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

UZAKTAN ALGILAMA VE CBS KULLANILARAK ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ VE GELECEĞE DÖNÜK MODELLENMESİ: KAYSERİ İLİ ÖRNEĞİ

Hazırlayan
Kübra Nur GÖNCÜLER

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ

Yüksek Lisans Tezi

Ocak 2024
KAYSERİ

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

UZAKTAN ALGILAMA VE CBS KULLANILARAK ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ VE GELECEĞE DÖNÜK MODELLENMESİ: KAYSERİ İLİ ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Kübra Nur GÖNCÜLER

Danışman
Dr. Öğr Üyesi Ümran KÖYLÜ

Ocak 2024
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.

Kübra Nur GÖNCÜLER

İmza

"**Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişiminin İncelenmesi ve Geleceğe Dönük Modellenmesi: Kayseri İli Örneği**" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Kübra Nur GÖNCÜLER	Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ

Harita Mühendisliği ABD Başkanı

Doç. Dr. Ümit Haluk ATASEVER

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan, desteği ve güler yüzü ile yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ' ye teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatımın her döneminde yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

Kübra Nur GÖNCÜLER

Ocak, 2024, KAYSERİ

UZAKTAN ALGILAMA VE CBS KULLANILARAK ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ VE GELECEĞE DÖNÜK MODELLENMESİ: KAYSERİ İLİ ÖRNEĞİ

Kübra Nur GÖNCÜLER

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2024
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ümran KÖYLÜ

ÖZET

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü yapısı hızla artan nüfus, teknolojik gelişmeler, ekonomik büyüme gibi etkenler sebebiyle değişime uğramaktadır. Bu değişimler arazi kullanımı konusunda çalışmaları hızlandırmıştır. Şehirlerin ve ülkelerin değişen yapısı, daha yaşanabilir planlı alanlar oluşturma gerekliliği ve gelecekte nasıl bir noktaya gelineceği merakı araştırmacıları bu konuda çalışmalar yapmaya itmiştir.

Bu çalışmada Kayseri ili Melikgazi ilçesinin arazi kullanımındaki değişimler Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemleriyle incelenmiştir. Çalışmada 2000 – 2020 yılları arasındaki değişimler incelenmiştir. Landsat ETM ve Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılan çalışmada arazi kullanım haritaları oluşturmak için kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. 2030 ve 2040 yılı için tahmini arazi modelleri oluştururken Yapay Sinir Ağları ve Hücresel Otomat yöntemi tercih edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, Melikgazi ilçesi arazi kullanımındaki değişimi detaylı bir şekilde açıklamakta ve gelecekteki arazi kullanımını tahmin etmek için yaklaşımlar sunmaktadır. Tahmin modellerinde şehirsel alanlarda gelecekte de ciddi artışlar yaşanacağı gözlemlenmiştir. Bunun dışında su alanlarında yaşanacak azalışlarla beraber artan kentleşme doğal yapının etkilenmesine neden olmaktadır. Bu çalışma arazi kullanımı gibi karmaşık süreçleri anlamlandırmak ve yönetmek için Uzaktan Algılama, CBS, Yapay Sinir Ağları ve Hücresel Otomat gibi teknolojik yöntemlerinin güçlü bir araç seti sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı/arazi örtüsü, Yapay Sinir Ağları, Hücresel Otomat, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama

INVESTIGATION AND FUTURE MODELING OF LAND COVER/LAND USE CHANGE USING REMOTE SENSING AND GIS: KAYSERI PROVINCE CASE STUDY

Kübra Nur GÖNCÜLER

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, January 2024
Supervisor: Assistant Professor Ümran KÖYLÜ

ABSTRACT

Land use and land cover structure is changing due to factors such as rapid population growth, technological developments, and economic growth. These changes have accelerated research on land use. The changing structure of cities and countries, the need to create more livable planned areas, and the curiosity about where we will end up in the future have driven researchers to work on this issue.

In this study, the changes in land use in the Melikgazi district of Kayseri province were investigated using remote sensing and geographic information systems (GIS) methods. The study examined the changes between 2000 and 2020. In the study using Landsat satellite images, the maximum likelihood method, one of the controlled classification methods, was used to create land use maps. The artificial neural network (ANN) and cellular automata (CA) methods were preferred while creating the estimated land models for 2030 and 2040.

The results obtained explain in detail the changes in land use in Melikgazi district and offer approaches for predicting future land use. It has been observed in the prediction models that there will be significant increases in urban areas in the future as well. In addition, increasing urbanization, along with the reductions in water bodies, is affecting the natural structure. This study shows that technological methods such as remote sensing, GIS, ANN, and CA offer a powerful set of tools for understanding and managing complex processes such as land use.

Keywords: Land use/land cover, Artifical neural network, Cellular automata, Remote sensing, GIS

İÇİNDEKİLER

UZAKTAN ALGILAMA VE CBS KULLANILARAK ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ VE GELECEĞE DÖNÜK MODELLENMESİ: KAYSERİ İLİ ÖRNEĞİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI iii
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı 3
1.2. Literatür Çalışması 4

2. BÖLÜM
YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem 9
2.2. Materyal 10
2.2.1. Çalışma Alanı 10
2.2.2. Çalışma Verileri 11
2.3. Uzaktan Algılama 13
2.4. Görüntü Önişleme 14
2.4.1. Geometrik Düzeltme 14
2.4.2. Radyometrik Düzeltme 15
2.4.3. Atmosferik Düzeltme 15

2.5. Sınıflandırma 15
2.5.1. Kontrollü Sınıflandırma 16
2.5.1.1. En Kısa Mesafe Yöntemi 17
2.5.1.2.Paralelkenar Yöntemi 18
2.5.1.3. Maksimum Olabilirlik Yöntemi 18
2.5.2. Kontrolsüz Sınıflandırma 19
2.6. Sınıflandırma Doğruluğu (Doğruluk Analizi) 19
2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri 20
2.7.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Modelleri 21
2.7.2. Coğrafi Bilgi Sisteminde Veri Toplama 21
2.8. Simülasyon Yöntemleri 22
2.8.1. Yapay Sinir Ağları 22
2.8.2. Hücresel Otomat 23

3. BÖLÜM
BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1. Sınıflandırma Sonuçları 27
3.2. Doğruluk Analizi 31
3.3. Değişim Analizi 34
3.4. Arazi Örtüsü/Kullanımı Simülasyon Modellemesi 41
3.4.1. Simülasyon Girdi Verileri 41
3.4.2. Modelleme ve Doğruluk Analizi 42
3.4.3. Gelecekteki Arazi Kullanım Simülasyonu 43

4. BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler 49

KAYNAKÇA 51
ÖZGEMİŞ 58

KISALTMALAR

CBS **:** Coğrafi Bilgi Sistemleri

Ha **:** Hektar

HO **:** Hücresel Otomat

OLI **:** Operational Land Imager

USGS **:** United States Geological Survey

YSA **:** Yapay Sinir Ağları

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Kullanılan Uydu Görüntülerinin Özellikleri 11
Tablo 3.1. 2000 Yılı Hata Matrisi 32
Tablo 3.2. 2000 Yılı Doğruluk Analizi Tablosu 32
Tablo 3.3. 2010 Yılı Hata Matrisi 33
Tablo 3.4. 2010 Yılı Doğruluk Analizi Tablosu 33
Tablo 3.5. 2020 Yılı Hata Matrisi 33
Tablo 3.6. 2020 Yılı Doğruluk Analizi Tablosu 34
Tablo 3.7. 2000 ve 2010 Yılı Değişim Matrisi (ha) 35
Tablo 3.8. 2010 ve 2020 Yılı Değişim Matrisi 36
Tablo 3.9. 2000-2020 Yılı Değişim Matrisi (ha) 39
Tablo 3.10. Kappa Değerlendirmesi 43
Tablo 3.11. 2020 ve 2030 Yılı Arasındaki Değişim 44
Tablo 3.12. 2000 ve 2030 Yılı Arasındaki Değişim 44
Tablo 3.13. 2020 ve 2040 Yılı Arasındaki Değişim 46
Tablo 3.14. 2000 ve 2040 Yılı Arasındaki Değişim 47
Tablo 3.15. 2030 ve 2040 Yılı Arasındaki Değişim 48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çalışma Alanı 10
Şekil 2.2. Melikgazi İlçesi Uydu Görüntüleri 12
Şekil 2.3. En Kısa Mesafe Yöntemi [24] 17
Şekil 2.4. Paralelkenar Sınıflandırma Yöntemi [24] 18
Şekil 2.5. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı 23
Şekil 2.6. The Game of Life [28] 24
Şekil 2.7.Temel Hücresel Otomat Kural Gösterimi [64] 25
Şekil 3.1. 2000 Yılı Arazi Kullanım Haritası 29
Şekil 3.2. 2010 Yılı Arazi Kullanım Haritası 30
Şekil 3.3. 2020 Yılı Arazi Kullanım Haritası 31
Şekil 3.4. 2000-2010 Yılı Yerleşim Alanı Değişimi 35
Şekil 3.5. 2010-2020 Yılı Yerleşim Alanı Değişimi 37
Şekil 3.6. 2000-2020 Yılı Yerleşim Alanı Değişimi 39
Şekil 3.7. 2000-2020 Yılı Değişim Haritası 40
Şekil 3.8. 2000, 2010 ve 2020 Yılı Arazi Kullanım Miktarları [ha] 40
Şekil 3.9. Simülasyon Girdi Verileri 41
Şekil 3.10. 2020 Yılı Arazi Kullanım Haritası ve 2020 Yılı Simülasyon Haritası 43
Şekil 3.11. 2030 Yılı Arazi Kullanım Simülasyonu 45
Şekil 3.12. 2040 Yılı Arazi Kullanım Simülasyonu 47

GİRİŞ

Arazi örtüsündeki değişimler her ne kadar doğal olaylarla gelişen bir süreç olarak bilinse de insanların ihtiyaçlarından ve yaşam biçimlerinden de önemli oranda etkilenmektedir. İnsanların yaşam alanlarından farklı beklentileri olması nedeniyle arazi örtüsünde olumsuz kalıcı değişiklikler meydana gelmektedir. Doğal ortam üzerinde oluşturulan baskı geçmişe oranla daha çok artmıştır. Artan insan nüfusu, ihtiyaçların karşılanması ve yaşanılan alandan daha fazla yararlanabilmek için birçok teknolojinin de gelişmesine katkı sağlamıştır. Bunların sonucunda doğal yollardan yararlanılamayan alanların yeni faaliyet alanlarına dönüşmesi sağlanırken, ihtiyaç dışı arazi kullanımı sorunu da ortaya çıkmıştır.

Günümüzde küresel nüfusun hızla artmasıyla birlikte şehirleşme eğiliminin güçlenmesi ve arazi kullanımındaki değişimleri hızlandırmaktadır. Kırsal alanlardan kentsel alanlara yapılan göçlerle artan şehirleşme oranı arazinin kullanım yapısını ve bitki örtüsünü değiştirmektedir. Sanayi alanlarının artışı ile beraber iş olanağının arttığı şehirlerde yerleşim alanı ihtiyaçları da artış göstermektedir. Bu artıştan kaynaklanan yerleşim alanı oluşturma ihtiyacı tarım alanlarının, doğal ekosistemin ve diğer arazi kullanım türlerinin etkilenmesine neden olur. Bu durum özellikle sürdürülebilir kalkınma hedeflerini de olumsuz etkilemektedir.

Arazi kullanımı özellikle şehirsel planlamanın ve kentsel kalkınmanın temele taşlarından biridir ve hızla değişen dünya şartlarında önemli bir araştırma ve analiz konusudur. Birçok etken arazi kullanımını etkilemektedir bunlardan bazıları; iklim değişikliği, kentsel nüfusun artması, teknolojideki ilerleme ve sanayileşmeyle beraber ekonomik büyümedir. Bunula birlikte şehirsel alanlar bu çalışmalarda en belirgin değişimleri gösteren alandır. Bu etkenlerden kaynaklanan yerleşim alanı sorunu yöneticileri sık ve dikey yapılaşmaya teşvik etmek zorunda bırakmıştır.

Arazi kullanımındaki değişimleri anlamak, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uygun stratejiler belirleyebilmek ve gelecekteki değişimlere hazırlıklı olmak için Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi araçlar önemli bir rol oynamaktadır. Uzaktan Algılama, yeryüzündeki değişiklikleri sensörler yardımıyla gözlemleme imkânı sunarken, Coğrafi Bilgi Sistemi bu değişiklikleri analiz ederek yorumlama ve planlama konusunda karar vericilere rehberlik sağlamaktadır.

Bu tez, Melikgazi ilçesinin 2000 – 2020 yılları arasındaki dönemi kapsayan süreçte, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerini analiz etmek için Uzaktan Algılama ve CBS tekniklerinden yararlanılmıştır. Ayrıca 2030 ve 2040 yıllarındaki arazi kullanımlarını tespit edebilmek için Yapay Sinir Ağları ve Hücresel Otomat tekniği kullanılarak tahmin modeli oluşturulmuştur.

Tezin birinci bölümünde tezin amacı ve kapsamından bahsedilmiş, çalışmaya genel bir bakış sunulmuştur. Aynı zamanda arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişim tespiti ve geleceğe yönelik modellenmesi ile ilgili benzer çalışmalardan bahsedilmiştir. Tezin ikinci bölümünde tezde kullanılan yönteme değinilmiştir. Çalışma alanı hakkında bilgiler verilmiş ve çalışmada kullanılan veriler ve yazılımlardan söz edilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemlerden bahsedilmiş uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve simülasyon yöntemleri olarak kullanılan yapay sinir ağları ve hücresel otomat yöntemi yaklaşımları detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde arazi kullanımı ve arazi örtüsü için uydu görüntüleri sınıflandırılmış ve değişim analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilerle yapay sinir ağları ve hücresel otomat tekniği kullanılarak gelecek için tahmin modelleri oluşturulup, gelecekte ne gibi değişimler yaşanacağı tespit edilmiştir. Alan çalışması olarak Melikgazi ilçesinde bu yöntemler uygulanmıştır. Tezin dördüncü ve son bölümünde tezin sonuçları tartışılmış ve daha sonraki adımlarda neler olabileceği değerlendirilmiştir. Sonuç olarak kullanılan simülasyon yönteminin gerçekteki kent değişimine uygun sonuçlar üretmede yeterli olduğu görülmüştür.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Kayseri ili, Melikgazi ilçesinin geçmişten bugüne yaşanmış arazi örtüsü ve arazi kullanımındaki değişimleri Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla tespit edilmesi ve gelecekte nasıl şekilleneceğinin belirlenebilmesi amacıyla Yapay Sinir Ağlar ve Hücresel Otomat modellerinin entegre kullanımı ile geleceğe yönelik modellemesini kapsamaktadır.

Günümüzde Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak yeryüzü hakkında edinilen güncel bilgilerle, Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojisi bütünleşince hızlı, ucuz, daha az insan gücüyle ulaşılan ve güncelleştirilebilir veriler elde edilebiliyor olması eski yöntemlere kıyasla büyük üstünlükler sağlamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri arazi kullanımındaki değişikliklerin tespitinde dijital verileri üretmek, saklamak ve analiz etmek gibi yetenekleri bir arada bulundurduğundan zamansal kullanım sorunlarını çözmek ve yönetmekte rahat bir ortam sunmaktadır.

Planlı bir arazi kullanımı için kentlerin mevcut yapılarının bilinmesi dışında gelecek yıllarda arazi kullanımında oluşacak değişimlerin tespiti ve kentleşmenin hangi yönde olacağının belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, kentsel büyümenin ve nasıl kullanıldığının izlenebilmesinde simülasyon modelleri sıklıkla kullanılmaktadır. Oluşturulan simülasyon modelleri, kentleşmenin ne yönde olduğu, doğal alanların herhangi bir tehditle karşı karşıya olup olmadığı ve gelecekteki arazi kullanımını tahmin edip buna göre planlamalar yapılabilmesini sağlamaktadır.

1.2. Literatür Çalışması

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü konusu son dönemlerde artan kentleşmeyle beraber daha büyük bir sorun haline gelmiştir. Artan nüfusla birlikte bütün dünya doğal alanların tahrip edilmesi ve doğal kaynakların hızla tüketilmesi problemiyle karşı karşıyadır. Bu ilerleyiş bilim insanlarını bu alanda çalışmaya ve gelecekte nasıl sonuçlarla karşılaşılabileceğini tahmin etme konusunda çalışmaya yönlendirmiştir. Bu bölümde konu hakkında yapılan çalışmalarla ilgili literatür incelenmiştir.

Kafy vd. Bangladeş'teki arazi örtüsü/arazi kullanım değişimlerini incelemek için 2012 – 2018 yılları arasındaki uydu görüntülerini Destek Vektör Makinesi sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırmışlardır ve yaptıkları karşılaştırmada kentsel alanlarda önemli bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Elde ettikleri arazi kullanım haritaları ile 2025 yılı için bir tahmin modeli oluşturmuşlardır. Tahmin modeli için QGIS içerisinde bulunan MOLUSCE eklentisi kullanılmış ve yapay sinir ağları hücresel otomata algoritmasını kullanmışlardır. Simülasyon modelinde bağımsız değişken olarak yollara uzaklık, suya uzaklık, eğitim kurumları, ticari alanlar, yerleşim alanı, yükseklik ve eğim verilerini kullanmışlardır. 2025 yılı için oluşturdukları simülasyon görüntüsü ile daha önceki sınıflandırdıkları görüntüleri karşılaştırdıkların yine şehirsel alanda büyük bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir [1].

Karip ve Göksel [2] ülkemizin en büyük longoz ormanı olan İğneada koruma alanının arazi kullanımı ve arazi örtüsünü yıllara göre incelemiş ve 2030 yılı için tahmin simülasyonu oluşturmuşlardır. Çalışmalarında 1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait Landsat 5 TM uydu görüntülerini kullanarak kontrollü sınıflandırma yöntemiyle arazi kullanım ve arazi örtüsü değişim verilerini elde etmişlerdir. Elde edilen değişim haritaları kullanılarak 2030 yılı için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Bölgenin gelecekte nasıl şekilleneceğinin tahmini için kullanılan yöntemler; Markov Zincirlerine dayalı Stokastik Markov Modeli (ST_Markov), Hücresel Otomat Markov Modeli (CA_Markov) ve Çok Tabanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağıyla Çalışan Markov Modelidir (MLP_Markov). Oluşturulan tahmin modelleri sonucunda en iyi tahmin verilerini MLP_Markov Modeli'nin verdiğini tespit etmişlerdir.

Cengiz ve Yılmaz [3], Malatya ilinin kent merkezini içine alan bölümünün 1985 – 2015 yılları arasını içine alan arazi örtüsü ve arazi kullanım değişimlerini incelemişlerdir.

Çalışmalarında Landsat 5 TM, 7 ETM ve 8 OLI uydu görüntülerini kullanmışlardır. Sınıflandırmalar yaparak ortaya koydukları haritaları test verisi olarak kullanıp 2025 ve 2045 yılları için simülasyon oluşturmuşlardır. Arazi Değişim Modeli yöntemini kullanarak arazi örtüsü/arazi kullanım değişikliğini modellemişlerdir. Simülasyon modeli olarak Hücresel Otomat – Markov Zincirlerini entegre bir şekilde kullanmışlardır. Modelleme sürecinde sınıflandırılan değişim haritaları dışında etki eden modele ait yol katmanları, sayısal yükseklik modeli, sosyo ekonomik ve demografik gibi itici verilerde kullanılmıştır. Sonuç olarak yüksek doğrulukta modeller elde edilmiş ve arazi kullanımı bu şekilde devam ederse tarım alanlarındaki azalışın hızla artacağı ve bölge için önemli geçim kaynağı olan kayısı üretiminin azalacağı öngörülmüştür.

Doğan ve Buğday [4] 1999 – 2016 yılları arasını kapsayan Kastamonu ile kent merkezinin arazi örtüsü/kullanımındaki değişimleri incelemiştir. Landsat uydu görüntülerini kullandıkları çalışmalarında Yapay Sinir Ağı modelini kullanarak da 2033 yılı için simülasyon oluşturmuşlardır. Modeli öncelikle 1999 – 2016 yılları arasındaki elde ettikleri değişim verileri üzerinde test etmişlerdir çıkan sonuçların doğruluk oranlarına göre 2033 yılı içinde model oluşturmuşlardır. Bu modeli oluştururken sadece değişim haritalarından değil mekânsal faktör olarak yollara olan uzaklık değişkenini de kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda 2033 yılına ait elde edilen simülasyona göre tarım alanı ve orman alanları azalırken, su ve yerleşim alanlarının artacağı öngörülmüştür.

Bolat ve Doğan [5], Gölcük ilçesine ait 1984 – 2020 yılları arasını kapsayan uydu görüntülerini kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri ile sınıflandırmışlardır. Bu yıllar arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişimini incelemişlerdir. QGIS içerisinde bulunan MOLUSCE eklentisi ile 2035 yılı için bir simülasyon haritası oluşturmuşlardır. Oluşturdukları simülasyonda Yapay Sinir Ağı (YSA) modelini kullanmışlardır. Modellemenin oluşturulması için ürettikleri sınıflandırılmış görüntüler dışında yükselti, eğim, bakı, akarsuya uzaklık ve karayoluna uzaklık verilerini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre Gölcük ilçesindeki hızlı kentsel büyüme tarım arazileri gibi diğer önemli arazi kullanım sınıflarını etkilediğini tespit etmişlerdir.

Tawfeeq ve Kurban [6], 2002 – 2018 yılları arasında Kerkük ilindeki arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliklerini Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tekniklerini kullanarak incelemişlerdir. Sınıflandırmada Maksimum Olabilirlik Sınıflandırma

yöntemi ile kontrollü sınıflandırma yapmışlardır. Sınıflandırma verileri ile TerrSet yazılımında bulunan Land Change Modeler (LCM) aracını kullanarak 2030 ve 2035 yıllarına ait simülasyon görüntüleri üretmişlerdir. Simülasyon çalışmasında Hücresel Otomata Markov Zincirleri yöntemini kullanmışlardır. Daha önceki sınıflandırdıkları görüntülerde ve yeni oluşturdukları simülasyon görüntülerinde en göze çarpan değişim kentsel alanda yaşandığını tespit etmişlerdir.

Aldoğan [7], İstanbul ilinin 1997 ve 2014 yılları arasının CORINE 1.Seviye sınıflandırma standartlarını kullanarak uydu görüntülerini sınıflandırmıştır. TerrSet yazılımı içinde bulunan Land Change Modeler uzantısını kullanarak 2023 yılına ait simülasyon verisi oluşturmuştur. Simülasyon görüntüsü oluşturmak için Yapay Sinir Ağı metodu ve Mantıksal Regresyon metodunu kullanmıştır. Geleceğe yönelik simülasyon modeli oluştururken sınıflandırdığı veriler ile birlikte etkileyen faktör olarak; ormana olan uzaklık, sayısal yükseklik modeli, hastanelere olan uzaklık, endüstriyel birimlere olan uzaklık, yollara uzaklık, yol yoğunluğu, şehir yapısına uzaklık üniversitelere uzaklık verilerini de kullanmıştır. 1997'den 2014 yılına kadar kademeli olarak artan tek sınıfın şehir yapısı olduğunu gözlemlemiştir.

Uysal [8], yaptığı çalışmada hücresel otomat tabanlı kent büyüme modeli olan SLEUHT programını kullanmıştır. Simülasyon verisi olarak 1987'den 2011 yılına kadar kontrollü sınıflandırma yöntemini kullanarak oluşturduğu arazi kullanım haritalarını ve DEM, eğim, yol verisi ve harici bölge haritaları yani büyümeden hariç tutulacak park, mezarlık, kent ormanı gibi veriler kullanılmıştır. 2030 yılı için oluşturduğu simülasyon modelinde geçmişten bugüne yerleşim alanlarının artacağını, mera alanlarının ise azalacağını tespit etmiştir.

Canpolat ve Dağlı [9], Elazığ ilinin arazi kullanım değişimlerini inceleyip geleceğe yönelik simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Bu çalışmada 2006 ve 2018 yılı CORINE verilerini kullanarak arazi kullanım haritaları oluşturmuşlardır. Simülasyon çalışması için Terrset ve GEOSOS-FLUS yazılımlarını kullanmışlardır. Simülasyon girdi verileri olarak yol uzaklığı, yerleşim uzaklığı, yükseklik, eğim ve bakı verilerini kullanmışlardır. Bitki örtüsü, mera alanları ve su alanlarının azalacağını, orman, çalı ve yerleşme alanlarının artacağını tespit etmişlerdir.

Aydın [10], çalışmasında Ankara ili için Hücresel Otomat tabanlı bir yaklaşım kullanmıştır. Çalışmasında 1942 – 1968 ve 1968 – 2000 yılları arasındaki dönemi incelemiş ve bu dönemde yaşanan değişimleri analiz etmiştir. Elde ettiği analiz verilerinden yola çıkarak Ankara'nın 2032 yılında arazi kullanımının nasıl şekilleneceğini tespit etmiştir. Simülasyon modeli için Hücresel Otomat yöntemini kullanmasının en büyük sebebinin mekânsal alanları analiz etme konusunda başarılı olmasından kaynaklandığını belirtmiştir.

Oğuz ve Bozali [11], piksel tabanlı SLEUTH kent büyüme modelini kullanarak Gaziantep şehrinin 2040 yılı için simülasyon modelini oluşturmuşlardır. 1984 ve 2019 yıllarına ait uydu görüntülerini hem kontrollü hem de kontrolsüz sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırmışlar ve bu süre zarfındaki değişimleri incelemişlerdir. Oluşturdukları arazi kullanım haritalarıyla birlikte, eğim, kent, ana yollar ve gölgeleme verilerini kullanarak 2040 yılı için kontrolsüz, kısmi kontrollü ve kontrollü olmak üzere üç farklı değişim senaryosu oluşturmuşlardır.

Çin'in Linyi şehri için yapılan çalışmada 1990'dan 2020 yılına kadar 10 yıl aralıklarla seçilen uydu görüntülerini kullanmışlardır. Kontrollü sınıflandırma yöntemini kullandıkları çalışmalarında oluşturdukları arazi kullanım haritaları için değişim analizleri uygulamışlardır. Yaptıkları çalışmada 2030, 2040 ve 2050 yılı için simülasyon modeli oluşturmak istemişlerdir ve bunun için QGIS içerisindeki MOLUSCE eklentisi içinde entegre CA-ANN modelini kullanmışlardır. Simülasyon modeli için arazi kullanım haritaları dışında DEM, eğim ve yollara uzaklık verilerini de kullanmışlardır. Çalışma sonucunda 2030, 2040 ve 2050 yılları için simülasyon modellerini oluşturmuşlar ve bu yıllar içinde oluşan değişimleri de analiz etmişlerdir [12].

Yakup ve Ayazlı [13], İstanbul ili için SLEUTH modelini kullanarak 2040 yılında İstanbul'un nasıl dönüşeceğini tespit etmişlerdir. Çalışmada 2000, 2006, 2010 ve 2018 yıllarına ait CORINE verilerinden modelin ihtiyaç duyduğu zamansal verileri üretmişlerdir. Bu veriler 2040 yılı için altlık oluşturmuştur ve bunlar dışında eğim, yükseklik, yol verileri gibi verilerde kullanmışlardır. Oluşturdukları simülasyon modeli ile daha önceki arazi kullanım verileri karşılaştırıldığında İstanbul ilinin yoğun bir kentleşme baskısı altında olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmada 2040 yılında İstanbul ilinin kentsel büyümesini tahmin etmek ve bu büyümenin ekoloji üzerinde gerçekleşebilecek olası etkilerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışmada 1972, 1986 ve 2013 yıllarına ait uydu görüntülerini kullanmışlardır ve arazi kullanım haritası oluştururken kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden biri olan Maksimum Olabilirlik Yöntemini kullanmışlardır. 2040 yılı için oluşturmak istedikleri simülasyonu lojistik regresyon yöntemi ile Dinamica yazılımını kullanarak yapmışlardır. Simülasyonda girdi verisi olarak yükseklik, eğim, yerleşim, yol ağları gibi bağımsız, arazi kullanımı haritaları gibi bağımlı değişkenler kullanmışlardır. Oluşturdukları simülasyon modelinde kentsel gelişimin büyük oranda ormanlık alanlarda yaşanacağını gözlemlemişlerdir [14].

Görmüş ve Cengiz [15], Denizli şehrinin 2025 yılı için lojistik regresyon modelini kullanarak geleceğe yönelik model oluşturmuşlardır. 1987, 2001, 2013 ve 2015 yıllarına ait uydu görüntülerini CORINE verilerini kullanarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırmışlardır. Terrset yazılımında lojistik regresyon modelini kullanarak 2025 yılı kentsel büyüme modellemesi oluşturmuşlarıdır. Simülasyon için bağımsız değişken olarak yol verisi kullanmışlardır.

Sonuç olarak, bu çalışma, arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerinin incelenmesi ve geleceğe yönelik tahmin modellerinin oluşturulması üzerine yapılan literatür taraması ve analiz sonucunda bu çalışma alanına önemli bir katkı sağlamaktadır. Melikgazi ilçesi arazi kullanım değişimleri ve geleceğe yönelik simülasyon modeli oluşturma alanındaki boşluğu doldurmak amacıyla yürütülen bu çalışma, arazi örtüsü ve kullanımı hakkındaki bilgiyi genişleterek literatüre katkıda bulunmaktadır.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişim analizi, çevresel bozulmayı incelemek ve şehirlerde plansız gelişimi izleyebilmek için kullanılan bir yöntemdir. Arazi kullanımının geçmişe yönelik incelenmesi ile geleceğe dönük modellenmesi ve gelecekteki arazi kullanım politikasını değerlendirmek ve yönlendirmek için bütünleşik bir fırsat sunmaktadır. Bu tür çalışmalar kalkınma planları için ön koşul olarak kabul edilmektedir. Arazi kullanımı hakkında mevcut olan bilgiler, arazinin sürdürülebilir kullanımı kapsamında gelecekteki arazi kullanım planlarını geliştirmek için altık olarak kullanılabilmektedir.

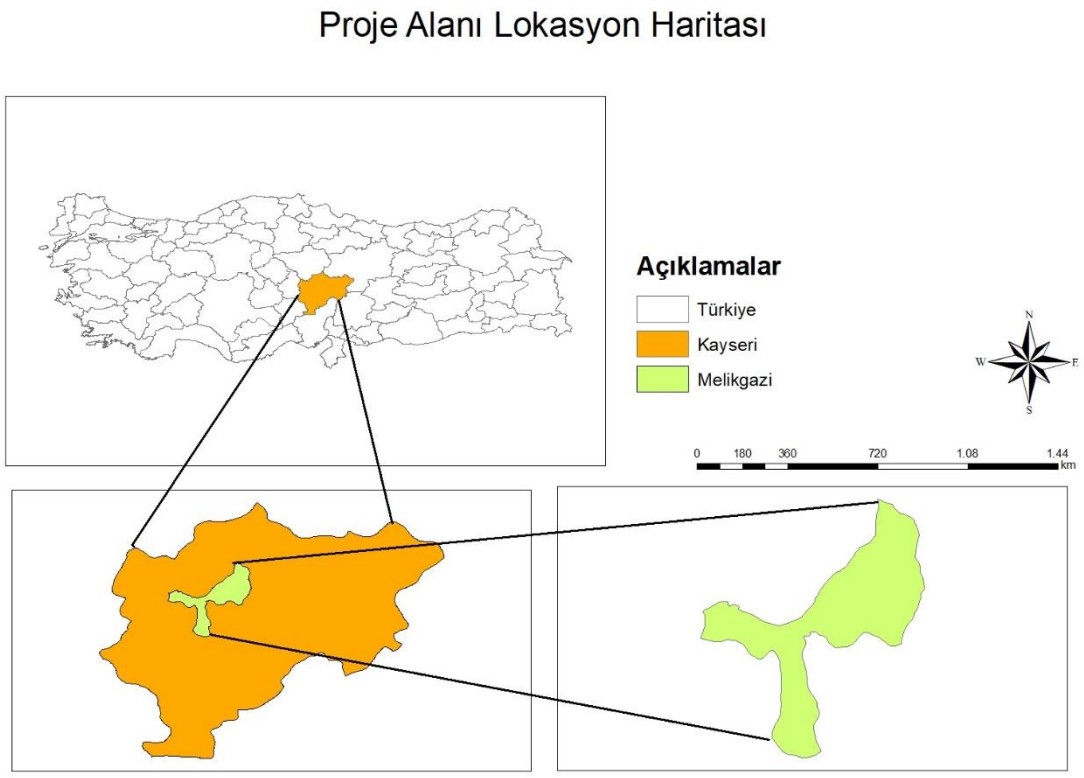
Bu çalışmada Kayseri ilinin Melikgazi ilçesine ait arazi kullanım durumlarında zamansal olarak meydana gelen değişimleri ortaya koymak ve değişimlerin analizini yaparak değişen arazi kullanım alanlarını tespit etmek ve geleceğe yönelik modelleme üretilerek gelecekte nasıl bir eğilim olacağını gözlemlemek amaçlanmıştır.

Arazi kullanımına ilişkin değişiklikler tespit etmek için Landsat 7 ETM ve Landsat 8 (OLI/TIRS) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamın Envi 5.3, ArcGIS 10.4 ve QGIS 2.18 yazılımları tercih edilmiştir. Melikgazi ilçesine ait 2000, 2010, 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılıp doğruluk analizleri yapıldıktan sonra değişimler ortaya konmuştur. Daha sonra geleceğe yönelik modelleme için simülasyonda kullanılacak giriş verileri (eğim, yükseklik, yerleşim alanı, yol uzaklıkları, akarsu uzaklığı) toparlanmış ve geleceğe dönük modelleme yapılmıştır.

2.2. Materyal

2.2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Melikgazi ilçesi İç Anadolu Bölgesinde bulunan Kayseri ilinde yer almaktadır. Kayseri ili 37º 45’ ile 38º 18’ kuzey enlemleri ve 34º 56’ ile 36º 58’ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Kayseri, İç Anadolu’nun güney bölümü ile Toros Dağları’nın birbirine yaklaştığı Orta Kızılırmak bölümünde yer alır. İlin yüzölçümü 17.109 km²’dir ve 1.441.523 nüfusu ile Türkiye’nin en kalabalık 15.şehridir [16]. Kayseri ili içerisinde bulunan Melikgazi ilçesi ilin en büyük ilçelerinden biridir. İlçenin yüzölçümü 440 km²’dir ve nüfusu 594.344 kişidir. Melikgazi ilçesi merkez şehrin büyük bir bölümünü kapsamaktadır ve ilçenin batısında İncesu, Hacılar ve Kocasinan ilçesinin bir kısmı, doğusunda Bünyan, güneyinde Talas ve kuzeyinde Kocasinan ilçesi bulunmaktadır [17].



Şekil 2.1. Çalışma Alanı

2.2.2. Çalışma Verileri

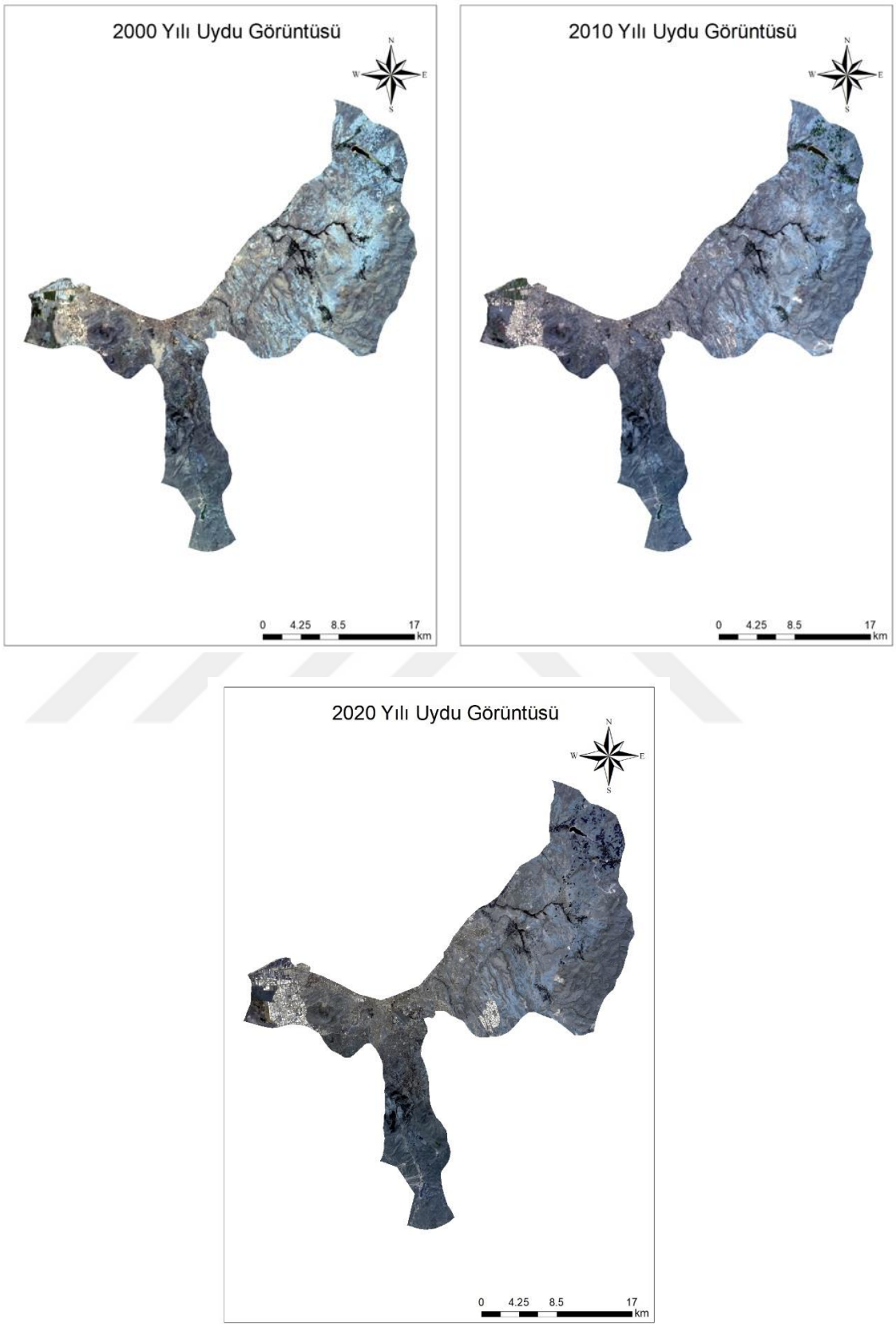
Arazi örtüsü ve arazi kullanım değişimlerini tespit edebilmek için USGS Earth Explorer adresinden 2000, 2010 ve 2020 yılına ait uydu görüntüleri indirilmiştir. 2000 ve 2010 yılı için Landsat 7 ETM, 2020 yılı için Landsat 8 (OLI/TIRS) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin yaz aylarında elde edilmiş olmasına ve bulutsuz olmasına dikkat edilmiştir. Çalışma sırasında kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri Tablo 1.'de görülmektedir. Çalışmada kullanılan işletim sistemi Windows 10, işlemcisi Intel Core i7-7500U CPU, 12 GB RAM, 64 bit işletim sistemine sahiptir.

İndirilen uydu görüntülerinin her biri ayrı ayrı bantlar halinde olduğu için öncelikle her yıl için bant birleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işlem Envi 5.3 yazılımı içerisinde bulunan Layer Stack işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Bant birleştirme işleminden sonra Envi 5.3 yazılımında çeşitli bant kombinasyonları ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve ArcGIS 10.4 yazılımında görselleştirme işlemleri yapılmıştır.

Simülasyonda giriş verisi olarak kullanılacak olan veriler daha önceki çalışmalardan yola çıkılarak sayısal yükseklik modeli, eğim, yol uzaklığı, akarsu uzaklığı ve yerleşim alanı verileri olarak belirlenmiştir. Sayısal yükseklik modeli verisi USGS Earth Explorer sitesinden temin edilmiştir. Bir diğer giriş verisi olan yol verileri Open Street Map (OSM)'den elde edilmiştir. Eğim verisi ArcGIS 10.4 yazılımında sayısal yükseklik modeli verisi kullanılarak üretilmiştir. Akarsu verileri Copernicus Land Monitoring Service sitesinden indirilmiştir. Yerleşim yeri verileri ise sınıflandırma ile elde ettiğimiz arazi kullanım haritalarından çıkarılmıştır. Simülasyon giriş verileri ve oluşturulan arazi kullanım haritaları ile QGIS 2.18 yazılımı içerisinde bulunan MOLUSCE eklentisi ile geleceğe dönük simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Modelleme için Yapay Sinir Ağları (YSA) algoritması kullanılmıştır. Buradan elde edilen veriler ile Hücresel Otomat Yöntemi kullanılarak veriler görselleştirilmiştir.

Tablo 2.1. Kullanılan Uydu Görüntülerinin Özellikleri

Uydu	Tarih	Çözünürlük (m)
Landsat 7 (ETM)	16 Ağustos 2000	30 x 30
Landsat 7 (ETM)	20 Ağustos 2010	30 x 30
Landsat 8 (OLI/TIRS)	15 Ağustos 2020	30 x 30



Şekil 2.2. Melikgazi İlçesi Uydu Görüntüleri

2.3. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama sistemleri hakkında pek çok tanım bulunmaktadır bunların en sade ve anlaşılır olanlarından biri cisimlere hiçbir temas olmaksızın bilginin elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bun genel tanımının daha kapsamlı hali ise "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 ifade edilmektedir [19]. Uzaktan algılamada aktif ve pasif olmak üzeri iki farklı algılama sistemi vardır. Pasif algılayıcılar Güneş'in gönderdiği ışınların aracılığı ile cisimlerden yansıyan ışınları ölçerler bunlara örnek olarak pasif mikrodalga radyometresi ve radyometre örnek verilebilir [19]. Aktif algılayıcılar ise pasif algılayıcıların tam tersi olarak herhangi bir Güneş enerjisine ihtiyaç duymadan cisimlerin kendi yaydıkları ışınları ölçer ve görüntü elde ederler. Aktif algılayıcılara örnek olarak Lidar ve Radar sistemleri verilebilir.

Uzaktan algılama sistemlerinden kullanılan temel veriler genellikle uydu görüntüleri olmaktadır [20]. Elde edilen uydu görüntüleri sayesinde arazi çalışmalarına gerek kalmadan hızlı ve güvenilir bir şekilde alanın mevcut kullanım durumu ortaya koyulabilmektedir. Temel veri olarak kullanılan uydu görüntülerini daha anlaşılır olabilmesi için çözünürlüklerine dikkat edilmesi gerekir. 4 tane çözünürlük türü vardır. Bunlar; mekânsal çözünürlük, spektral çözünürlük, radyometrik çözünürlük ve zamansal çözünürlüktür.

Mekânsal Çözünürlük: Görüntüdeki detayların ayırt edilebilir olduğunu gösteren bir özelliktir. Görüntüdeki bir pikselin yeryüzünde kapladığı alana karşılık gelmektedir [21]. Mekânsal çözünürlüğü yüksek olan görüntü küçük sayısal bir değer ile ifade edilir yani küçük pikseller büyük mekânsal çözünürlüğü büyük pikseller düşük mekânsal çözünürlüğü temsil etmektedir.

Spektral Çözünürlük: Spektral çözünürlük yeryüzündeki cisimlerin tanımlanabilmesi için gerekli olan en önemli bir özelliktir. Çünkü her cisim yansıma, yayılma, geçirgenlik ve yutulma olarak ifade edilebilen spektral özelliğe sahiptir [21]. Spektral çözünürlük algılayıcının elektromanyetik spektrumda kaydedebildiği dalga boyu genişliği ve kullanılan bant sayısını ifade etmektedir. Elektromanyetik spektrumdaki geniş aralıklar

düşük spektral çözünürlük dar aralıklar ise yüksek spektral çözünürlük olarak tanımlanır [19].

Radyometrik Çözünürlük: Görüntünün elektromanyetik enerji miktarına duyarlılığıdır. Yani gelen ışınım enerjisindeki en küçük farklılıkları ayırt edebilme yeteneği olarak tanımlanır. Daha yüksek radyometrik çözünürlük yansıtılan veya yayılan enerjideki küçük farklılıkları saptamaya daha duyarlıdır [19].

Zamansal Çözünürlük: Bir uydu algılayıcısının aynı bölgeyi belirli bir zaman dilimi içerisinde ne kadar sıklıkta gözlemleyebileceğini belirler. Uzaktan algılamada farklı zaman periyotlarında aynı bölgeye ait görüntü elde edilebilmesi değişim saptama çalışmaları için çok önemlidir [21]. Genelde gün içerisinde bir veya iki kere algılama yapan uyduların yüksek zamansal çözünürlüğe sahip oldukları ifade edilmektedir [19].

Şehirlerin sürdürülebilir kullanımı ve doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde kullanımını önlemek ve değişimleri inceleyebilmek için arazi örtüsü ve arazi kullanımının zamansal değişimlerinin tespit edilebilmesi için uzaktan algılama sistemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Uzaktan algılama gelişen teknoloji ile birçok alanda da kullanılmaya başlamıştır.

2.4. Görüntü Önişleme

Uzaktan algılamada görüntü önişleme elde edilen uydu görüntülerini analiz etme ve yorumlamadan önce çeşitli işlemlerden geçirme sürecidir. Önişleme adımları görüntünün kalitesini artırtmak, istenmeyen etkileri azaltmak ve daha iyi analiz sonuçları elde etmeyi amaçlar.

2.4.1. Geometrik Düzeltme

Geometrik düzeltme tarama eğikliği, tarama hızındaki değişimler, platform hızı, yer dönmesi, yer yüksekliği hatası gibi sistematik hatalar veya yükseklik değişimleri, durum değişimleri gibi sistematik olmayan hataların düzeltilmesi işlemidir [20]. Geometrik düzeltme için iki yaklaşım söz konusudur. İlki sistematik bir yaklaşımdır distorsiyon düzeltmeleri distorsiyonun türü ve büyüklüğünün modellenmesi ile hesaplanabilmektedir. Bu yaklaşımda düzeltilen sistematik distorsiyonlar: uydunun konumu, durumu, tarama açısı, Dünya'nın dönüşü, bakış oranıdır [19]. Bir diğer yaklaşım

ise distorsiyonlu görüntüdeki piksellerin koordinatları ile bunlara karşılık gelen arazi koordinatları arasında matematiksel bir bağlantı kurulur [19]. Bu şekilde distorsiyonun tipi ve kaynağı hakkında bilgi sahibi olmadan görüntünün geometrisi düzeltilebilir.

2.4.2. Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme uzaktan algılama sensörleri tarafından toplanan uydu görüntülerindeki ışık ve renk değerlerini normalize etmeyi amaçlayan bir süreçtir. Radyometrik bozulmalara neden olan iki çeşit hata bulunmaktadır ilki dahili hatalar sensör sisteminde meydana gelen arızalar ya da yanlış kalibrasyon neticesinde sensörün kendisi tarafından verilen hatalardır. İkincisi ise harici hatalardır bu hatalar genellikle atmosferik gürültü olarak adlandırılmaktadır [22]. Radyometrik düzeltmeler genellikle matematiksel işlemler veya yazılım araçları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu düzeltmeler uzaktan algılama verilerinin daha doğru ve güvenilir bir şekilde kullanılmasını sağlar.

2.4.3. Atmosferik Düzeltme

Atmosferik düzeltme uzaktan algılama görüntülerindeki atmosfer etkilerinin giderilmesidir. Atmosfer gelen enerjiyi yutabilir, saçabilir veya yansıtabilir. Bu etkiler sensör tarafından ölçülen enerjiyi değiştirebilir ve gerçek yüzey özelliklerini yanıltabilir. Atmosferik bozuklukların temeli bulutlardan kaynaklanmaktadır. Bulutların etkisi üç şekilde gerçekleşmektedir: Toprak yüzeyinin tamamen engellenmesi (kalın bulutlar), yüzey yansımasının olması gerekenden daha düşük seviyede değerlendirilmesi (ince bulutlar) ve yüzey yansımasının olması gerekenden daha yüksek seviyede olması (bulut gölgeleri) [22]. Atmosferik zayıflamaların etkilerini incelemek için mevcut yöntemlerden bazıları, bulut maskeleri, histogram eşleştirme, koyu nesne yaklaşımı ve kontrast azaltma yöntemleri sıralanabilmektedir [22].

2.5. Sınıflandırma

Uzaktan algılama alanının en önemli işlem adımlarından biri olan sınıflandırma cisimlerin farklı spektral yansıtım değerlerini esas alarak gerçek görüntüdeki her elemanın ait olduğu özellik grubuna ayrılması işlemidir. Ham halde bulunan uydu görüntülerini yorumlanabilir verilere dönüştürmek için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

Sınıflandırma işlemi sonucundan üretilecek olan sınıflar tematik sınıflar ve spektral sınıflar olarak ikiye ayrılır. Tematik sınıflar toprak, bitki örtüsü ve su gibi arazi alanları dışında yerleşim alanı, sanayi gibi arazi kullanım alanlarını temsil ederler. Spektral sınıflar ise verideki yansıtımı değerlerine göre oluşturulan homojen piksel gruplarıdır [23].

Günümüzde uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile elde edilen tematik veriler, özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) alanında önemli ve vazgeçilmez veri kaynağı haline gelmiştir [19]. Bundan dolayı görüntü sınıflandırılmasında sınıflandırma adımları ve kullanılacak sınıflandırma teknikleri çok iyi analiz edilip belirlenmesi gerekir.

Literatürde kullanılan en yaygın sınıflandırma yöntemleri kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırmadır. Kontrollü sınıflandırmada sınıflandırma yapılırken eğitim verilerinin seçilmesi gerekmektedir. Kontrolsüz sınıflandırmada ise eğitim verisi gerekmemektedir, kullanılan yöntem kendi veri kümelerini oluşturmaktadır.

2.5.1. Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma uydu görüntülerini analiz etmek ve belirli sınıfları belirlemek için kullanılan bir sınıflandırma yöntemidir. Kontrollü sınıflandırma yönteminde kullanıcı tarafından önceden belirlenen eğitim verileri kullanılır ve sınıflandırma için kullanılacak model bu eğitim verileri üzerinden öğrenir ve sınıflandırır [19]. Kontrollü sınıflandırmada kullanıcının bilgi ve deneyimi modele entegre edilebildiği için özellikle sağlıklı sonuçlar elde edilmek istendiği durumlarda tercih edilen bir yöntemdir.

Kontrollü sınıflandırmanın ilk adımı eğitim sınıflarının belirlenmesidir. Çalışmaya bağlı olarak hangi sınıfların hangi etiketle yer alacağı ve kaç sınıfa ayrılacağı belirlenmelidir [20].

Bir sonraki aşama ise kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden hangisinin kullanılacağının belirlenmesidir, kullanıcı çalışmasına en uygun sınıflandırma yöntemini seçmelidir. Sınıflandırma sırasında sınıflar arası en iyi ayrımı yapacak spektral özellikler belirlenir [21]. Belirlenen spektral özellikler seçilen yöntem ile görüntüye uygulanarak ilk adımda belirlenen eğitim sınıfları piksellere atanır. Son aşamada ise görüntüden tematik harita oluşturulur ve test alanları kullanılarak doğruluk analizleri gerçekleştirilir.

Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinde en kısa mesafe, maksimum olabilirlik ve paralelkenar yöntemi gibi teknikler kullanılmaktadır. Bu çalışmada literatürde sık kullanılan maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır.

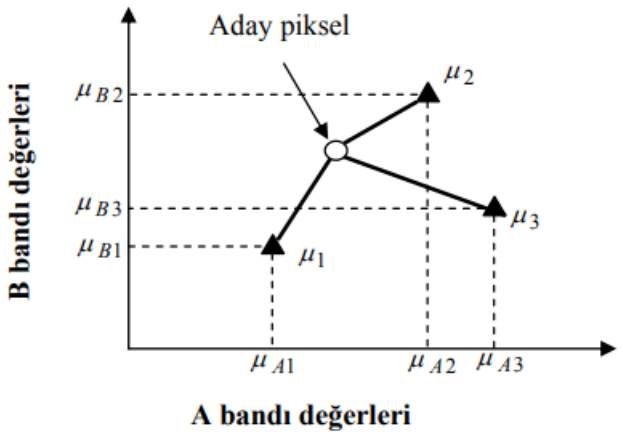
$$D_{AB} = \sqrt{\sum_{i=1}^{p} (A_i - B_i)^2} \tag{2.1}$$

2.5.1.1. En Kısa Mesafe Yöntemi

En kısa mesafe yöntemi özellikle eğitim veri sayısının az olduğu durumlarda kullanılır [19]. İlk olarak eğitim verilerinden her bir sınıf için ortalama değerler hesaplanır. Daha sonra aday pikselin bütün sınıf merkezlerine uzaklıkları hesaplanır. Aday piksel uzaklıklara göre en yakın olduğu sınıfa atanır [24].

Uzaklık ölçütü olarak en yaygın kullanılan yöntem Öklid uzaklığı yöntemidir.

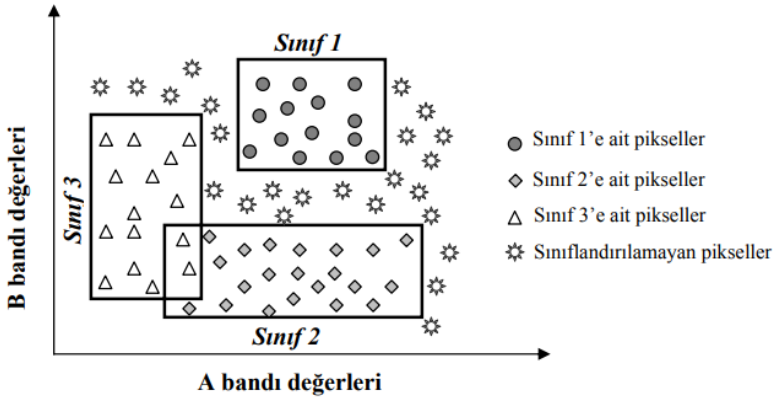
p boyutlu özellik uzayı için A ve B noktaları arasındaki Öklid uzaklığı Eşitlik 2.1'de gösterilmiştir [19].



Şekil 2.3. En Kısa Mesafe Yöntemi [24]

2.5.1.2.Paralelkenar Yöntemi

Bu yöntemde her bir örnek sınıfın her bir banttaki minimum ve maksimum değerleri belirlenerek dikdörtgen ya da paralelkenar oluşturulur. Sınıflandırılmak istenene piksel içerisinde bulunduğu dikdörtgen veya paralelkenarın ait olduğu sınıfa atanır. Paralelkenar yöntemi parametrik olmayan bir yöntemdir. Hesaplama zamanı açısından hızlı ve matematiksel ifadesi basit bir yöntemdir [24]. Bu sınıflandırma yönteminin sınıflandırması sonucunda sınıflandırılamayan piksel sayısı fazladır. Sınıflar arasında çakışan alanların olması durumunda sınıflandırma işlemi zorlaşmaktadır. Bu durumda aday piksellerin çakışan sınıflardan birine atanmasıyla problem çözülür [24].



Şekil 2.4. Paralelkenar Sınıflandırma Yöntemi [24]

2.5.1.3. Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Maksimum olabilirlik yöntemi literatürde en sık kullanılan kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Bu yöntemde bir piksel en yüksek olasılık değerine sahip olduğu sınıfa atanır [19]. Ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatiksel değerlerin tamamı dikkate alınır. Kontrol alanlarını oluşturan sınıflar için olasılık fonksiyonları hesaplanır ve buna göre piksellerin hangi sınıfa daha yakın olduğuna karar verilir. Bir pikselin hangi sınıfa ait olduğu her bir sınıfa ait olma olasılıklarının hesabından sonra en yüksek olasılıklı gruba atama şeklinde yapılır [24]. Bu yöntemde sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın normal dağılım olduğu kabul edilir.

Bu yöntem pikselleri sadece parlaklık değerlerine göre değil, her sınıf için ayrım oluşturacak varyans-kovaryans matris değerine göre oluşturur [21]. Maksimum olabilirlik

yöntemi kabul edilen dağılım koşuluna uygun olması ile bir sınıflandırma hatasını önceden tahmin edebilmesi ile parametrik olmayan algoritmalara göre büyük bir üstünlük sağlamaktadır. Maksimum olabilirlik yönteminde kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$D= \ln(a_c) -[0.5* \ln(|Cov_c|)]-[0.5*(X-M_c)^T*\left(Cov_c^{-1}\right)*(X-M_c)] \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte; D, uzaklık ağırlıklı olasılık değerini; c, örnek bir sınıfı; X, aday pikselin ölçüm vektörünü; M_c, c örnek sınıfının ortalama vektörünü; a_c, aday pikselin c sınıfına ait olma yüzdesini, Cov_c, c örnek sınıfındaki piksellerin varyans-kovaryans matrisini göstermektedir [24].

2.5.2. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma, kontrollü sınıflandırmanın aksine kullanıcı müdahalesi olmaksızın herhangi bir eğitim verisi oluşturmadan belirli algoritmalar kullanılarak otomatik olarak kümelemesi veya gruplandırması temeline dayanmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma görüntü üzerindeki veriler tanımlanamadığında başvurulan bir yöntemdir. Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde arazi örtüsü tipinin bilinmesine gerek yoktur, yalnızca görüntü üzerindeki sınıf sayıları belirlenir. Bu yöntemde görüntü üzerindeki piksellere ait bantlardaki sayısal değerler kullanılarak benzer piksellerin otomatik olarak bulunması ve piksellerin bir sınıfa atanması temel alınmaktadır [24].

En temel kontrolsüz sınıflandırma yöntemi k-ortalamalar algoritmasıdır. Bu yöntemde pikseller seçilen küme merkezlerine olan uzaklıkları dikkate alınarak en yakın oldukları kümeye atanırlar [19]. En çok kullanılan uzaklık ölçütü Öklid uzaklığıdır. Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar spektral sınıflardır. Oluşturulan sınıfların doğal özellikleri ancak daha sonra, çalışma yapılan bölgeye ait harita ve yersel bilgilerle karşılaştırılarak belirlenebilir.

2.6. Sınıflandırma Doğruluğu (Doğruluk Analizi)

Sınıflandırma doğruluk analizi piksellerin gerçekten ait oldukları kategoriye atanmasını ifade eder. Piksellerin yanlış sınıflara atanması sınıflandırma hatasıdır. Yanlış atamalar ne kadar az ise sınıflandırma doğruluğu o kadar yüksek olacaktır. Doğruluk analizinde sınıflandırma değerleri ile çalışma alanına ait gerçek değerler karşılaştırılmaktadır.

Çalışma sahasına ait gerçek değer; hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, saha çalışmaları ve topoğrafya görüntülerinde elde edilebilmektedir.

Sınıflandırma doğruluklarının belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntem hata matrisi yöntemidir [19]. Hata matrisi oluşturulurken her sınıfa ait referans verileri kullanılır. İlk olarak görüntüdeki bütün pikseller sınıflandırılır ve referans verilerine karşılık gelen piksellerin kaç tanesinin hangi sınıfa atandığı belirlenir [19]. Son olarak referans verilerine ait bu sayılar sütunlar halinde yan yana yerleştirilerek bir hata matrisi oluşturulur.

Sınıflandırma uygulamalarında en yaygın kullanılan doğruluk ölçütlerinden biri genel doğruluktur. Doğru sınıflandırılan piksellerin, kontrol edilen toplam piksel sayısına bölünmesiyle genel doğruluk elde edilir. Genel doğruluk değerinin %80 ve üzeri olması durumunda sınıflandırma güvenilir kabul edilir. Ama kullanımı kolay ve pratik olmasına karşın genel doğruluk her bir sınıf için sınıflandırma performansı hakkında bilgi vermez. Bir sınıf için yüksek olan doğruluk diğer sınıfların kötü performansını örtebilir [19]. Bu durumda her bir sınıf için kullanıcı doğruluğu ile üretici doğruluğu hesaplanmalıdır. Kullanıcı doğruluğu, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan satır sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Üretici doğruluğu ise doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan sütun sayısına bölünmesi ile hesaplanır.

Doğruluk analizlerinde kullanılan bir diğer yöntem ise Kappa analizidir. Kappa analizi, hata matrisindeki genel doğrulukla olasılıklı doğruluk arasındaki farka dayanır. Sınıflar arası doğrulukları da içerdiğinden genel doğruluk analizine göre daha iyi bir analiz yöntemidir. Kappa analizi 0-1 arasında değer almaktadır ve bu değer 0,8'den büyük olması durumunda çalışmanın başarılı olduğu kabul edilir [35].

2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi bilgi sistemleri konum bilgisini temel alarak veri toplama, depolama, analiz etme, yönetme, görselleştirme ve kullanıcıya sunulması imkanlarını sağlayan bilgi sistemidir. Bir diğer ifadeyle coğrafi bilgi sistemleri birçok farklı sorunun çözülebilmesi için mekana ve konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olan bir sistemdir.

Coğrafi bilgi sistemi beş temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; veri, donanım, yazılım, insan ve yöntemdir. Coğrafi özellikleri bulunan verilerin hızlı, doğru ve anlamlı bir şekilde analiz edilebilmesi için dijital ortamda modellenebilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı coğrafi bilgi sistemlerindeki veriler grafik ve grafik olmayan veriler olmak üzere iki kategoride incelenmektedir [25].

Nokta, çizgi, poligon olarak belirtilen coğrafi veri elemanları grafik veri tipidir. Grafik verilerin katmanlar halinde görüntülenebilmesi coğrafi bilgi sistemlerinin verimini arttıran ve kullanımına teşvik eden önemli avantajlarından biridir. Grafik olmayan veriler ise bilgisayar ortamında oluşturulan öznitelik tablolarıdır. Coğrafi bilgi sistemlerinin sorgulama ve analiz yeteneği ile büyük verilerin süzülmesi ve amaca yönelik analizler yapılıp çıktılar üretilebilmesi bu sistemi önemli bir karar destek sistemi haline getirmiştir.

2.7.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Modelleri

Coğrafi bilgi sistemlerinde vektör veri ve raster veri olmak üzere iki farklı veri modeli kullanılmaktadır. Vektör veri modeli nesnelerin nokta, çizgi ve poligon olarak temsil edildiği modeldir. Konumu bilinen koordinat bilgisine sahip verilerdir. Vektör veri modelinde veriler koordinat (x, y) bilgileriyle saklanır. Noktalar ağaç, elektrik direği, vb. özellikleri temsil ederken, çizgi verisi yol ağları gibi verileri temsil etmektedir. Ülke sınırları, il sınırları ve göl gibi coğrafi verileri poligon verisi temsil edilir. Raster veri modeli piksellerle temsil edilen bir modeldir. Her piksel belli bir konumu ve özellik değerini içerir. Raster veri modelleri süreklilik arz eden coğrafi varlıkları ifade etmede yaygın olarak kullanılmaktadır [26]. Raster veriler, özellikle uzaktan algılamada kullanılan uydu görüntüleri gibi sürekli alanları temsil ve analiz etmek için kullanılır.

2.7.2. Coğrafi Bilgi Sisteminde Veri Toplama

Coğrafi bilgi sistemlerinin en temel amaçlarından biri güncel, detaylı ve güncel coğrafi veri setlerini oluşturmaktır. Çalışma yapılacak alan için hali hazırda veriler mevcut ise satın alınabileceği gibi herhangi bir veri yok ise yeni veriler üretilebilir [27]. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanılan veriler; fotogrametrik yöntemler, arazide doğrudan yapılan yersel ölçümler, klasik haritaların sayısallaştırılması ve uzaktan algılama ile elde edilen verilerden oluşmaktadır. Uzaktan Algılama ile elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri sağlamada önemli bir yer tutmaktadır. Uzaktan algılama ile elde edilen

raster veri formatındaki veriler Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında hızlı ve doğru biçimde analiz edilebilmekte ve amaca uygun haritalar hazırlanabilmektedir. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri arasındaki veri ilişkisinden dolayı bu iki yöntem birbirlerini tamamlamaktadır [25].

2.8. Simülasyon Yöntemleri

Kentsel büyüme kent alanlarını oluşturan faktörlerin zaman içerisinde olumlu yönde artışına verilen isimlendirmedir. Kentsel büyümenin doğaya ve canlı varlıklara zararının dokunmaması için kentsel büyüme süreçleri planlı bir şekilde yürütülmelidir. Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama ve simülasyon yöntemleri kentsel büyümenin etkilerini görmek ve ne gibi sonuçlar doğurabileceğini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yöntemleri kullanılarak simülasyon için girdi verileri elde edilmektedir. Simülasyon modelleri ise geçmiş ve şimdiki zamana ait arazi kullanım/arazi örtüsü haritalarını kullanarak geleceğe dönük tahminler oluşturur. Oluşturulan bu simülasyonlar incelenen arazi üzerinde planlama, yönetim ve yatırım çalışmalarında önemli bir karar verici model olmaktadır.

Simülasyon yöntemleri iki başlıkta ele alınmaktadır. İlk simülasyon modelleri ve karmaşık kent sistemleri için simülasyon modelleridir. İlk simülasyon modelleri; Von Thünen Modeli, Eş Merkezli Bölgeleme Teorisi, Merkez Alan Teorisi ve Sektör Teorisidir. Karmaşık kent modelleri; Yapay Sinir Ağları, Hücresel Otomata, Markov Zincirleri, SLEUHT, Hücresel Otomat – Yapay Sinir Ağları gibi modellerdir [28].

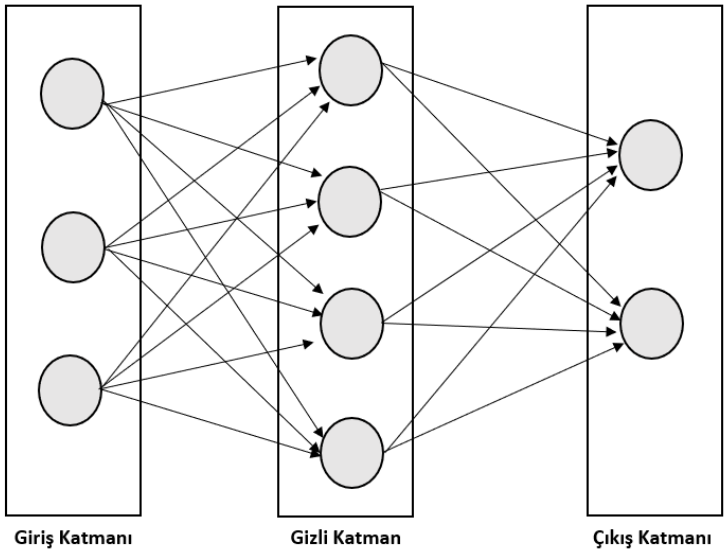
Bu çalışmada Yapay Sinir Ağları – Hücresel Otomata'dan oluşan ANN – HO modeli kullanılmıştır.

2.8.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenilen bir modeldir ve karmaşık ilişkileri modelleme kapasitesine sahiptir. İnsan sinir sistemini taklit eden bir sistemdir. Problemleri çok sayıda nöronun aynı anda çalışmasıyla çözmeyi hedeflemektedir. Çok fazla girdiye bağlı doğrusal olmayan fonksiyonların hesaplanması veya tahmin edilmesinde kullanılmaktadır [29]. Yapar sinir ağları arazi kullanım/arazi örtüsü

değişikliklerini modelleme, tahmin etme ve mevcut verileri analiz etmede kullanılmaktadır.

Yapay sinir hücresinin diğer hücrelerden aldığı sinyali üzerinde toplar ve toplam sinyal ağırlığı belli bir eşiği geçtiğinde bu yapay sinir hücresinin kendi sinyalini bir başka sinir hücresine ilettiği söylenebilir. Yapay sinir ağları girdi, gizli katman ve çıktı katmanlarından oluşur. Bilgiler ağa giriş katmanından girer ve burası bilgileri ikinci katmana yani gizli katmanlara iletir. Gizli katmanlarda yüksek ilgi düzeyine sahip bilgiler tespit edilir ve bu veriler birleştirilir. Her girdi değerine yeni ağırlıklar atanır ve ortaya çıkan bu yeni değerler toplanır. Sonraki gizli katmanlarda bir önceki katmanın çıktısı analiz edilir ve bir sonraki katmana iletilir. En sonunda çıktı katmanında sonuca ulaşabilmek için bilgiler birleştirilir.



Şekil 2.5. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

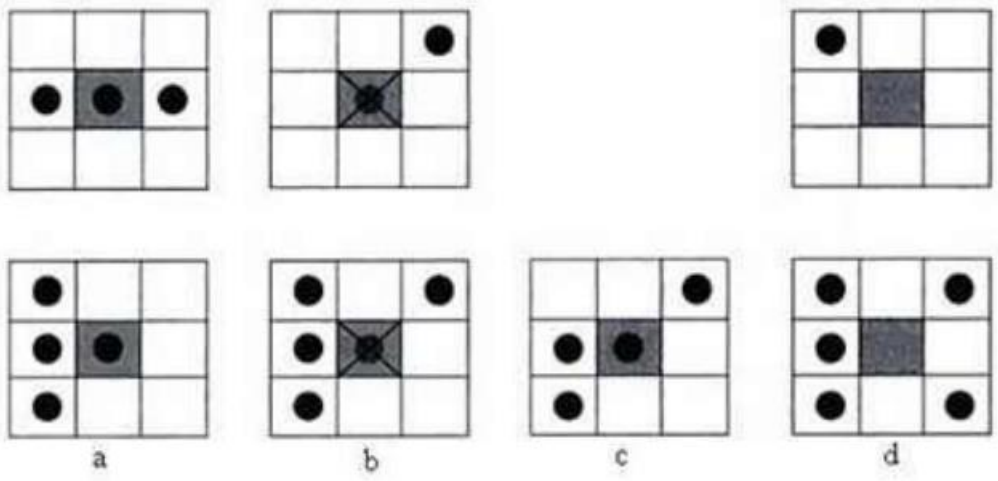
2.8.2. Hücresel Otomat

Otomat kavramı, 1930'lu yıllarda bilgisayarın temel çalışma prensiplerini ortaya koyan Alan M. Turing adına atfedilen Evrensel Turing Makinesi ile ortaya çıkmıştır. Daha sonra Jon von Neumann Hücresel Otomat'ı keşfetmiştir ve öncü kişi olarak bilinir [36]. Rastgele oluşturulan paternlerin evrimini anlamak ve simüle etmek amacıyla hücresel otomatları kullanmışlarıdır. 1970 yılında John Conway "The Game of Life" adını verdiği programı ile hücresel otomatların popülerleşmesine katkı sağlamıştır [28]. Bu program

basit kurallarla belirsiz ve karmaşık davranışları taklit edebilme yeteneği ile dikkat çekmiştir.

Hücresel otomatlar basit kuralların uygulandığı bir hücre kümesi üzerindeki durumların gelişimin modelleyen bir yaklaşımdır. Bu modelde bir hücre komşusu olduğu sekiz hücreden bilgiler alarak kendi durumunu belirlemektedir [28]. Hücre canlı veya ölü olarak oluşabilmektedir. Her hücre yatay, dikey ve çapraz olmak üzere bütün komşuları ile etkileşim halindedir. Her hücre içi hücrelerin durumları şu şekildedir [28]:

- Canlı bir hücre iki ya da üç canlı komşu hücreye sahipse bir sonraki nesle değişmeden aktarılır (Şekil2a).
- Bir canlı hücre üçten fazla canlı komşu hücreye sahipse "kalabalıklaşma" nedeniyle, eğer canlı bir hücre ikiden az canlı komşu hücreye sahipse "yalnızlık" nedeniyle ölür (Şekil2b).
- Ölü bir hücre üç canlı komşu hücreye sahipse canlanır (Şekil2c).
- Bir ölü hücre üçten fazla canlı komşu hücreye veya ikiden az canlı komşu hücreye sahipse ölü durumunda kalır (Şekil2d).



Şekil 2.6. The Game of Life [28]

Hücresel otomatların, coğrafi problemlere uygulanmasını avantajlı kılan iki özelliği bulunmaktadır. İlki kendiliğinden mekânsal olmasıdır. İkincisi ise çok basit kurallar sayesinde çok karmaşık şekiller oluşturabilmektedir. Bu özelliğinden dolayı HO tabanlı birçok program geliştirilmiş olup özellikle kentsel büyüme simülasyonlarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

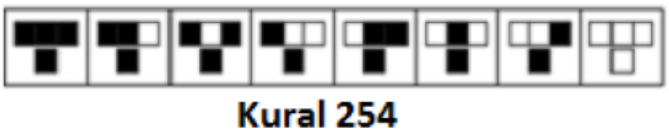
d-boyutlu düzenli bir hücresel otomat $(\mathbb{Z}^d, V, Q, f)$ 4'lüsü ile tanımlanabilir. Burada $\mathbb{Z}^d$, hücresel otomatı oluşturan hücrelerin bulunduğu uzayı ifade eder. V ise komşuluk vektörüdür. Q, sonlu durum kümesidir hücrelerin alabileceği değerler bu kümenin elemanıdır. f, yerel geçiş fonksiyonudur. Hücresel otomatın kuralı olarak da isimlendirilir. Hücrelerin komşuluklarında bulunan hücrelerin durumlarına göre bir sonraki duruma geçişi sağlar [66].

Hücresel otomatın bir hücresinin uzaydaki yerini göstermek üzere a_i^T, o hücrenin T anındaki durumunu belirtsin. Buna göre düzenli bir hücresel otomat dinamiği eşitlik (2.3)'deki gibi verilir.

$$a_i^{T+1} = f\left(a_{i-i_1}^T, \ldots., a_{i-i_s}^T\right), T = 0, 1, 2 \ldots. \tag{2.3}$$

Temel hücresel otomatların hücrelerinin bulunduğu uzay $\mathbb{Z}$'dir. Komşuluk vektörü $V = (1, 0, -1)$'dir. Durum kümesi $Q = \{1, 0\}$'dir. Şekil 2.7'de kuralların gösterimi verilmiştir. Siyah hücreler 1 durumunu beyaz hücreler 0 durumunu ifade etmektedir. Kuralların isimleri ikili değerin onluk sistemdeki karşılığı olarak verilir [64]. 3-komşuluklu temel hücresel otomatta toplam $2^8 = 256$ yerel kural mevcuttur.

Hücresel otomatta bu kuralla alakalı iki kısıtlama yapılabilir. İlki, başlangıç durumu bütün hücrelerin 0 olduğu hücresel otomatların hücreleri daha sonraki adımlarda değişiyorsa uygulanan kural illegaldir. Bu yasak kurallar son biti 1 olan kurallardır. Çünkü bu kurallar 0 ve 1 değerlerini alan hücrelerin işleyişindeki simetriyi ortadan kaldırır. İkincisi, kurallar yansımalı ve simetrik olmalıdır. Yani 100, 001, 110, 011 aynı sonuçları vermelidir.



*Şekil 2.7.*Temel Hücresel Otomat Kural Gösterimi [64]

Hücresel otomatın kuralları Boolean fonksiyonu gibi düşünülebilir. a_i^T, i hücresinin T zaman adımındaki değerini göstersin. Örneğin kural 90'ı ele alırsak bu kurala göre aslında hücrenin sağındaki ve solundaki hücrelerle mod 2'de toplama işlemi veya mantıksal xor (exclusive or) işlemi yapılmaktadır.

$$a_i^{T+1} = a_{i-1}^T \oplus a_{i+1}^T \tag{2.4}$$

Benzer şekilde kural 150, $a_i^{T+1} = a_{i-1}^T \oplus a_i^T \oplus a_{i+1}^T$ eşitliği ile ifade edilebilir. Hücresel otomat kurallarının Boolean fonksiyonları ile gösterimi pratik gerçeklemelerin yapılabilmesi için oldukça uygundur [64].

Komşuluk hücresel otomat çalışmalarının belirleyici etkenlerinden biridir. Çalışmaya göre özelleştiği görülen komşuluk formülasyonlarının en sık karşılaşılan tipleri Moore ve von Neumann olarak görülmektedir.

Moore komşuluğu bir merkez hücre ve onu çevreleyen hücreler olarak ifade edilebilir [29]. Moore komşuluk aralığı formül 2.5'te verilmiştir.

$$N_{(x_0,y_0)=}\{(x,y): |x - x_0| \leq r, |y - y_0| \leq r\} \tag{2.5}$$

Von Neumann ise merkez hücreyi eşkenar dörtgen oluşturacak şekilde çevreleyen bir formülasyondur. Formül 2.6'te gösterilmektedir.

$$N_{(x_0,y_0)=}\{(x,y): |x - x_0| \ + \ |y - y_0| \leq r\} \tag{2.6}$$

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1. Sınıflandırma Sonuçları

Bu çalışma, Melikgazi ilçesinin yıllar içinde arazi kullanım değişimini tespit etmek ve geleceğe yönelik tahmin modelleri oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayı gerçekleştirmek için birden fazla yazılım aracı kullanılmıştır. Öncelikle uydu görüntülerini elde etmek için USGS Earth Explorer aracı kullanılmıştır. Sonra elde edilen uydu görüntülerinin sınıflandırılması için Envi 5.3 yazılımı kullanılmıştır. Ardından sınıflandırılan verilerin doğruluk analizi ve değişim tespitinin yapılması için ArcGIS 10.4 yazılımı kullanılmıştır. İkinci olarak simülasyon modelinin girdi verilerini düzenlemek için ArcGIS 10.4 yazılımı kullanılmıştır. Son olarak düzenlenen girdi verileri ve sınıflandırılan uydu görüntüleriyle simülasyon modeli QGIS 2.18 yazılımında oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular Melikgazi ilçesinde yerleşim alanları artarken su alanları ve tarım arazilerinin azaldığını ortaya koymaktadır. Bu çalışma Melikgazi ilçesinin gelecek yerleşim modeli ve planlı yapılaşması için rehberlik edebilecek önemli bilgiler sunmayı hedeflenmektedir.

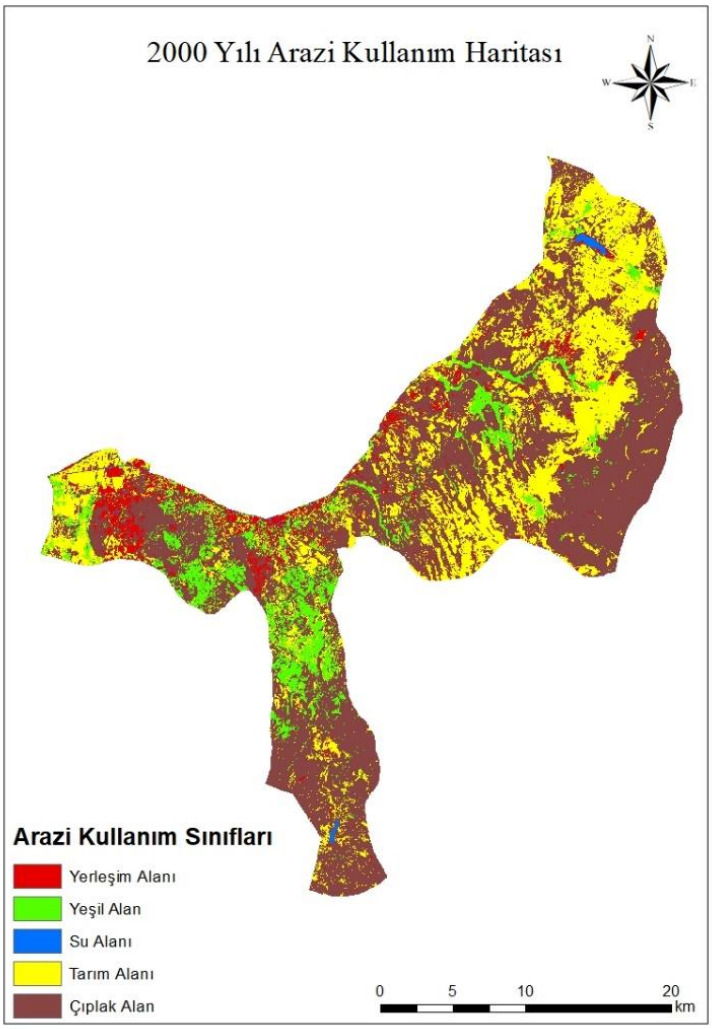
Ham halde bulunan uydu görüntülerindeki verileri bilgiye dönüştürüp yorumlanabilir hale getirmek için sınıf grupları belirlenerek kontrollü sınıflandırma yöntemi ile uydu görüntüleri sınıflandırılmıştır. Her yıl için 5 sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar; yerleşim alanı, yeşil alan, su alanı, tarım alanı ve çıplak alandır. Benzer özelliğe sahip olan pikseller aynı sınıf grubuna atanmıştır. Yol, sanayi gibi alanlar yerleşim alanı sınıfına dahil edilmiştir. Sulu tarım ve kuru tarım alanları tek bir sınıf altında toplanmıştır. Üzerinde yerleşim ve tarım alanı olmayan dağlık bölgeler ise çıplak alan sınıfına atanmıştır. Sınıflandırma sırasında alanların tam olarak tanımlanabilmesi için elimizdeki uydu görüntüleri dışında Google Earth Pro uygulamasından da yardım alınmıştır.

Sınıflandırma işlemi literatürde de sıkça kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden biri olan Maksimum Olabilirlik Yöntemi tercih edilmiştir. Sınıflandırma işlemi Envi 5.3 yazılımında Classification → Supervised → Maximum Likelihood adımları izlenerek gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işleminde her yıl için ayrı referans noktaları (roi) belirlenmiştir.

Melikgazi ilçesi için yapılan bu sınıflandırma işleminde Erciyes Dağı'nın bulunduğu bölge çıkarılmak zorunda kalındı. Dağın zirvesinde bulunan kar kütlesinin piksel yansıtımı ile yerleşim alanı içerisinde yer alan sanayi bölgesi alanının piksel yansıtımları aynı olduğu için sınıflandırma sonucunda dağın zirvesinde bulunan kar kütlesi yerleşim alanı olarak algılanmaktaydı ve hem sınıflandırma doğruluğu analizinde hem de simülasyon çalışmalarında tutarsız sonuçlar elde edilmesine sebebiyet vermekteydi. Bundan dolayı Melikgazi ilçesi içerisinde bulunan Erciyes Dağı çalışmadan çıkarıldı.

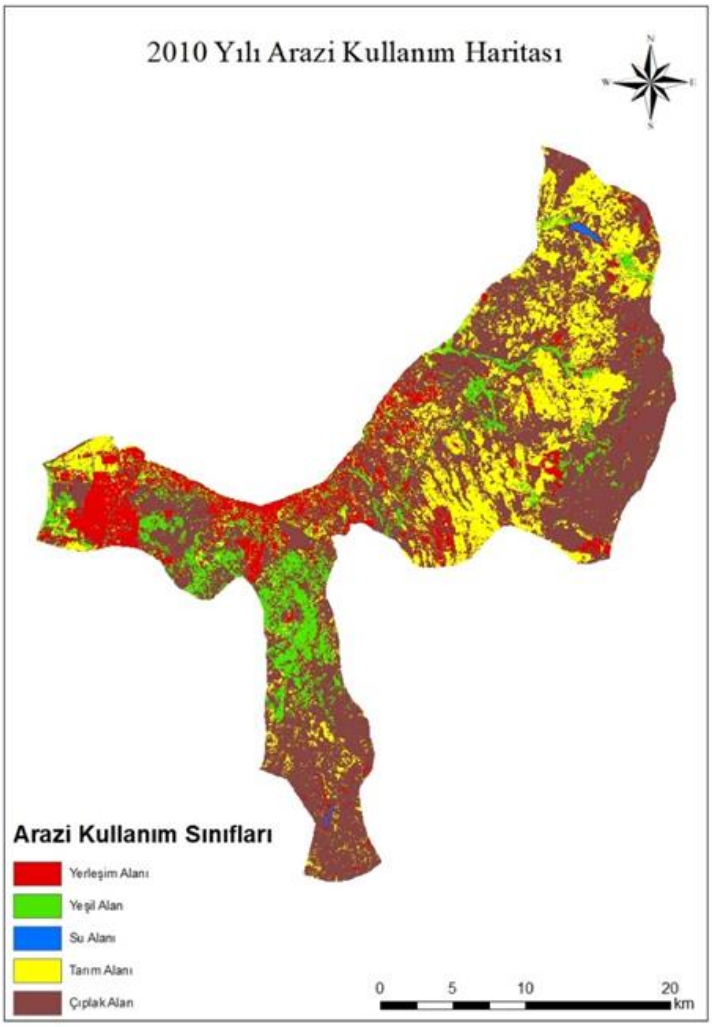
Sınıflandırma işleminden sonra arazi kullanıma haritalarının oluşturulması ve analiz edilebilmesi için ArcGIS 10.4 yazılımından destek alınmıştır.

Çalışmada 2000, 2010 yılı Landsat ETM ve 2020 yılı Landsat 8 uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. 2000 yılına ait uydu görüntüsü için 5 adet sınıf seçilmiştir. Bunlar; yerleşim alanı, yeşil alan, su alanı, tarım alanı ve çıplak alandır. Uydu görüntüsünden faydalanarak referans noktaları belirlenmiş ve 5 sınıf için 644 piksel seçilmiştir. Sınıflandırma sonucu Şekil 3.1. 'de gösterilmiştir.



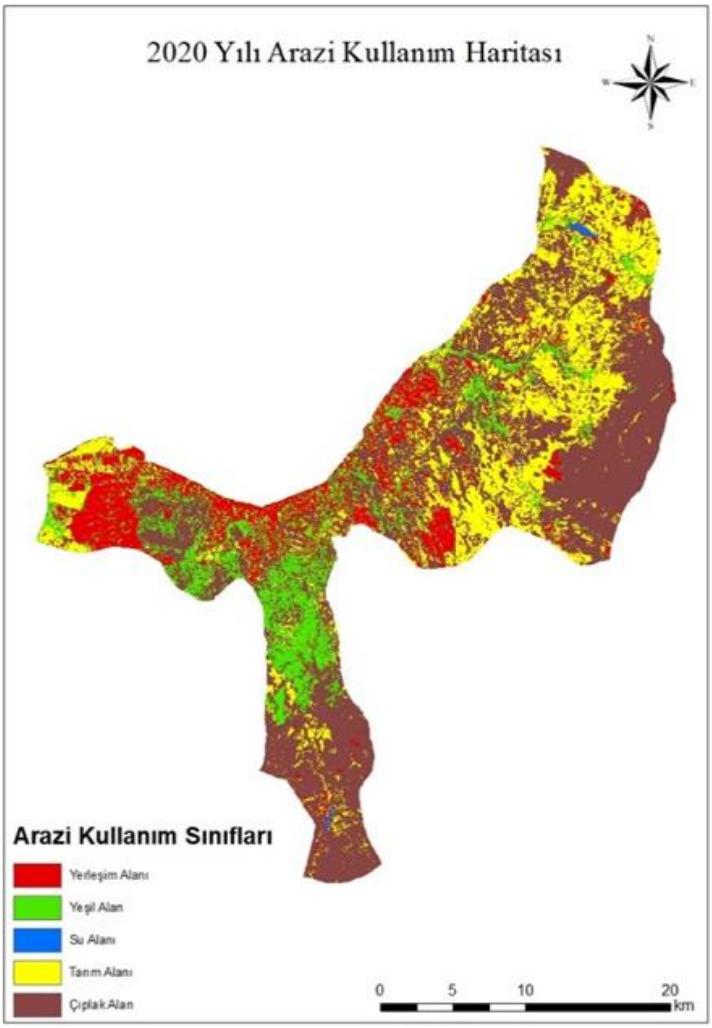
Şekil 3.1. 2000 Yılı Arazi Kullanım Haritası

2010 yılına ait 5 sınıf seçilmiştir. Yeni referans noktaları belirlenmiş ve 5 sınıf için 1330 piksel seçilmiştir. Sınıflandırma sonucu Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. 2010 Yılı Arazi Kullanım Haritası

2020 yılına ait uydu görüntüsü için 5 sınıf seçilmiştir. 5 sınıf için 2100 piksel seçilmiştir. Sınıflandırma sonucu Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. 2020 Yılı Arazi Kullanım Haritası

3.2. Doğruluk Analizi

Sınıflandırılan uydu görüntülerinin doğruluğunu hesaplamak için ArcGIS yazılımı kullanılarak arazi kullanım haritalarından 300'ün üzerinde farklı kontrol noktası rastgele belirlenmiştir. Bu kontrol noktaları Google Earth programında bulunan yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin üzerine eklenmiş ve ürettiğimiz arazi kullanım haritalarıyla sınıf karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırma sonucu hata matrisi, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve kappa istatistiği hesaplanmıştır.

2000 yılı için yapılan sınıflandırma doğruluğu analizi sonuçlarına göre; alınan 311 kontrol noktasının genel doğruluğu %91.32, kappa istatistiği 0.86 olarak elde edilmiştir. Doğruluk tablosu Tablo 3.2.'de gösterilmektedir. Yerleşim, tarım ve yeşil alanda üretici

doğruluğu kullanıcı doğruluğundan daha yüksek iken su alanı ve çıplak alanda kullanıcı doğruluğu üretici doğruluğundan daha yüksek elde edilmiştir. Doğruluk analizi için üretilen hata matrisi Tablo 3.1.'de gösterilmektedir. Hata matrisi incelendiğinde çıplak alan içerisine tarım ve yerleşim alanlarından az miktarda da olsa karışmış olduğu görülmekte bunun sebebinin tarım ve yerleşim alanlarının çıplak alanla iç içe olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3.1. 2000 Yılı Hata Matrisi

	Yerleşim Alanı	**Yeşil Alan**	**Su Alanı**	**Tarım Alanı**	**Çıplak Alan**	**Toplam**
Yerleşim Alanı	32	0	0	0	3	**35**
Yeşil Alan	1	26	0	1	1	**29**
Su Alanı	0	0	7	1	0	**8**
Tarım Alanı	0	2	1	66	8	**77**
Çıplak Alan	0	0	1	8	153	**162**
Toplam	**33**	**28**	**9**	**76**	**165**	**311**

Tablo 3.2. 2000 Yılı Doğruluk Analizi Tablosu

Arazi Kullanım Sınıfları	**Üretici Doğruluğu (%)**	**Kullanıcı Doğruluğu (%)**
Yerleşim Alanı	96.97	91.42
Yeşil Alan	92.85	89.66
Su Alanı	77.78	87.50
Tarım Alanı	86.84	85.71
Çıplak Alan	92.75	94.44
Genel Doğruluk (%)	91.32	
Kappa	0.86	

2010 yılı için yapılan sınıflandırma doğruluğu analizi sonuçlarına göre; doğruluk analizi sonuçları Tablo 3.4.'de, hata matrisi sonuçları ise Tablo 3.3.'te gösterilmektedir. Yapılan doğruluk analizi sonucunda 2010 yılının arazi kullanım haritası için oluşturulan 417 kontrol noktasının genel doğruluğu %90.41, kappa istatistiği 0.84 olarak elde edilmiştir. Tarım, yerleşim ve su alanının kullanıcı doğruluğu üretici doğruluğundan daha yüksek sonuç vermiştir. Çıplak alan ve yeşil alanın ise üretici doğruluğu kullanıcı doğruluğundan daha yüksek çıkmıştır. Hata matrisi incelendiğinde ise 2010 yılı için üretilmiş olan arazi kullanım haritasında yerleşim alanı, tarım alanı ve çıplak alanı ayırt etmekte sıkıntılar yaşandığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3.3. 2010 Yılı Hata Matrisi

	Yerleşim Alanı	**Yeşil Alan**	**Su Alanı**	**Tarım Alanı**	**Çıplak Alan**	**Toplam**
Yerleşim Alanı	40	0	0	1	4	**45**
Yeşil Alan	0	42	0	1	3	**46**
Su Alanı	0	0	8	1	0	**9**
Tarım Alanı	1	0	1	67	6	**75**
Çıplak Alan	8	0	1	13	220	**242**
Toplam	**49**	**42**	**10**	**83**	**233**	**417**

Tablo 3.4. 2010 Yılı Doğruluk Analizi Tablosu

Arazi Kullanım Sınıfları	**Üretici Doğruluğu (%)**	**Kullanıcı Doğruluğu (%)**
Yerleşim Alanı	81.63	88.88
Yeşil Alan	100	91.3
Su Alanı	80.00	88.89
Tarım Alanı	80.72	89.33
Çıplak Alan	94.42	90.91
Genel Doğruluk (%)	90.41	
Kappa	0.84	

2020 yılı için yapılan sınıflandırma doğruluğu analizi sonuçlarına göre; 2020 yılının arazi kullanım haritası için oluşturulan 394 adet kontrol noktasının genel doğruluğu %91.16 iken kappa istatistiği değeri 0.87 olarak bulunmuştur. Hata matrisi tablosu, Tablo 3.5.'te ve doğruluk analizi tablosu, Tablo 3.6.'da gösterilmektedir. Bu kez yapılan analiz sonucunda yeşil alanın üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu eşit çıkmıştır. Yerleşim alanı ile tarım alanının kullanıcı doğruluğu üretici doğruluğundan yüksek iken çıplak alan ve su alanının üretici doğruluğu kullanıcı doğruluğundan daha yüksek çıkmıştır. 2020 yılı arazi kullanımı haritası için hazırlanmış hata matrisi incelendiğinde yerleşim alanının ayırt etmekte ufak sıkıntılar yaşandığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3.5. 2020 Yılı Hata Matrisi

	Yerleşim Alanı	**Yeşil Alan**	**Su Alanı**	**Tarım Alanı**	**Çıplak Alan**	**Toplam**
Yerleşim Alanı	54	0	0	0	3	**57**
Yeşil Alan	1	49	1	1	0	**52**
Su Alanı	0	1	9	0	1	**11**
Tarım Alanı	7	2	0	87	2	**98**
Çıplak Alan	4	0	0	12	162	**178**
Toplam	**66**	**52**	**10**	**100**	**168**	**396**

Tablo 3.6. 2020 Yılı Doğruluk Analizi Tablosu

Arazi Kullanım Sınıfları	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim Alanı	81.81	94.73
Yeşil Alan	94.23	94.23
Su Alanı	90.00	81.82
Tarım Alanı	87	88.77
Çıplak Alan	96.43	91.01
Genel Doğruluk (%)	91.16	
Kappa	0.87	

3.3. Değişim Analizi

2000 – 2010 Yılı Dönemi:

Değişim analizi aynı coğrafi bölgeye ait farklı zaman dilimlerinde elde edilmiş iki ya da daha fazla görüntünün çevresel değişimlerinin izlenmesidir [21]. Önceki dönemlerde elde edilen verilerle günümüz karşılaştırılarak mekânsal ve zamansal değişimler incelenebilir. Değişim analizinde farklı yöntemler mevcuttur ve özellikle sürdürülebilir kalkınma planları, çevresel koruma stratejileri ve afet yönetimi gibi birçok alanı etkileyerek önemli kararlar alınmasına katkı sağlayan bir yöntemdir.

Tablo 3.7.'de 2000 ve 2010 yılı arazi kullanım değişim matrisi gösterilmektedir Tabloya bakıldığında yerleşim alanlarında büyük bir artış olduğu gözlemlenmektedir. 10 yıllık periyotta Melikgazi ilçesine yapılan yatırımlarla beraber iş imkanlarının artışı ilçenin nüfusunun artıp yeni yerleşim alanlarının açılmasına teşvik etmiştir. Melikgazi ilçesinin şehrin merkezinde bulunması da bu duruma katkı sağlamıştır. 10 yılda %114'lük bir artış görülmektedir. Şekil 3.4'te iki yıla ait yerleşim alanı değişimi gösterilmiştir. Yeşil alanlarda %9'luk bir artış yaşanmıştır. Tarım alanlarında yaşanan %25'lik azalmanın büyük bir çoğunluğu çıplak alana geçmiştir. Çıplak alandan sonra en fazla geçiş yerleşim alanlarına olmuştur bu da tarım alanlarının bir kısmına yerleşim alanı yapıldığını göstermektedir. Çıplak alanda çok küçük azalış olmuştur. Su alanında ise 10 yıllık süre içerisinde %4'lük bir azalış görülmektedir.



Şekil 3.4. 2000-2010 Yılı Yerleşim Alanı Değişimi

Tablo 3.7. 2000 ve 2010 Yılı Değişim Matrisi (ha)

		2000 Yılı					
		Yerleşim Alanı	**Yeşil Alan**	**Su Alanı**	**Tarım Alanı**	**Çıplak Alan**	**Toplam**
2010 Yılı	Yerleşim Alanı	2137.36	525.15	117.67	1418.71	3527.16	7726.05
	Yeşil Alan	126.72	3352.72	3.53	1116.42	1896.10	6495.49
	Su Alanı	2.43	22.07	124.20	45.02	66.39	260.11
	Tarım Alanı	514.59	401.88	18.04	9742.41	2953.03	13629.95
	Çıplak	818.39	1606.42	9.81	5891.78	27457.57	35783.97
	Toplam	3599.50	5908.24	273.25	18214.33	35900.25	63895.57
	Görüntü Farkı (ha)	4126.55	587.24	-13.14	-4584.38	-116.27	0.00
	Görüntü Farkı (%)	114.65	9.94	-4.81	-25.17	-0.32	

2010 – 2020 Yılı Dönemi:

Tablo 3.8.'de gösterilen değişim matrisinde her zaman olduğu gibi yeniden yerleşim alanında artış gözlemlenmiştir. Bu artış şehrin devamlı gelişmekte olduğunu göstermektedir. Şekil 3.5'te yerleşim alanı değişimi gösterilmiştir. Yeşil alanlarda yaşanan artışın zamanla bağ yaşamına olan ilginin artmasıyla insanların özellikle yaz aylarında burada yaşamayı tercih etmesi ve ekim, dikim yapmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çıplak alanda oluşan azalışın tarım alanındaki artışa etki ettiği görülmekte ve zaman içerisinde tarımda yapılan iyileştirmelerinde buna katkı sağladığı düşünülmekte. Bunun dışında yeşil alandaki piksel yansıtımlarıyla tarım alanlarındaki yansıtımların birbirlerine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir bundan dolayı da yeşil alan olarak sınıflandırılabilecek alanların tarım alanlarına kaydığı düşünülmektedir. Su alanları 2010 – 2020 yılları arasındaki dönemde %2 oranında bir azalışa uğradığı görülmektedir.

Tablo 3.8. 2010 ve 2020 Yılı Değişim Matrisi

		2010 Yılı					
		Yerleşim Alanı	**Yeşil Alan**	**Su Alanı**	**Tarım Alanı**	**Çıplak Alan**	**Toplam**
2020 Yılı	Yerleşim Alanı	5018.38	407.14	17.02	905.98	2414.31	8762.83
	Yeşil Alan	812.46	4055.32	0.00	693.59	2159.15	7720.53
	Su Alanı	44.96	13.22	102.85	37.38	55.58	253.99
	Tarım Alanı	846.96	630.76	73.22	9113.71	5122.33	15786.97
	Çıplak Alan	1004.92	1388.31	67.02	2879.04	26029.33	31368.62
	Toplam	7727.67	6494.75	260.11	13629.70	35780.71	63892.94
	Görüntü Farkı (ha)	1035.15	1225.78	-6.12	2157.27	-4412.08	0.00
	Görüntü Farkı (%)	13.40	18.87	-2.35	15.83	-12.33	



Şekil 3.5. 2010-2020 Yılı Yerleşim Alanı Değişimi

2000 – 2020 Yılı Dönemi:

2000 ve 2020 yılları arasındaki 20 yıllık sürede özellikle yerleşim yeri açısından önemli değişimler gözlemlenmiştir. Tablo 3.9.'da 2000 ve 2020 yılları arası değişim matrisi gösterilmektedir. Değişim matrisi incelendiğinde şehir alanında önemli bir artış (%143) gözlemlenmektedir. Yerleşim alanı olarak sınıflandırdığımız alanlar 2000 yılında 3599 hektar iken 2020 yılında 8761 hektara yükselmiştir. Bu artış en önemli nedenlerinden biri Kayseri ilinin bir sanayi şehri olması ve sanayi bölgelerinin Melikgazi ilçesinde yer almasıdır. İlçenin batısında yıllar içinde gelişen Kayseri Organize Sanayi Bölgesi ve ilçenin güney bölgesinde yeni kurulan Mimar Sinan Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. İki büyük sanayi bölgesine ev sahipliği yapan ilçe iş imkanlarının fazla olmasından kaynaklıda ilçe merkezi ve çevresinde yerleşim alanlarında da artışa neden

olmuştur. Yaşanan bu artış şekil 3.6'da gösterilmiştir. İnsan nüfusunun artmasıyla artan yerleşim alanlarında uygulanan dikey mimari yöntemi çevre illerde yaşanan büyük depremlerden sonra dikkat çekmeye başlamış ve Kayseri şehri Türkiye'de dikey mimaride birinci sırada yer almıştır [33]. Hızla artan nüfusla birlikte yerleşim alanı ihtiyacı doğmakta fakat Kayseri şehrinin ve çevresinde bulunan şehirlerin deprem bölgesi olduğu göz ardı edilmeden bundan sonra uygulanacak politikalarda iyileştirmeler gerektiği gözlemlenmiştir.

Değişim matrisi incelediğinde yeşil alanda bir artış görülmektedir bu artışın en büyük sebeplerinde biri bağ yerleşimlerinin artması ve mesire alanlarının iyileştirilmesidir. Özellikle Kayseri ilinde insanlar yaz aylarında bağlarına taşınmakta ve toprakla uğraşmaktadır bu da yeşil alanda artışa neden olmuştur. Su alanında %7'lik bir azalış gözlemlenmiştir. Melikgazi ilçesi içerisinde bulunan Tekir Gölet'i ve Sarımsaklı Barajı su alanına dahil edilmiştir. Bu azalışın nedenlerinden biri iklim değişikliğinden kaynaklanmaktadır çok sıcak geçen yaz ayları ile azalan su miktarı sonbahar ve kış aylarında yağışın az olması ve kısa sürmesi su alanlarında bu azalışı tetiklemiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 2020 yılı için hazırladığı iklim raporunda 2020 yılının sıcaklık ortalaması değerlendirildiğinde 1971'den bu yana gerçekleşen en sıcak 3.yıl olmuştur. Aynı zamanda ülke genelinde yağış oranlarının %13 azaldığı tespit edilmiştir [63]. Yapılan bu çalışmalarda geçen 20 yıllık süreçte iklim değişikliğinin belirgin bir şekilde arazi kullanımına etkisinin olduğu görülmektedir. Diğer bir neden iste artan nüfus ve ilçenin hızla gelişmesi gösterilebilir.

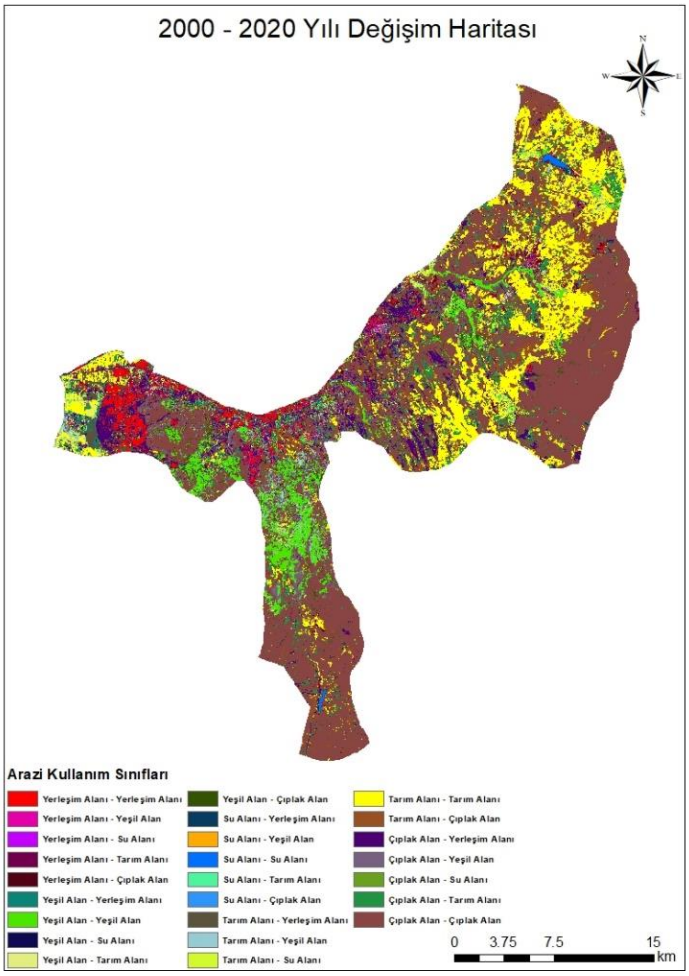
Tarım alanlarında gerçekleşen %13'lük azalma bazı tarım alanlarının yerlerini yerleşim alanlarının alması bir kısmının da çıplak alanlara dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Değişim matrisi incelendiğinde 528 hektarlık alanın yeşil alana kaydığı görülmekte bunun nedeni tarım alanı ve yeşil alanın yansıtımlarının birbirlerine yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Buradaki yeşil alan tarım alanının %3'lük bir kısmı gibi küçük bir alana denk geldiği için göz ardı edilebilecek seviyededir. Çıplak alanda ise %12'lik bir azalış görülmektedir. Bu alanın bir kısmı yeşil alana, tarıma alanına ve yerleşim alanına geçiş yaptığı değişim matrisine bakıldığında gözlenebilmektedir. Şekil 3.7.'de 2000-2020 yılı değişim tespit haritası gösterilmektedir.



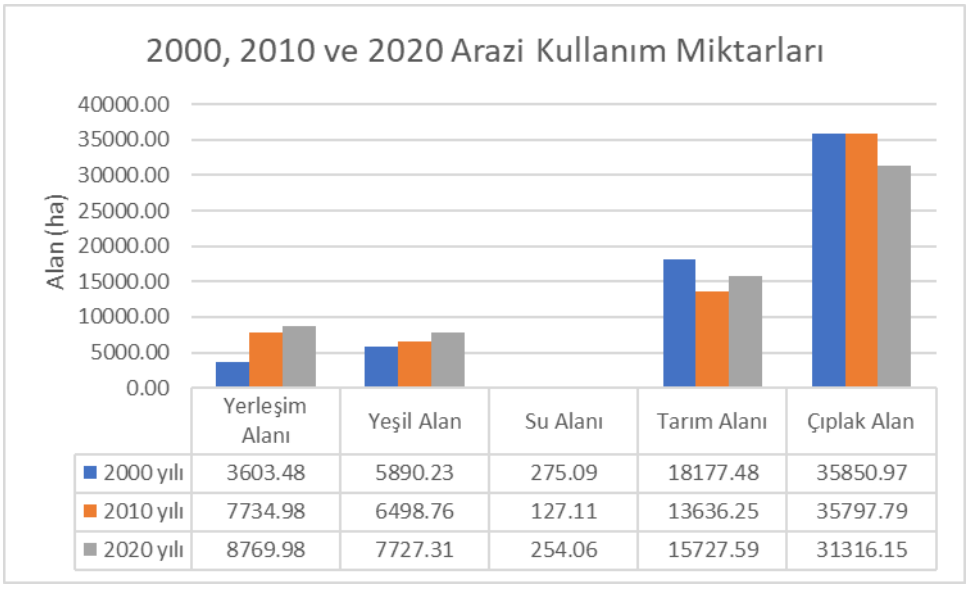
Şekil 3.6. 2000-2020 Yılı Yerleşim Alanı Değişimi

Tablo 3.9. 2000-2020 Yılı Değişim Matrisi (ha)

		2000 Yılı					
		Yerleşim Alanı	**Yeşil Alan**	**Su Alanı**	**Tarım Alanı**	**Çıplak Alan**	**Toplam**
2020 Yılı	Yerleşim Alanı	2091.08	563.92	119.46	1900.68	4086.54	8761.67
	Yeşil Alan	316.91	3677.65	15.66	1321.53	2389.51	7721.27
	Su Alanı	13.43	10.19	110.95	34.91	84.54	254.01
	Tarım Alanı	703.27	528.81	15.62	10377.84	4095.21	15720.74
	Çıplak Alan	474.54	1105.05	11.64	4534.45	25178.17	31303.84
	Toplam	3599.22	5885.62	273.32	18169.40	35833.97	63761.53
	Görüntü Farkı (ha)	5162.45	1835.65	-19.31	-2448.66	-4530.13	0.00
	Görüntü Farkı (%)	143.43	31.19	-7.06	-13.48	-12.64	



Şekil 3.7. 2000-2020 Yılı Değişim Haritası



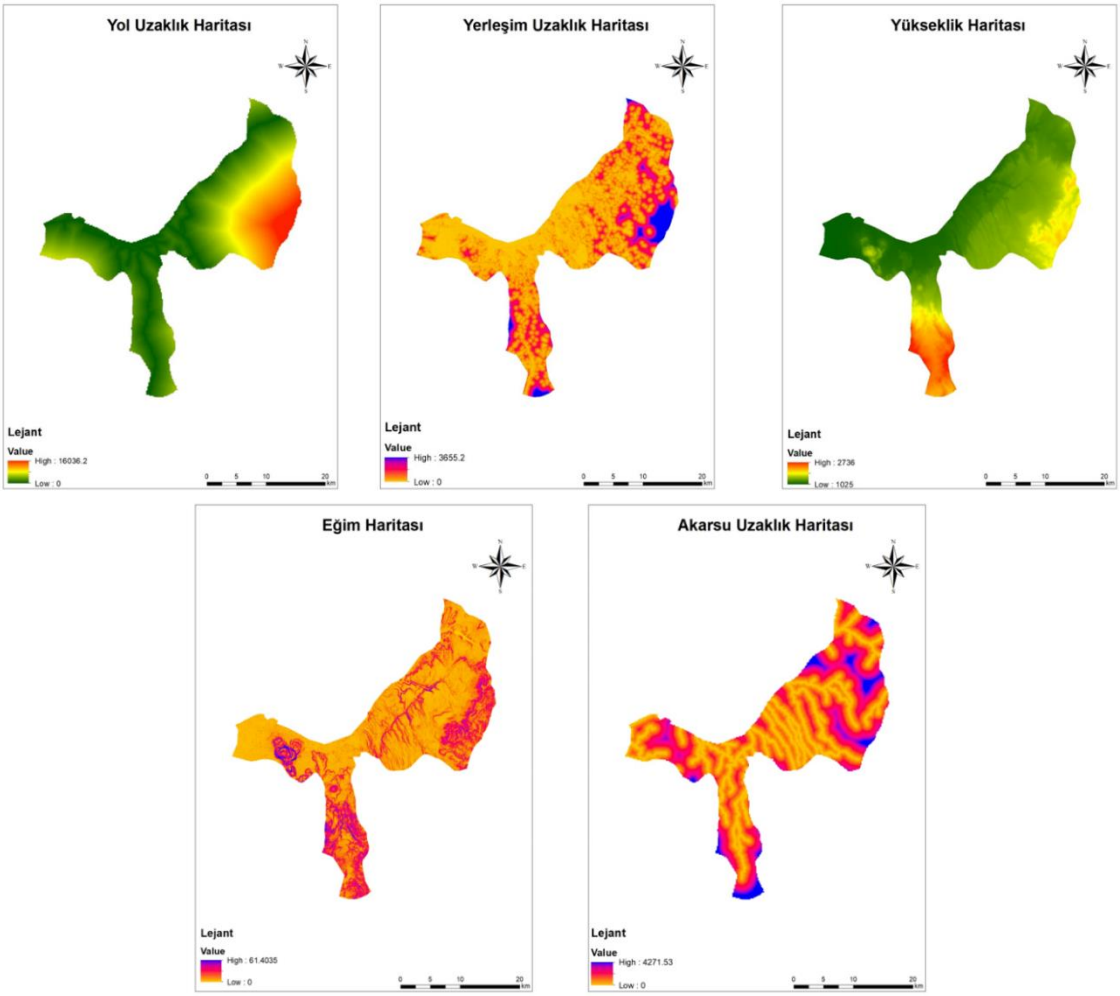
	Yerleşim Alanı	Yeşil Alan	Su Alanı	Tarım Alanı	Çıplak Alan
2000 yılı	3603.48	5890.23	275.09	18177.48	35850.97
2010 yılı	7734.98	6498.76	127.11	13636.25	35797.79
2020 yılı	8769.98	7727.31	254.06	15727.59	31316.15

Şekil 3.8. 2000, 2010 ve 2020 Yılı Arazi Kullanım Miktarları [ha]

3.4. Arazi Örtüsü/Kullanımı Simülasyon Modellemesi

3.4.1. Simülasyon Girdi Verileri

Arazi kullanımı/arazi örtüsü simülasyonu oluştururken sınıflandırılmış görüntüler dışında arazinin gelişimini etkileyen diğer verilerde kullanılır. Bu verilere simülasyon girdi verileri adı verilir. Araştırmalar sonucunda çalışmalarda en sık kullanılan girdi verileri eğim, yükseklik, yol, yerleşim alanı ve akarsu verileridir. Bu çalışmada da bahsi geçen girdi verilerinden yararlanılmıştır. Verilerin oluşturulmasında ArcGIS yazılımından faydalanılmıştır. Elde edilen veriler çalışma yapılan alanın boyutlarına göre kesilmiştir. Yerleşim alanı verisi sınıflandırılan 2020 yılı görüntüsünden çıkarılmıştır. Yol, yerleşim alanı ve akarsu verilerini Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıkları hesaplanmıştır. Sayısal yükseklik modelinden de eğim verisi oluşturulmuştur. Bu veriler geleceğe dönük simülasyon oluştururken çalışmaya büyük katkı sağlamıştır. Şekil 3.9.'de işlenmiş simülasyon girdi verileri gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Simülasyon Girdi Verileri

3.4.2. Modelleme ve Doğruluk Analizi

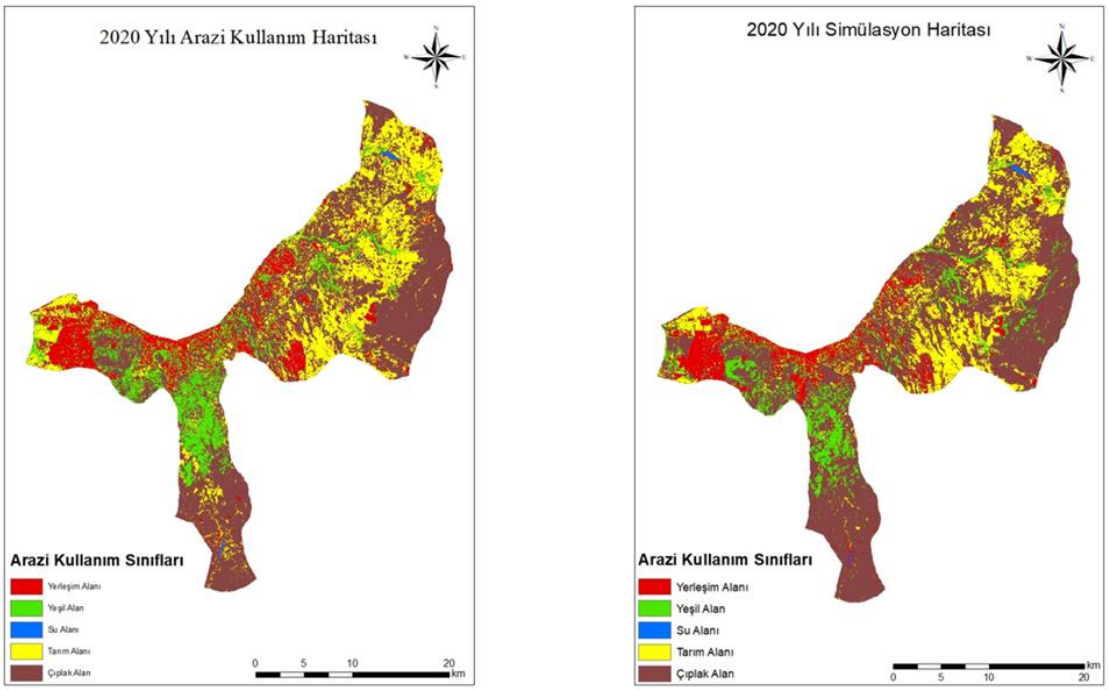
Simülasyon modellemesi QGIS yazılımı içerisinde bulanan MOLUSCE eklentisi kullanılarak yapılmıştır. MOLUSCE eklentisi yapay sinir ağları, lojistik regresyon, çok kriterli karar verme gibi simülasyon yöntemlerini kullanarak veriler arasındaki ilişkiyi hesaplarlar bir sonraki aşamada hücresel otomat yöntemi kullanarak hesaplanana değerler ile sınıflar arasındaki gerçekte olan ilişki taklit edilir. Bu çalışmada yapay sinir ağları yöntemi tercih edilmiştir.

Geleceğe yönelik simülasyon verisi oluşturmadan önce çalışmak istediğimiz simülasyon yöntemlerini test edip, doğru sonuçlar verip vermediğini görmemiz gerekmektedir aksi takdirde oluşturacağımız simülasyon verileri güven teşkil etmez. Bunu yapmamızdaki en büyük etken simülasyon verilerinin gelecek planlaması yapımında kullanılmasıdır. Yanlış veriler yanlış planlamalara sebebiyet verebilir. Çalışmamızda kullanacağımız yöntemleri test etmek için sınıflandırdığımız 2000 ve 2010 verilerini kullanarak 2020 yılı için bir simülasyon modeli oluşturduk bu simülasyon modeliyle, sınıflandırılmış gerçek görüntümüzü karşılaştırdık.

2000 ve 2010 yılına ait sınıflandırılmış görüntüler ile birlikte simülasyon girdi verisi olarak kullanmak için oluşturduğumuz eğim, yükseklik, yol uzaklığı, yerleşim uzaklığı ve akarsu uzaklığı verilerimizi kullandık. MOLUSCE sınıflandırılmış görüntüleri birbirleriyle kıyasladı ve değişim haritası oluşturuldu. Daha sonra geçiş potansiyel modellemesi bölümünde yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak geçiş potansiyelleri hesaplandı. Yapay sinir ağları öğrenme sürecinde 2020 yılı için arazi kullanım haritasını projelendirmek için; piksel komşuluk değeri (Neighbourhood) 1x1, öğrenme değeri (Learning rate) 0.001, yineleme (maximum iterations) 100, gizli katmanlar (Hidden Layers) 8 ve momentum 0.055 olarak seçilmiştir. Model doğrulamasında tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. En son hücresel otomat yöntemi entegre edilerek veriler görselleştirilmiştir. 2020 yılı için simüle edilen görüntünün Kappa değerleri Tablo 3.10.'da görülmektedir. Şekil 3.10.'da 2020 yılına ait sınıflandırılmış ve simüle edilmiş görüntüleri gösterilmektedir.

Tablo 3.10. Kappa Değerlendirmesi

2020 Yılı Arazi Kullanım Simülasyon Modeli Ölçütleri	Değerler
Doğruluk Yüzdesi (%)	91.13
Kappa (overal)	0.81
Kappa (histo)	0.93
Kappa (loc)	0.86



Şekil 3.10. 2020 Yılı Arazi Kullanım Haritası ve 2020 Yılı Simülasyon Haritası

3.4.3. Gelecekteki Arazi Kullanım Simülasyonu

2030 Yılı Simülasyonu:

2030 yılı için oluşturulacak simülasyon modeli için bir önceki başlık altında, kullanacağımız modeli test ettik ve doğruluk oranının istediğimiz şartlarda olduğunu tespit ettik. 2030 yılı için oluşturacağımız simülasyon modelinde 2010 ve 2020 yılı sınıflandırılmış görüntüler kullanılmıştır. Oluşturulacak olan simülasyon modelinde aynı girdi verileri kullanılmıştır. Oluşturulan 2030 yılı simülasyon modeli ile 2000 yılı arazi kullanım haritası ve 2020 yılı arazi kullanım haritalarının alansal değerleri karşılaştırılmış, 30 ve 10 yıl içerisinde tahmini olarak yaşanacak değişimler yorumlanmıştır.

Tablo 3.11.'de 2020 yılı arazi kullanım verileriyle 2030 yılı simülasyon modelinden elde edilen alansal veriler karşılaştırılmıştır. 10 yıllık tahmini değişim gözlemlenmiştir.

Tablo 3.11. 2020 ve 2030 Yılı Arasındaki Değişim

	2020 Yılı Arazi Kullanım		**2030 Yılı Simülasyon**		**Fark**	**Fark**
Sınıflar	**ha**	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Yerleşim Alanı	8769.98	13.74	9069.98	14.21	300.00	3.42
Yeşil Alan	7727.31	12.11	7546.60	11.83	-180.71	-2.34
Su Alanı	254.06	0.4	236.42	0.37	-17.64	-6.94
Tarım Alanı	15727.59	24.65	15398.69	24.13	-328.90	-2.09
Çıplak Alan	31316.15	49.09	31543.42	49.44	227.27	0.72

Yerleşim alanında diğer karşılaştırmalarda olduğu gibi artış gözlemlenmiştir. Model 10 yıllık süreçte yeşil alanlarda azalış olabileceğini ön görmüştür. Su alanlarında azalış görülmekte bunun sebebinin küresel ısınmayla beraber gelen su kıtlığı tehlikesinin tahmini bir sonucu olarak değerlendirilebilir. 2030 yılında Türkiye genelinde su kaynaklarımızın %20'sinin azalması tahmin edilirken [34], oluşturduğumuz tahmin modelindeki bu veriler bize Melikgazi ilçesi özelinde de bir azalışın yaşanması şaşırtıcı bir sonuç değildir. Yeşil alanlardaki azalışın nedeninin, su kaynaklarında yaşanan azalışa bağlamak mümkündür. Tarım alanlarında %2'lik bir azalma yaşanacağı öngörülmüş bu azalışın bir kısmının tarım alanlarının etrafında gerçekleşen yapılaşmalardan kaynaklanacağı bir kısmının ise azalan su kaynaklarıyla tarımda sulamanın azalmasından kaynaklanacağı düşünülmektedir.

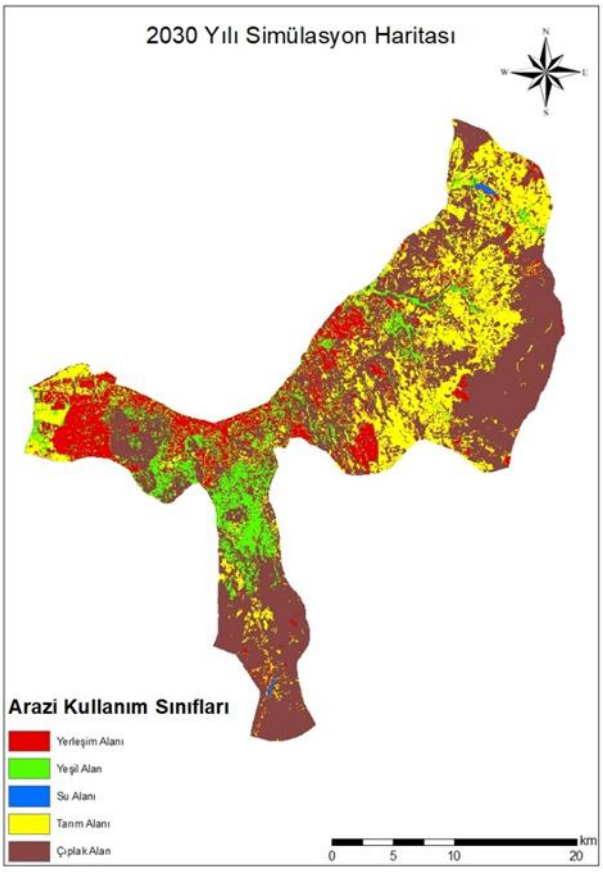
Tablo 3.12. 2000 ve 2030 Yılı Arasındaki Değişim

	2000 Yılı Arazi Kullanım		**2030 Yılı Simülasyon**		**Fark**	**Fark**
Sınıflar	**ha**	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Yerleşim Alanı	3603.48	5.65	9069.98	14.21	5466.50	151.7
Yeşil Alan	5890.23	9.23	7546.60	11.83	1656.37	28.12
Su Alanı	275.09	0.43	236.42	0.37	-38.67	-13.84
Tarım Alanı	18177.48	28.49	15398.69	24.13	-2778.79	-15.29
Çıplak Alan	35848.82	56.19	31543.40	49.44	-4305.42	-12.01

Tablo 3.12.'de görüldüğü gibi 2000 yılı ile 2030 yılı arasındaki 30 yıllık süreçte tahmini değişim her alan için ne kadar olacağı görülmekte. 30 yıl içerisinde yerleşim alanlarında

büyük bir artış yaşandığı görülmekte. %151'lik artışın en büyük nedeni sanayi alanlarının gelişmesiyle beraber iş imkanlarının artıp bölgeyi yaşam açısından daha avantajlı hale getirmesi yerleşim alanında artış yaşanmasına katkı sağlamıştır. Yeşil alanlarda artış görülmektedir. Geçen bu süre zarfında su alanlarında %13'lük bir azalış yaşanabileceği öngörülmüştür. Tarım alanlarındaki azalışı da her dönemde olduğu gibi artan yerleşim yerleri ve azalan su miktarının tetiklediği düşünülmekte. Çıplak alanlarda ise azalış gözlemlenmiştir.

Şekil 3.11.'de 2030 yılı için simülasyon modelinin oluşturduğu arazi kullanım haritası gösterilmektedir.



Şekil 3.11. 2030 Yılı Arazi Kullanım Simülasyonu

2040 Yılı Simülasyonu:

2040 yılı tahmini arazi kullanım haritasını oluşturmak için 2000 ve 2020 yılı arazi kullanım haritaları kullanılmıştır. Simülasyon modelini oluştururken yine aynı girdi verileri kullanılmıştır. Oluşturulan 2040 yılı simülasyon modelinden elde edilen verilerle 2000 yılı ve 2020 yılı alansal verileri karşılaştırılmıştır. 20 ve 40 yıllık tahmini değişimler yorumlanmıştır. Tablo 3.13.'de 2020 yılı ile 2040 yılı arasındaki alan verileri karşılaştırılmış ve çıkan sonuçlar yorumlanmıştır.

Tablo 3.13. 2020 ve 2040 Yılı Arasındaki Değişim

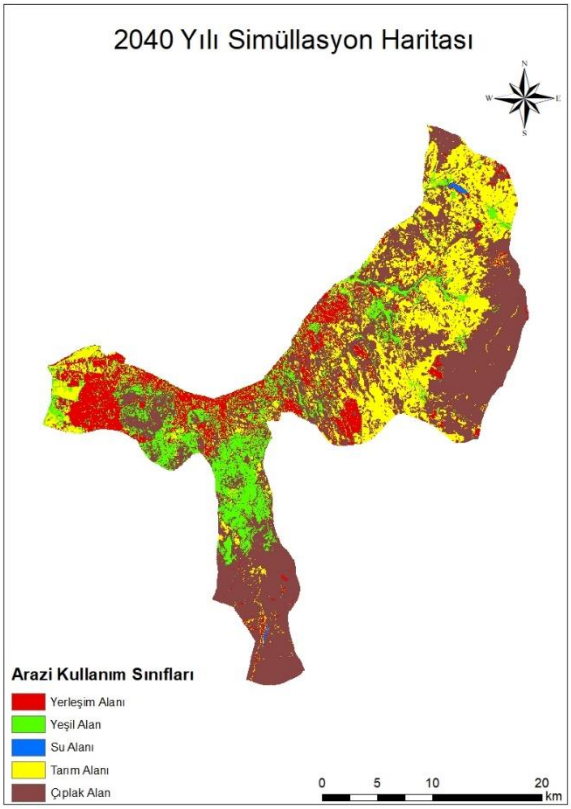
	2020 Yılı Arazi Kullanım		2040 Yılı Simülasyon		Fark	Fark
Sınıflar	**ha**	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Yerleşim Alanı	8769.98	13.74	10069.98	15.75	1300.00	14.82
Yeşil Alan	7727.31	12.11	7046.66	11.04	-680.65	-8.81
Su Alanı	254.06	0.4	218.60	0.34	-35.46	-13.96
Tarım Alanı	15727.59	24.65	15100.35	23.67	-627.24	-3.99
Çıplak Alan	31316.15	49.09	31359.51	49.16	43.36	0.14

Yerleşim alanlarında bu 20 yıllık süreçte tahmini olarak %14'lük bir artış olacağı görülmektedir. 2020 yılından 2040 yılına kadar geçen süreçte yeşil alanlarda azalış yaşanacağı öngörülmektedir. Bu azalışın kaynağı su alanlarında yaşanan azalıştan ve arazinin yanlış kullanımından kaynaklanacağı düşünülmektedir. Su alanlarında küresel ısınma, yanlış su tüketimi gibi faktörlerden dolayı azalışın devam edeceği görülmektedir. Tarım alanlarında önceki dönemlerle neredeyse aynı oranda bir azalış olacağı tahmin edilmektedir. 20 yıllık bu süreçte çıplak alanlarda çok az bir artış olacağı düşünülmektedir.

Tablo 3.14.'de ise 2000 yılı ve 2040 yılı arasındaki 40 yıllık değişimin tahmini değerleri karşılaştırılmıştır. 40 yıllık bu sürede yerleşim alanlarında büyük bir artış ve yayılma olacağı öngörülmüştür. Yeşil alanlar 2000 yılından daha fazla olmakla beraber 2020 yılından daha azdır. Yani 40 yıllık süreçte yeşil alanlarda artış görülmüştür ama 2020'den sonra azalış eğilimine geçmiştir. 2000 yılından bu yana su alanlarında %20'lik bir azalış yaşanacağı tahmin edilmektedir. Bu 40 yılda tarım alanlarında da azalış görülmektedir. Çıplak alanlarda yaşanan azalışın artan nüfusla beraber yerleşim alanı oluşturulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3.14. 2000 ve 2040 Yılı Arasındaki Değişim

	2000 Yılı Arazi Kullanım		2040 Yılı Simülasyon		Fark	Fark
Sınıflar	**ha**	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Yerleşim Alanı	3603.48	5.65	10069.98	15.75	6466.50	179.45
Yeşil Alan	5890.23	9.23	7046.66	11.04	1156.43	19.63
Su Alanı	275.09	0.43	218.60	0.34	-56.49	-20.53
Tarım Alanı	18177.48	28.49	15100.35	23.67	-3077.13	-16.93
Çıplak Alan	35848.82	56.19	31359.51	49.16	-4489.31	-12.52



Şekil 3.12. 2040 Yılı Arazi Kullanım Simülasyonu

2030 ve 2040 yılı modelleri arasında yaşanabilecek 10 yıllık değişiminde karşılaştırılması yapılmıştır. 10 yıllık süreçte model yerleşim alanında %11'lik bir artış öngörmüştür. 10 yıllık süreçte yeşil alanlarda azalış olacağı görülmüştür. Su alanlarında her yıl olduğu gibi azalış gözlemlenmiştir. Tarım alanları ve çıplak alanlarda az da olsa azalış yaşanacağı tahmin edilmektedir. Tablo 3.15.'te 2030 ve 2040 yılına ait değişim tablosu gösterilmektedir.

Tablo 3.15. 2030 ve 2040 Yılı Arasındaki Değişim

	2030 Yılı Arazi Kullanım		2040 Yılı Simülasyon		Fark	Fark
Sınıflar	**ha**	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Yerleşim Alanı	9069.98	14.21	10069.98	15.75	1000.00	11.02
Yeşil Alan	7546.60	11.83	7046.66	11.04	-499.94	-6.62
Su Alanı	236.42	0.37	218.60	0.34	-17.82	-7.4
Tarım Alanı	15398.69	24.13	15100.35	23.67	-298.34	-1.94
Çıplak Alan	31543.40	49.44	31359.51	49.16	-183.89	-0.58

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

Gelişen ve değişen dünyayla birlikte artan nüfus ve hızlı kentleşme gibi etkenler, arazi örtüsü ve arazi kullanımında önemli değişimlere neden olmaktadır. Artan nüfus daha fazla yerleşme alanı ihtiyacını beraberinde getirirken, ekonomik büyüme ve sanayileşme tarım alanlarını ve doğal ekosistemleri etkilemektedir. Bundan dolayı arazi kullanımındaki değişimlerde yalnızca fiziki değil, sosyal, kültürel etmenlere de güçlü bir şekilde bağlıdır.

Dünya genelinde artan nüfusun istekleri, daha rahat yaşam koşulları, konut ihtiyaçları ve sanayileşme şehirleşme sürecini hızlandırmaktadır. Hızla büyüyen şehirlerle birlikte artan konut yapımı ve altyapı çalışmaları tarım alanlarının daralmasına neden olmaktadır. Verimli tarım arazileri azalmakta ve betonlaşma çoğalmaktadır. Özellikle bizim gibi deprem ülkesi olan yerler tarım alanlarına ve tarım alanı çevresine konut yapımına izin vermemelidir. Tarım arazilerinin bu şekilde daraltılmasının bir diğer zararı ise üretilen tarım ürünlerinin azalmasına neden olmaktadır artan nüfusla beraber yiyeceğe olan ihtiyaç daha çok artmakta ama bizler tarım alanlarına yerleşimler kurarak yiyecek kıtlığının da önünü açmaktayız.

19.yüzyıl ortalarından itibaren sanayi devrimi ile birlikte iklim değişikliği başlamıştır. Fosil yakıtların kullanımının artması, sanayileşme, hızlı nüfus artışı, yanlış arazi kullanımı, insanların yaşam alanlarını büyük şehirlere taşımaları gibi insan kökenli etkinliklerin sonucunda atmosferde sera gazları oranında hızlı bir artış ve küresel ısınma meydana gelmiştir. İklim değişikliğini tetikleyen bu etkenler doğrudan insan yaşamını ve ekosistemi etkilemektedir. İklim değişikliği özellikle su alanlarını ve tarım arazilerini çok fazla etkilemektedir.

Bu çalışmada Kayseri ili Melikgazi ilçesi üzerinde Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerinin incelenmesi ve geleceğe yönelik modellenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlarda Melikgazi ilçesinin geçmişten günümüze yaşamış olduğu değişim detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmada Landsat görüntüleri başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Uzaktan Algılama ve CBS yöntemleri entegre olarak kullanılıp 2000 – 2010, 2010 – 2020 ve 2000 – 2020 yılları arasındaki değişimler tespit edilmiştir. Elde edilen verilerle Yapay Sinir Ağları ve Hücresel Otomat yöntemi beraber kullanılarak 2030 ve 2040 yılları için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Bu iki yöntemin birleştirilmesi arazi kullanım değişikliklerini daha iyi anlamak ve gelecekteki değişimleri tahmin etmek için bütünsel bir yaklaşım sunmaktadır. Yapay Sinir Ağları veri setlerindeki karmaşık yapıları öğrenme kapasitesine sahip olduğundan arazi kullanımındaki değişimleri modelleme açısından avantajlıdır. Hücresel Otomat yöntemi hücrelerin belirli kurallara göre çalışmasından dolayı bölgesel değişimleri modelleme yeteneğine sahiptir. Bu iki modelin entegre bir şekilde kullanımı arazi kullanım karmaşıklığını çok yönlü anlamaya ve yorumlamaya olanak sağlamıştır.

Çalışma sonucunda özellikle yerleşim alanlarında büyük artış gözlemlenmiştir her yıl belirli oranlarda artan yerleşim alanları bölgenin hızla geliştiğini bizlere göstermiştir. Bununla birlikte Melikgazi ilçesi özelinde küçük su alanları incelenmiş olmasına rağmen bu alanlarda ciddi azalmalar gözlemlenmiştir. Şehirde oluşan nüfus baskısıyla beraber tarım alanlarında da azalış yaşandığı ve gelecekte yaşanamaya devam edeceği görülmüştür.

Simülasyon modellerinde daha iyi sonuçlar elde edebilmek için daha çeşitli ve detaylı girdi verilerinin kullanılması çalışmaların daha sağlıklı olmasına katkı sağlayacaktır. İklim değişikliği ve arazi kullanımı arasındaki etkileşimi anlayabilmek için iklim verileri çalışmaya entegre edilebilir. Ya da sosyoekonomik faktörlerin arazi kullanımı değişimi üzerindeki etkileri daha detaylı inceleyen çalışmalar ile gelecekteki politikalar için sağlam temeller oluşturulabilir. Bunun yanında diğer simülasyon yöntemleri de çalışmalara dahil edilerek çok yönlü tahmin verileri elde edilebilir.

KAYNAKÇA

1. Kafy, A., Naim, H., Subramanyam, G., Faisal, A., Ahmed, N., U., Rakib, A., Kona, M., A., Sattar, G., S., 2021. Cellular Automata approach in dynamic modelling of land cover changes using RapidEye images in Dhaka, Bangladesh, **Environmental Challengs, 4,** 1-15.

2. Karip, G., Göksel, Ç., 2017. İğneada koruma alanının arazi örtüsü/arazi kullanımının zamana bağlı değişiminin markov zincirleri ile modellenmesi, **Geomatik Dergisi, 2** (2), 94-105.

3. Cengiz, S., Yılmaz, B. 2016. Malatya'da arazi kullanımı/örtüsünün modellenmesi, 2025-2045 arazi kullanımı/örtüsü simülasyonu, 49 – 57. *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu,* 5-7 Ekim, 2016, Adana.

4. Doğan, S., Buğday, E., Arazi örtüsü ve kullanımının zamansal ve mekânsal değişiminin yapay sinir ağları ile modellenmesi: Kastamonu örneği. **Bartın Orman Fakültesi Derneği, 20** (3), 653-663.

5. Bolat, S., Doğan, M., 2022. Uzun Dönemli (1984-2020) Arazi Kullanımı Değişiminin Tespiti ve Modellemesi (2035): Gölcük İlçesi'nin Analizi. **Coğrafya Dergisi, 44,** 169-181.

6. Tawfeeq, A.F., Kurban, T., 2022. Hücresel otomata markov zincir yöntemi ile kentsel yayılmanın modellenmesi: Kerkük ili örneği. **Geomatik Dergisi, 7** (1), 58-70.

7. Aldoğan, C., F., 2019. İstanbul 2023 Yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Tahmininin Yapay Sinir Ağları ve Mantıksal Regresyon Metotları ile Modellenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 57 s.

8. Uysal, M., M., 2014. Afyonkarahisar Şehir Gelişimi Simülasyonu. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar, 68 s.

9. Canpolat, F., A., Dağlı, D., 2020. Elazığ İli'nde Arazi Kullanım Değişimi (2006-2018) ve Simülasyonu (2030), **International Journal of Geography and Geography Education, 42,** 702-723.

10. Aydın, O., 2011. CBS Temelli Hücresel Otomata Yöntemiyle Kentsel Büyüme Modeli: Ankara Örneği. **Coğrafi Bilimler Dergisi, 9** (2), 135 – 157.

11. Oğuz, H., Bozali, N., 2014. Gaziantep Kentinde 2040 Yılına Kadar Oluşabilecek Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişiminin Tahmini. **Tarım Bilimleri Dergisi, 20,** 83-101.

12. Muhammad, R., Zhang, W., Abbas, Z., Guo, F., Gwiazdzinski, L., 2022. Spatiotemporal Change Analysis and Prediction of Future Land Use and Land Cover Changes Using QGIS MOLUSCE Plugin and Remote Sensing Big Data: **A Case Study of Linyi, China, Land, 11** (419), 1-24.

13. Yakup, A., E., Ayazlı, İ., E., 2021. SLEUTH ile Arazi Örtüsü Değişimi Benzetim Modelinin Oluşturulması, İstanbul İli Örneği. **Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 3** (1), 40-47.

14. Akın, A., Berberoğlu, S., Sunar, F., 2014. Lojistik Regresyon Yöntemi İle İstanbul'da Geleceğe Yönelik Kentsel Gelişim Analizi, *5. Uzaktan Algılama – CBS Sempozyumu (UZAL- CBS 2014)*, 14-17 Ekim 2014, İstanbul.

15. Görmüş, S., Cengiz, S., 2016. Denizli'de Kentsel Büyümeyi Yönlendiren Değişkenlerin Analizi. *6. Uzaktan Algılama – CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7 Ekim 2016, Adana.

16. Anonim, Kayseri Hakkında. (Web sayfası: **https://kayseri.csb.gov.tr/kayseri-hakkinda-i-768**), (Erişim tarihi: Eylül 2023).

17. Anonim, Melikgazi. (Web sayfası: **https://kayseri.ktb.gov.tr/TR-54993/melikgazi.html**), (Erişim tarihi: Eylül 2023).

18. Kayseri Valiliği, Melikgazi İlçesi. (Web sayfası: **http://www.kayseri.gov.tr/melikgazi**). (Erişim tarihi: Eylül 2023)

19. Sunar, F., Özkan, C., Osmanoğlu, B., 2018. Uzaktan Algılama. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. 220 s.

20. Kaya, M., 2020. Gediz Deltası ve Yakın Çevresinde Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Analizi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 121 s.

21. Kayman, Ö., 2015. Spektral İndekslerin Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Sınıflandırmasına Etkisi: İstanbul, Beylikdüzü İlçesi, Arazi Kullanımı Değişimi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 123 s.

22. Alalawi, A., F., T., 2020. Uydu Görüntüleri ile Kerkük İli ve Çevresindeki Kentsel Yayılmanın İzlenmesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 75 s.

23. Atasever, Ü., H., 2011. Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Hızlandırma (Boosting), Destek Vektör Makineleri, Rastgele Orman (Random Forest) ve Regresyon Ağaçları Yöntemlerinin Kullanılması, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 86 s.

24. Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Karşılaştırılması ve Analizi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 168 s.

25. Tombuş, F., E., 2005. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemler Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 77 s.

26. Kaya, D., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Geoteknik Verilerin Değerlendirilmesi (Kayseri – Oymağaç Mahallesi), Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 223 s.

27. Mete, M.O., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İstanbul İli Nominal Taşınmaz Değer Haritasının Oluşturulması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 113 s.

28. Yazıcı, A., D., Öztürk, D., Ayazlı, İ., E., 2019. Kentsel Büyümenin Modellenmesi ve Simülasyon Modelleri. **International Journal of Multidisciplinary Studies an Inovative Technologies, 3** (1), 44-47.

29. Sipahioğlu, N., 2020. Hücresel Özdevinim ve Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Coğrafi Bilgi Sistemi Verilerine Dayalı Kent Benzetim Modeli: İzmir Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 107 s.

30. Kaya, Ö., 2016. CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Kayseri'nin Şehirsel Gelişiminin İzlenmesi ve Modellenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 146 s.

31. Cengiz, S., 2019. Kentsel Büyüme Dinamiklerinin Modellenmesi: Ankara Kenti Simülasyonu, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 284 s.

32. Akın, Ö., Eroğlu, A., Demirel, H., 2020. Açık Kaynak Kodlu Ağ Analizi Algoritmaları ve Arazi Örtüsü/Kullanımı Simülatörü. **Harita Dergisi, 163,** 29-37.

33. Anonim, Dikey Mimaride Türkiye Birincisi Kayseri. (Web sayfası: **https:// kayserim.net/dikey-mimaride-turkiye-birincisi-kayseri-106243.html**), (Erişim Tarihi: Ekim, 2023).

34. Anonim, Su Kaynakları 2030 Yılında Yüzde 20 Azalacak. (Web sayfası: **https://www.webagron.com/**), (Erişim Tarihi: Kasım, 2023).

35. Karayol, Ö., 2012. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Arazi Kullanım Değişimlerinin İzlenmesi: Konya Örneği. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s.

36. Ayazlı, İ., E., Batuk F., Demir, H., 2011. Kentsel Yayılma Simülasyon Modelleri ve Hücresel Otomat. *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan 2011, Ankara.

37. Şahin, E., 2021. Kentsel Büyüme Simülasyon Modelleri. *International Geoinformatics Student Symposium,* 28-29 June 2021, Mersin.

38. Alan, İ., Demirörs, Z., Bayar, R., Karabacak, K., 2020. Markov Chains Based Land Cover Estimation Model Development: The Case Of Ankara Province.

International Journal of Geography and Geography Education (IGGE), 42, 650-667.

39. Çağlıyan, A., Dağlı, D., 2014. Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları. *TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu*, Ekim 2014, Ankara.

40. Wang, S., Q., Zheng, X., Q., Zang, X., B., 2012. Accuracy Assessments of Land Use Change Simulation Based on Markov-Cellular Automata Model. **Procedia Environmental Sciences, 13,** 1238-1245.

41. Ayazlı, İ., E., Başlık, S., Yakup, A., E., Kotay, D., Gültekin, M., Gül, F., K., 2016. Kadastral Haritalardan Parsel Tabanlı Kentsel Büyüme Simülasyon Modeli Oluşturulması: Sancaktepe Örneği. *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016),* 5-7 Ekim 2016, Adana.

42. Purswani, E., Verma, S., Jayakumar, S., Khan, M., L., Pathak, B., 2022. Examining and Predicting Land Use Change Dynamics In Gandhinagar District, Gujarat, India. **Journal of Urban Management, 11**, 82-96.

43. Armenteras, D., Murcia, U., Gonzalez, T., M., Baron, O., J., Arias, J., E., 2019. Scenarios of Land Use and Land Cover Change For NW Amazonia: Impact on Forest Intactness. **Global Ecology and Conservation, 17**, 1-13.

44. Satya, B., A., Shashi, M., Deva, P., 2020. Future Land Use Land Cover Scenario Simulation Using Open Source GIS For The City Of Warangal, Telangana, India. **Applied Geomatics, 12** (3), 281-290.

45. Tripathy, P., Kumar, A., 2019. Monitoring and Modelling Spatio-Temporal Urban Growth of Delhi Using Cellular Automata and Geoinformatics. **Cities, 90,** 52-63.

46. Liu, X., Liang, X., Li, X., Xu, X., Ou, J., Chen, Y., Li, S., Wang, S., Pei, F., 2017, A Future Land Use Simulation Model (FLUS) For Simulating Multiple Land Use Scenarios By Coupling Human and Natural Effects. **Landscape and Urban Planning, 168,** 94-116.

47. Ateş, E., Öncü, Altundal, M., Bayar, R., Yılmaz, M., 2020. Eskişehir Kentsel Büyüme Alanın Hücresel Otomat ve CA-Markov Zincirleri ile Analizi (1984-2056). **Coğrafi Bilimler Dergisi, 18** (2), 276-295.

48. Mirici, Ersoy, M., Berberoğlu, S., 2018. Orta Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri İle Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Simülasyonu (2025-2055). *VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2018),* 18-21 Eylül 2018, Eskişehir.

49. Mihailescu, D., Cimpeanu, S., M., 2019. Multi-Temporal Analysis Of Land Cover Changes In Oltenia Plain, Using Terrset Land Change Modeler. **AgroLife Scientific Journal, 8** (2), 82-91.

50. Ahi, S., 2021, Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Arazi Kullanımının Su Havzalarına Olan Etkilerinin İncelenmesi: İstanbul İli – Terkos ve Alibeyköy Havza Örnekleri, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 111s.

51. Çalda, D., Maktav, D., 2010. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Yöntemleriyle Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişiminin Analizi: Kayseri İli Örneği. *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 11-13 Ekim 2010, Gebze-Kocaeli.

52. Doğan, Şenyiğit, S., Yılmaz, S., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Arazi Örtüsü/Alan Kullanım Değişimlerinin Belirlenmesi: Bingöl Kent Merkezi Örneği. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6** (3), 536-545.

53. Mas, J., F., Kolb, M., Paegelow, M., Olmedo, M., T., C., Houet, T., 2014. Inductive Pattern-Based Land Use/Cover Change Models: A Comparison of Four Software Packages. **Environmental Modelling & Software, 51**, 94-111.

54. Alshari, E., A., Gawali, B., W., 2022. Modeling Land Use Change in Sana'a City of Yemen with MOLUSCE. **Journal of Sensors, 2022,** 1-15.

55. Alam, N., Saha, S., Gupta, S., & Chakraborty, S., 2021. Prediction Modelling of Riverine Landscape Dynamics In The Context of Sustainable Management of Floodplain: a Geospatial Approach. **Annal of GIS, 27** (3), 299-314.

56. Subiyanto, S., Amarrohman, F. J., & Rahmah, A. N., 2021. Modeling Changes In Land Use Using The Integration of MLP-NN, CA-Markov Models and GIS for Settlement Development in Tembalang District, IOP Conf. **Series: Earth and Environmental Science, 731** (1), 012026.

57. Hamad, R., Balzter, H., & Kolo, K., 2018. Predicting Land Use/Land Cover Changes Using a CA-Markov Model Under Two Different Scenarios. **Sustainability, 10** (10), 3421.

58. Uzun, A., Somuncu, M., 2013. Madra Dağı ve Çevresinin Arazi Örtüsü/ Kullanımındaki Zamansal Değişimin Değişimin Uzaktan Algılama Yöntemi ile Değerlendirilmesi. **Balıkesir Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16** (30), 1-21.

59. Turan, Demirağ, İ., Dengiz, O., Kaya, N., S., 2021. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimlerinin Farklı Zamanlı Landsat Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi: Çarşamba Delta Ovası Örneği. **ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9** (1), 141-152.

60. Kara, F., Karatepe, A., 2012. Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Beykoz İlçesi (1986-2011) Arazi Kullanımı Değişim Analizi. **Marmara Coğrafya Dergisi, 25**, 378-389.

61. Bozduman, Ş., 2021. Mersin İli Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Çalışması için Makine Öğrenmesi ile Görüntü Sınıflandırması. *International Geoinformatics Student Symposium (IGSS)*, 28-29 June 2021, Mersin.

62. Xing, W., Qian, Y., Guan, X., Yang, T., Wu, H., 2020. A Novel Cellular Automata Model Integrated With Deep Learning for Dynamic Spatio-Temporal Land Use Change Simulation. **Computers and Geosciences, 137**, 104430.

63. İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı, 2021. Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi, Ankara, 21s.

64. Göncü, E., 2013. Hafızalı Hücresel Otomat Sayısal Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 89 s.

ÖZGEMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Kübra Nur Göncüler

Uyruğu **:** Türkiye (T.C.)

Doğum Tarihi ve Yeri

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği	
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği	2020
Önlisans	Kayseri Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı	2021
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği	Devam Ediyor

YABANCI DİL

İngilizce