden güne artmaktadır. Bu çalışmalarda, ilin çevresi ile olan sıcaklık değeri önemli bir yer tutmaktadır.1980'lerden sonra hız kazanan kentleşme, iklim değişimini de beraberinde getirmektedir. Küresel ve bölgesel ısınma, insan kaynaklı iklim değişiminin önemli bir göstergesidir. Kentleşme ile yerleşim alanlarındaki sıcaklık, kırsal alanlardan daha yüksek olabilmektedir.

Bu çalışmada 1994-2020 yıllarında Kayseri'nin arazi yüzey sıcaklığı hesaplanmış olup ilin arazi kullanımı, sayısal yükseklik modeli, bitki örtüsü indeksi, yerleşim alanı indeksi, eğim ve bakı haritalarının arazi yüzey sıcaklığına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada Landsat 5 uydusundan Ağustos 1994 tarihli görüntü ile Landsat 8 uydusundan Ağustos 2020 tarihli görüntü alınmıştır. Arazi kullanım haritasını oluşturmak için kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden biri olan maksimum olabilirlik yöntemi tercih edilmiştir.

Çalışma sonucunda arazi yüzey sıcaklığına; normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) normalleştirilmiş fark yerleşim alanı indeksi (NDBI), sayısal yükseklik modeli (SYM) eğim, bakı ve arazi kullanımının etkisini belirleyebilmek amacı ile çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda istatistiksel verilerin %5 düzeyinde anlamlı olduğu, bağımsız değişkenlerin her birinin arazi yüzey sıcaklığına aynı miktarda etkisi olmadığı, AYS'nin bazı değişkenlere daha çok bağımlı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi yüzey sıcaklığı, kentsel ısı adası, arazi kullanımı, sınıflandırma

MODELING OF KAYSERI'S LAND USE AND HEAT ISLAND EFFECT

Gül ÇAKICI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, July 2021
Supervisor: Assistant Professor Ümran KÖYLÜ

ABSTRACT

The number of studies on the changing urban climate is increasing day by day. In these studies, the temperature value has an important place along with the surrounding of the province. The accelerating urbanization after the 1980s brings climate change with it. Global and regional warming is an important indicator of human induced climate change. With urbanization, the temperature in residential areas may be higher than in rural areas.

In this study, the land surface temperature of Kayseri was calculated between 1994-2020 and the effects of land use, numerical elevaiton model, amount of vegetation, slope and aspect maps on the land surface temperature of the province were investigated. In the study, the image dated August 1994 from the Landsat 5 satellite and the image dated August 2020 from the Landsat 8 satellite were taken. In order to create land use map, the maximum likelihood method, which is one of the controlled classification methods,was preferred.

As a result of the study, multiple regression analysis was performed in order to determine the effect of normalized difference vegetation index (NDVI), the normalized difference built- up index (NDBI), digital elevaiton model (SYM), aspect, slope and land use on the land surface temperature. As a result of the analysis, it was determined that the statistical data were significant at the %5 level, each of the independent variables did not have the same effect on the land surface temperature, and AYS was more dependent on some variables.

Keywords: Land surface temperature, urban heat island, land use, classification

İÇİNDEKİLER

KAYSERİ'NİN ARAZİ KULLANIMI VE ISI ADASI ETKİSİNİN MODELLENMESİ

ÖNERGEYE UYGUNLUK ii

KABUL VE ONAY iv

TEŞEKKÜR v

ÖZET vi

ABSTRACT vii

İÇİNDEKİLER ii

KISALTMALAR v

TABLOLAR LİSTESİ vi

ŞEKİLLER LİSTESİ vii

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1 Çalışmanın Konusu 5

1.2. Literatür Özeti 5

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Uzaktan Algılama Nedir? 10

2.1.1. Isıl Uzaktan Algılama 12

2.1.2. Sınıflandırma 13

2.1.2.1. Piksel Tabanlı Sınıflandırma 14

2.1.2.1.1. Kontrollü Sınıflandırma 14

2.1.2.1.1.1. Maksimum Olabilirlik Yöntemi 15

2.1.2.1.2. Kontrolsüz Sınıflandırma 16

2.1.2.2. Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi.....16

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi 17

2.2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminde Sorgulama ve Analizler 17

2.2.1.1. Grid Analizi 18

2.2.1.1.1. Bölgesel (Zonal) İstatistik.....18

2.3. Arazi Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması 18

2.4. Sıcaklık Görüntülerinin Uzaktan Algılama İndeksleri ile Analizi 21

2.4.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) 21

2.4.2. Normalleştirilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (The Normalized Difference Built- Up Index (NDBI)).....21

2.4.3. Düzeltilmiş Toprak Bitki İndeksi (The Soil -Adjusted Vegetation İndex (SAVI)) 21

2.5. Kentsel Isı Adası (SUHI) 22

2.6. Kentsel Isı Alanı Değişim İndeksi (UTVFI).....22

2.7. Regresyon Analizi 22

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Çalışma Alanı 24

3.2. Çalışmada Kullanılan Veriler 25

3.3. Landsat 8 ile Yer Yüzey Sıcaklığı Hesaplanması.....28

3.3.1. Parlaklık Değerinin Spektral Yansıtım Değerine Dönüştürülmesi.....29

3.3.2. Radyans Değerlerinin Parlaklık Sıcaklık Değerine Dönüştürülmesi 30

3.3.3. Arazi Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması.....31

3.4. Landsat 5 ile Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması 33

3.4.1. Parlaklık Değerlerinin Spektral Radyans Değerine Dönüştürülmesi.....34

3.4.2. Radyans Değerlerinin Parlaklık Sıcaklık Değerine Dönüştürülmesi 35

3.4.3. Arazi Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması.....35

3.5. Maksimum Olabilirlik Yöntemiyle Kontrollü Sınıflandırma.....37

3.6. Uzaktan Algılama İndeksleri ve Arazi Yüzey Sıcaklığı İlişkisi 39

3.6.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) 39

3.6.2. Normalleştirilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (The Normalized Difference Built- Up Index (NDBI)) 40

3.6.3. Düzeltilmiş Toprak Bitki İndeksi (The Soil -Adjusted Vegetation İndex (SAVI)) 42

3.7. Arazi Değişkenlerinin Üretilmesi (SYM, Eğim, Bakı) 43

3.8. Kentsel Isı Adası (UHI) 44

3.9. Kentsel Isıl Alan Değişim İndeksi (UTVFI) Haritalarının Oluşturulması 45

3.10. Regresyon Analizi 46

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma, Sonuç ve Öneriler 49

KAYNAKÇA 52

ÖZGEÇMİŞ 60

KISALTMALAR

AYS : Arazi Yüzey Sıcaklığı

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi

KIA : Kentsel Isı Adası

NDBI : Normalleştirilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi

NDVI : Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi

OLI : Operasyonel Arazi Görüntüleyici

SAVI : Düzeltilmiş Toprak Bitki İndeksi

SYM : Sayısal Yükseklik Modeli

TM : Tematik Eşleştirici

TIRS : Tematik Kızılötesi Sensör

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2. 1. *k* değerinin yorumlanması 16
Tablo 2. 2. UTFVI değerinin yorumlanması 22
Tablo 3.1 Landsat 8 (OLI&TIRS) Band özellikleri 26
Tablo 3.2. Kullanılan uyduların görüntüleri 27
Tablo 3.3. Landsat 5 TM Band özellikler 27
Tablo 3.4. Eşitlik 2.1'de kullanılacak değerler 29
Tablo 3.5. Eşitlik 2.2'de kullanılacak değerler (2020 için) 30
Tablo 3.6. Eşitlik 2.7'de kullanılacak olan değerler 34
Tablo 3.7. Eşitlik 2.2'de kullanılan değerler (1994 için) 35
Tablo 3.8. Model Özeti[b] (1994) 46
Tablo 3.9. Anova[a] (1994) 46
Tablo 3.10. Coefficients[a] (1994) 46
Tablo 3.11. Model Özeti[b] (2020) 47
Tablo 3.12. Anova[a] (2020) 47
Tablo 3.13. Coefficients[a] (2020) 47

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Kentsel ısı adası oluşumu....2
Şekil 1.2. Yüzey ve atmosferik sıcaklıkların değişimi....3
Şekil 2.1. UA temel bileşenleri....10
Şekil 2.2. Kızılötesi bölgenin spektrumda yeri....12
Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye haritasında genel görüntüsü....25
Şekil 3.2. 1994 ve 2020 yılları için Kayseri uydu görüntüleri.....28
Şekil 3.3. Band 10 ve Band 11 uydu görüntüleri....29
Şekil 3.4. Parlaklık değerlerinin spektral yansıtıma dönüşmesi....30
Şekil 3.5. B10 ve B11 radyans değerlerin parlaklık sıcaklık değerlerine dönüşmesi....31
Şekil 3.6. 2020 yılı için ArcGIS programında hesaplanan NDVI değeri....31
Şekil 3.7. Uydu görüntüsü üzerinde pv ve e değeri....32
Şekil 3.8. Termal bantlarda hesaplanan arazi yüzey sıcaklığı....32
Şekil 3.9. 2020 yılı için Kayseri ilinin arazi yüzey sıcaklığı....33
Şekil 3.10. Landsat 5 Band 6 uydu görüntüsü....34
Şekil 3.11. Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerine dönüştürülmesi....34
Şekil 3.12. Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklık değerine dönüştürülmesi....35
Şekil 3.13. 1994 yılı için ArcGIS programında hesaplanan NDVI değeri....36
Şekil 3.14. ArcGIS programında pv ve e değeri....36
Şekil 3.15. Kayseri'nin 1994 yılı arazi yüzey sıcaklığı....37
Şekil 3.16. 1994 yılı için arazi kullanım haritası....37
Şekil 3.17. 1994 yılı arazi kullanımı ve ortalama sıcaklık değeri....38
Şekil 3.18. 2020 yılı arazi kullanım haritası....38
Şekil 3.19. 2020 arazi kullanımı ve ortalama sıcaklık değerleri....39
Şekil 3.20. 1994 LST-NDVI ilişkisi....40
Şekil 3.21. 2020 LST-NDVI ilişkisi....40
Şekil 3.22. 1994 ve 2020 yılları için NDBI haritaları....41
Şekil 3.23. 1994 LST-NDBI ilişkisi....41
Şekil 3.24. 2020 LST-NDBI ilişkisi....42
Şekil 3.25. 1994 ve 2020 yılları için oluşturan SAVI haritaları....42
Şekil 3.26. 1994 LST-SAVI ilişkisi....43

Şekil 3.27. 2020 LST-SAVI ilişkisi 43
Şekil 3.28. Oluşturulan eğim, bakı, yükseklik haritaları 44
Şekil 3.29. 1994 ve 2020 yılları için kentsel ısı adası haritaları 44
Şekil 3. 30. 2020 ve 1994 yılları için hesaplanan UTVFI 45

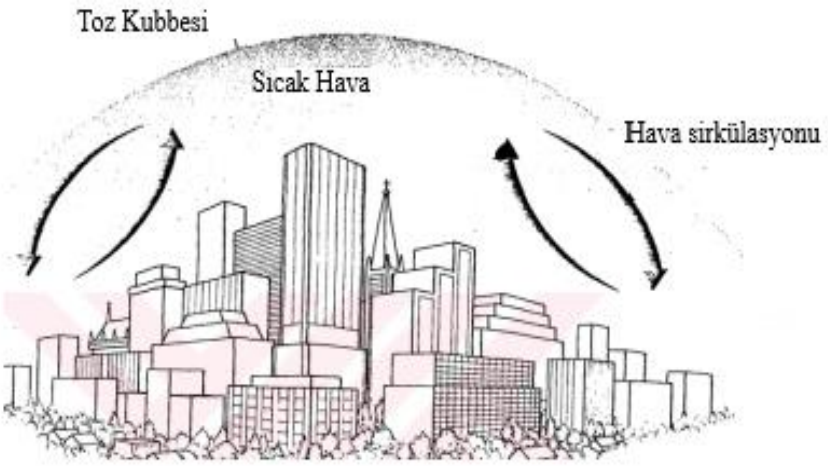
GİRİŞ

Büyükşehirlerde eğitim, sağlık, iş imkanlarının kırsal alanlara göre çok daha iyi durumda olmasından dolayı bu gibi yerlerde nüfus hızla artmakta ve durum kentin arazi kullanımında değişiklik olmasına neden olmaktadır. Nüfus artışı ile paralel olarak özellikle konut sayısına olan ihtiyaçlar artmakta, bu durum ise yeşil alan ve doğal alanların tahribatıyla sonuçlanmaktadır. Kentleşme ve sanayileşme atmosferin sınır tabakasındaki ısı ve su döngüsünü etkilemekte ve kent iklimini kırsal alandan farklılaştırmaktadır [1]. Kentsel alanların çoğalması şehirde taş ve beton yüzeylerin artmasına neden olmaktadır. Bu durumun sonunda geçirimsiz yüzey alanlar artmaktadır. Bu sonuçta kentsel ısı adasının oluşmasına neden olmaktadır. Kent çevresindeki sıcaklığın etrafındaki kırsal alanlardan sıcak olması kentsel ısı adası olarak tanımlanmıştır [2].

Nüfus yoğunluğu ile kentleşmenin yoğun olarak bulunduğu alanlar etrafını çevreleyen kırsal alanlara göre daha yüksek hava sıcaklığına sahiptir. Kentlerde yaşam standartlarının kırsal alanlara göre daha yüksek olduğu bir gerçektir. Ancak endüstriyelleşme ve sanayileşme ile birlikte yeşil alanların gün geçtikçe yok olmaya başlaması pek çok problemi de beraberinde getirmektedir. Kentsel ısı adasının oluşumu bu problemlerden birisidir.

Geçirgen ve nem tutan alanlar kentleşmenin artmasıyla birlikte geçirimsiz alanlara dönüşmektedir. Bunun sonucunda kentleşmenin yoğun olduğu yerlerde güneşten gelen enerji beton, asfalt vb. geçirimsiz yüzeyler tarafından yutulmaya uğrar ve bu durum sıcaklığı artırır. Kentleşmenin dolayısıyla nüfusun az olduğu kırsal alanlarda ise güneşten gelen ısı enerjisi geçirimli yüzeyler tarafından soğutulur [3]. Kentsel alanlarla karşılaştırıldığında kırsal alanlarda bitki örtüsü ve ormanlık alanlar daha fazladır. Yeşil alanlar ortam ısısının dağılmasına yardımcı olur bu durum da yüzey sıcaklıklarının düşük olmasını sağlamaktadır.

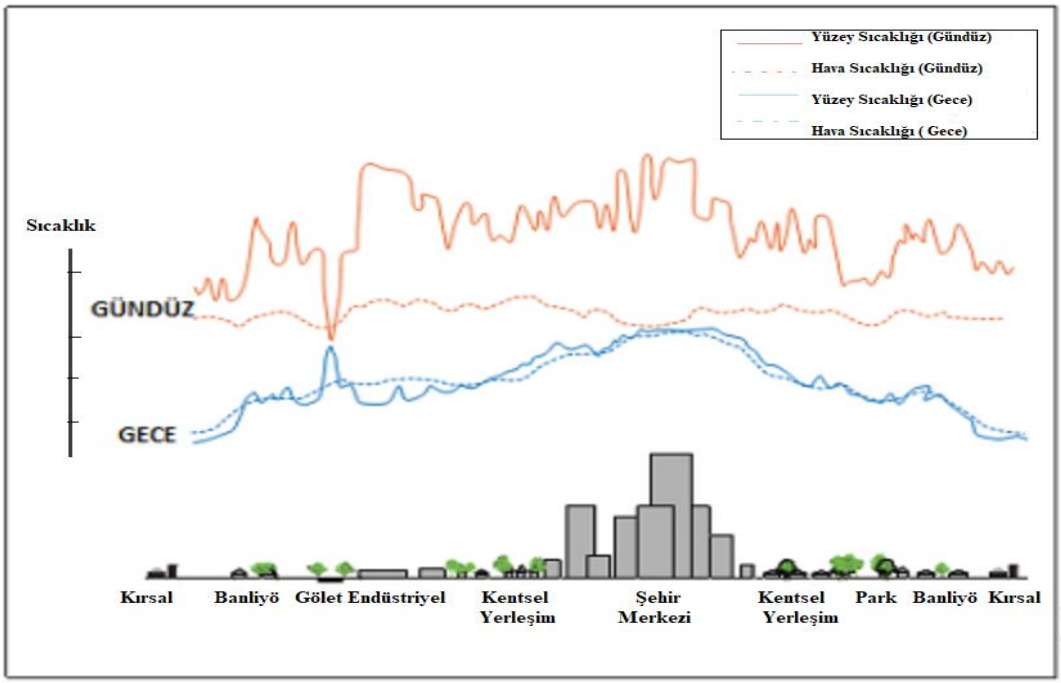
Kentlerde asfalt, beton, kaldırım, bina, çatı gibi malzemeler yeşil alan, bitki örtüsü gibi doğal bileşenlerin yerini hızla almaktadır. Bu geçirimsiz malzemeler çok fazla ısı kapasitesine sahiptir. Gündüzleri bu enerji absorbe edilir; gün batımıyla birlikte 5- 6 saat içerisinde zirveye ulaşır. Daha sonra ilerleyen saatlerde aşamalı bir şekilde azalır. [4,2]. Böyle bir durum kentte toz kubbelerinin oluşmasına neden olmuştur (Şekil 1.1). Bunun sonucunda farklı atmosfer sıcaklığı meydana gelmektedir. Bu durum da KIA oluşumuna neden olmaktadır. Literatürde kentsel ısı adasını belirlemek için pek çok yöntem kullanılmakta olup genellikle termal uydu görüntüleri kullanılmaktadır.



Şekil 1.1. Kentsel ısı adası oluşumu [5]

Kentsel ısı adaları "Atmosferik kentsel ısı adaları" ve Yüzey ısı adaları" olmak üzere iki kısma ayrılmaktadırlar [6]. Yüzey kentsel ısı adaları genellikle yazın ve gündüz saatlerinde daha fazla iken, atmosferik ısı adaları geceleri daha fazladır [2].

Yıllık ortalama sıcaklık farkında meydana gelen değişim şehrin büyüklüğüne ve nüfusuna bağlı olarak değişmektedir. Elbette küçük yerleşim alanlarında da ısı adaları meydana gelmektedir. Ancak bir milyon ve üstü nüfusa sahip olan bir kentle karşılaştırıldığında oluşan ısı adası daha küçük olacaktır [7]. Bu iki ısı adası arasındaki ilişki Şekil 1.2 'de gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Yüzey ve atmosferik sıcaklıkların değişimi [6]

İklim değişikliğini anlayabilmek için arazi yüzey sıcaklığı (AYS) genellikle tercih edilen bir göstergedir. Atmosfer ve yer yüzeyi arasındaki ilişki arazi yüzey sıcaklığı tarafından kontrol edilmektedir. AYS aynı zamanda çevresel kaynaklardaki değişimi yönlendirmektedir.

Literatürde ulusal ve uluslararası alanda arazi örtüsündeki değişimlerin iklim üzerindeki etkisi üzerine pek çok çalışma yapılmıştır [3]. Arazi örtüsündeki değişimlerden biri olan kentleşme sonucunda insan sağlığı önemli ölçüde etkilenmektedir [8].

Kısacası kentleşme arazi kullanımındaki değişimi hızla artırmakta ve bu değişim kentsel ısı adasına da etki etmektedir Kentleşmeyle birlikte trafik yoğunluğu da hız kazanmaktadır. Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarında yapılan bir çalışmaya göre trafiğin yoğun olduğu aynı zamanda yapılaşmanın da sık bulunduğu alanlar kırsal alanlarla karşılaştırıldığında hava sıcaklıkları arasında 3 ℃- 7 ℃ 'ye kadar bir ayrım olabileceği belirtilmektedir [9].

Kentlerin doğal dengesinin bozulması, arazi kullanımındaki değişimler uzaktan algılama yöntemleri ile birlikte değerlendirilebilmektedir. Uzaktan algılama biliminin bir alt dalı olan Termal uzaktan algılama, cisimlerde bulunan ısı enerjisini konumsal olarak ortaya koyabilmek için cisimlerin yaydığı radyasyondan yararlanmaktadır [10]. Geleneksel

yöntemler ile karşılaştırıldığında bu yöntem hem maliyet hesabı açısından hem de zaman açısından çok daha faydalı bir yöntemdir. Aynı zamanda kullanım kolaylığı da sunmaktadır. Kentsel ısı adası belirleyebilmek için termal bantların kullanılmaya başlaması 1972 yılında Rao tarafından gerçekleştirilmiştir. Burada arazi yüzey sıcaklığı uydu görüntüleri kullanarak belirlemiş ve kentsel ısı adasının bu harita ile değerlendirilmesi düşüncesi meydana gelmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1 Çalışmanın Konusu

Bu çalışmada Kayseri ilinin arazi örtüsü ve kullanımdaki değişiminin kentsel ısı adası (KIA) oluşumuna olan etkisi araştırılacaktır. Nüfus artışıyla paralel olarak Kayseri ilinde yoğun kentleşme yaşanmaktadır. Çalışmanın amacı Kayseri genelinde 1994 ve 2020 yılları arasında arazi kullanımı, bitki örtüsü indeksi (NDVI), yerleşim alanı indeksi (NDBI), sayısal yükseklik modeli (SYM), eğim ve bakıdaki değişim miktarının yüzey sıcaklığına olan etkisini belirleyebilmek ve aynı zamanda 26 yıllık süre içerisinde meydana gelen kentsel ısı adasını hesaplayabilmektir. 1994 yılına ait Landsat 5 uydu görüntüsü ve 2020 yılına ait Landsat 8 uydu görüntülerinden yararlanılarak bu çalışma yapılmıştır. Arazi kullanımdaki değişimleri belirleyebilmek için ENVI programı kullanılırken arazi yüzey sıcaklığını belirlemek için ArcMap programı kullanılmıştır

1.2. Literatür Özeti

Kesgin Atak ve Ersoy Tonyaloğlu [11] tarafından yapılan bu çalışmada 1990 ve 2017 yılları arasında turizm, sanayi ve nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye'nin önemli şehirlerinden biri olan Aydın iline ait uydu görüntüleri kullanılarak çalışmalar yapılmış ve bunun sonucunda arazi kullanımındaki ve bitki örtüsündeki değişimin yer yüzey sıcaklığına olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda yeşil alanların yoğun olduğu yerlerde arazi yüzey sıcaklığının düşük olduğu, yeşil alanların az olduğu ilçelerde ise sıcaklığın fazla olduğu dolayısı ile arazi yüzey sıcaklığı ile bitki örtüsünün ters orantılı olduğu belirlenmiştir.

Ersoy Tonyaloğlu [12] bu çalışmada Aydın ilinin Efeler ve İncirliova ilçelerinin nüfus miktarındaki artış sonucu yapı yoğunluğunun artması, ilçelerin arazi yüzey sıcaklığı, bitki

yoğunluğu ve yapı yoğunluğu hesaplanarak 2006 ve 2015 yılları arasında meydana gelen değişim hesaplanmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda yapı yoğunluğu ve bitki örtüsündeki değişim, 2006 yılına göre yer yüzey sıcaklığını 3.63 ℃ arttığı tespit edilmiştir**.**

Çalışmada Türkiye'nin en önemli sanayi şehirlerinden biri olan Kocaeli'nin çevresel ve yapay ilişkilerinin yer yüzey sıcaklığına etkisi araştırılmaktadır. Aynı zamanda ildeki rüzgâr hızının, yerleşim alanı ve düzeltilmiş toprak bitki indeksinin yüzey sıcaklığına olan etkisi üzerine bir çalışma yapılmıştır. 2015,2016,2017,2018,2019 yıllarına ait Landsat 8 görüntüleri alınarak ilin arazi yüzey sıcaklığı belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda sanayinin yoğun olarak bulunduğu yerlerde yüzey sıcaklığı fazla çıkarken, yeşil alanlarda sıcaklık değerinin az olduğu tespit edilmiştir [13].

Kayahan [14] bu çalışmada Ankara ilinin arazi kullanımının arazi yüzey sıcaklığına olan ilişkisini Mono Window algoritması kullanarak belirlemeye çalışmıştır. 2018 ve 1999 yıllarına ait uydu görüntüleri karşılaştırmış ve bunun sonucunda sıcaklık değerinin orman ve sulu tarım alanlarında düşük olduğu belirlenirken, vejetasyonun olmadığı tarım arazilerinde, yerleşim alanlarında ve çıplak arazilerde sıcaklık değerinin fazla olduğu tespit edilmiştir.

Kentlerin ısıl değerlerinin hesaplanmasında termal bantlar yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Metropol şehirlerde veya nüfusun yoğun olduğu büyükşehirlerde ısı adalarının belirlenebilmesi için uydu görüntülerinin termal bantlarından yararlanılır [15].

Yüzey sıcaklık değerlerini önemli ölçüde etkileyen ve bitki yoğunluğu ile ilişkili olan değer yeryüzü yayınırlık değeridir ve bu parametreler arasındaki ilişki deneysel olarak da belirlenmiştir [16].

Yeryüzünden yayılan veya yansıtılan ışınlar uzaktan algılama teknolojileri sayesinde kaydedilebilmekte ve kentsel alanlara ait termal bilgiler başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir [17].

Yılmaz [18] tarafından yapılmış olan bu çalışmada her ay için bir uydu görüntüsü kullanarak yüzey sıcaklığı, NDVI değeri ve arazi kullanım haritası oluşturulup

hesaplanan yüzey sıcaklık değerleri ile hava durumu arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.

İran'ın başkenti Tahran için yapılmış olan bu çalışmada Landsat uydu görüntüleri kullanılarak 2006 ve 2014 yıllarına ait arazi yüzey sıcaklığı ve arazi kullanımdaki değişim hesaplanmaya çalışılmıştır [19].

Weng ve Fu [20] Landsat 5 TM görüntülerini kullanarak Los Angeles'in arazi yüzey sıcaklığının ve bitki örtüsünün 10 yıllık bir dönem içerisindeki değişimlerini incelemişlerdir.

Yapılan bu çalışmada kentleşme oranının yüksek olduğu Çin'in Xi'an şehrinin 2000 ve 2016 yılları arasındaki yüzey sıcaklığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda 16 yılda ortalama sıcaklığın 10.11℃ arttığı ve ısı adası alanında yükseldiği tespit edilmiştir [21].

Şekertekin ve Marangoz [22] yaptıkları çalışmada 2017 yılına ait Landsat 8 uydu görüntülerini kullanarak arazi yüzey sıcaklığı ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi belirlemeye çalışmaktadır. Yer yüzey sıcaklığını hesaplarken Mono Window algoritmasından yararlanmışlardır. Arazi; su, açık alan, bitki örtüsü- tarım alanı, yerleşim alanı, deniz, bulut, orman olmak üzere toplam 7 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma sonucunda yerleşim ve açık alanlarda oluşan yüzey sıcaklığının deniz, orman, bitki örtüsü, su yapısına göre daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Dağlıyar vd. tarafından yapılan çalışmada meteoroloji istasyonlarından alınan sıcaklık verileri ile 1992 yılına ait uydu görüntüsünden elde edilen arazi yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ilin kuzey bölümünün sıcaklığının daha düşük olduğu, güney ve güney batısında ise sıcaklığın daha yüksek çıktığı belirlenmiştir [23].

Yue vd. Çin'in Shanghai bölgesinin arazi yüzey sıcaklığını hesaplayabilmek için Landsat 7 uydu görüntülerini kullanıp ERDAS programında arazi yüzey sıcaklığını oluşturarak, AYS ve NDVI değişimlerini incelemişlerdir [24].

Dihkan vd. tarafından [25] yapılan bu çalışmada Landsat uydu görüntüleri kullanılarak 1984 ve 2011 yıllarına ait İstanbul için yüzey KIA etkisi ve şiddeti belirlenmiştir. Aynı

zamanda arazi kullanımındaki değişim destek vektör makineleri ile yapılan sınıflandırma ile belirlenmiştir.

Grigoraş ve Uritescu bu çalışmada Modis uydu görüntüsünden yararlanarak Romanya'nın başkenti Bükreş'te sıcak noktaları belirleyebilmek için arazi yüzey sıcaklığı ile hava durumu arasındaki ilişkiyi belirlemeye çalışmıştır. Gece ve gündüz belirlenen sıcaklık değerleri için ayrı ayrı sıcak nokta analizi yapılmıştır ve bunun sonucunda her iki durumda da en yüksek değerler şehir merkezinde tespit edilmiştir [26].

Kerchovea vd. yapmış oldukları bu çalışmada Rusya'da bulunan Altay Dağları için MODIS uydu görüntülerinden yararlanarak arazi yüzey sıcaklığındaki değişimleri belirlemeye çalışmışlardır [27].

Şekertekin çalışmada Adana ilinin Ceyhan ilçesinin yer yüzey sıcaklığını hesaplayabilmek için 2018 yılına ait Landsat 8 uydu görüntüsü ve ışınım transfer denkleminden yararlanmıştır [28].

Surawar ve Kotharkar tarafından yapılan bu çalışmada Hindistan'ın Nagpur şehrinin Landsat 7 ETM $^{+}$ uydu görüntüleri kullanılarak 2006 ve 2013 yıllarına ait arazi yüzey sıcaklığı değişimi incelenmiştir. Bu çalışmada arazi kullanımındaki değişimde ENVI programında denetimli sınıflandırma yapılarak belirlenmiştir. İlk 7 yıllık dönemde (2000-2006) kentsel ısı adası 0.7 ℃ artmış iken sonraki 7 yıllık süreçte 1.8℃ 'lik ciddi bir artış olduğu belirlenmiştir [29].

Yapılan bir diğer çalışmada ise İran'ın Sardasht ilçesinin 1984'ten 2017' ye kadar olan arazi değişiminin arazi yüzey sıcaklığını nasıl etkilediği belirlemeye çalışılmıştır. Orman alanlarında 1984 yılından 2017 yılına kadar 2560 ha'lık bir azalma olduğu belirlenmiş ve bu azalmanın yüzey sıcaklığını 4 ℃ artırdığı tespit edilmiştir [30].

Yapılan bir diğer çalışmada ise Develi Ovası'nın arazi yüzey sıcaklığındaki değişimi belirleyebilmek için 5 adet uydu görüntüsünden yararlanılmıştır (1984,1987,2003,2007,2014). Arazi kullanımdaki değişimden dolayı LST oranında bir değişim gözlenmiştir [31].

Orhan [32] bu çalışmada Mersin ilinin arazi yüzey sıcaklığını belirleyebilmek için Landsat 8 ve Landsat 5 uydularından yararlanarak sıcaklık haritası oluşturmuştur.

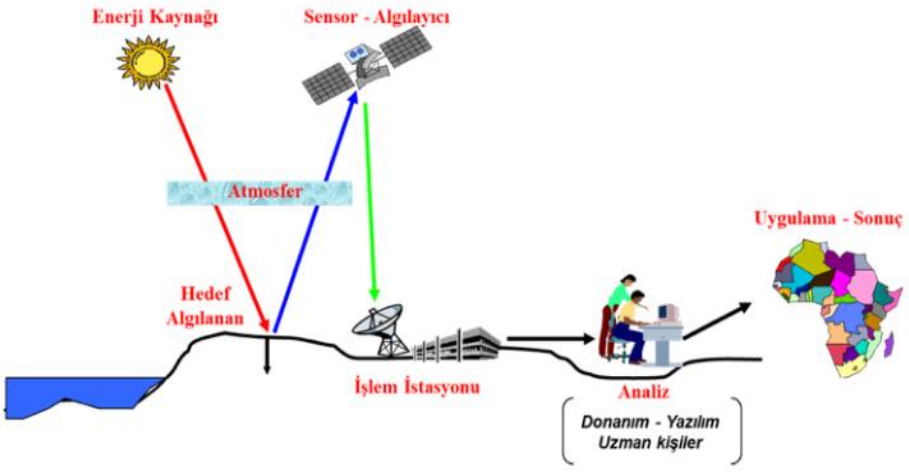
1990’dan 2018’e uzanan 28 yıllık süreç içerisinde arazi kullanımında büyük değişimler olduğu tespit edilmiştir. Ormanlık alanların büyük oranda azalması ve yerleşim alanlarının yaklaşık olarak 2 kat artmasının kentsel ısı adası oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir. Çalışma sonucunda kentin yüzey sıcaklığının 28 yılda 6 ℃ yükseldiği belirlenmiştir.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Uzaktan Algılama Nedir?

Uzaktan algılama teknolojilerinin pek çok tanımı olmakla birlikte en temel haliyle cisimlerle hiçbir temasta bulunmadan bilginin temin edilmesi olarak ifade edilmektedir. Bu tanımı biraz daha kapsamlı hale getirecek olursak "Uzaktan algılama arada mekanik bir temas olmaksızın bir cisimden yayılan veya yansıtılan elektromanyetik ışınımın nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin uzaktan ortaya konması ve ölçülmesidir" şeklinde tanımlanmaktadır [33]. Pasif ve aktif algılama olmak üzere ikiye ayrılan uzaktan algılamada; aktif sistemler herhangi bir güneş enerjisi gerektirmeksizin hedef nesnelere kendi sinyalini aktararak geri yansıtılan enerji ölçmektedir. Aktif algılayıcı sisteme örnek olarak Lidar ve Radar verilebilir. Pasif algılayıcı sistemler ise sinyal üretmezler. Bu sistemlere örnek olarak radyometre ve pasif mikrodalga radyometresi örnek verilir [33]. Uzaktan algılamanın temel bileşenleri Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. UA temel bileşenleri [34]

Uzaktan algılama teknolojileri ilk ortaya çıktığı yıllarda düşük çözünürlüğe sahip iken 2000'li yılların başından itibaren teknolojinin gelişmesiyle yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilebilecek duruma gelmiş ve birçok bilimsel çalışmada kullanılmaya başlamıştır [35].

Uzaktan algılama teknolojilerinin sunmuş olduğu pek çok avantaj bulunmaktadır. Öncelikli olarak klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında uzaktan algılama teknolojileri, coğrafi bilgi sistemleri ile harmanlandığında sağlamış olduğu bilgilerin güncel olması, erişilemeyen alanların izlenme olanağı, hızlı güncelleştirme, maliyet açısından daha uygun olması, sinoptik görüş sağlamasıyla yüz ölçümünün büyük olduğu yerleri hızlı ve doğruluk sağlaması, strateji belirleme ve planlama yapmaya yardımcı olması ve daha az insan gücüne ihtiyaç duyması bundan dolayı insan kaynaklı hata oranlarının minimuma inmesinin sağlanması gibi birçok üstünlüğe sahiptir [36]. Bu avantajlarından dolayı uzaktan algılama sistemleri bilimsel araştırmalar ve çalışmalar için sıklıkla tercih edilmektedir.

Uzaktan algılama birçok alanda kullanılmaktadır. Bu alanları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Tarım (bitki örtüsünün sınıflandırılması, ekim koşullarının araştırılması vb.)
- Ormancılık (orman yangını izleme ve hasar tespiti, orman tür çeşitliliği vb.)
- Hidroloji (sulak alanların haritalanması, drenaj dağılımının izlenmesi, buzul erime vb.)
- Jeoloji (jeotermal araştırmalar, kayaç tiplerinin tespiti, fay ve kırıklıkların tanımlanması vb.)
- Afet izleme çalışmaları (sel baskını, deprem araştırmaları vb.)
- Haritalama (otoyol, demiryolu ve boru hattı koridor seçimleri, sulama, baraj vb.)
- Arazi kullanımı
- Yüzey ve atmosfer sıcaklığının hesaplanması
- İklim değişiminin araştırılması
- Okyanus ve kıyı bilimleri araştırmaları vb. birçok alanda kullanılmaktadır.[33]

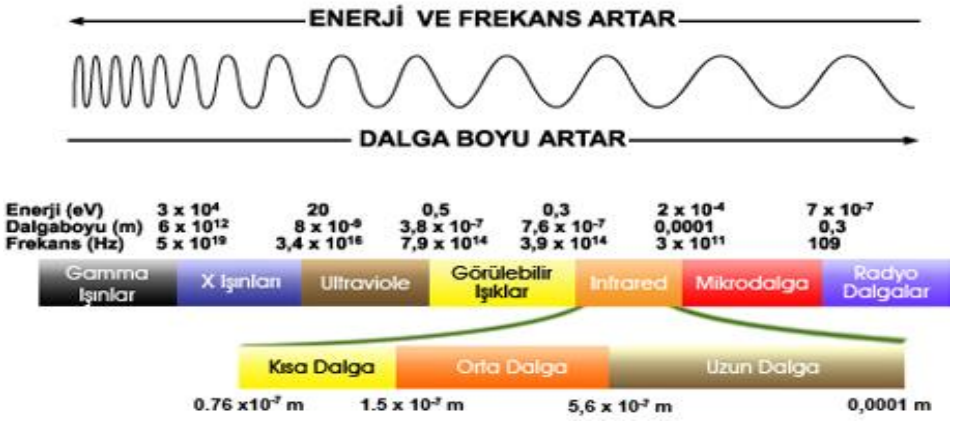
2.1.1. Isıl Uzaktan Algılama

Sir Frederick William Herschel'in, yapmış olduğu bir çalışma ile elektromanyetik spektrumun (EMR) kızıl ötesi bölgesini bulmasıyla uzaktan algılama bilimi başta olmak üzere birçok farklı alanda kullanması için yeni bir kavram ortaya çıkarmıştır.

Kızılötesi ışık insan gözü aracılığıyla algılanamayan ama sıcaklık olarak farkına varabildiğimiz bir tür enerjidir. Güneş ve ateşin yaymış olduğu bariz kızılötesi başta olmak üzere yeryüzündeki bütün cisimler belirli bir seviyede kızılötesi (IR) yaymaktadır.

Isıl algılama sistemleri "Genellikle uçuş doğrultusuna dik yönde tarama yapan özel bir tür çok spektrumlu tarayıcılardır. Kullanılan algılayıcı sistemler sadece spektrumun ısıl kızılötesi bölgesine duyarlıdır. Optik ve yakın kızılötesi bölgede kullanılan fotografik sistemler ısıl enerjinin tespitinde kullanılamazlar" şeklinde ifade edilmektedir [33]. Bu bilgilere ek olarak ısıl algılama sistemleri görüntüdeki sıcaklık değerini doğru bir şekilde tespit edebilmek için diğer sistemlere göre daha düşük çözünürlük değerine sahiptir.

Spektrumda görünür bölge ve mikrodalga bölgeleri arasında bulunan kızıl ötesi bölge; yakın kızılötesi bölge (0.78 µm-2.5 µm), orta kızılötesi bölge ((2.5 µm—25 µm) ve uzak (25 µm— 1000) kızılötesi bölge olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Kızılötesi bölgenin spektrumda yeri [37]

Yansıyan güneş enerjisi gerekmeksizin görüntülerin alınabilmesinden dolayı aynı zamanda ısıl algılama sistemlerinin, ısıl görüntülerin gece görüş sistemlerinin temeli olması nedeniyle askeri kullanım öncelikli olmak üzere, bitki örtüsü, volkanik alanlardaki

sıcaklığı izlemek, toprak, atmosferin yaydığı toplam ışınım gibi birçok alanda kullanımı bulunmaktadır [38].

2.1.2. Sınıflandırma

Uzaktan algılama biliminin en önemli işlem adımını oluşturan sınıflandırma; uzaktan algılamada birbirinden farklı nesnelerin spektral yansıtma değerlerini esas alarak gerçek görüntüdeki her elemanı ait olduğu özellik grubuna ayırma işlemidir. Görüntüde bulunan her pikselin ayırt edilmesi yahut tanıma problemi, algılama yapılan spektral bantlara göre değişiklik gösteren sayısal değerler kümesinden faydalanarak üstesinden gelinmektedir [39].

Sınıflandırma işlemi uzaktan algılamada görüntüde bulunan bütün piksellerin özelliklerinin belirlenmesi ve bu özellikler doğrultusunda uygun gruba yerleştirilmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Görüntülerin sınıflandırılması basit bir yöntem olmayıp birbirinden farklı birçok unsuru göz önünde bulundurmak gerekir.

Sınıflandırma ile bitki örtüsü, hava sıcaklığı, ulaşım, madencilik, ekonomi, tarım vb. birçok konuda bilgi veren tematik haritalar elde edilmektedir. Bu haritalar görüntünün yorumlanması ve analizi açısından büyük bir öneme sahiptir [40]. Burada elde edilen tematik haritalar coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS) kullanılmaktadır.

Sınıflandırmanın doğruluğunu çalışma alanının ölçeği, kullanıcının tecrübesi, uydu seçimi, ekonomik koşullar etkilemektedir. Görüntüdeki farklı özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla sınıflandırma işlemlerinde kontatif karar fonksiyonları oluşturulur. Burada görüntünün mekânsal, spektral ve diğer yardımcı verilerinden yararlanılmaktadır [33].

Piksel tabanlı sınıflandırma yönteminin kendi içerisinde birden fazla türü olmakla birlikte genel olarak sınıflandırma teknikleri piksel tabanlı sınıflandırma ve nesne tabanlı sınıflandırma olmak üzere iki ayrı şekilde incelenmektedir. Yapılacak çalışmalara ve ulaşılmak istenen hedefe göre istenilen sınıflandırma yöntemi tercih edilmektedir [41].

2.1.2.1. Piksel Tabanlı Sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırma yönteminde piksellerin parlaklık değerleri göz önünde bulundurularak belirli bir benzerlik fonksiyonunun üretilmesi ve bilinemeyen piksel değerlerinin benzerlik oranlarının yüksek olduğu sınıfa aktarılması işlemidir [33]. Piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi kendi içerisinde kontrollü sınıflandırma ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.1.2.1.1. Kontrollü Sınıflandırma

Bu yöntem en basit şekilde eğitimli sınıflandırma olarak tanımlanabilir. Kontrollü sınıflandırma yöntemi iki farklı adımdan oluşmaktadır. İlk olarak yapılacak çalışmada bir amaç belirlenerek hava fotoğrafı veya uydu görüntüsü kullanarak gerçekleştirilecek çalışmanın eğitim sınıfları oluşturulur. Yani ilk adım eğitim sınıflarının belirlenmesidir. Eğitim sınıflarının belirlenmesi bu sınıflandırma yönteminin temel prensibidir. Özellik seçimi yapılmasının ana gerekçesi sınıflandırmanın doğruluğunu veren özelliklerin belirlenmesidir [42].

Sonraki kısımda pikseller seçmiş olduğumuz eğitim verilerine göre en çok benzerlik gösterdiği sınıfa atanmaktadır. Burada uyumsuz olan elemanlar bilinmeyen olarak belirlenir ve hangi sınıfa aktarılacağı daha sonra belirlenir. Görüntü matrisi oluşturulur. Sonuçlar dijital verilerde gösterilecek şekilde ortaya koyulur [43].

Kontrollü sınıflandırmada en kısa uzaklık karar kuralı, paralelkenar kuralı, mahalanobis uzaklığı ve en çok benzerlik algoritmaları kullanılmaktadır.

Çalışma alanı olarak belirlene Kayseri ili tarım, sanayi, ticaret ve hatta turizm açısından oldukça avantajlı bir konumda bulunmaktadır. Böyle bir kentte ise karşılaşılabilecek en büyük sorunlardan bir tanesi nüfusun fazla olmasından dolayı hatalı arazi kullanımıdır. Bu çalışmada 1990 ve 2020 yıllarında Kayseri'nin arazi kullanım haritasını yapabilmek için kontrollü sınıflandırma türleri içerisinde en çok tercih edilen maksimum olabilirlik yöntemi tercih edilmiştir.

2.1.2.1.1.1. Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Kontrollü sınıflandırma yöntemleri içerisinde en çok tercih edilen bir parametrik algoritma yöntemidir. Parametrik algoritma yönteminde görüntü için özel bir istatiksel dağılımdan söz edilir. Yaygın olarak normal dağılım (Gauss) tercih edilmektedir. Bu yöntem matematiksel olarak daha iyi sonuç vermektedir. Maksimum olabilirlik yönteminin kabul edilen dağılıma uygun olması koşulu ile bir sınıflandırma hatasını önceden tahmin edebilmesi parametrik olmayan algoritmalara göre üstünlüklerinden sadece bir tanesidir [33].

Maksimum olabilirlik yönteminde ortalama değer, varyans, kovaryans, gibi istatiksel değerlerin bütünü hesaba katılmaktadır.

Piksellerin hangi sınıfa daha yakın olduklarını belirleyebilmek için kontrol alanını meydana getiren sınıfların olasılık fonksiyonları hesaplanmaktadır. Daha sonra bir piksel için tüm sınıflara olan olasılık hesabı yapılır ve en yüksek olasılık değerinin çıktığı sınıfa ataması yapılır [44]. Maksimum olabilirlik yönteminin formülü şekilde gösterilmektedir.

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \times \ln(|Kov_c|)] - [0.5 \times (X - M_c)^T \times (Kov_c^{-1}) \times (X - M_c)] \quad (2.1)$$

Yukarıdaki formülde;

D = Uzaklık ağırlıklı olasılık değeri,

c= Örnek sınıfı,

X= Aday pikselin ölçüm vektörünü,

M_c= c örnek sınıfının ortalama vektörünü

a_c= Aday pikselin C sınıfına ait olma yüzdesini,

Kov_c= Örnek sınıftaki piksellerin kovaryans – varyans matrisini temsil etmektedir [44].

Sınıflandırma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen arazi kullanım haritalarının genel doğruluklarının ve kappa istatistiğinin hesaplanması gerekmektedir. Kappa kat sayısı en az iki değerleyicinin birbirleri arasındaki uyumun güvenilirliğini hesaplayan istatistiksel

bir yöntemdir [45]. Landis ve Koch hesaplanan k değerinin yorumlanması için aşağıda verilen Tablo 2.1'i hazırlamışlardır [46].

Tablo 2. 1. *k* değerinin yorumlanması

***k* Değeri**	**Yorum**
<0	Kötü uyum
0.01 — 0.20	Önemsiz uyum
0.21 — 0.40	Zayıf düzeyde uyum
0.41 — 0.60	Orta düzey uyum
0.61 — 0.80	İyi düzey uyum
0.81 — 1.00	Çok iyi düzey uyum

2.1.2.1.2. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde kontrollü sınıflandırmanın aksine herhangi bir tematik bilgi kullanılmamaktadır. Burada kullanıcının herhangi bir araya girme durumu olmaksızın kendiliğinden kümelenmesi ya da gruplandırılması söz konusudur. Bu yöntem genellikle görüntüdeki veriyi belirlemenin mümkün olmadığı durumlarda tercih edilen bir yöntemdir. Sınıflandırmanın yapılacağı çalışma alanı için yeterli bilginin temin edilemediği koşullarda bu yöntem kullanılmaktadır. Görüntü içerisindeki sınıf sayıları belirlenerek sınıflandırma işlemine başlanır. Daha sonra piksellerdeki sayısal değerler sayesinde birbirleriyle benzerlik içerisinde olanlar otomatik olarak bir sınıfa atanmaktadır. Hücrelerin spektral modelleri gereğince spektral sınıflar meydana getirilmektedir [44].

Kontrolsüz sınıflandırma yöntemlerinden bazıları şunlardır: Isodata, K- ortalamalar, Fuzzy gibi birçok yöntem bulunmaktadır.

Kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri içerisinde en yaygın olanı K-ortalamalar algoritmasıdır. Burada küme merkezlerine olan uzaklık göz önünde bulundurularak en yakınlarında bulunan kümeye atanmakla birlikte her kümeleme işleminden sonra merkezler güncellenmekte ve böylece en uygun merkez belirlenmiş olmaktadır [33].

2.1.2.2. Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi

Segmentasyon ve sınıflandırma olmak üzere iki aşamadan oluşan nesne tabanlı sınıflandırma yönteminde hem bant yansıtım değerleri kullanılmakta hem de görüntünün en küçük elemanı olan bir pikselin komşuluk özelliklerini anlamamızı sağlayan doku ve

bağlam bilgileri de bir arada kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma yönteminde ana eleman nesnelerdir. Piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin piksel tabanlı sınıflandırma yöntemine göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birtanesi nesne tabanlı yaklaşımın genellikle bulanık (fuzzy) mantığını kullanmasından dolayı belirsiz olan özelliklerin etkili bir şekilde sınıflandırmaya katılmasını sağlamasıdır. Diğer bir avantajı ise çözünürlüğün artmasıyla birlikte daha yüksek doğruluğa sahip olmasıdır [47].

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi bilgi sistemi grafik ve grafik olmayan verinin toplanması, saklanması, kullanıcıya sunulması, akıllı harita oluşturulması, konumsal analiz yapılması gibi işlevleri bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bilimdir. Bu nedenle farklı meslekler tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [48].

Başka bir ifade ile yapılan çalışmada elde edilen verilerin bilgisayar ortamına transfer edilmesi sonucu zamandan tasarruf sağlanıp süratli bir şekilde anlamlı bilginin elde edilmesi ve sorgulanması esasına dayanmaktadır [49].

Coğrafi bilgi sistemi; kent bilgi sisteminin oluşturulması, arazi bilgi sistemi, planlama, kadastral bilgi sistemi, mekânsal bilgi sistemi vb. birçok yerde kullanılmaktadır. Mekânsal olan ve mekânsal olmayan özellikler coğrafi bilgi sisteminde bir arada tutulabilmektedir. Temel bileşenleri donanım, yazılım, veri, yöntem ve insandır.

2.2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminde Sorgulama ve Analizler

Coğrafi bilgi sistemleri grafik ve grafik olmayan verileri çok yönlü olarak değerlendirilmesine olanak sağlamasından dolayı birçok farklı disiplin tarafından karar verme aracı olarak kullanılmaktadır. Sorgulama ve analiz işlemlerinin temel koşulu veri tabanında bulunan geometrik ve öznitelik bilgilerinin karşılıklı olarak ilişkilendirilmesidir. Konumsal sorgulama, konumsal analiz, ağ analizi, sayısal arazi analizi, ölçme ve geometrik hesaplamalar, istatistik analizi ve grid analizi CBS ’de bulunan sorgulama ve analiz çeşitleridir [50].

2.2.1.1. Grid Analizi

Raster yapıdaki veriler kullanılarak yapılan grid analizleri bir hücre veya coğrafi detayı nispeten veya büsbütün temsil etmektedir. Bu analizde grid yapıdaki hücreler satır ve sütunlarla temsil edilip veri tabanında saklanmaktadır. Grid analizleri; mesafe analizi yoğunluk analizi, piksel istatistik, komşuluk istatistiği, bölgesel istatistik, yeniden sınıflandırma, raster hesap makinesi, enterpolasyon ve veri dönüşüm fonksiyonlarını kapsamaktadır.

2.2.1.1.1. Bölgesel (Zonal) İstatistik

Bölgesel istatistik yönteminde aynı piksel değerinde bulunan bir veya daha fazla hücre raster veri setinde aynı zone grubunda bulunmaktadır. Zone'lar bölgelerden meydana gelmektedir. Bölge ister bitişik olsun ister olmasın bir raster veri setinde benzer değerde bulunan hücrelerdir. Yapılacak olan işlemler zone bazlı olarak yapılmaktadır. Bölgesel istatistik de raster veriler için maksimum değer, minimum değer, ortalama, medyan, standart sapma, toplam, çoğunluk, azınlık gibi pek çok hesaplama işlemi yapılabilmektedir [51].

2.3. Arazi Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması

Yapılan bu çalışmada 1994 ve 2020 yıllarına ait arazi yüzey sıcaklığını ve bitki örtüsünü hesaplamak için USGS web sitesinden indirilen uydu görüntülerinden yararlanılmıştır.

Landsat 8 OLI&TIRS uydusu için arazi yüzey sıcaklığını hesaplamada kullanılan formüller aşağıdaki verilmektedir. Yapılacak olan ilk işlem Eşitlik 2.1 de verilen formül kullanılarak parlaklık değerlerinin spektral yansıtım değerlerine dönüştürülmesi işlemidir.

$$L_\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L \tag{2.1}$$

Denklemde gösterilen; L_λ spektral radyansı W/(m2*sr*µm), M_L bant için gereken radyans çarpımsal ölçekleme faktörü (bu değer uydu görüntüsünde bulunan meta veri dosyasında bulunmaktadır), A_L ışınım çarpımsal ölçeklendirme etkenini (bu değerde uydu görüntüsünde meta veri dosyasında bulunmaktadır.) son olarak Q_{cal} ise dijital piksel değerini temsil etmektedir.

Parlaklık değerleri spektral yansıtım değerlerine dönüştürüldükten sonra radyans değerlerinin parlaklık sıcaklık değerine dönüştürülmesi gerekmektedir ve bunun için gerekli olan formül Landsat 8 el kitabından alınmıştır [52]ve Eşitlik 2.2 numaralı denklemde gösterilmektedir.

$$T_B = K_2/(\ln(K_1/L_\lambda + 1)) \tag{2.2}$$

Denklemde bulunan T_B parlaklık sıcaklığını (K), K_1 ve K_2 ise uydu görüntüsünde meta veri dosyasında bulunan kalibrasyon sabit değerlerini, L_λ ise spektral radyans değerinin formülde yazılması gerektiğini göstermektedir. Bu denklemde sıcaklık değeri kelvin cinsinden belirlenmekte olup bu değeri santigrata dönüştürmek için hesaplanan değerden 273.15 çıkarmamız gerekmektedir.

Arazi yüzey sıcaklığını hesaplayabilmemiz için normalize edilmiş fark bitki indisini, bitki örtüsü oranını, yer yüzeyi yayınırlığını hesaplamamız gerekmektedir.

NDVI indeksi -1 ile +1 arasında değer alan kırmızı ve yakın kızılötesi bantlardan faydalanarak hesaplanmaktadır [53].

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Yakın Kızılötesi} - \text{Kızıl}}{\text{Yakın Kızılötesi} + \text{Kızıl}} \tag{2.3}$$

NDVI değerinin hesaplanmasının ardından bitki örtüsü oranının hesaplanması yapılmaktadır [54].

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{maks} - NDVI_{min}}\right]^2 \tag{2.4}$$

Formülde gösterilen P_v vejetasyon oranını temsil etmektedir. $NDVI_{min}$ ve $NDVI_{max}$ değerini belirleyebilmek için NDVI değerinin hesaplanması gerekmektedir.

Yer yüzey yayınırlığının (ε) hesaplanmasında P_v değerinden yararlanılmaktadır. Bu değerin hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanılmaktadır [54]. Yayılan ışınımın dalga boyuna ve geometrik konumuna göre değişen yayınırlık, 0-1 arasında değeri alan toplam gelen enerjinin yutulan ışın enerjisine oranı olan önemli bir parametredir [23].

$$\varepsilon = 0.004 \times P_v + 0.986 \tag{2.5}$$

Bu adımda tamamlandıktan sonra arazi yüzey sıcaklığını belirlemek için son aşamaya geçilmektedir. Yeryüzü yüzey sıcaklığının hesaplanması için Eşitlik 2.6'daki formül verilmiştir [53].

$$T = \frac{T_B}{\left[1+\left(\frac{T_B}{C_2} \times \lambda\right) \times \ln(e)\right]} \tag{2.6}$$

Denklemde TB; parlaklık sıcaklığını, C_2; = h × c / s = 14380", [h = plank sabiti (6.626 × 10-34 JS), s =Stefan Boltzmann sabitini (1.38 × 10-23 J / K), c = ışık hızını (2.998 × 10 - 8 m / s)], L_λ; ortalama dalga boyunu ve *e*; emissiviteyi temsil etmektedir.

1994 yılı için Landsat 5 TM uydusu ile arazi yüzey sıcaklığını hesaplamada kullanılacak olan formüller aşağıda verilmektedir. Yapılacak olan ilk işlem parlaklık değerlerinin spektral radyans değerine dönüştürülmesidir

Dönüşümün yapılmasında Landsat 5 kullanım kılavuzundan yararlanılmıştır ve denklemi şekilde gösterilmektedir [55].

$$L_\lambda^{sen} = [(LMAX_\lambda - LMIN_\lambda)/(QCALMAX - QCALMIN)] \times [QCAL - QCALMIN] + LMIN_\lambda \quad (2.7)$$

Denklemde kullanılan L_λ, sensörde bulunan spektral radyansı, $LMAX_\lambda$, QCALMAX'a göre ölçeklendirilen spektral radyansı temsil ederken $LMIN_\lambda$, QCALMIN'e göre ölçeklendirilen spektral radyansı temsil etmekte, QCAL, görüntü bulunan parlaklık değerlerini, QCALMAX, en yüksek parlaklık değerini, QCALMIN ise en düşük parlaklık değerini göstermektedir. $LMAX_\lambda$, $LMİN_\lambda$ QCALMAX ve QCALMIN değerleri uydu görüntüsünde bulunan meta veri dosyasından alınmaktadır.

Sonraki adımda ise radyans değerlerinin parlaklık sıcaklık değerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Radyans değerlerim parlaklık değerlerine dönüştürülmesinde yine kullanım kılavuzundan yararlanılmıştır [55] ve 2.2 de gösterilen formül kullanılarak işlemler yapılmıştır.

Landsat 5 uydusu için de Landsat 8 de olduğu gibi arazi yüzey sıcaklığını hesaplanabilmesi için normalize edilmiş fark bitki indisini, bitki örtüsü oranını, yer yüzeyi yayınırlığının hesaplanması gerekmektedir.

NDVI değerini belirleyebilmek için Eşitlik 2.3 de verilen formülden, bitki örtüsü oranını tespit etmek için Eşitlik 2.4 de verilen formülden, yer yüzey yayınırlığını belirleyebilmek için Eşitlik 2.5'de verilen formülden son olarak yer yüzey sıcaklığını belirleyebilmek için ise Eşitlik 2.6'dan yararlanılmaktadır.

2.4. Sıcaklık Görüntülerinin Uzaktan Algılama İndeksleri ile Analizi

Uydu görüntüsünde bulunan her bant farklı bir dalga boyuna sahip olduğundan farklı amaçlarda kullanılmaktadır. Bu bantların birbirleri ile oranlanması veya bu bantlar kullanılarak aritmetik işlemlerin yapılması ile indeksler meydana gelmiştir [56].

2.4.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI))

Her iki uydu görüntüsü için ayrı ayrı hesaplanan NDVI değeri Eşitlik 2.3 de verilen formülle hesaplanmış ve arazi yüzey sıcaklığı ile olan ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2.4.2. Normalleştirilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (The Normalized Difference Built- Up Index (NDBI))

Zha, Gao, Ni tarafından geliştirilen NDBI, kentsel alanları doğrudan belirleyebilmek için uydu görüntülerinin kullanılmasıyla oluşturulan bir indekstir. NDBI Yakın kızılötesi band (NIR) ile kısa dalga kızılötesi bandın (SWIR) birbirleri ile oranlanması sonucu hesaplanmaktadır [56]. NDBI hesabında kullanılacak formül Eşitlik 2.8'de verilmiştir [57].

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)} \tag{2.8}$$

2.4.3. Düzeltilmiş Toprak Bitki İndeksi (The Soil -Adjusted Vegetation İndex (SAVI))

SAVI özellikle düşük bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerde toprak parlaklığının etkisini düzenlemek için oluşturulan bir indekstir. Normalleştirilmiş fark bitki indeksi ile oldukça benzer yapılandırılmış olan toprak ayarlı bitki indeksi bitki yoğunluğunun az olduğu bölgelerde kırmızı ve yakın kızılötesi spektrumlardaki yansımalardan etkilenebilmektedir [58]. SAVI NDVI ile özellikle kentsel alanların yoğun olarak bulunduğu bölgelerde karşılaştırıldığında düşük yoğunluklu bitki örtüsünün bulunduğu alanları belirlemede daha iyi olan bir yöntemdir.

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} \; x \; (1 + L) \tag{2.9}$$

Formülde gösterilen L toprak parlaklık düzeltme faktörüdür ve bitki örtüsünün yoğun olup olmadığı alanlara göre farklı değerler almaktadır [59]. Yoğunluğun fazla olduğu alanlarda L=0 alınırken yoğunluğun az olduğu alanlarda L=1 alınmaktadır. Çalışmalarda genellikle L faktörü 0.5 olarak alınmaktadır.

2.5. Kentsel Isı Adası (SUHI)

Kentsel ısı adalarının belirlenmesinde arazi yüzey sıcaklığı haritasından yararlanılmaktadır. Aşağıda verilen denkleme [60] 2.4. bölümde hesaplanmış olan arazi yüzey sıcaklığı haritası (T_s), bu haritanın genel sıcaklık ortalaması (T_m) ve standart sapması (STD) yerine yazılarak her iki yıl için kentsel ısı adası miktarı belirlenmiştir.

$$\text{SUHI} = \frac{(\text{Ts} - \text{Tm})}{(STD)} \tag{2.10}$$

2.6. Kentsel Isı Alanı Değişim İndeksi (UTVFI)

Kentsel ısı alanının değişiminin belirlenmesinde arazi yüzey sıcaklığı haritasından yararlanılmaktadır. Verilen denklemde [60] 2.4. bölümden hesaplanmış olan arazi yüzey sıcaklığı haritası, bu haritanın genel sıcaklık ortalamasından yararlanarak bu indeks hesaplanmaktadır (Tablo 2.2).

$$\text{UTVFI} = \frac{(\text{Ts} - \text{Tm})}{Tm} \tag{2.11}$$

Tablo 2. 2. UTFVI değerinin yorumlanması

UTFVI Eşik Değeri	Kentsel Isı Adasına Etkisi
0 <	Yok
0.000-0.005	Zayıf
0.005-0.010	Orta
0.010-0.015	Güçlü
0.015-0.02	Daha Güçlü
> 0.02	En Güçlü

2.7. Regresyon Analizi

Regresyon analizi en genel tanımıyla iki veya ikiden fazla değişken arasında ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla yapılan işlemlerdir [61].

Regresyon modelinde bağımlı değişken x ile temsil edilirken bağımsız değişken y ile gösterilmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenden meydana gelen regresyon modelinde bağımsız değişken sayısı birden fazla olabilirken bağımlı değişken sayısı yalnızca bir tanedir [62].

Çoklu regresyon modelinde bağımsız değişken sayısı birden fazladır ve bağımsız değişken formülü aşağıdaki denklemde verildiği şekildedir.

$$Y_i = (b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + .. b_n x_n) + e_i \tag{2.12}$$

Denklemde gösterilen y bağımlı değişkeni temsil ederken b_0 kesişme değerini, X kat sayıları ise tahmin değişkenlerin kat sayılarını, e ise denklemdeki son denek için bağımsız değişkenin beklenen değeri ile gözlenen değeri arasındaki farkı temsil etmektedir [37].

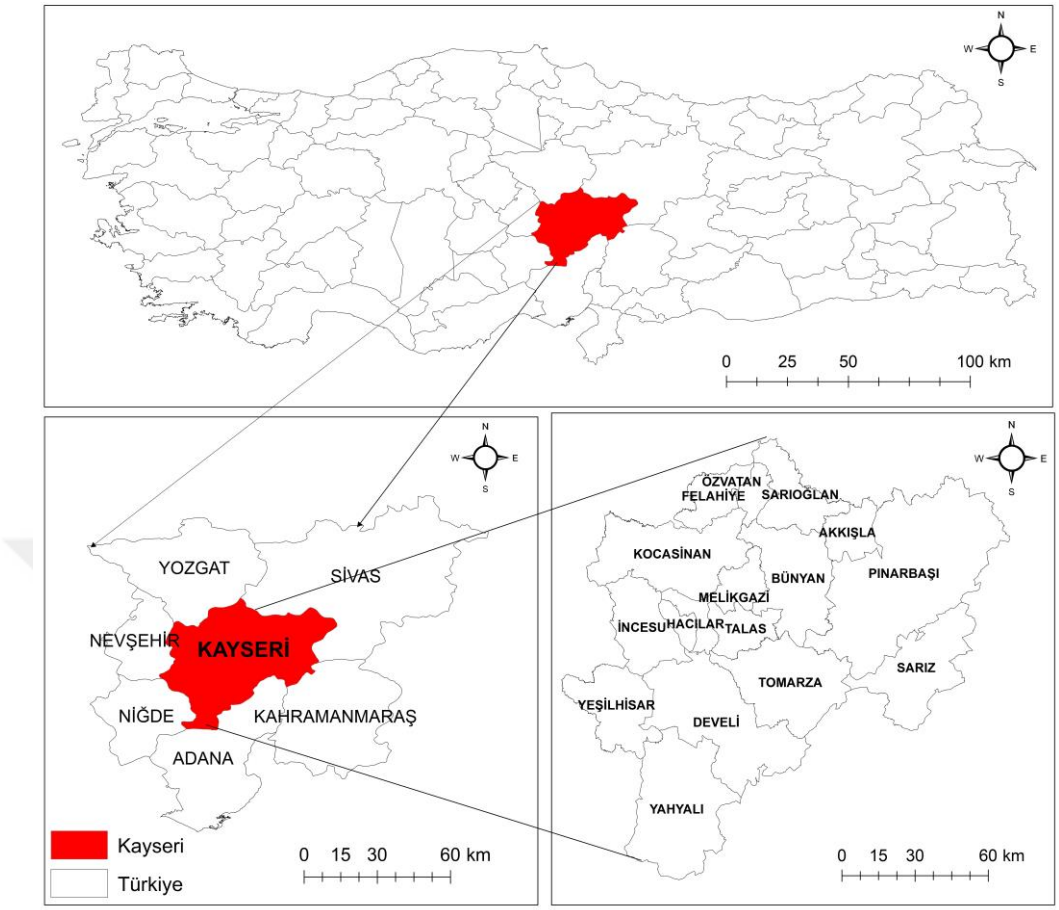
3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Çalışma Alanı

Kayseri ili 34°56’ ve 36°59’ doğu boylamları ile 37° 45’ ve 38° 18’ kuzey enlemleri arasında yer alan ve 1.421.455 nüfusu ile Türkiye’nin en kalabalık 15. şehri olan İç Anadolu’nun güneyi ile Torosların yaklaştığı yerde yani Orta Kızılırmak bölümünde bulunan Konya ve Ankara’dan sonra bulunduğu bölgenin üçüncü büyük sanayi merkezidir. Kayseri 17.109 km^2 yüz ölçümüne sahiptir ve 16 ilçeden oluşmaktadır. Yozgat, Adana, Nevşehir, Niğde, Kahramanmaraş illeri ile komşudur. İlde pek çok dağ bulunmaktadır ancak 3916 m yüksekliği ile en önemli ve en yüksek dağı Erciyes Dağıdır [63]. Kayseri; sanayi ticaret, turizm, tarım gibi pek çok alanda ülkeye önemli katkısı olan şehirlerden biridir. Kayseri’nin iklimi yükseltiye göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak ilde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Yani ilde genel olarak bozkır iklimi hakimdir. Yükseltinin fazla olduğu Sarız, Pınarbaşı gibi dağlık kesimlerde sıcaklık düşüktür ve yağış miktarı daha fazladır. Ancak Develi Ovası etrafındaki yerlere göre çukur gibi bir alanda bulunduğu için sıcaklık kış aylarında nispeten daha yüksektir. Yılın en sıcak ayları Temmuz, Ağustostur ve sıcaklık değeri 38 dereceye kadar çıkmaktadır. Aralık, ocak, şubat ayları ise ilde en soğuk geçen aylardır ve sıcaklık değeri -36 dereceye kadar düşmektedir. Merkezde yapılan son altmış yıllık gözlemlere göre yıllık ortalama sıcaklık 10.4 ℃ olarak belirlenmiştir. Güneşli gün sayısı oldukça fazladır. Metrekareye ortalama 375 kg yağış düşmektedir ve en fazla yağış ilkbahar mevsiminde gözükmektedir. Ortalama nispi nem miktarı ise %65 olarak belirlenmiştir [64].

Şekil 3.1’de çalışma alanın Türkiye haritasında genel görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye haritasında genel görüntüsü

3.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Yapılan bu çalışmada 1994 ve 2020 yıllarına ait arazi yüzey sıcaklığını ve arazi kullanımındaki değişimi hesaplamak için uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Kayseri'nin il sınırlarını tek bir uydu görüntüsü ile almak mümkün olmadığı için 15 Ağustos 2020 yılına ait iki adet Landsat 8 (OLI&TIRS) ve 24 Ağustos 1994 yılına ait Landsat 5 TM uydu görüntüsü https://earthexplorer.usgs.gov adresinden ücretsiz olarak indirilmiştir. Her ne kadar 1994 yılı için de aynı güne ait uydu görüntüsü indirilmek istense de görüntüdeki bulut miktarının fazla olmasından dolayı bu durum gerçekleştirilememiştir.

Landsat 5 uydusu 1 Mart 1984 de fırlatılmıştır ve yaklaşık 29 yıl hizmet vererek 5 Haziran 2013 yılında ömrünü tamamlamıştır. Toplam 7 bantdan meydana gelmiştir [65]. Çalışmada arazi yüzey sıcaklığını hesaplayabilmek için termal bant yani Band 6 kullanılmıştır. Uygulama yapılırken 1994 yılı için Landsat 7 uydusundan yararlanılmak

istenmiş fakat uydu sensöründeki şerit uzunluk hatası sebebiyle çalışmamızda bu uydu kullanılamamıştır.

OLI ve TIRS olmak üzere iki adet sensör taşıyan Landsat 8 uydusu 11 Şubat 2013 yılında atılmış ve halen aktif durumda bulunmaktadır. Toplam 11 bantdan meydana gelmiştir. Band 10 ve Band 11 olmak üzere iki adet ısıl kızıl ötesi algılayıcısı (TIRS) bulunmaktadır. OLI de ;7 tanesi Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM sensörlerinde bulunan 9 adet spektral veri bulunmaktadır ve bu ortak bandlar sayesinde eski Landsat verileriyle uyumu sağlanmaktadır [66]. Çalışmada arazi yüzey sıcaklığını hesaplayabilmek için Band 10 ve Band 11 kullanılmıştır. Her iki band ile de arazi yüzey sıcaklığı hesaplanmış ortalaması alınarak Kayseri'nin 2020 yılı için arazi yüzey sıcaklığı belirlenmiştir. Landsat 8 ve Landsat 5 TM uydu görüntülerinin özellikleri Tablo 3.1 ve Tablo 3.3'de belirtilmektedir.

Çalışmada kullanılan uydular ise Tablo 3.2'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Landsat 8 (OLI&TIRS) Band özellikleri

Band Numarası	**Dalga Boyu (µm)**	**Çözünürlük (m)**
Band 1 (Kıyı Aerosolü)	0,43-0,45	30
Band 2 (Mavi)	0,45-0,51	30
Band 3 (Yeşil)	0,53-0,59	30
Band 4 (Kırmızı)	0,64-0,67	30
Band 5 (Kızılötesi)	0,85-0,88	30
Band 6 (Kısa Dalga Kızılötesi)	1,57-1,65	30
Band 7 (Kısa Dalga Kızılötesi)	2,11-2,29	30
Band 8 (Pankromatik)	0,50-0,68	15
Band 9 (Sirus)	1,36-1,38	30
Band 10 (Termal Kızılötesi)	10,6-11,19	100
Band 11 (Termal Kızılötesi)	11,5-12,51	100

Tablo 3.2. Kullanılan uyduların görüntüleri

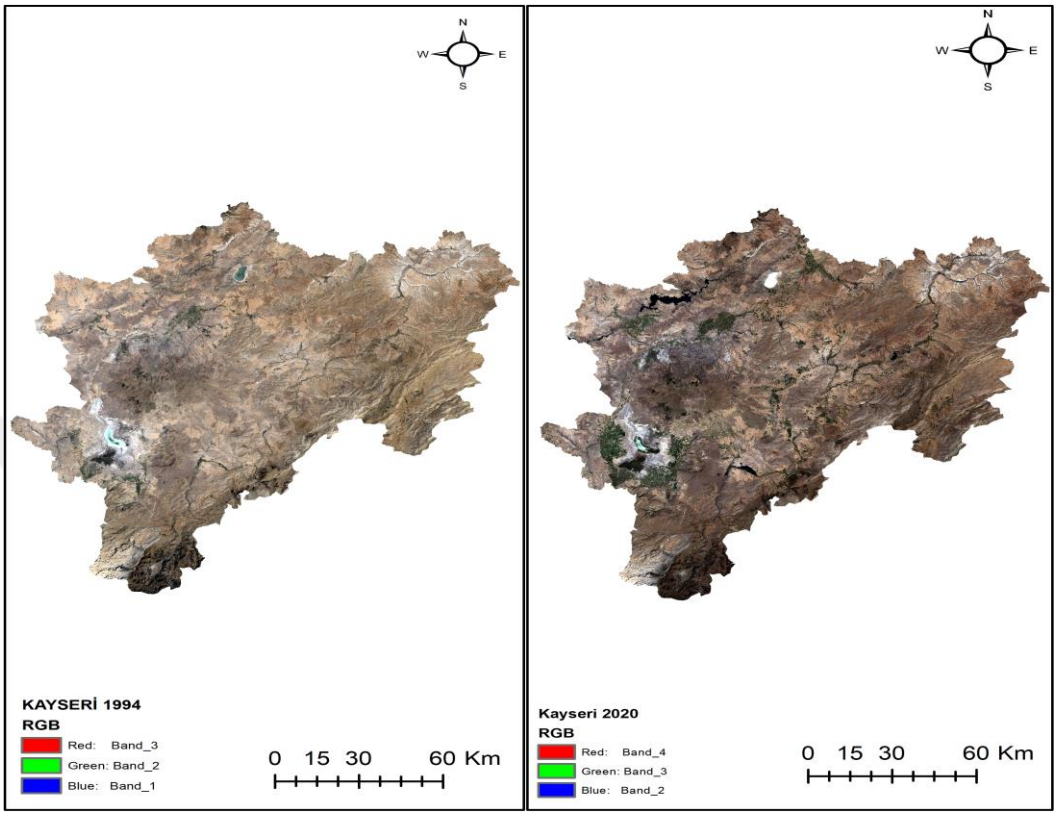
Kullanılan Uydu	**Tarih**
LC08_L1TP_175033	15 Ağustos 2020
LC08_L1TP_175034	15 Ağustos 2020
LT05_L1TP_175033	24 Ağustos 1994
LT05_L1TP_175034	24 Ağustos 1994

Tablo 3.3. Landsat 5 TM Band özellikler

Band Numarası	**Dalga Boyu (µm)**	**Çözünürlük**
Band 1 (Mavi)	0,45-0,52	30
Band 2 (Yeşil)	0,52-0,60	30
Band 3 (Kırmızı)	0,63-0,69	30
Band 4 (Kızılötesi)	0,76-0,90	30
Band 5 (Kısa Dalga Kızılötesi)	1,55-1,75	30
Band 6 (Termal Kızıl ötesi)	10,40-12,50	120
Band 7 (Kısa Dalga Kızılötesi)	2,08-2,35	30

Landsat OLI&TIRS uydu görüntüsü farklı çözünürlüklerde 11 banttan oluşmaktadır. Landsat TM uydu görüntüsü ise farklı çözünürlüklerde 7 banttan meydana gelmiştir. Her iki uydu görüntüsünde de her band farklı dalga boyuna sahip olduğu için farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Uygulama yapılırken Kayseri il sınırının tek bir uydu görüntüsüyle alınması mümkün olmadığı için her bir yıl için aynı güne ait iki farklı uydu görüntüsü indirilmiştir. Çalışma alanında kullanılacak görüntüler için öncelikli olarak band birleştirme işlemi yapılmıştır. Bant birleştirme birden fazla raster veri dosyasını bantlar halinde birleştirmek için kullanılmaktadır. Coğrafi işlemleri ayrı ayrı dosyalar üzerinde yapmak yerine bant birleştirme işlemi yapılarak zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Bant birleştirme ve sonrasında yapılan bütün işlemler ARCMAP programında yapılmıştır. Bant birleştirme işlemi ve sonrasında yapılan işlem adımları her iki uydu içinde yapılmıştır. Copy Raster işlemi yapılarak uydu görüntüsünün değer bulunmayan siyah arka plan kaldırılmıştır. Uydu görüntülerini tek parça hale getirebilmek

için Mosaic to New raster işlemi yapılıp ve Kayseri il sınırı kesilmiştir. Elde edilen uydu görüntüleri Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

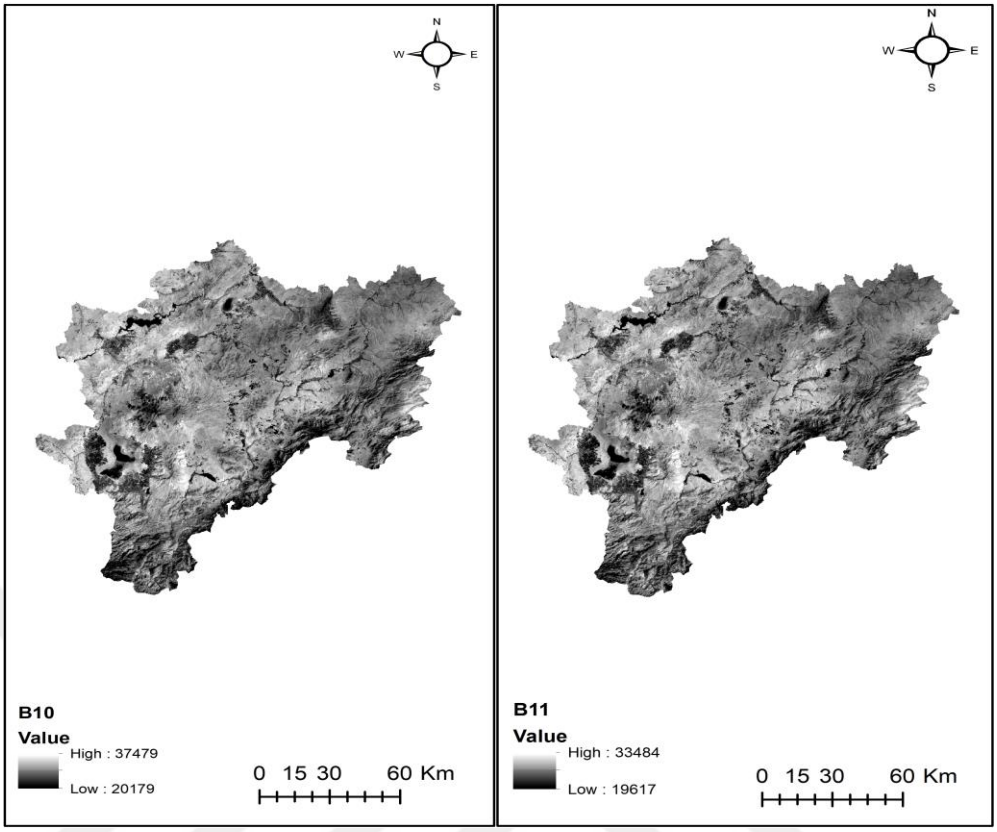


Şekil 3.2. 1994 ve 2020 yılları için Kayseri uydu görüntüleri.

3.3. Landsat 8 ile Yer Yüzey Sıcaklığı Hesaplanması

Landsat 8 ile yer yüzey sıcaklığını hesaplayabilmek için termal bandlardan yani Band 10 ve Band 11'den yararlanılmaktadır. Aynı zamanda NDVI değerlerinin hesaplanabilmesi için band 4 ve band 5 kullanılmıştır. Arazi yüzey sıcaklığını hesaplamaya başlamadan önce iki uydu görüntüsü kullandığımız için görüntülerin birleştirilmesi gerekmektedir.

2020 yılı için indirmiş olduğumuz her iki uydu görüntüsünden de band 10 ve band 11 açıldıktan sonra coğrafi bilgi sistemi yazılımı içerisinde bulunan raster veri setinden Mosaic to New Raster işlemi yapılarak B10 ve B11 olmak üzere iki ayrı görüntü elde edilmiştir. Elde edilen bu uydu görüntülerinden Kayseri il sınırı kesilmiştir ve Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Band 10 ve Band 11 uydu görüntüleri

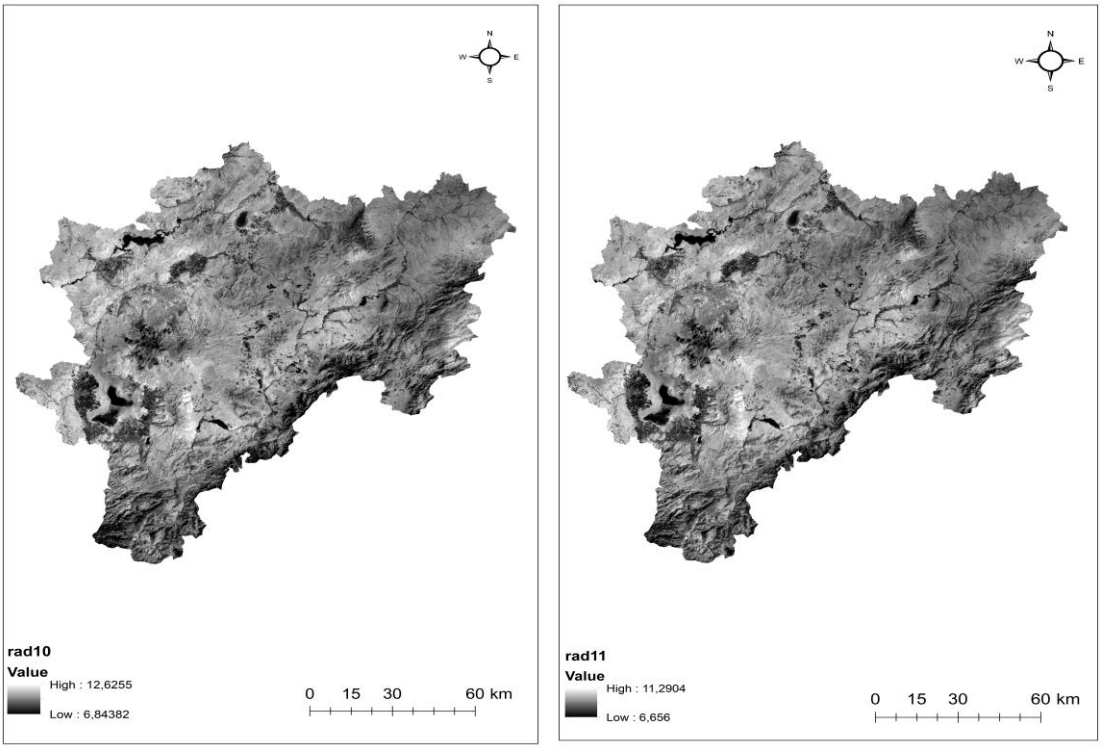
3.3.1. Parlaklık Değerinin Spektral Yansıtım Değerine Dönüştürülmesi

Uydu görüntüsünde bulunan meta veri dosyasındaki parametrelerin katkısıyla parlaklık değerlerinin spektral yansıtım değerlerinde dönüşümü sağlanmaktadır. Bu dönüşümün yapılabilmesi için gerekli olan veriler 2.3 bölümde anlatılmıştır ve Eşitlik 2.1 kullanılarak hesaplanmıştır. Kullanılacak olan değerler Tablo 3.4'te gösterilmektedir.

Tablo 3.4. Eşitlik 2.1'de kullanılacak değerler

Band	**M_L**	**A_L**
Band 10	0.0003342	0.10000
Band 11	0.0003342	0.10000

ArcMap programında Eşitlik 2.1 de verilen formül kullanılarak Raster Calculator sekmesinde formül uygulanmış ve parlaklık değerleri spektral yansıtım değerlerine dönüştürülmüştür. Elde edilen harita Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



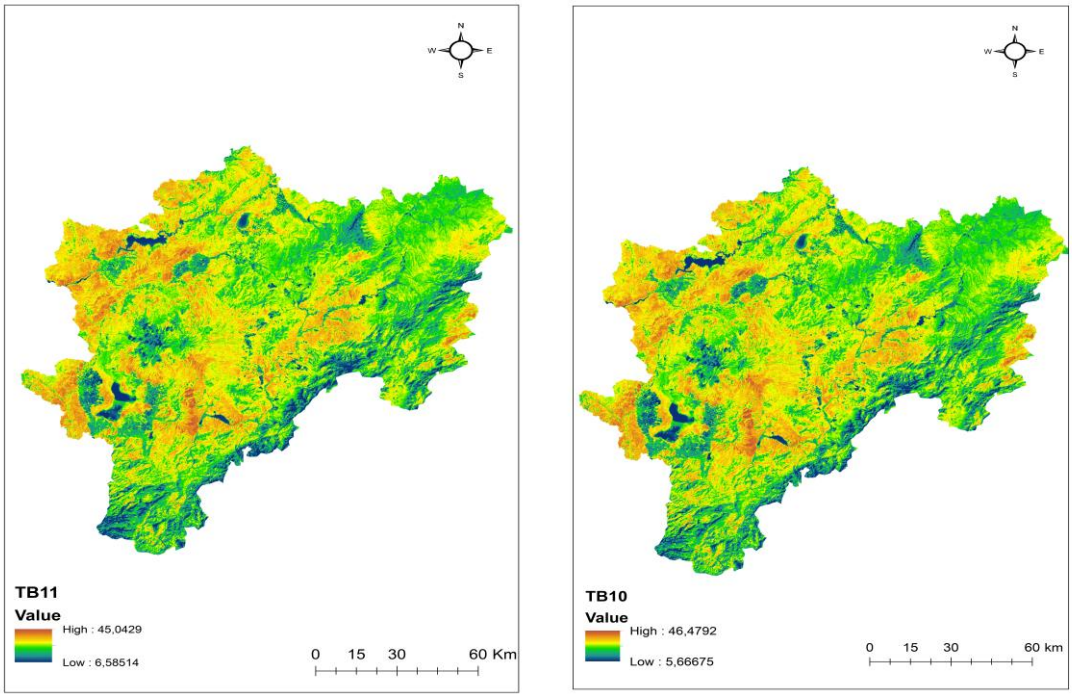
Şekil 3.4. Parlaklık değerlerinin spektral yansıtıma dönüşmesi

3.3.2. Radyans Değerlerinin Parlaklık Sıcaklık Değerine Dönüştürülmesi

Radyans değeri; yeryüzünde bulunan malzemenin sıcaklığının mutlak sıfırın üzerinde bir sıcaklığa sahip olmasından dolayı meydana gelen ısıl yayılım bileşeninden, atmosferde oluşan sıcaklığın mutlak sıfırın üzerinde olduğu için ışıma yapması ve ışımanın emilmesi ile oluşan bileşenlerden meydana gelmektedir [23]. Tablo 3.5'te verilen değerler kullanılarak elde edilen harita Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Eşitlik 2.2'de kullanılacak değerler (2020 için)

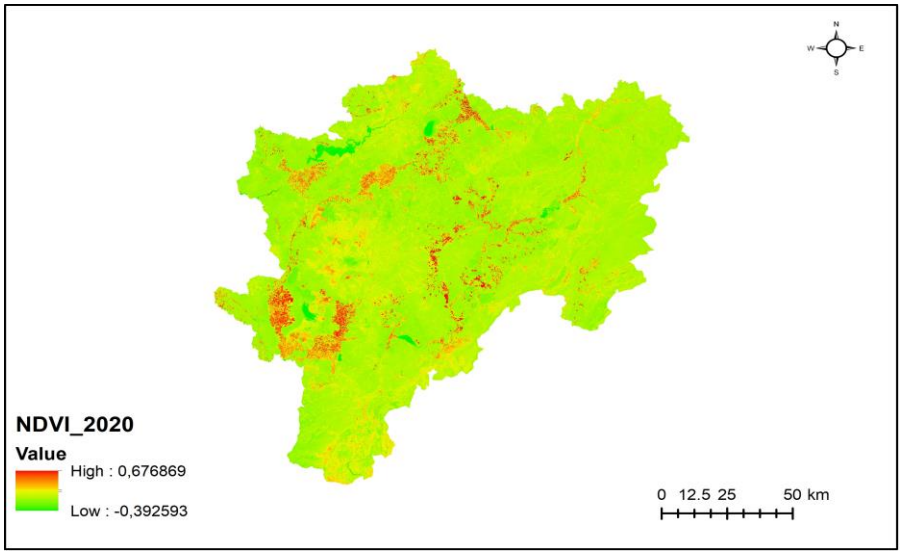
Band	**K_1**	**K_2**
Band 10	774.8853	1321.0789
Band 11	480.8883	1201.1442



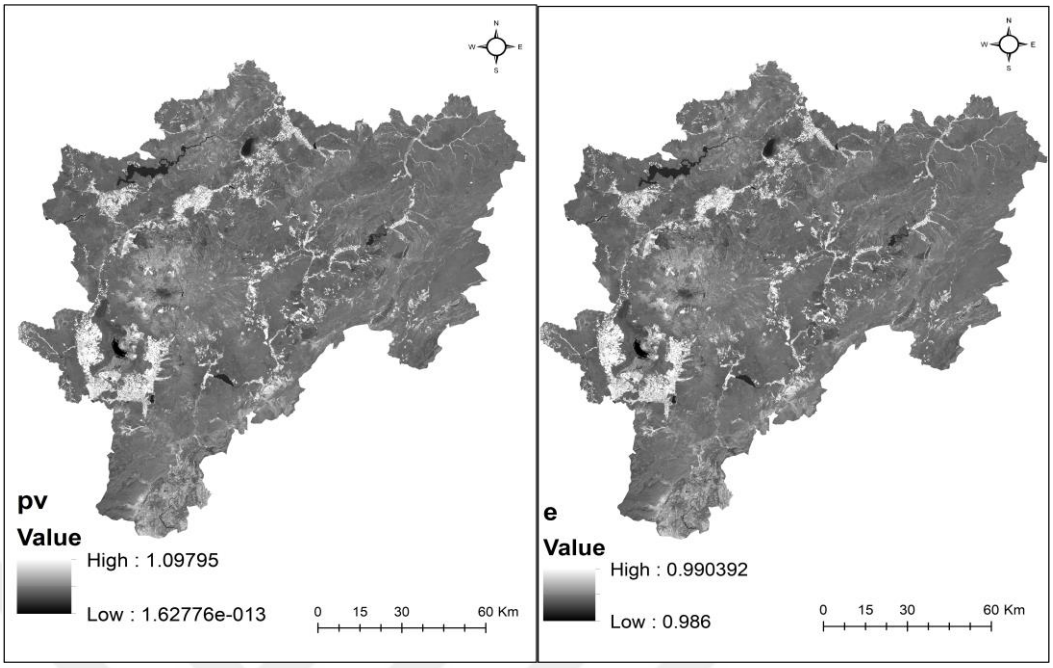
Şekil 3.5. B10 ve B11 radyans değerlerin parlaklık sıcaklık değerlerine dönüşmesi

3.3.3. Arazi Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması

Arazi yüzey sıcaklığını hesaplanabilmesi için gerekli olan normalize edilmiş fark bitki indisini, bitki örtüsü oranını, yer yüzeyi yayınırlığının hesaplanmasında kullanılacak olan denklemler 2.3 bölümde anlatılmıştır. AYS hesabında kullanılacak olan NDVI haritası Şekil 3.6'da bitki örtüsü oranı ve yüzey yayınırlığı değerleri ise Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

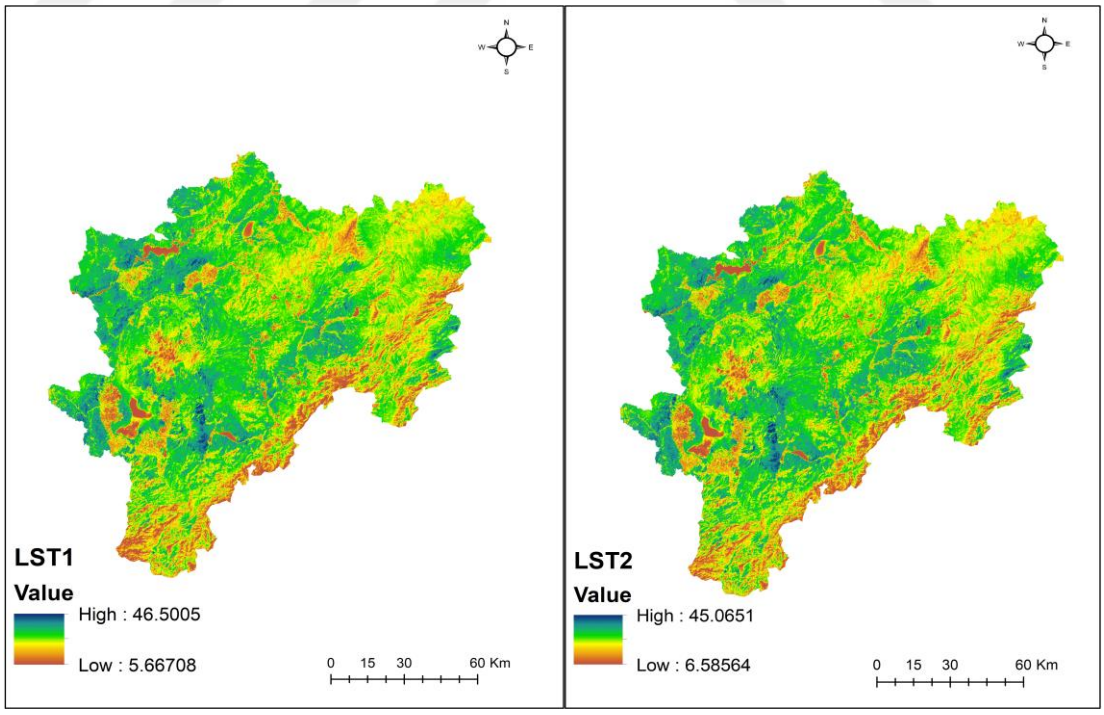


Şekil 3.6. 2020 yılı için ArcGIS programında hesaplanan NDVI değeri



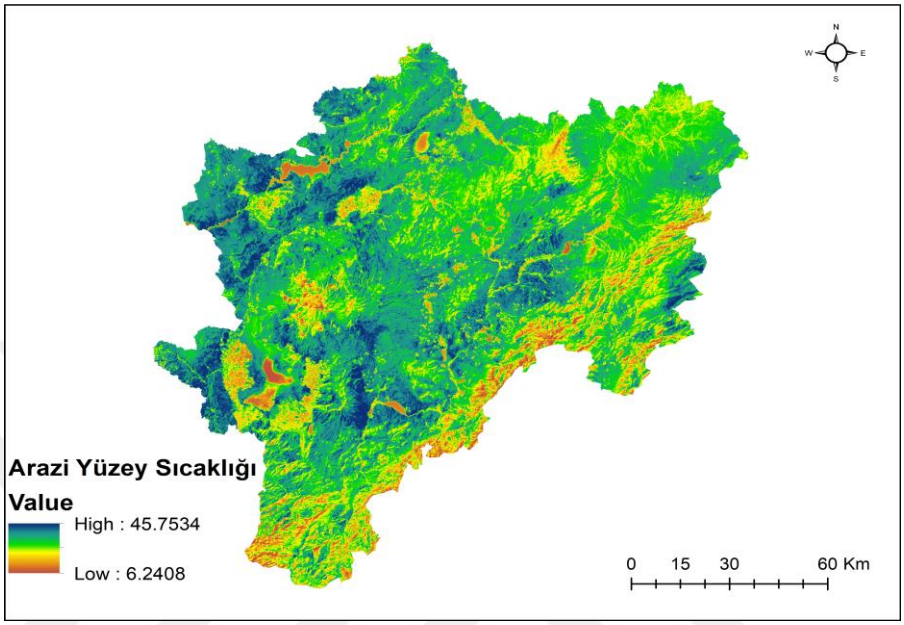
Şekil 3.7. Uydu görüntüsü üzerinde *pv* ve *e* değeri

Eşitlik 2.6 ’da verilen formül termal band 10 ve 11 için arı ayrı hesaplanmıştır ve elde edilen arazi yüzey sıcaklığı haritası Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Termal bantlarda hesaplanan arazi yüzey sıcaklığı

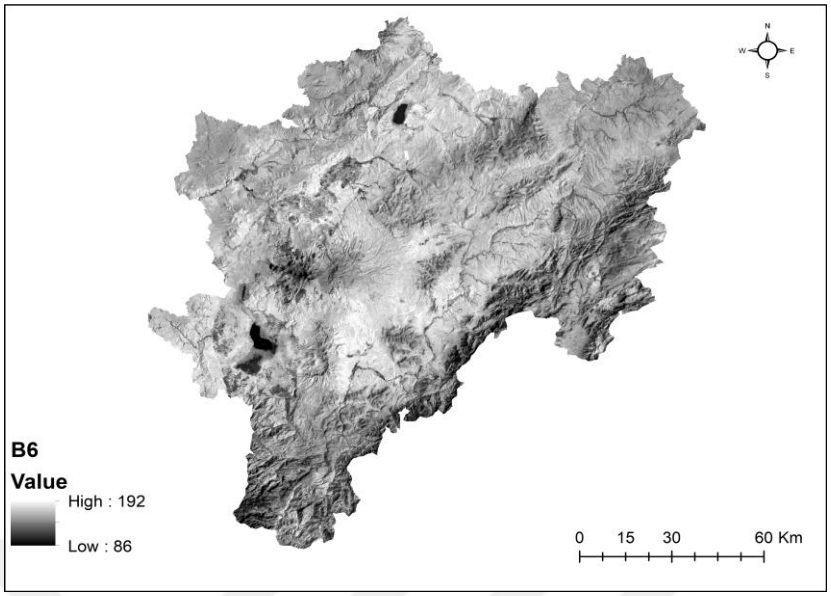
Arazi yüzey sıcaklıkları her iki termal bant içinde ayrı ayrı hesaplandıktan sonra ortalamaları alınarak Kayseri'nin 15 Ağustos 2020 için arazi yüzey sıcaklığını belirlenmiştir. Hesaplanan yüzey sıcaklığı şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. 2020 yılı için Kayseri ilinin arazi yüzey sıcaklığı

3.4. Landsat 5 ile Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması

Landsat 5 uydusuna ait arazi yüzey sıcaklığının hesaplanmasında Landsat 8'e benzer işlem adımları yapılmaktadır. Landsat 5 TM uydusunda bir adet termal bant bulunduğu için yapılacak hesaplamalar Band 6'ya göre yapılmaktadır. İlk olarak Kayseri il sınırı tek bir uydu görüntüsüne sığmadığı için 24 Ağustos 1994 gününe ait 2 adet uydu görüntüsü indirilmiştir. İki uydu görüntüsünde bulunan band 6 birleştirilmiştir. Sonrasında çalışmada kullanacağımız görüntü kesilmiştir. Kullanılan uydu görüntüsü Şekil 3.10' da gösterilmektedir.



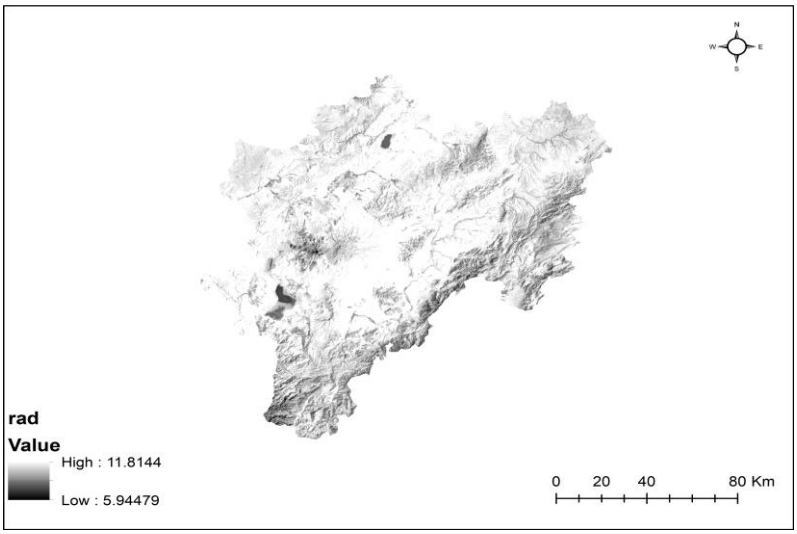
Şekil 3.10. Landsat 5 Band 6 uydu görüntüsü

3.4.1. Parlaklık Değerlerinin Spektral Radyans Değerine Dönüştürülmesi

Landsat 5 TM uydu görüntüsünde bulunan meta veri dosyasındaki değerler kullanılarak parlaklık değerlerinin spektral yansıtım değerlerine dönüşümü yapılmıştır. Kullanılacak olan denklem Eşitlik 2.7'de verilmiştir. Tablo 3.6'da verilen değerlerle hesaplanan radyans değer Şekil 3.11'de gösterilmektedir.

Tablo 3.6. Eşitlik 2.7'de kullanılacak olan değerler

LMAXλ	**LMİNλ**	**QCALMAX**	**QCALMİN**
15.303	1.238	255	1



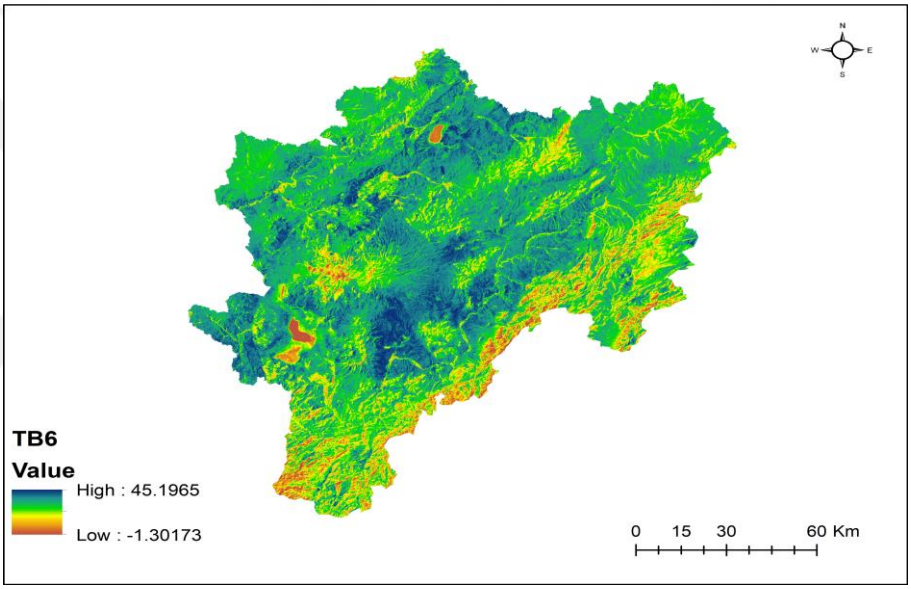
Şekil 3.11. Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerine dönüştürülmesi

3.4.2. Radyans Değerlerinin Parlaklık Sıcaklık Değerine Dönüştürülmesi

Radyans değerlerin parlaklık değerlerine dönüştürülmesi önceki bölümde anlatılmıştır ve 2.2 de gösterilen formül kullanılarak işlemler yapılmıştır. Elde edilen harita Şekil 3.12'de denklemde kullanılması gereken değerler ise Tablo 3.7'de gösterilmektedir.

Tablo 3.7. Eşitlik 2.2'de kullanılan değerler (1994 için)

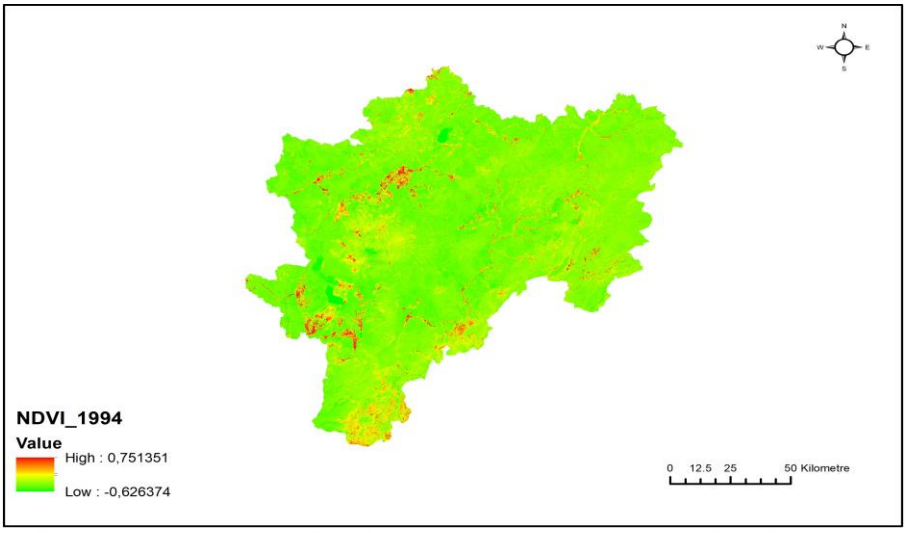
K1	**K2**
607.76	1260.56



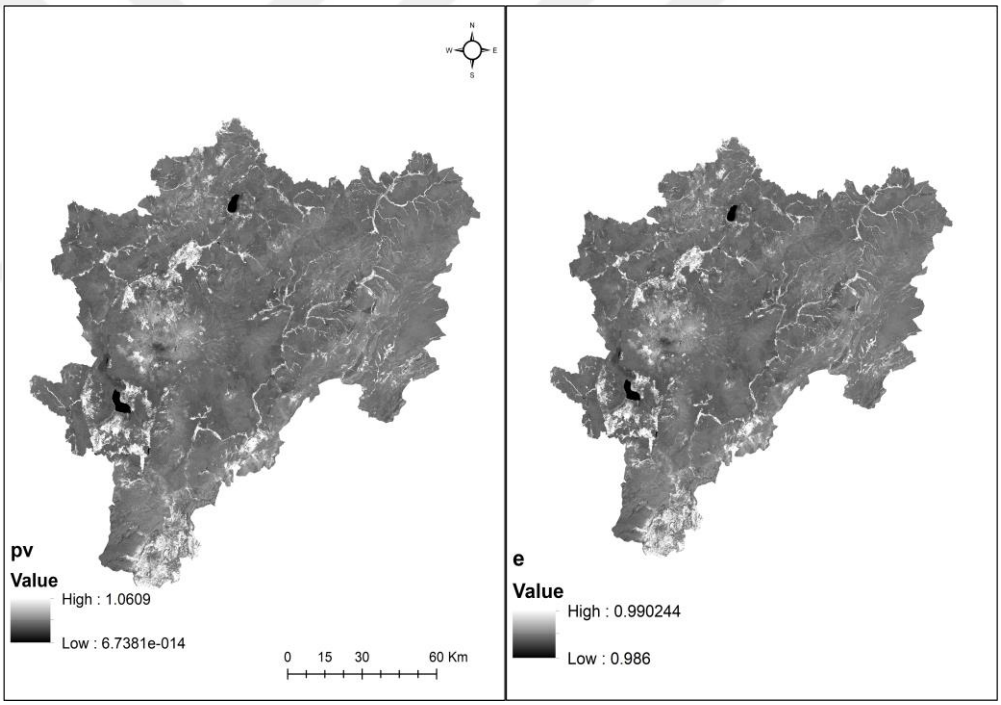
Şekil 3.12. Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklık değerine dönüştürülmesi

3.4.3. Arazi Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması

Arazi yüzey sıcaklığını belirlenebilmesi için Landsat 8 uydu görüntüsünde olduğu gibi normalize edilmiş fark bitki indisini, bitki örtüsü oranını, yer yüzeyi yayınırlığını hesaplanması gerekmektedir. Hesaplamada kullanılacak olan denklemler 2.3. bölümde anlatılmıştır. AYS hesabında kullanılacak olan NDVI değeri Şekil 3.13'te, bitki örtüsü oranı ve yüzey yayınırlığı değeri ise Şekil 3.14'te gösterilmektedir.

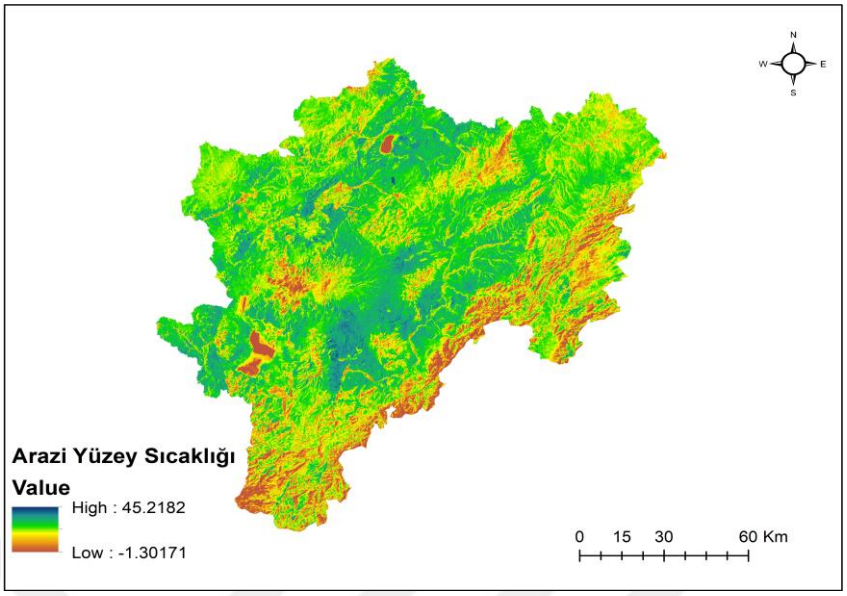


Şekil 3.13. 1994 yılı için ArcGIS programında hesaplanan NDVI değeri



Şekil 3.14. ArcGIS programında *pv* ve *e* değerinin hesaplanması

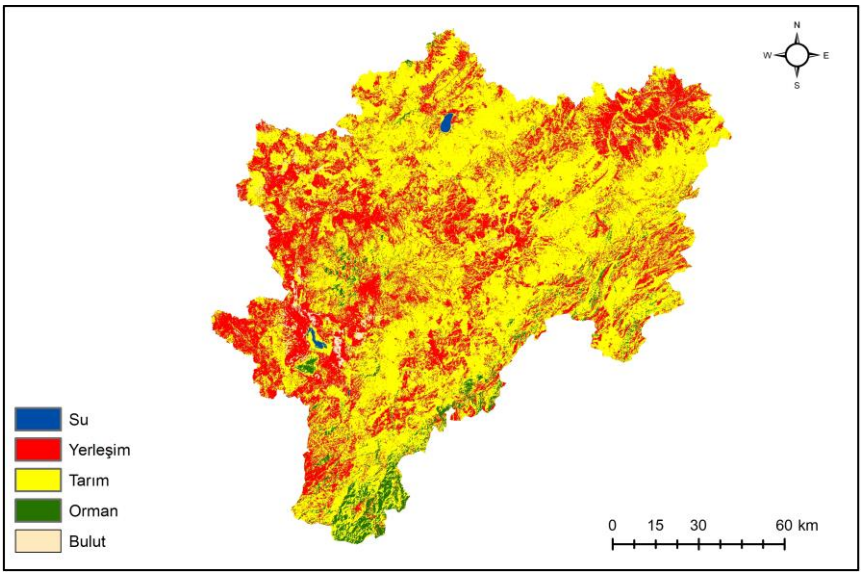
Yapılan bütün hesaplamalar sonucunda 24 Ağustos 1994 için Kayseri'nin arazi yüzey sıcaklığı Şekil 3.15'te gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Kayseri'nin 1994 yılı arazi yüzey sıcaklığı

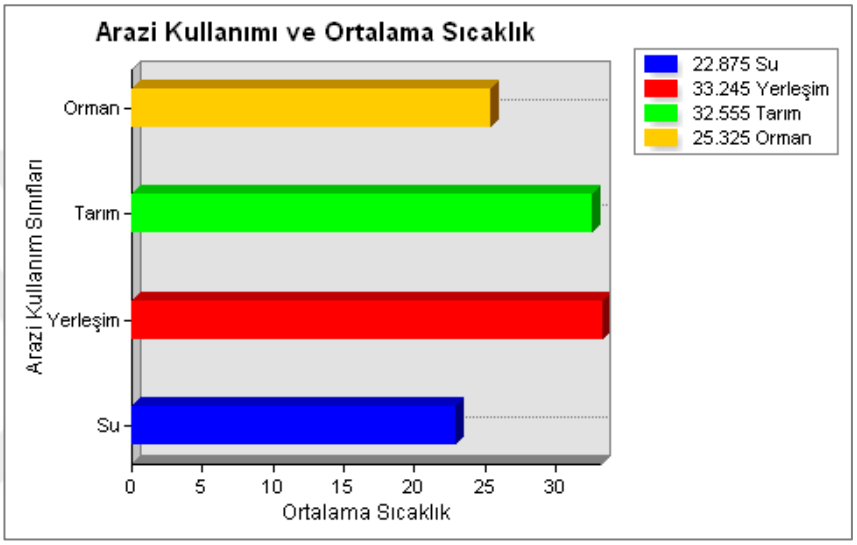
3.5. Maksimum Olabilirlik Yöntemiyle Kontrollü Sınıflandırma

Maksimum olabilirlik yöntemiyle sınıflandırma yapabilmek için ENVI 5.3 programından yararlanılmıştır. Sınıflar; su, orman, yerleşim, bulut, tarım olmak üzere 5'e ayrılmıştır. 2020 yılı için arazi kullanım haritasının genel doğruluğu %98 olarak hesaplanırken kappa değeri 0.9743 hesaplanmıştır. 1994 yılı için ise genel doğruluk %97 kappa değeri 0.9732 olarak belirlenmiştir. 1994 yılı için hesaplanan arazi kullanım haritası Şekil 3.16'da gösterilmektedir.

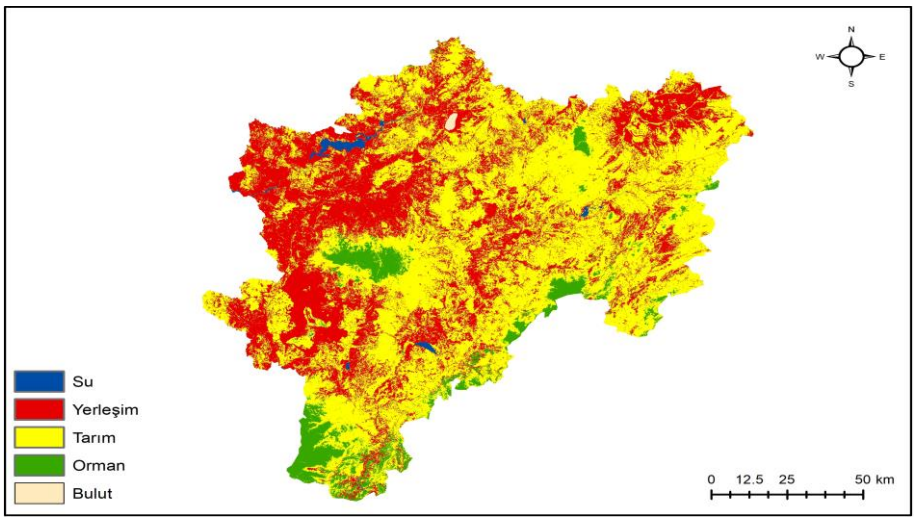


Şekil 3.16. 1994 yılı için arazi kullanım haritası

1994 yılı içinde yapılan bölgesel istatistik hesabı sonucunda en yüksek sıcaklık değerinin yerleşim alanlarında çıktığı tespit edilmiştir. Ortalama sıcaklık değerinin yerleşim alanlarında yüksek çıkmasının nedeni kentleşmenin yoğun olduğu yerlerde güneşten gelen enerjinin beton, asfalt vb. geçirimsiz yüzeyler tarafından yutulmasıdır. Su ve ormanlık bölgeler ise geçirgen ve nem tutan alanlar olduğu için ortalama sıcaklık değerleri bu yerlerde düşük çıkmaktadır. Elde edilen grafik Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



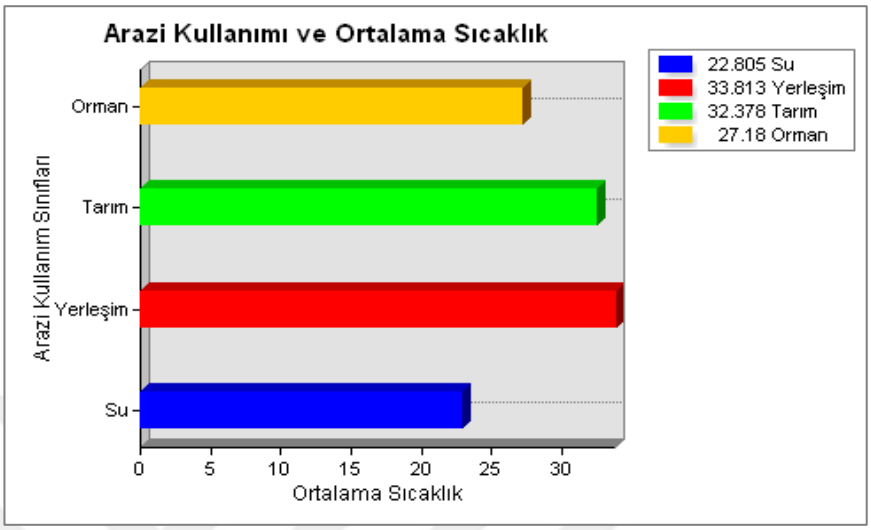
Şekil 3.17. 1994 yılı arazi kullanımı ve ortalama sıcaklık değeri



Şekil 3.18. 2020 yılı arazi kullanım haritası

2020 yılı için arazi kullanım haritası oluşturulduktan sonra her sınıf için ortalama sıcaklık değerleri bölgesel istatistik yardımıyla hesaplanmıştır (Şekil 3.18). Bunun sonucunda en

yüksek sıcaklık değerlerinin yerleşim alanlarında olduğu en düşük sıcaklık değerlerinin ise sulak alanlarda görüldüğü belirlenmiştir (Şekil 3.19).



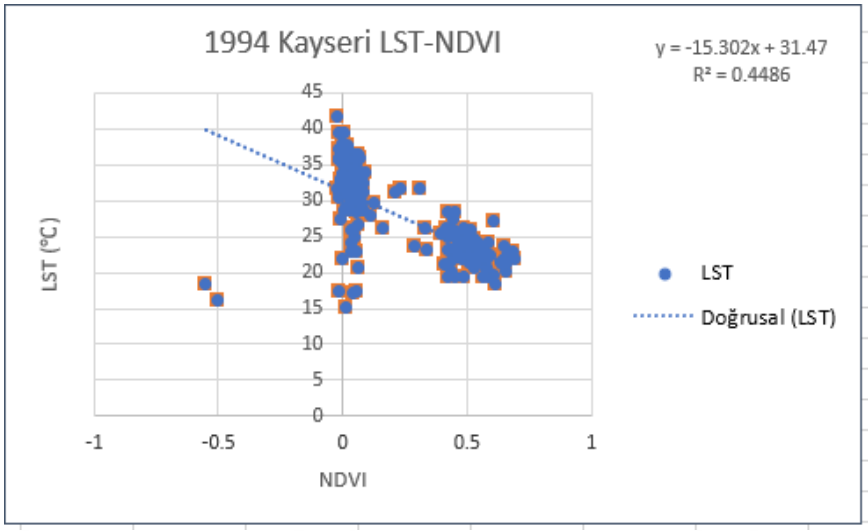
Şekil 3.19. 2020 arazi kullanımı ve ortalama sıcaklık değerleri

3.6. Uzaktan Algılama İndeksleri ve Arazi Yüzey Sıcaklığı İlişkisi

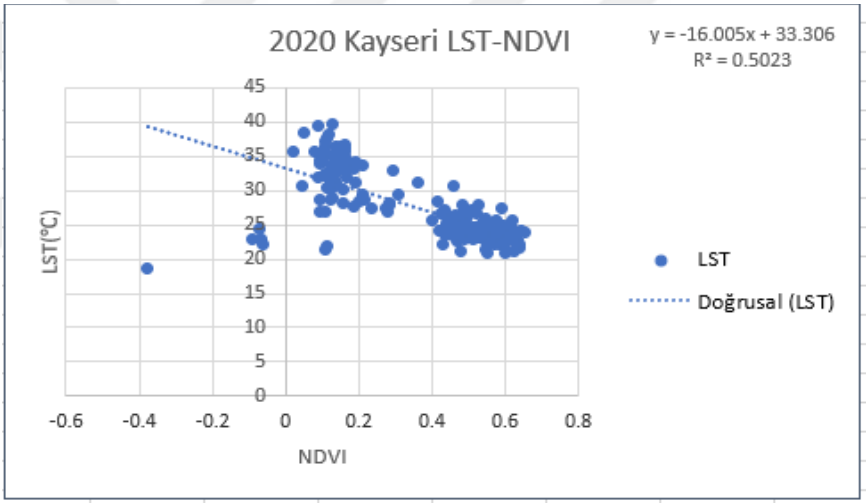
Çalışmada NDBI, NDVI, SAVI, indeksleri kullanılarak arazi yüzey sıcaklığı ile ilişkileri araştırılmıştır.

3.6.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI))

Hesaplama sonucu elde edilen haritalar şekil 3.6'da ve 3.13'te gösterilmektedir. Arazi yüzey sıcaklığı ve NDVI arasındaki ilişkiyi hesaplayabilmek için görüntü üzerine rastgele nokta atılıp o noktada bulunan piksel değerleri çıkartılarak aralarındaki korelasyon hesaplanmıştır. 1994 ve 2020 yılları için aralarında meydana gelen korelasyon katsayısı sırasıyla 0.4486, 0.5023 bulunmuştur. Arazi yüzey sıcaklığı ile NDVI arasındaki ilişki Şekil 3.20 ve Şekil 3.21'de gösterilmektedir.



Şekil 3.20. 1994 LST-NDVI ilişkisi

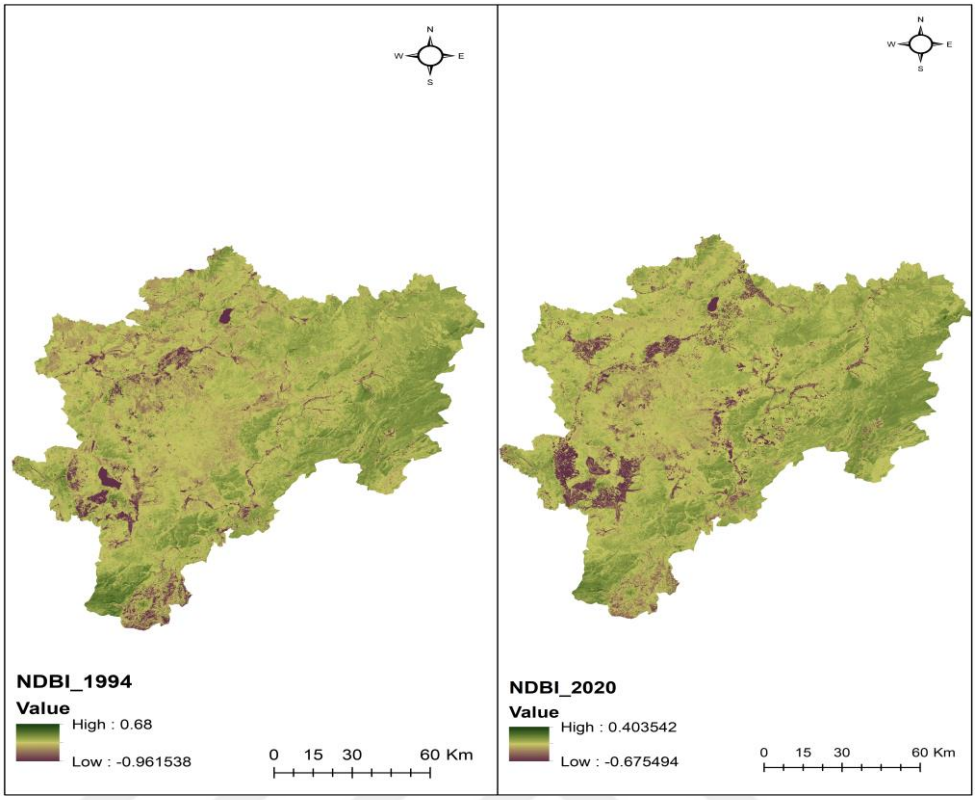


Şekil 3.21. 2020 LST-NDVI ilişkisi

NDVI ve arazi yüzey sıcaklığı arasında yukarıda verilen grafiklerde görüldüğü gibi negatif bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan analiz sonucu arazi yüzey sıcaklığının yüksek olduğu alanlarda NDVI değerlerinin düşük olduğu, sıcaklığın düşük olduğu alanlarda ise NDVI değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

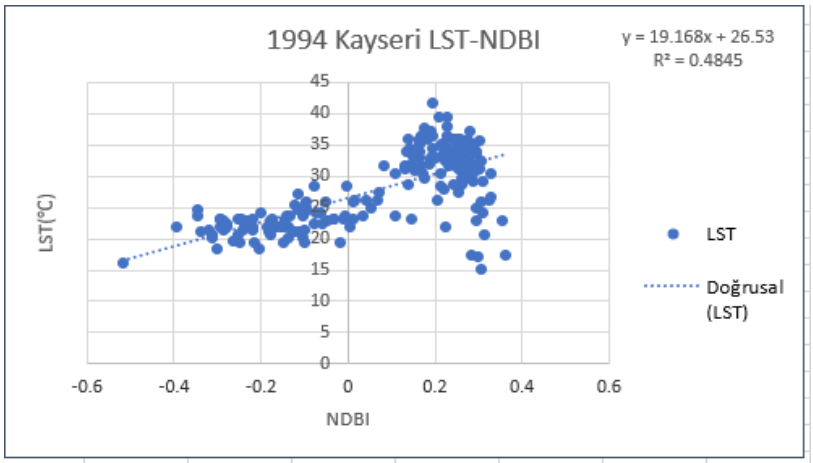
3.6.2. Normalleştirilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (The Normalized Difference Built- Up Index (NDBI))

NDBI değerinin hesaplanması 2.4.bölümde anlatılmış olup kullanılacak olan formül Eşitlik 2.8'de gösterilmiştir. Hesaplama sonucu elde edilen harita Şekil 3.22'de gösterilmektedir.

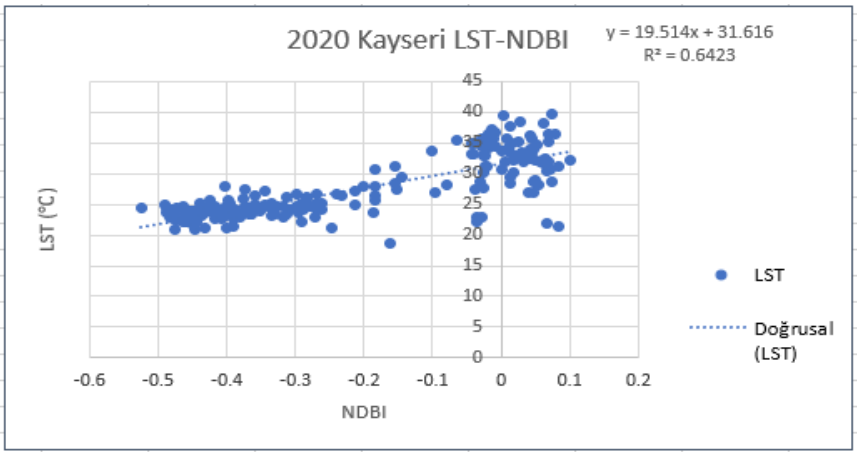


Şekil 3.22. 1994 ve 2020 yılları için NDBI haritaları

NDBI haritaları yapıldıktan sonra arazi yüzey sıcaklığı ile olan ilişkisini belirlemek için rastgele dağılmış noktalar atılarak aralarındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Arazi yüzey sıcaklığı ile NDBI arasındaki korelasyon kat sayıları 1994 ve 2020 için sırasıyla 0.4845, 0.6423'tür. NDBI değerinin yüksek olduğu yerlerde arazi yüzey sıcaklığı yüksek çıkarken NDBI değerinin düşük olduğu yerlerde arazi yüzey sıcaklığının düşük olduğu belirlenmiştir. NDBI ve AYS arasındaki ilişki Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'te gösterilmektedir.



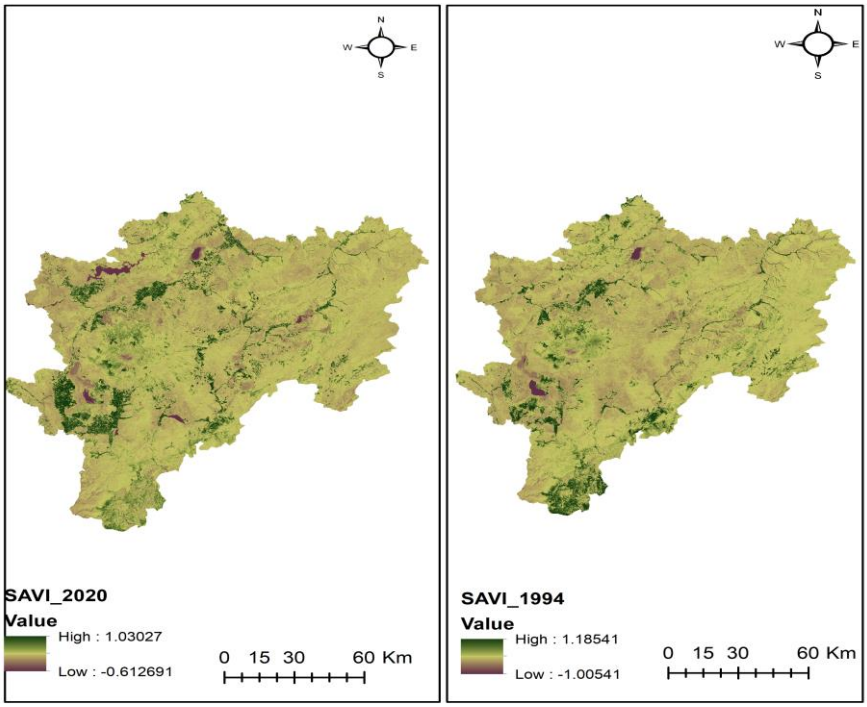
Şekil 3.23. 1994 LST-NDBI ilişkisi



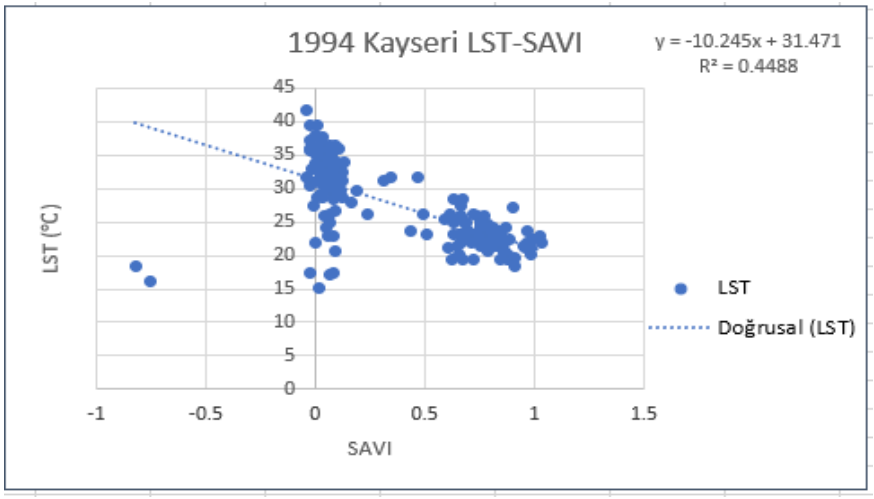
Şekil 3.24. 2020 LST-NDBI ilişkisi

3.6.3. Düzeltilmiş Toprak Bitki İndeksi (The Soil -Adjusted Vegetation İndex (SAVI))

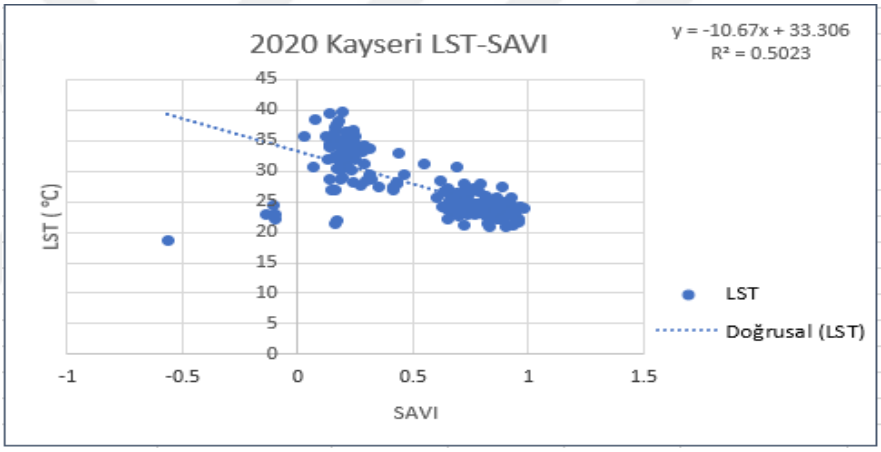
1994 ve 2020 yılları için hesaplanan SAVI haritaları Şekil 3.25'te gösterilmektedir. Çalışmada arazi yüzey sıcaklığı ile SAVI arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için rastgele atılan noktalar yardımıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. 1994 ve 2020 için elde edilen korelasyon kat sayıları sırasıyla 0.4458, 0.5023'tür (Şekil 3.26 ve Şekil 3.27). Verilen her iki grafikte de görüldüğü gibi SAVI yoğunluğu arttıkça LST değerinde azalma meydana gelmektedir.



Şekil 3.25. 1994 ve 2020 yılları için oluşturan SAVI haritaları



Şekil 3.26. 1994 LST-SAVI ilişkisi

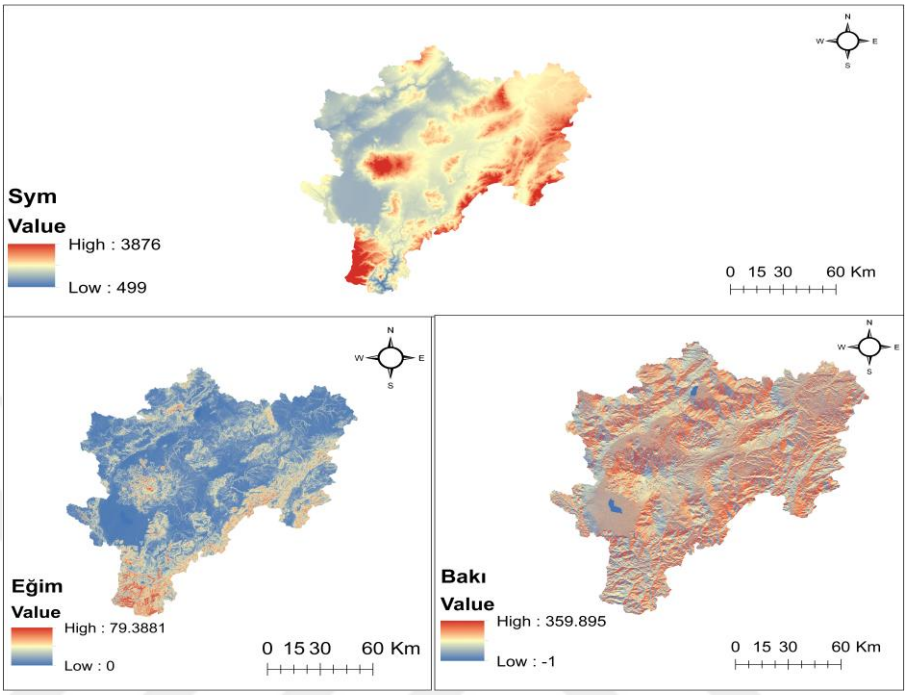


Şekil 3.27. 2020 LST-SAVI ilişkisi

3.7. Arazi Değişkenlerinin Üretilmesi (SYM, Eğim, Bakı)

Bölgenin bulunduğu yükselti değerinin o bölgenin gölgelenmesi ve güneş alma miktarına etkisini belirleyebilmek için sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı gibi arazi değişkenleri oluşturularak arazi sıcaklığının mekânsal dağılımına etkisi belirlenmiştir. Arazinin bulunmuş olduğu topoğrafya yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Pikselin temsil ettiği yeryüzünün yükseklik değerini içeren sayısal yükseklik modeli özellikle uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılan hücresel veriler olarak tanımlanmaktadır. SYM'ler arazinin bulunmuş olduğu topoğrafya hakkında bilgi vermektedir ve birçok farklı yöntem kullanılarak elde edilebilmektedir [67]. Ancak uydu görüntüleri yardımıyla SYM elde etmenin yaygınlaşması topoğrafik bilgileri elde etmeyi ciddi anlamda kolaylaştırmıştır. SYM'ler yardımıyla arazinin eğimi, bakısı havza alanı ile ilgili hesaplamalar basit bir

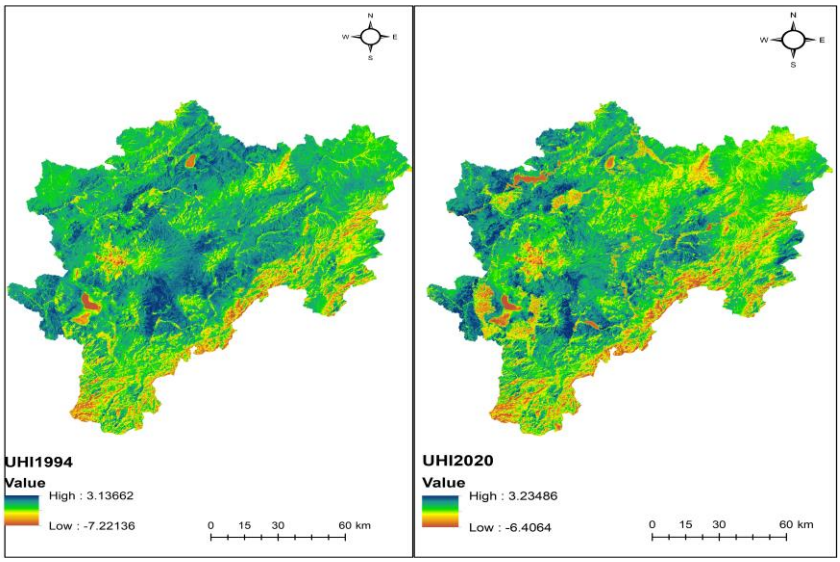
şekilde yapılmaktadır [68]. Çalışma alanı için hesaplanan SYM, eğim, bakı, haritaları Şekil 3.28'de gösterilmektedir.



Şekil 3.28. Oluşturulan eğim, bakı, yükseklik haritaları

3.8. Kentsel Isı Adası (UHI)

1994 ve 2020 yılları için bölüm 2.5'te ifade edilen formül kullanılarak yüzey kentsel ısı adası miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan kentsel ısı adası haritası Şekil 3.29'da gösterilmektedir.

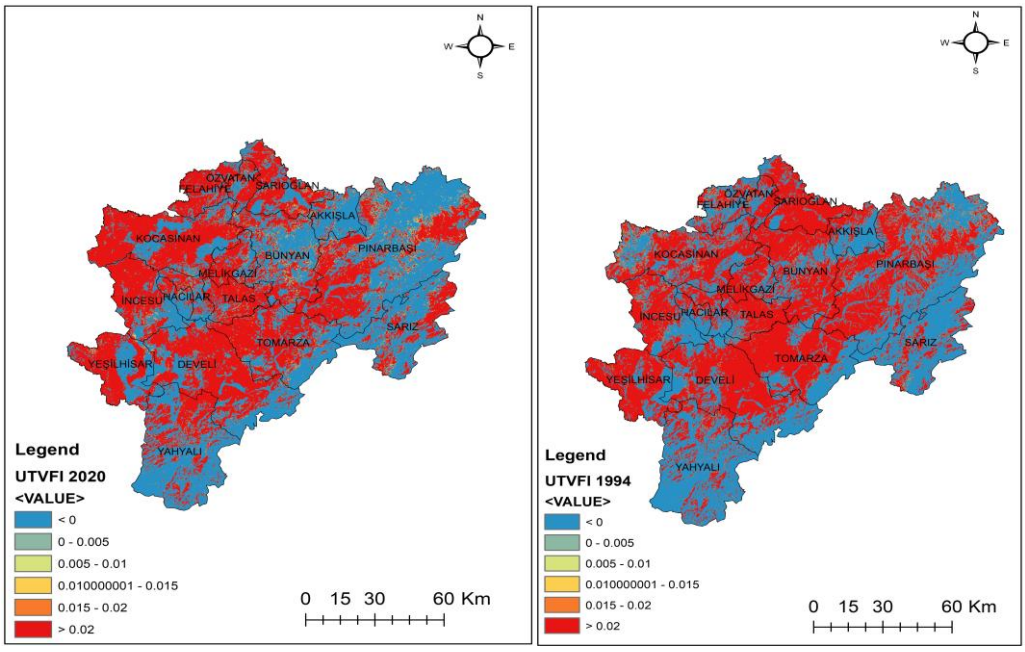


Şekil 3.29. 1994 ve 2020 yılları için kentsel ısı adası haritaları

3.9. Kentsel Isıl Alan Değişim İndeksi (UTVFI) Haritalarının Oluşturulması

UTVFI haritaları; Bölüm 2.6'da verilen formül kullanılarak 1994 ve 2020 yılları için arazi yüzey sıcaklığı haritalarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Yoğunluk dilimleme yönteminden yararlanarak UTVFI görüntüleri sınıflandırılmıştır ve elde edilen harita Şekil 3.30'da gösterilmektedir. Buna göre UTVFI indeksinin;

- Hesaplanan değerin 0'dan küçük olması durumunda kentsel ısı adasının bulunmadığı
- Değerin 0.000- 0.005 arasında olması kentsel ısı adasının zayıf olduğunu
- Değerin 0.005- 0.010 arasında olması durumunda orta seviyede kentsel ısı adasının bulunduğunu
- Değerin 0.010- 0.015 arasında güçlü kentsel ısı adasının olduğunu
- Değerin 0.015- 0.02 arasında olması durumunda daha güçlü kentsel ısı adasını
- 0.02'den büyük olması ise kentsel ısı adasının çok güçlü olduğu alanları göstermektedir.



Şekil 3. 30. 2020 ve 1994 yılları için hesaplanan UTVFI

1994 ve 2020 yılları için oluşturulan haritalar karşılaştırıldığında kentsel ısı adası oluşumunda özellikle nüfusun, geçirimsiz yüzeyin ve kentleşmenin fazla olduğu Kocasinan ilçesi çevresinde yoğun bir artış olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Bünyan ilçesi çevresinde kentsel ısı adası oluşumunda bir azalış olduğu belirlenmiştir.

3.10. Regresyon Analizi

Çalışmada arazi yüzey sıcaklığı ile NDBI, NDVI, SYM, eğim, bakı ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Bağımlı değişken olarak arazi yüzey sıcaklığı alınırken bağımsız değişken olarak analize katmış olduğumuz diğer veriler alınmıştır. Tablo 3.8, Tablo3.9 ve Tablo 3.10'da 1994 yılı için hesaplanan regresyon analizinin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 3.8. Model Özeti[b] (1994)

Model	*R*	*R square*	*Adjusted R square*	*Std. error of the estimate*
1	0.829[a]	0.688	0.678	3.354533358

a: tahmin ediciler — (Constant), NDBI, NDVI, SYM, Eğim, Bakı, Arazi Kullanım.

b: bağımlı değişken — AYS.

Tablo 3.9. Anova[a] (1994)

Model	*Sum of squares*	*df*	*Mean square*	*F*	*Sig.*
Regression	4787.576	6	797.929	70.909	.000[b]
Residual	2171.809	193	11.253		
Total	6959.385	199			

a: bağımlı değişken— AYS.

b: tahmin ediciler — (Constant), NDBI, NDVI, SYM, Eğim, Arazi Kullanım, Bakı.

Tablo 3.10. Coefficients[a] (1994)

Model	*Unstandardized coefficients*		*Standardized coefficients*			*Collinearity statistics*	
	B	*Std. error*	*Beta*	*t*	*Sig*	*Tolerance*	*VIF*
Constant	36.133	1.659		21.819	.000		
NDVI	-4.577	1.855	-.200	-2.467	.014	.245	4.078
SYM	-.007	.001	-.394	-7.610	.000	.603	1.659
NDBI	21.709	2.138	.788	10.156	.000	.268	3.727
Bakı	-.004	.002	-.065	-1.554	.122	.935	1.070
Eğim	-.129	.043	-.150	-3.010	.003	.648	1.544
Arazi Kullanm	1.002	.525	.104	1.907	.058	.544	1.839

a: bağımlı değişken — AYS.

1994 yılı için hesaplanmış olan NDVI, NDBI, sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, arazi kullanım değişkenlerinin arazi yüzey sıcaklığı değişimine olan etkisini inceleyebilmek amacıyla çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda anlamlı bir regresyon modeli, F (6, 193) = 70,909 $p < 0.05$ ve bağımlı değişkendeki varyansın %68'sını ($R^2_{Adjusted} = 0.678$) bağımsız değişkenleri tarafından açıklandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte NDBI değişkeni arazi yüzey sıcaklığını olumlu ve anlamlı olarak yordamaktadır. $\beta = 0.788$ $t(193) = 10,156$, $p < 0.05$, $pr^2 = 0.35$ çıkmıştır.

2020 yılı için hesaplanan regresyon analizinin sonuçları ise Tablo 3.11, Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'te gösterilmektedir.

Tablo 3.11. Model Özeti[b] (2020)

Model	*R*	*R square*	*Adjusted R square*	*Std. error of the estimate*
1	0.835[a]	0.70	0.69	2.720072387

a: tahmin ediciler — (Constant), NDBI, NDVI, SYM, Eğim, Bakı, Arazi Kullanım.

b: bağımlı değişken — AYS.

Tablo 3.12. Anova[a] (2020)

Model	*Sum of squares*	*df*	*Mean square*	*F*	*Sig.*
Regression	3288.156	6	548.026	74.070	.000[b]
Residual	1427.967	193	7.399		
Total	4716.123	199			

a: bağımlı değişken— AYS.

b: tahmin ediciler— (Constant), NDBI, NDVI, SYM, Eğim, Arazi Kullanım, Bakı.

Tablo 3.13. Coefficients[a] (2020)

Model	*Unstandardized coefficients*		*Standardized coefficients*			*Collinearity statistics*	
	B	*Std. error*	*Beta*	*t*	*Sig*	*Tolerance*	*VIF*
Constant	34.601	1.503		23.025	.000		
NDBI	29.700	2.709	1.220	10.963	.000	.127	7.892
NDVI	5.420	2.192	.240	2.472	.014	.166	6.006
SYM	-.003	.001	-.223	-3.818	.000	.458	2.182
Eğim	-.094	.037	-.132	-2.517	.013	.569	1.758
Bakı	-.001	.002	-.031	-.746	.457	.927	1.078
Arazi Kullanm	.848	.485	.084	1.748	.082	.682	1.466

a: bağımlı değişken — AYS.

2020 yılı için 1994 yılında olduğu gibi NDVI, NDBI, sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, arazi kullanım değişkenlerinin arazi yüzey sıcaklığı değişimine olan etkisini inceleyebilmek amacıyla çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda anlamlı bir regresyon modeli, F (6, 193) =74,070 p <0.05 ve bağımlı değişkendeki varyansın %69'unun ($R^2_{Adjusted}$=.69) bağımsız değişkenleri tarafından açıklandığı belirlenmiştir.

Yapılan çoklu regresyon analizleri sonucunda, hesaplanan istatistiksel verilerin $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı olduğu, bağımsız değişkenlerin her birinin arazi yüzey sıcaklığına aynı miktarda etkisi olmadığı, AYS'nin bazı değişkenlere daha çok bağımlı olduğu belirlenmiştir.

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Uzaktan algılama teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak uydu görüntülerinin alımının hızlanması ve yaygınlaşması, kullanımının kolaylaşması, kullanıcıların çalışmalarında zaman açısından tasarrufta bulunması gibi birçok yenilik beraberinde gelmiştir. Uzaktan algılama teknolojilerinin pek çok farklı alanda kullanılmakla birlikte arazi yüzey sıcaklığının belirlenmesinde literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Kayseri ilinin kentleşmesi, gelişmesi ve arazi kullanımındaki farklılıkların arazi yüzey sıcaklığına olan etkilerini belirleyebilmek için 24 Ağustos 1994 yılına ait Landsat 5 TM ve 15 Ağustos 2020 Landsat 8 OLI/TIRS yıllarına ait uydu görüntüleri temin edilmiş ve görüntülerdeki termal bantlar kullanılarak arazi yüzey sıcaklığı belirlenmiştir.

Landsat TM 5 ile 1994 yılı için arazi yüzey sıcaklığı hesaplandığında en yüksek sıcaklık değeri yaklaşık olarak 45.22 ℃ en düşük sıcaklık değeri ise-1.30 ℃ olarak belirlenmiştir. Landsat 8 OLI/TIRS ile 2020 yılı içim arazi yüzey sıcaklık hesaplandığında ise en yüksek sıcaklık değeri 45.75 ℃ en düşük sıcaklık değeri de 6.24 ℃ olarak tespit edilmiştir. 26 yıllık süreç içerisinde en yüksek sıcaklıklar arasında 0.53 ℃'lik bir fark meydana gelirken düşük sıcaklıklar arasında yaklaşık olarak 7.54℃'lik bir fark oluşmuştur. Bu fark oldukça ciddi bir farktır. Arazi yüzey sıcaklıkları kentsel ısı adasının varlığının temel göstergesidir.

Yüzey sıcaklıklarının belirlenebilmesi için normalize edilmiş bitki indeksi ve yüzey yayınırlığı da hesaplanmıştır. Bitki örtüsü yoğunluğu ile ilişkili olan NDVI değerleri kentsel yerleşim bölgelerinde nüfus yoğunluğu ve yapılaşma ihtiyacının fazla olması nedeniyle bitki örtüsünün ortadan kaldırıldığı alanlardır. Yeşil alanlarda NDVI değerleri yüksek çıkmakta iken şehirleşmenin fazla olduğu alanlarda düşük çıkmaktadır. Kayserinin NDVI değerleri 1994 yılı için en yüksek 0.75 en düşük ise -0.63 olarak, 2020 yılı için ise en yüksek 0.68 en düşük -0.39 olarak belirlenmiştir.

Arazi kullanımındaki değişimlerin sıcaklık değerlerini etkilediği açıktır. Bu amaçla arazi kullanımındaki değişimleri belirleyebilmek için denetimli sınıflandırma yöntemlerinden biri olan maksimum olabilirlik yönteminden yararlanılmıştır. Sınıflar; su, orman, tarım, bulut, yerleşim olmak üzere 5'e ayrılmıştır.

Kayseri ilinde son yıllarda meydana gelen nüfus artışı ve bu duruma paralel olarak şehirde bina, beton, asfalt gibi geçirimsiz yapılarda artış meydana gelmiştir. Şehrin aynı zamanda bir sanayi ve tarım şehri olmasının da yüzey ısısında bir artışı meydana getirdiği tespit edilmiştir.1994 ve 2020 yılları için oluşturulan kentsel ısı adası ve kentsel ısıl alan değişim indeksi haritaları incelendiğinde özellikle Kocasinan ilçesinde kentsel ısı adası oluşumunda bir artış olduğu belirlenirken, Bünyan ilçesi çevresinde bir azalış oluştuğu tespit edilmiştir. 2020 yılı için kentsel ısı adalarının; kentleşmenin, geçirimsiz yüzeylerin ve nüfusun fazla olduğu başta Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Arazi yüzey sıcaklığının hesaplanmış olduğu harita ve maksimum olabilirlik yöntemine göre hesaplanan arazi kullanım haritası üzerinde bölgesel istatistik analizi yapılmıştır ve bunun sonucunda sıcaklık değerlerinin en çok yerleşim yerlerinde olduğu en az ise yeşil alan ve sulak yerlerde çıktığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen haritalar birlikte değerlendirildiğinde 1994 ve 2020 yılı içinde bitki örtüsü ve yüzey sıcaklığı arasında beklenildiği üzere ters bir orantı olduğu, yerleşim alanları ile arazi yüzey sıcaklığı arasında ise doğru orantı olduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizde her geçen gün nüfus artmakta ve buna paralel olarak yerleşim alanlarına olan ihtiyaçta artmaya devam etmektedir. Yüzey sıcaklığını ve ısı adası oluşumunu azaltabilmek için yansıtıcı malzemelerin kullanılması, akıllı büyüme stratejilerinin yapılmasıyla ısı birikiminin azalacağı düşünülmekte ve bu durumun ise ısı adasının

oluşmasını engelleyeceği tahmin edilmektedir. Benzer şekilde yeşil alanların çoğaltılması, doğanın korunmasının da ısı adası oluşumuna olumlu yansıyacağı düşünülmektedir.

Yüksek lisans tez kapsamında CBS ve Uzaktan Algılama Tekniklerinden yararlanarak ısı adasındaki değişimin ve yoğunluğun belirlenmesiyle ilgili çalışma yapacak araştırmacılara elde edilen kazanımlardan yola çıkarak aşağıda belirtilen öneri sunulmuştur.

Yapılan tez çalışmasında arazi kullanımındaki değişimin ısı adasına olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için Uzaktan Algılama tekniklerinden yararlanılmıştır. Uygulamada özellikle termal bantlardan yararlandığımız için bulutsuz görüntü bulmak oldukça önemlidir. Gelecekte ısı adası etkisini modelleyebilmek için çalışma yapacak araştırmacılar bulutsuz uydu görüntüsü bulmaları halinde, yıllar arasındaki periyot süresini daha kısa tutarak oluşan kentsel ısı adalarının hangi yıllarda daha fazla oluşmaya başladığını belirleyebilir.

KAYNAKÇA

1. Yüksel, Ü. D., & Yılmaz, O. 2008. Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilesi**. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlik Fakültesi Dergisi, 23** (4), 937-952.

2. Oke, T.R., 1982. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of Royal Meteorology Society, 108** (455), 1-24.

3. Çelik, B., 2019. Arazi Örtüsündeki Değişimlerin Kentsel Isıl Adalarına Olan Etkilerinin Zamansal ve Mekansal Olarak Araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 140 s.

4. Stone, B. Jr., Rodgers, M.O., 2001. Urban form and thermal efficiency: How the design of cities ınfluences the urban heat island effect", **APA Journal, Spring, 67** (2), 186-198.

5. Akay, A., 1996. Kentsel Mekanlarda Oluşan Isı Adası Etkisinin Azaltılmasında Sürdürülebilir Peyzajın Öneminin Ankara Kenti Örneğinde Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 176 s.

6. United States, E. 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Cool roofs: Climate Protection Partnership Division, U.S. Environmental Protection Agency.

7. Oke, T.R., 1997. Urban climates and global environmental change. In: Thompson, R.D. and A. Perry (eds.) Applied Climatology: Principles & Practices. New York, NY: Routledge, 273-287.

8. Li, J. X., Song, C. H., Cao, L., Zhu, F. G., Meng, X. L., & Wu, J. G., 2011. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. **Remote Sensing of Environment, 115** (12), 3249-3263.

9. Sabnis, G.M., 2011. Green building with concrete sustainable design and construction, crc press, pages 175-226, eBook ISBN: 978-1-4398- 1297-6.

10. Merry, J. C., 2004. Civil & Environmental Engineering & Geodetic Science. The Ohio State University (power point slayt).

11. Kesgin Atak, B., Ersoy Tonyaloğlu, E., 2020. Alan kullanım/arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği. **Türkiye Ormancılık Dergisi, 21** (4): 489-497.

12. Ersoy Tonyaloğlu, E., 2019. Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, efeler ve İncirliova (aydın) örneği. **Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi, 2** (1), 1-13.

13. Akyürek, Ö., 2020. Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. **Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6** (2): 377-390.

14. Kayahan, N., 2020. Farklı Arazi Örtüsü ve Kullanımının Yer Yüzey Sıcaklıklarına Etkisinin Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, Ankara, 27 s.

15. Kaya, Ş., Başar, U.G., Karaca, M. and Şeker, D.Z., 2012. Assessment of urban heat islands using remotely sensed data. **Ekoloji Dergisi, 21** (84), 107-113.

16. Van de Griend, A. A. and Owe, M., 1993. On the Relationship Between Thermal Emissivity and The Normalized Difference Vegetation Index for National Surfaces. **International Journal of Remote Sensing, 14** (6), 1119-1131.

17. Dousset, B., Gourmelon, F., 2003. Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and land cover. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 58** (1), 43−54.

18. Yılmaz, E., 2015. Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası. **Coğrafi Bilimler Dergisi, 13** (2), 115-138.

19. Karimi, A., Pahlavani, P., Bigdeli, B., 2017. Land use analysıs on land surface temperature in urban areas using a geographıcally weighted regression and landsat

8 ımagery, a case study: tehran, iran. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, **ISPRS Archives, 42** (4W4) 117-122.

20. Weng, Q. and Fu, P., 2014. Modeling annual parameters of clear-sky land surface temperature variations and evaluating the impact of cloud cover using time series of Landsat TIR data, **Remote Sensing of Environment, 140 (1)**, 267-278.

21. Gao, Y., Chang, M., Zhao, J., 2018. Research on temporal and spatial variation of heat island effect in xi'an china. **Applied Ecology and Enviromental Research, 17** (1), 231-244.

22. Şekertekin, A., Marangoz, A.M., 2019. Zonguldak metropolitan alanındaki arazi kullanımı arazi örtüsünün yer yüzey sıcaklığına etkisi. **Geomatik Dergisi, 4** (2), 101-111.

23. Dağlıyar, A., Avdan, U., Uça Avcı, Z.D., 2015. Uzaktan algılama verileri yardımıyla Kahramanmaraş ili ve çevresinin yer yüzey sıcaklığının belirlenmesi. *Tufuab VIII.* 21-23 Mayıs, Konya, Türkiye.

24. Yue, W., Xu, J., Tan, W., and 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), 3205-3226.

25. Dihkan, M., Karslı, F., Güneroğlu, A., Güneroğlu, N., 2015. İstanbul kentinde yüzey kia etkisinin araştırılması. *Tufuab VIII. Teknik Sempozyumu.,* 21-23 Mayıs, Konya, Türkiye.

26. Grigoraş, G., Uritescu, B., 2018. Spatial hot spot analysis of bucharest's urban heat island (ıhu) using modis data, Annals of Valahia University of Targoviste. **Geographical Series, 18** (1), 14-22.

27. Kerchovea, R. V., Lhermitteb, S., Veraverbekea, S., and Goossensa, R., 2013. Spatio-temporal variability in remotely sensed land surface temperature, and its relationship with physiographic variables in the Russian Altay Mountains,

International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 20 (1), 4-19.

28. Şekertekin, A., 2019. Işınım transfer denklemi baz alınarak yer yüzey sıcaklığının landsat 8 uydu görüntüleri ile haritalanması, **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19** (3): 769-777.

29. Surawar, M., Kotharkar, R., 2017. Assessment of Urban Heat Island through Remote Sensing in Nagpur Urban Area Using Landsat 7 ETM+ Satellite Images. **International Journal of Urban and Civil Engineering, 11** (7), 868-874.

30. Khorrami, B., Gunduz, O., Patel, N., Ghouzlane, S., Najjar, M., 2019. Land surface temperature anomalies in response to changes in forest cover. **International Journal of Engineering and Geosciences, 4** (3), 149-156.

31. Amırı, A. M., 2018. Determination Of Land Surface Temperature Changes In The Develi Basın, Turkey. Erciyes Unıversity, Graduate School Of Natural And Applied Sciences, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 67 s.

32. Orhan, O., Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması, 2021. **Geomatik Dergisi, 6** (1); 69-76.

33. Sunar, F., Özkan, C., Osmanoğlu, B., 2015. Uzaktan Algılama. Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisi, Eskişehir, 210 s.

34. Anonim, Uzaktan Algılama. (Web sayfası: https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/), (Erişim Tarihi: Nisan 2021).

35. Uça Avcı, Z.D, Uça Güneş, E.P., Çabuk, A., 2015. Uzaktan eğitim ile 'uzaktan algılama' ve 'coğrafi bilgi sistemleri' eğitimlerinin verilmesine dair bir değerlendirme, **Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7** (3), 53-68.

36. Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ., 2011, "Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları", Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs, Okan Üniversitesi, İstanbul.

37. Tonta, Y., Regresyon Analizi, (Web sayfası: http://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/courses/fall2007/sb5002/sb500211regresyon-analizi.pdf), (Erişim Tarihi: Nisan 2021).

38. Dağlıyar, A., 2016. Uzaktan algılama çalışmalarında termal uygulamalar, **Doğal Kaynak ve Ekonomi Bülteni Dergisi, 22 (1)**, 109-115.

39. Mather, P.M., 1987. Computer processing of remote-sensed images, John Wiley and Sons Ltd, **International Journal of Remote Sensing, 9** (6), 1136-1137.

40. Camps-Valls, G., Tuia, D., Gomez-Chova, L., Jimenez, S. & Malo, J. 2011. Remote Sensing Image Processing, In Bovik A.C. (Eds.). Synthesis Lectures on Image, Video, and Multimedia Processing , LaPorte, CO: Morgan & Claypool Publishers, 192 pp.

41. Bayburt, S., 2009. Uydu Görüntülerinin Piksel Ve Nesne Tabanlı Karşılaştırılması (Doğu Trakya Bölgesi Örneği), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 98 s.

42. Kansu, O., 2006. Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma yöntemleri analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 134 s.

43. Lillesand T.M., Kiefer R.W., 2000. Remote sensing and image interpretion. john wiley and sonic inc, New York, 612 pp.

44. Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Karşılaştırılması, Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 153 s.

45. Johen, C., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales, **Educational and Psychological Measurement, 20** (1), 37-46.

46. Landis, JR., Koch, GG., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics, 33** (1):159-74.

47. Balıkçı Şahin, F., 2017., Uzaktan algılama, (Web sayfası: https://avesis.yildiz.edu.tr/fbalik/dokumanlar), (Erişim Tarihi: Nisan 2021).

48. Yomralıoğlu, T., 2000.Coğrafi Bilgi Sistemi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 5. Baskı, İstanbul, Türkiye.

49. Kaya, D., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Geoteknik Verilerin Değerlendirilmesi (Kayseri-Oymaağaç Mahallesi), Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 223 s.

50. Şişman, A., 2019, CBS'de Sorgulama ve Analizler, (Web sayfası: https://avys.omu.edu.tr/), (Erişim Tarihi: Mayıs 2021).

51. Anonim, 2016., How zonal statistics works, (Web sayfası: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/h-how-zonal-statistics-works.htm),(Erişim Tarihi: Mayıs 2021).

52. Anonim, 2019., (Web sayfası: https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-calibration-parameter-file-data-format-control-book), (Erişim Tarihi :Nisan 2021).

53. Rouse Jr, J. W., 1973. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) Of Natural Vegetation.

54. Giannini, M.B., Belfiore, O.R., Parente, C., 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), 83-90.

55. Anonim, 2014., (Web sayfası : usgs.gov/media/files/landsat-4-5-tm-calibration-parameter-file-definition), (Erişim Tarihi: Nisan 2021).

56. Ergene, E.M., 2016. Landsat 8 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Yeryüzü Sıcaklıklarının Uzaktan Algılama Teknikleri ile Belirlenmesi: İstanbul Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 92 s.

57. Xu, H., 2006. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing, 27** (14), 3025-3033.

58. Anonim, 2013., Toprak ayarlı bitki indeksi, (Web sayfası: https://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_methods:soiladjusted_vegetation_index), (Erişim Tarihi: Mayıs 2021).

59. Huete, A. R., 1988. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI**). Remote Sensing of Environment, 25** (3), 295-309.

60. Zhang, Y., 2006. Land surface temperature retrieval from CBERS-02 IRMSS thermal infrared data and its applications in quantitative analysis of urban heat island effect. **J. Remote Sensing, 10** (1), 789–79.

61. Anonim, 2021., Regresyon analizi, (Web sayfası: https://tr.wikipedia.org/wiki/Regresyon_analizi), (Erişim tarihi: Mayıs 2021).

62. Tabar, M. E., Başara, A. C., Şişman, Y., 2021. Çoklu regresyon ve yapay sinir ağları ile tokat ilinde konut değerlendirme çalışması. **Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 3** (1); 01-07.

63. Anonim, 2018., Kayseri hakkında, (Web sayfası : https://kayseri.csb.gov.tr/kayseri-hakkinda-i-768), (Erişim Tarihi :Mayıs 2021).

64. Anonim, 2021., Kayseri, (Web sayfası : https://kayseri.ktb.gov.tr/), (Erişim Tarihi: Mayıs 2021).

65. Anonim, Landsat 5, (Web sayfası : https://earthexplorer.usgs.gov/), (Erişim Tarihi: Mayıs 2021).

66. Gümüş Kekeç, R., 2016. Landsat 8 uydusu hakkında bilgiler, (Web sayfası :http://www.sektorharita.com/landsat-8-uydusu-hakkinda-bilgiler.html), (Erişim Tarihi: Mayıs 2021).

67. Anonim, 2020., Uzaktan algılama, (Web sayfası: http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/cografi_bilgi_sistemleri_onlisans_ue/cografi_bilg_sist_ve_uzaktan_algilama_uygulamalari.pdf), (Erişim Tarihi: Mayıs 2021).

68. Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological processes, 5** (1), 3-30.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Gül Çakıcı

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Tarihi**
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi	2021
Lisans	Erciyes Üniversitesi Harita Mühendisliği	2018

YABANCI DİL

İngilizce