



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

AŞAĞI KELKİT HAVZASI'NDA ARAZİ KULLANIMI
HARİTALARININ MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARIYLA
HAZIRLANMASI VE GELECEK (2030-2050) ARAZİ KULLANIM
PROJEKSİYONLARININ OLUŞTURULMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Nesibe İSAK

Danışman

Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ

TOKAT- 2023

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Aşağı Kelkit Havzası’nda Arazi Kullanımı Haritalarının Makine Öğrenme Algoritmalarıyla Hazırlanması ve Gelecek (2030-2050) Arazi Kullanım Projeksiyonlarının Oluşturulması” adlı Yüksek Lisans bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

18/07/2023

Nesibe İSAK

İmza

JÜRİ KABUL VE ONAY

NESİBE İSAK tarafından hazırlanan “Aşağı Kelkit Havzası’nda Arazi Kullanımı Haritalarının Makine Öğrenme Algoritmalarıyla Hazırlanması ve Gelecek (2030-2050) Arazi Kullanım Projeksiyonlarının Oluşturulması” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07.08.2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Coğrafya Bölümü

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kemal ERSAYIN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Coğrafya Bölümü

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selim ERASLAN
Gümüşhane Üniversitesi
Coğrafya Bölümü

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılması sırasında tez konusunun, alanının seçiminden başlayarak, yapım aşamalarının her alanında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ’a,

Hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, çalışma hayatım boyunca beni sürekli motive eden, her konuda ilgisini ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Nesibe İSAK

Temmuz/2023

ÖZET

AŞAĞI KELKİT HAVZASI'NDA ARAZİ KULLANIMI HARİTALARININ MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARIYLA HAZIRLANMASI VE GELECEK (2030-2050) ARAZİ KULLANIM PROJEKSİYONLARININ OLUŞTURULMASI

Nesibe İSAK

Yüksek Lisans, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ

Temmuz 2023, xii + 76 sayfa

Doğal kaynakların sınırlı olduğu ve her geçen gün azaldığı Dünya’da, doğal kaynakları doğru bir şekilde kullanmak sürdürülebilir bir gelecek için önem arz etmektedir. Bu çalışmada doğal unsurları açısından çok fazla bozulmaya uğramamış olan Aşağı Kelkit Havzası’nın arazi örtüsü/kullanım haritalarının oluşturulması ve Havza’nın zamansal ve mekânsal değişimi ortaya çıkartılarak arazi kullanım projeksiyonlarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda arazi kullanımındaki değişim trendini bulmak için 1990 (Landsat 5), 2010 (Landsat 5) ve 2020 (Landsat 8) yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki arazi örtüsü, CORİNE arazi örtüsü/kullanım sınıflandırmasından yararlanılarak ormanlık alan, kuru tarım alanları/nadas, sulu tarım alanları, sulak alan, çayır/mera alanları, yerleşme/yol alanları, bozulmuş alan, çıplak araziler ve çalı olmak üzere toplam 9 sınıfa ayrılarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Uydu görüntülerinden yararlanılarak, makine öğrenme algoritmalarından en çok kullanılan Random Forest (Rastgele Orman), K-Nearest Neighbours (K-En Yakın Komşu) ve Support Vector Machine (Destek Vektör Makineleri) algoritmaları kullanılarak 1990, 2010 ve 2020 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanımı haritaları oluşturulmuştur. Makine öğrenme algoritmalarının sağlamlığını ve doğruluk oranlarını öğrenmek için Kappa Doğruluk Analizi kullanılmıştır. 1990 yılına ait arazi örtüsü/kullanım sınıflandırılmasında makine öğrenme algoritmalarının doğruluk oranı çok düşük olduğu için 1990 yılına ait arazi

örtüsü/kullanım haritası, kontrollü sınıflandırma yöntemi olan maksimum olasılık sınıflandırması ile oluşturulmuştur. 2010 yılına ait arazi örtüsü/kullanım haritalarında en yüksek doğruluk oranına sahip makine öğrenme algoritması random forest algoritması, 2020 yılına ait arazi örtüsü/kullanım haritalarında en yüksek doğruluk oranına sahip makine öğrenme algoritması K-nearest neighbours algoritması olmuştur. En yüksek doğruluk katsayısına sahip 1990 ve 2010 yıllarına ait mekânsal değişim sonuçları ile 2020 yılına ait projeksiyon oluşturulmuş, referans olarak üretilen 2020 yılı arazi örtüsü/kullanım haritası karşılaştırılarak projeksiyonun doğruluğu ve sağlamlığı için doğruluk oranı bulunmuştur. İyi bir sınıflandırma (0,81) değerine sahip uygulama ile 2030 ve 2050 yıllarına ait arazi kullanım projeksiyonları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanında 2030 yılında orman, sulu tarım, bozulmuş alan ve çalı sınıfları azalırken kuru tarım, sulak alan, çayır, yerleşme ve çıplak alan sınıfları artış gösterecektir. 2050 yılında ise orman, sulu tarım, sulak alan ve bozulmuş alan sınıfları azalırken, kuru tarım, çayır, yerleşme, çıplak alan ve çalı sınıfları artış gösterecektir.

Anahtar Kelimeler:

Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, Makine Öğrenme Algoritmaları, Mekânsal Değişiklik, Aşağı Kelkit Havzası

ABSTRACT

PREPARATION OF LAND USE MAPS USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS AND GENERATION OF FUTURE (2030-2050) LAND USE PROJECTIONS IN THE AŞAĞI KELKİT BASIN

Nesibe İSAK

Master's Thesis, Graduate Education Institute, Geography Department

Advisor:

Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ

July 2023, xii + 76 pages

In a world where natural resources are limited and diminishing every day, using these resources correctly is crucial for a sustainable future. In this study, it is aimed to create land cover/use maps of the Aşağı Kelkit Basin, which has not undergone much deterioration in terms of its natural elements, and to create land use projections by revealing its temporal and spatial changes. For this purpose, satellite images (Landsat 5-Landsat 8) of 1990, 2010 and 2020 have been used to find the trend of change in land use. The land cover in the study area has been classified into a total of 9 classes using the CORINE land cover/use classification: forested area, dry agricultural fields/fallow, irrigated agricultural fields, wetlands, meadows/pastures, settlement/road areas, degraded areas, bare lands, and shrublands. Utilizing satellite images, the most commonly used machine learning algorithms - Random Forest, K-Nearest Neighbours, and Support Vector Machine - have been used to create land cover/use maps for the years 1990, 2010, and 2020. To find out the robustness and accuracy of the machine learning algorithms, Kappa accuracy analysis has been used. Due to the low accuracy rate of machine learning algorithms in the land cover/use classification for the year 1990, the land cover/use map of 1990 was created with Maksimum olasılıksınıflandırması, which is a controlled classification method. In the land cover/use maps for the year 2010, the machine learning algorithm with the highest accuracy rate was the random forest algorithm, for the land cover/use maps of the year 2020, the machine learning algorithm with the highest

accuracy rate was the K-nearest neighbours algorithm. Using the spatial change results with the highest accuracy coefficients for the years 1990 and 2010, a projection for the year 2020 was created. This projection was then compared with the reference 2020 land cover/use map to determine the accuracy and reliability of the projection. With an accuracy rate of 0.81, a well-performing classification was used to create land use projections for the years 2030 and 2050. According to the results obtained, in the study area by the year 2030, forested areas, irrigated agricultural fields, degraded areas, and shrublands are expected to decrease, while dry agricultural fields, wetlands, meadows, settlements, and bare lands are projected to increase. In the year 2050, forested areas, irrigated agriculture, wetlands, and degraded areas are anticipated to decrease, while dry agriculture, meadows, settlements, bare lands, and shrublands are expected to increase.

Keywords: Geographic Information Systems, Remote Sensing, Machine Learning Algorithms, Spatial Change, Aşağı Kelkit Basin

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ETİK SÖZLEŞME	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Doğal Kaynak	5
2.2. Arazi Kullanımı.....	6
2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	10
2.4. Uzaktan Algılama (UA)	11
2.5. Çalışma Alanı/Aşağı Kelkit Havzası'nın Coğrafyası.....	16
3. TEZİN AMACI VE KAPSAMI	24
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
5. UYGULAMA	29
5.1. Uydu Görüntülerinin Elde Edilmesi.....	29
5.2. Bant Birleştirme	29
5.3. Sınıflandırma	30
5.4. Makine Öğrenme (RF-KNN- SVM)	32
5.5. Doğruluk Analizi.....	41
5.6. Arazi Örtüsü/Kullanım Tahmininin Modellenmesi (2030-2050).....	48
6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	60
KAYNAKÇA.....	66
ÖZGEÇMİŞ	76

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Başlıca Doğal Kaynak Kategorileri ve Bunlara Örnekler	5
Tablo 2. CORİNE Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıfları	8
Tablo 3. Aşağı Kelkit Havzası'nda Bulunan İlçelere Ait Nüfus Verileri.....	20
Tablo 4. Aşağı Kelkit Havzası'nda Bulunan İlçelerin Yıllık Nüfus Artış Hızı (Binde) .	21
Tablo 5. Çalışma Alanındaki Sebze Alanı (Dekar).....	22
Tablo 6. Çalışma Alanındaki Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alanı (Dekar).....	22
Tablo 7. Çalışma Alanındaki Nadas Alanı (Dekar)	22
Tablo 8. Çalışma Alanındaki Büyükbaş Hayvancılık (Hayvan Sayıları).....	22
Tablo 9. Çalışma Alanındaki Küçükbaş Hayvancılık (Hayvan Sayıları).....	22
Tablo 10. Arazi Örtüsü/Kullanım Sınıflarının Yeniden Düzenlenmesi	31
Tablo 11. 1990 Yılına Ait Random Forest (RF) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	32
Tablo 12. 1990 Yılına Ait K-En Yakın Komşu (KNN) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	33
Tablo 13. 1990 Yılına Ait Destek Vektör Makineleri (SVM) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	33
Tablo 14. 1990 Yılına Ait Maksimum Olasılık Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	35
Tablo 15. 2010 Yılına Ait Random Forest (RF) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	37
Tablo 16. 2010 Yılına Ait K-En Yakın Komşu (KNN) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	37
Tablo 17. 2010 Yılına Ait Destek Vektör Makineleri (SVM) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	38
Tablo 18. 2020 Yılına Ait Random Forest (RF) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	38
Tablo 19. 2020 Yılına Ait K-En Yakın Komşu (KNN) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	40
Tablo 20. 2020 Yılına Ait Destek Vektör Makineleri (SVM) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	40
Tablo 21. Doğruluk Analizinde Kullanılan Kodlar ve Karşılıkları.....	41
Tablo 22. 1990 Yılı KNN Sınıflandırma Doğruluk Analizi	42
Tablo 23. 1990 Yılı RF Sınıflandırma Doğruluk Analizi.....	42
Tablo 24. 1990 Yılı SVM Sınıflandırma Doğruluk Analizi	43
Tablo 25. 1990 Yılı Maksimum Olasılık Sınıflandırması Doğruluk Analizi	44
Tablo 26. 2010 Yılı KNN Sınıflandırma Doğruluk Analizi	44
Tablo 27. 2010 Yılı RF Sınıflandırma Doğruluk Analizi.....	45
Tablo 28. 2020 Yılı KNN Sınıflandırma Doğruluk Analizi	46
Tablo 29. 2020 Yılı RF Sınıflandırma Doğruluk Analizi.....	46
Tablo 30. 2020 Yılı SVM Sınıflandırma Doğruluk Analizi	47
Tablo 31: 1990 – 2010 Yılları Arasında Arazi Kullanım Sınıfları Arasındaki Değişim	51

Tablo 32: 2020 Projeksiyonuna Göre Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı	55
Tablo 33: ROC Değerlerinin Sınıflandırılması.....	56
Tablo 34: 2030 Yılına Ait Projeksiyona Göre Arazi Sınıflarının Alanları.....	57
Tablo 35: 2050 Yılına Ait Projeksiyona Göre Arazi Sınıflarının Alanları.....	58
Tablo 36: 2020, 2030 ve 2050 Yıllarına Ait Arazi Sınıflarının Kapladıkları Alanlar (ha)	60



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1: Aşağı Kelkit Havzasının Lokasyon Haritası.....	17
Şekil 2. Çalışma Alanına Ait 1950-1960 ve 2010-2020 Yılları Karşılaştırmalı Aylık Ortalama Sıcaklık Dağılışı.....	18
Şekil 3. Çalışma Alanına Ait 1950-1960 ve 2010-2020 Yılları Karşılaştırmalı Aylık Ortalama Yağış Dağılışı	18
Şekil 4. Son 10 Yıla Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği	19
Şekil 5. Son 10 Yıla Ait Aylık Ortalama Yağış Grafiği.....	19
Şekil 6. Destek vektörleri	27
Şekil 7. Çalışma Alanına Ait Composite Band İşlemi Sonucunda Elde Edilen Görüntüler.....	30
Şekil 8. ArcMap Üzerinde Görüntü Sınıflandırma İşlemi.....	31
Şekil 9. Çalışma Alanına Ait 1990 Yılı Sınıflandırma Verileri.....	34
Şekil 10. Çalışma Alanına Ait 1990 Maksimum Olasılık Sınıflandırması Verileri.....	35
Şekil 11. Çalışma Alanına Ait 2010 Yılı Sınıflandırma Verileri.....	36
Şekil 12. Çalışma Alanına Ait 2020 Yılı Sınıflandırma Verileri.....	39
Şekil 13: Çalışma alanına ait yükselti haritası	49
Şekil 14: Arazi Sınıfları Arasındaki Değişim Trendleri.....	50
Şekil 15: 1990 – 2010 Yılları Arasında Arazi Kullanım Değişimi	51
Şekil 16: Arazi Sınıflarının 1990-2010 Yılları Arasındaki Kazanç ve Kayıpları	53
Şekil 17: Arazi Sınıflarının 1990-2010 Yılları Arasındaki Net Kazanç ve Kayıpları	54
Şekil 18: 2020 Yılına Ait Arazi Kullanım Projeksiyonu.....	55
Şekil 19: 2030 Yılına Ait Arazi Kullanım Projeksiyonu.....	57
Şekil 20: 2050 Yılına Ait Arazi Kullanım Projeksiyonu.....	58
Şekil 21: Arazi Kullanım Sınıflarının Zamansal Değişimi	61

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DVM	: Destek Vektör Makineleri
KNN	: K-Nearest Neighbours – K- En Yakın Komşu
MLE	: Maksimum olasılıksınıflandırması
MM	: Minimum Mesafe
MO	: Maksimum Olabilirlik
RF	: Random Forest – Rasgele Orman
RO	: Rasgele Orman
ROC	: Receiver Operating Characteristic Curve – Alıcı İşletim Karakteristik Eğrisi
SVM	: Support Vector Machine – Destek Vektör Makinesi
UA	: Uzaktan Algılama
YSA	: Yapay Sinir Ağları



1. GİRİŞ

Doğal kaynakların sınırlı olması ve artan nüfusla birlikte daha da azalması, bu kaynakların doğru bir şekilde kullanılmasının gerekliliğini bildirmekte ve sürdürülebilir bir doğal kaynak yönetiminin önemini artırmaktadır. Bu yönetimin daha sağlıklı bir şekilde yürütülmesi için arazi örtüsü ve kullanım haritaları önemli avantajlar sağlamaktadır. Arazi örtüsü, arazinin üst kısmının ne ile kaplı olduğu -yani doğal oluşumlar hakkında bilgi verirken- arazi kullanımı arazinin hangi amaca hizmet ettiği -yani insanların araziye nasıl kullandıkları- hakkında bilgi vermektedir. Mevcut arazi örtüsü ve kullanım özellikleriyle oluşturulan haritalardan yararlanarak, arazinin doğru bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı belirlenebilmektedir. Bu harita sayesinde arazinin amacına uygun olarak kullanılabilmesi için doğru değerlendirmeler yapılarak, sürdürülebilir bir gelecek için uygun doğal kaynak yönetimi sağlanabilmektedir.

İnsanlar doğaya geldikleri andan itibaren önce doğadan etkilenmiş, daha sonra doğayı etkilemeye ve değiştirmeye başlamışlardır. Özellikle tarımın keşfedilmesiyle arazi örtüsü üzerinde değişiklikler yapılmaya başlanmıştır. Sanayi Devrimi sonrasında bu değişiklikler hız kazanmış, bu durum artan nüfusla birlikte birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Sanayi alanlarının büyüyerek şehirlerin içinde kalması (Kayacan ve diğerleri, 2019), ormanlık alanların giderek yok olması (Tezcan ve Eren, 2023), verimli toprakların tarım dışı faaliyetlerde kullanılması (Karakuş ve diğerleri, 2019), fosil yakıtların kullanılmasıyla birlikte su, hava, toprak gibi alanlarda oluşan kirlilikler (Bilgili, 2023), küresel ısınma (Zengin ve Yamaçlı, 2023), seller, kuraklık gibi sorunlardan dolayı Dünya'nın ileriki zamanlarda birçok tehlike altında kalması (Aydın ve Genç, 2023) beklenmektedir (Danacıoğlu ve Öngül, 2023). Bu tehlikelerin öngörülen aksine olması, arazi örtüsünün ve doğal kaynakların doğru kullanılmasına bağlıdır.

Arazi örtüsünün ve kullanım durumunun görüntülenmesi, işlenmesi ve analizi için çeşitli UA ve CBS yöntemleri kullanılmaktadır. 1855 yılında balona bağlanan bir fotoğraf makinesi ile ilk hava fotoğrafı çekilmiştir (Bilgi, 2007). Sonraki yıllarda askeri amaçla çekilen uydu görüntüleri, uzaktan algılamanın gelişmesindeki belirleyici faktör olmuştur (Gürsoy ve Büyüksağış, 2017). Uydu görüntüleri günümüze kadar jeoloji (Kavak, 1998), tarım (Keskin, 2007), erozyon (Sönmez ve diğerleri, 2013), bitki örtüsü (Bostancı ve Genç, 2007), iklim değişikliği, kuraklık analizi (Orhan, 2014) gibi birçok çalışma

alanında kullanılmıştır. Günümüzde ise arazi örtüsü/kullanımının tespit edilmesi, bu alanların gelişimi, geçmiş ile günümüz arasındaki değişimi, geleceğe yönelik tahminleri UA ve CBS yöntemleri ile tespit edilmektedir (Oğuz ve Bozali, 2014; Canpolat ve Dağlı, 2020; Cengiz ve Yılmaz 2016; Dengiz ve Turan, 2014; Kaçmaz ve Gürbüz, 2022; Sezgin, 2006). Son dönemlerde teknolojinin gelişmesiyle birlikte, elde edilen görüntülerin analizi, UA ve CBS yöntemleriyle yapılmakta; bu durumun arazi kullanım planları, doğal kaynak yönetimi gibi alanlarda hem zamandan tasarruf hem de ekonomik fayda sağladığı görülmektedir (Dengiz ve Turan, 2014; Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010b; Sunar ve diğerleri, 2018).

Uydu görüntülerindeki verilerin işlenebilmesi için öncelikle sınıflandırma işlemine tâbi tutulması gerekmektedir. Sınıflandırma işlemi, bir veri grubu içinde belirli bir sınıfı oluşturan piksellerin benzerliğinden yola çıkılarak, özellikleri dahilinde gruplandırılması (Sarıılmaz, 2012) işlemi olarak tanımlanabilir. Sınıflandırma yöntemleri genel olarak, kontrollü/kontROLSÜZ, parametrik/parametrik olmayan, katı/bulanık sınıflandırma ve piksel tabanlı/alt piksel tabanlı sınıflandırıcılar olarak gruplandırılabilir (Lu ve Weng, 2007). Her sınıflandırma yönteminin işleyiş mantığının birbirinden farklı ve kendine özgü yansıtma özelliğinin olması, sınıflandırmada farklı alansal sonuçlara ulaşılmasına neden olmaktadır (Esetlili ve Kurucu, 2003). Bu nedenle sınıflandırma yöntemi seçilirken, uzaktan algılanan verilerin uzamsal çözünürlüğü, farklı veri kaynakları, sınıflandırma sistemi ve sınıflandırma yazılımının kullanılabilirliği gibi birçok faktör dikkate alınmalıdır (Lu ve Weng, 2007). Yapılan sınıflandırma işlemi sonucunun istatistiksel olarak ne kadar doğru sonuç verdiği doğruluk analizleri ile ölçülmektedir. Doğruluk oranı, bağımsız olarak tanımlanmış kontrol noktaları ile bu noktalara karşılık gelen sınıflandırma verilerinin sonuçları karşılaştırılarak, doğru sınıflandırılmış piksel yüzdeleri ile hesaplanmaktadır (Esemen ve Sunar, 2008). Çalışmalarda doğruluk analizi hesaplamaları için genellikle hata matrisi, KAPPA, ROC gibi analizler kullanılmaktadır (Ersayın, 2022; Esetlili ve Kurucu, 2003; Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010a). Bu yöntem, kısa bir zamanda arazi üzerinde istenilen verilere ulaşılması bakımından oldukça önemli bir yaklaşımdır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010b).

Arazi örtüsü/kullanım haritalarının oluşturulması için geçmiş dönemlerde araziye gidilerek yapılan analiz çalışmaları kullanılıyorken son zamanlarda uzaktan algılama yoluyla yapılan analiz çalışmaları kullanılmaya başlanmıştır (Sezgin, 2006). Araziye

gidilerek yapılan analiz çalışmaları, uzun yıllar boyunca yol gösterici olsa da bu yol, zamandan ve mekândan tasarruf konusunda çok elverişli değildir (Çölkesen, 2015). Son yıllarda bu sorunu çözmek için makine öğrenme algoritmaları kullanılmaya başlanmış ve umut verici bir performans gösterdiği görülmüştür (Vali ve diğerleri, 2020) Gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli yazılımlar ortaya çıkmış, yapay zekanın yardımı sayesinde çok kısa bir süre içerisinde veriler analiz edilebilir hale gelmiştir (Dengiz ve Turan, 2014; Özcan ve Maktav, 2010). Makine öğrenme algoritmalarında birçok yöntem geliştirilmekte, her geçen gün yeni bir algoritma üretilmekte fakat bu yeni gelişen yöntemlerin uygulanması ve doğruluk analizi için literatür yeterli bilgiyi vermemektedir (Maxwell ve diğerleri, 2018). Makine öğrenme algoritmalarının sayıca fazla olması, yapılan araştırmalarda henüz belirgin bir sonuç elde edilememiş olması, bu algoritmalarından hangisinin kullanılacağını seçimini de zorlaştırmaktadır (Tunca ve Köksal, 2021; Vali ve diğerleri, 2020). Arazi kullanım örtüsü/kullanım haritalarının analizi konusunda en çok kullanılan makine öğrenme algoritmaları Destek Vektör Makineleri (SVM), Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (CART), Rastgele Orman sınıflandırıcısı (RF), K-En Yakın Komşu (KNN) Algoritması gibi algoritmalarlardır.

Uydu görüntülerinin analizi için birçok yazılım bulunmaktadır. Bunların bir kısmı ticari bir kısmı ise açık kodlu yazılım şeklindedir. Bu yazılımlardan başlıcaları ENVI, ERDAS, PCI Geomatica, Orfeo ve Ossim'dir (Teke ve diğerleri, 2019). Uydu özelliklerinin gelişmesiyle birlikte bu yazılımlar da sürekli olarak güncellenmekte, mevcut arazi kullanım analizlerinin dışında geleceğe yönelik analizler de yapılmaktadır (Canpolat ve Dağlı, 2020; Cengiz ve Yılmaz, 2016; Hakan ve Bozali, 2014) Arazinin geçmiş ve mevcut durumu ne kadar önemliyse bu arazinin gelecekte alacağı şekil de geleceğe yönelik iyileştirmeler yapılması açısından bir o kadar önemlidir. QGIS-Molusce, TerrSet, Sleuth gibi yazılımlarla geleceğe yönelik arazi modellemeleri oluşturulabilmektedir. Arazi örtüsü değişimini tespit eden ve geleceğe yönelik simülasyon oluşturan bu modellerden en fazla kullanılanları CA-Markov, Markov Zinciri, CLUE, DINAMICA ve LCM'dir (Ateş ve diğerleri, 2020). Bu modeller yardımıyla gelecekte oluşabilecek yanlış arazi kullanımlarının önüne geçilmektedir.

Çalışma alanı Aşağı Kelkit Havzası'nı oluşturan Tokat ilinin Niksar, Erbaa, Reşadiye ve Başçiftlik ilçelerini kapsamaktadır. Söz konusu bu alan bölgenin en önemli tarım, orman ve mera alanlarını oluşturmaktadır. Havzaya can veren Kelkit Irmağı,

bölgenin temel geçim kaynakları olan tarım ve hayvancılık açısından büyük önem arz etmektedir. Havza hem toprak yapısı hem de sahip olduğu doğal kaynaklar açısından bölgenin en avantajlı konumuna sahiptir. Bu alanların doğru kullanılması sürdürülebilir bir gelecek için önem arz etmektedir. Fakat yanlış arazi kullanımı ya da nüfusun artmasıyla birlikte yerleşme alanlarının büyüyerek daha fazla yer kaplaması, tarım alanlarının yerleşme ya da sanayi alanlarına dönüştürülmesini de beraberinde getirmektedir. Bu gelişmelere müdahale edilmemesinin gelecekte çok büyük tehlikelere yol açması öngörülmektedir. Bu bağlamda çalışma kapsamında elde edilecek bulgular, bu tehlikenin önlenmesi açısından önemlidir. Bu husus, çalışmanın en özgün ve önemli yanını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada çeşitli UA ve CBS yöntemleri kullanılarak Aşağı Kelkit Havzası'nı oluşturan Tokat ilinin Niksar, Erbaa, Reşadiye ve Başçiftlik ilçelerine ait 1990-2020 yılları arasındaki arazi kullanım değişimi tespit edilmiş, alana ait 2030 ve 2050 yıllarına ait arazi kullanım projeksiyonları üretilmiştir. Değişime uğrayacak arazi kullanımı tespit edilerek bu değişimin sonuçları değerlendirilmiştir. Nihayetinde ortaya çıkacak doğru ve yanlış arazi kullanımları ortaya koyulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Doğal Kaynak

Doğanay ve Altaş doğal kaynağı “Çevrede (doğa=tabiat) kendiliğinden oluşmuş, insan aklı ve tekniğinin ürünü (eseri) olmayan, oluşma aşamalarında insanın herhangi bir yapıcı ve yıkıcı rolü bulunmamış bütün zenginlik kaynaklarına, doğal kaynaklar (eski adı ile tabii kaynak) denir.” şeklinde tanımlamıştır (Doğanay ve Altaş, 2015). Bu tanımdan yola çıkarak doğal kaynakların atmosfer, litosfer, biyosfer ve hidrosfer üzerinde bulunan; insanın etkisi olmayan her türlü yeraltı kaynakları, ormanlar, topraklar, akarsular gibi kaynaklar olduğu söylenebilir.

Doğal kaynaklar canlı (bitkiler ve hayvanlar) ve cansız (madenler, su, güneş vb.) doğal kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılırken kullanımları sonucu tükenme durumlarına göre de yenilebilir (tükenmeyen) doğal kaynaklar (güneş, rüzgâr, su, dalga vb.), belirli şartlar altında kendini yenileyebilen doğal kaynaklar (orman, toprak vb.) ve yenilenemeyen (tükenen) doğal kaynaklar (petrol, doğalgaz, linyit, taş kömürü, madenler vb.) olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Doğal kaynakların sınıflandırılması konusunda Doğanay ve Altaş farklı bir sınıflandırma metodu izlemişlerdir (Tablo-1). Bu sınıflandırma sistemine göre doğal kaynaklar oluşum kökenine göre, oluşum çevresine göre, beslenmedeki rollerine göre, işletilebilirlik olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır.

Tablo 1. Başlıca Doğal Kaynak Kategorileri ve Bunlara Örnekler

Sınıflandırma Kriterleri	Kaynaklar	Örnek Tip
A. Oluşum Kökenine Göre	• Organik Kaynaklar	Ormanlar
	• İnorganik Kaynaklar	Madenler
B. Oluşum Çevresi	• Yeraltı Kaynakları	Madenler
	• Yerüstü Kaynakları	Sular
C. Beslenmedeki Roller	• Besin Maddesi Olanlar	Su Ürünleri
	• Besin Maddesi Olmayanlar	Yeraltı Kaynakları
D. İşletilebilirlik	• Ekonomik Olanlar	Değişik Kaynaklar
	• Ekonomik Olmayanlar	Değişik Kaynaklar
	• Tükenir Olanlar	Bütün Madenler

	• Yenilenebilirler	Su-Rüzgâr Gücü
--	--------------------	----------------

Kaynak: Doğanay ve Altaş, 2015

Doğal kaynaklar ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır. O kaynağın varlığı, kullanımı, teknolojisi bir ülkenin kalkınmasındaki önemli etkenlerden biridir. Doğal kaynaklar birçok ekonomik faaliyetin temelini oluşturduğu için ülke ekonomisinin temel yapı taşlarından biri niteliğinde bulunmaktadır ve bu nedenle dünya ticaretinde önemi sürekli artan bir paya sahiptir (Akça, 2014).

İnsanlar, ortaya çıktıkları dönemden bugüne kadar doğal kaynakları sürekli olarak kullanmışlardır. Doğal kaynakların doğru ve planlı bir şekilde kullanılması, o bölgede daha kaliteli bir yaşam sürmenin ilk koşuludur (Güngör, 2021). Son zamanlarda nüfusun artması, sanayideki gelişmeler gibi nedenler doğal kaynakların daha fazla kullanılmasına yol açmıştır. Bu durum sürdürülebilir kalkınma kavramını ortaya çıkarmıştır. Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da düşünerek şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılaması (Aksoy ve Kayral, 2022) olarak tanımlanmaktadır. Ülkelerin kalkınma adı altında ihtiyaçlarından daha fazla doğal kaynak kullanmaları doğal kaynakların hızla ve geri dönülemez bir şekilde tükenmesine yol açmakta, bu durum günümüz insanların daha kaliteli bir yaşam sürmesini sağlasa da gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmaktadır (Güngör, 2021). Doğal kaynakların doğru bir şekilde kullanılmaması ve yönetimindeki sıkıntılar çok ciddi problemleri ortaya çıkaracaktır. Kıtık ve sonrasında ortaya çıkacak ekolojik bozulma (Guluzade, 2018) geri dönülmesi mümkün olmayan sıkıntılara yol açacaktır. Bu nedenle doğal kaynaklar doğru ve bilinçli bir şekilde kullanılmalıdır.

2.2. Arazi Kullanımı

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı kavramları çoğunlukla birbirini yerine kullanılan iki farklı kavramdır. Arazi örtüsü yeryüzünün üst kısmında bulunan orman, mera, sulak alanlar gibi var olan alanları kapsarken bu alanların insanlar tarafından nasıl kullanıldığı arazi kullanımı kavramı ile ifade edilmektedir (Bayar, 2019). Bu ifadeden yola çıkarak arazi örtüsü ne olursa olsun, insanın onu nasıl değerlendirdiği önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Arazi kullanımı, Neolitik Dönem’de insanların tarımı keşfetmesiyle başlamış ve arazi hem tarım alanı hem yerleşim alanı olarak kullanılmıştır. Sanayi Devrimi ile birlikte bu kullanım çeşitlenerek hızla artmış ve arazinin sürdürülebilirlik açısından nasıl kullanıldığı önemli bir konu haline gelmiştir. Az olan doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı için “arazi kullanım planlarının” uzmanlar tarafından oluşturulması, yanlış-bilinçsiz kullanımlardaki zamansal değişimler tespit edilerek önlemler alınması gerektiği belirtilmiştir (Gülersoy, 2013). Arazi örtüsü/kullanımı çalışmalarında sadece fiziki faktörlerin arazi örtüsü üzerindeki etkisine bakılmamalıdır. Aynı zamanda insanın arazi örtüsünü nasıl kullandığı, değerlendirdiği; var olan ve gelecek nüfus için arazi örtüsünün yeterli olup olmayacağı; arazi kullanımı durumlarının gelişip gelişmeyeceği gibi konularda arazi örtüsü/ kullanımı çalışmaları büyük önem arz etmektedir (Bayar, 2019).

Türkiye’de arazi kullanımı ile ilgili çalışmalarda, 1970’li yıllarda daha çok doğal ortam-insan etkileşimi üzerinde araştırmalar yapılmış, arazi kullanımındaki değişikliklerin plansız bir şekilde gerçekleştiği sonucu üzerinde durulmuştur (Gülersoy, 2014). Söz konusu durumun, arazi kullanım çalışmalarını kısıtlamasından dolayı çalışmaların mevcut arazi örtüsü ve arazi kullanım durumlarının tespiti ile sınırlı kalmasına yol açmıştır (Bayar, 2019). 1980’li yıllara gelindiğinde Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü’nün hazırlatmış olduğu 1/25.000 ölçekli Köy Envanter Etütleri ile arazi kullanım çalışmaları hız kazanmış (Bayar, 2019), 2000’li yıllarda ise teknolojinin gelişmesiyle arazi kullanım çalışmalarında CBS ve UA yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır (Barbosa ve diğerleri, 2021; Bista ve Basnet, 2021; Geymen, 2017; Gürkan ve diğerleri, 2016; Kaçmaz ve Gürbüz, 2022). Çeşitli CBS ve UA yöntemleriyle arazi analizlerinin oluşturulması, tespiti, yorumlanması daha doğru, kolay ve hızlı bir şekilde yapılmaya, geleceğe yönelik tahminlerde de bulunmaya başlanmıştır (Aldoğan, 2019; Aslan ve Koç-San, 2020; Bhandari ve diğerleri, 2021; Canpolat ve Dağlı 2020; Cengiz ve Yılmaz, 2016, Hakan ve Bozali, 2014; Kafy ve diğerleri, 2021; Kaya ve Uzun, 2020; Panagos ve diğerleri, 2021; Rangarajan, 2021).

1994 yılında AB uyum süreci kapsamında Avrupa Çevre Ajansı- AÇA (European Environment Agency - EEA) tarafından yapılan arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırmasının uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımını verisi olan CORINE’nin (Coordination of Information on the Environment - Çevresel Bilginin Koordinasyonu)

(corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/nedir.html) kullanılması arazi kullanımı çalışmalarına hız katmıştır. CORİNE arazi örtüsü/ kullanımı verisinde yapay bölgeler, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlar, sulak alanlar ve su yapıları (Tablo-2) olmak üzere 5 ana sınıf bulunmaktadır.

Tablo 2. CORİNE Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıfları

Yapay Bölgeler	Şehir Yapısı	<i>Sürekli Şehir Yapısı</i>
		<i>Kesikli/Süreksiz Şehir Yapısı</i>
	Endüstri, Sanayi ve Ulaşım Birimleri	<i>Endüstriyel ve Ticari Birimler</i>
		<i>Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar</i>
		<i>Limanlar</i>
		<i>Havaalanı</i>
	Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	<i>Maden Çıkarım Sahaları</i>
		<i>Boşaltım Sahaları</i>
		<i>İnşaat Sahaları</i>
	Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar	<i>Yeşil Şehir Alanları</i>
		<i>Spor, Eğlence Alanları</i>
Tarımsal Alanlar	Ekilebilir Alan	<i>Sulanmayan Ekilebilir Alanlar</i>
		<i>Sürekli Sulanan Alanlar</i>
		<i>Pirinç Tarlaları</i>
	Sürekli Ürünler	<i>Üzüm Bağları</i>
		<i>Meyve Bahçeleri</i>
		<i>Zeytinlikler</i>
	Meralar	<i>Mera Alanları</i>
	Karışık Tarımsal Alanlar	<i>Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler</i>
		<i>Karışık Tarım Alanları</i>
		<i>Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları</i>
		<i>Ormanla Karışık Tarım Alanları</i>
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Ormanlar	<i>Geniş Yapraklı Ormanlar</i>
		<i>İğne Yapraklı Ormanlar</i>
		<i>Karışık Yapraklı Ormanlar</i>
	Maki ve Otsu Bitkiler	<i>Doğal Çayırliklar</i>
		<i>Fundalıklar</i>
		<i>Sklerofil Bitki Örtüsü</i>
		<i>Bitki Değişim Alanları</i>
	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	<i>Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar</i>
		<i>Çıplak Kayalıklar</i>
		<i>Seyrek Bitki Alanları</i>
		<i>Yanmış Alanlar</i>
		<i>Buzul ve Kalcı Kar</i>
Sulak Alanlar	Karasal Bataklıklar	<i>Karasal Bataklıklar</i>
		<i>Turbalıklar</i>
	Denize Yakın Islak Alanlar	<i>Tuz Bataklığı</i>
		<i>Tuzlalar</i>
Su Yapıları	Karasal/İç Sular	<i>Gelgit Olayı ile Oluşan Düzlikler</i>
		<i>Su Yolları</i>
		<i>Su Kütleleri</i>

	Deniz Suları	<i>Kıyı Lagünleri</i>
		<i>Nehir Ağızları/Deltalar</i>
		<i>Deniz ve Okyanus</i>

Kaynak: Başayığıt (2004)

Arazi örtüsü/kullanımı haritaları ile kısa sürede arazi hakkında bilgi edinilmekte; analiz, değerlendirme süreçleri daha objektif olmaktadır. Bu konuda UA ve CBS sistemlerinin de entegre edilmesi oldukça büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu yöntemler sayesinde hem mevcut arazi örtüsü/kullanım haritaları oluşturulmakta hem de geleceğe yönelik modeller yapılarak gelecekte karşılaşılabilecek sorunlara önceden çözüm bulunması mümkün olmaktadır.

Arazi örtüsü/kullanımı alanında yapılan bazı çalışmalar;

Hakan ve Bozali (2014), Gaziantep kentindeki arazi örtüsü/kullanım haritalarından yararlanarak 2040 yılına ait değişim modellemesi yapmış; Kaçmaz ve Gürbüz (2022), konuya Aksaray ilindeki arazi örtüsü değişimine arazi yüzey sıcaklığının etkisi açısından bakarken; Canpolat ve Dağlı (2020), Elâzığ ilinde arazi kullanımlarında meydana gelen değişimleri ve bu değişimlerin nedenlerini araştırmış ve bu verilerden yola çıkarak gelecekteki arazi kullanım simülasyonlarını oluşturmuşlardır. Gürkan ve ark. (2016), Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Ata Sökmen yerleşke alanının arazi örtülülüğü ve alan kullanımını UA ve CBS programlarını kullanarak tespit etmişlerdir. Geymen (2017), İstanbul'un su ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayan Elmalı Havzası'nın arazi kullanımının yıllar içindeki değişimini CBS ve UA programlarını kullanarak analiz etmiştir. Cengiz ve Yılmaz (2016), Malatya iline ait arazi kullanım modellemesi yaparak 2025 ve 2045 yıllarına ait arazi kullanım projeksiyonları oluşturmuşlardır. Kaya ve Uzun (2020), Düzce il merkezinde 1990 yılından 2040 yılına kadar olan arazi örtüsü değişimi ve bu değişim üzerinde nüfusun etkilerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Panagos ve diğeri (2021), iklim ve arazi kullanım değişikliklerinin Avrupa Birliği'nin ve Birleşik Krallık'ın tüm tarım arazileri üzerindeki etkilerini göstermek ve AB için bitki örtüsü yönetim faktörünü güncellemek ve geçmiş yıllardaki veriler kullanılarak 2050 yılına ait toprak erozyonunu tahmin ederek önlemler almak amaçlı bir çalışma yapmıştır. Rangarajan (2021), Bhavani Havzası'ndaki arazi kullanımındaki değişiklikleri, bugün ve geçmiş yıllardaki veriler kullanılarak geleceğe yönelik olacak arazi kullanım değişikliklerini ortaya çıkartmak amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bhandari ve diğeri (2021), Banepa ve Dhulikhel belediyelerine ait arazi

kullanım projeksiyonu oluşturmak ve geleceğe yönelik arazi kullanım uygulamalarını tespit etmek amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Barbosa ve diğerleri (2021), mevcut arazi örtüsü ve kullanımının gelecekteki değişiminin tatlı su kaynaklarına olacak etkilerini incelemek amacıyla, Bista & Basnet (2021), Nepal’de bulunan Phewa Gölü ve çevresindeki arazi örtüsü değişikliğinin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla çalışmalarını yapmışlardır. Kafy ve diğerleri (2021), yaptıkları çalışmada Nepal’in en büyük şehirlerinden biri olan Dakka’daki arazi kullanım şekillerindeki değişiklikleri ortaya çıkartmayı ve gelecekteki arazi kullanım simülasyonlarını oluşturmayı amaçlamışlardır. Aldoğan (2019), İstanbul ilinin mevcut arazi kullanım durumundan yola çıkıp farklı metotlar kullanarak 2023 yılına ait arazi kullanım simülasyonunu oluşturmuştur. Aslan & Koç-San (2020), Antalya’nın beşer yıllık arazi kullanım haritalarını oluşturmayı, arazi kullanım değişimini ortaya çıkartıp analiz etmeyi ve 2030, 2045 ve 2060 yıllarına ait arazi kullanım projeksiyonlarını üretmeyi amaçlamıştır.

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), kökünü coğrafya biliminden alan, yeryüzüne ait verilerin toplanması, analizi, saklanması, sorgulanması ve kullanıcıya sunulması gibi işlevleri birleştiren bir bilgi sistemidir. Bu sistemin temel ögeleri donanım, yazılım, kullanıcı, veri ve yöntemdir. Grafikte ya da grafik olmayan verilerin bir bütün halinde aynı sistemde toplanıp, depolanıp, analiz edilmesi CBS’nin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Gezici, 2012).

CBS yazılımlarının, yapılan işleri hem süre hem ekonomik anlamda olumlu etkilemesi birçok yazılımın ortaya çıkmasını sağlamıştır. En popüler CBS yazılımları ArcMap, Intergraph, Genesis, MapInfo, SmallWorld, Idrisi, Grass vb. gibi yazılımlar olduğu söylenebilir. (Erdoğan, 2016).

CBS ilk olarak 1970’li yıllarda ortaya çıksa da ülkemizde 2000’li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Önemi ve kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır. CBS ile elde edilen verilerin belirli bir hiyerarşi dahilinde analiz edilmesi, yorumlanması ve yeni elde edilen verilerle güncellenebiliyor olması CBS’nin kullanımı artıran en önemli avantajlardan biridir (Bağdatlı, 2022). Ayrıca bu sistem bilgilere ulaşmada hızlı ve güvenilir bir yoldur (Gezici, 2012). Birden fazla verinin bulunduğu durumlarda bu verilerin tek tek ele alınıp incelenmesi, birleştirilmesi ve yorumlanması birçok sorunu

beraberinde getirirken CBS bu verileri tek noktada birleştirdiği için oldukça verimli bir çalışma olanağı sağlamaktadır.

CBS günümüzde sağlık, orman, tarım ve hayvancılık, arazi örtüsü/kullanımı, bitki örtüsü, yerel yönetimler, su kaynakları, savunma, eğitim, afetler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle CBS üzerinde yapılan modellemeler sayesinde oluşturulan simülasyon araçları ile kent planlamacıları ve idareciler arasında da hızlı bir şekilde popülerlik kazanmıştır (Oğuz ve Bozali, 2013). UA ile birlikte CBS, arazi örtüsü/kullanımı analizi ve değişimlerinin gözlenmesinde kullanılan en etkili yöntemdir (Turan ve diğerleri, 2021).

Coğrafi bilgi sistemlerinde birçok veri toplama yolu vardır. Bu yöntemlerden birisi de uzaktan algılamadır. Uzaktan algılama ile raster veri formatında elde edilen veriler CBS yardımıyla hızlı ve güvenilir bir şekilde analiz edilmekte ve amaca uygun haritalar üretilebilmektedir (Ahi, 2021).

2.4. Uzaktan Algılama (UA)

Uzaktan algılama, fiziksel bir temas olmadan doğal veya yapay nesnelerle ilgili bilgi edinme ve değerlendirme bilimi olarak tanımlanmaktadır (Matcı, 2019). Öğrenilmek istenilen konu hakkında uyduyardımıyla bilgi edinme yoludur. Uzaktan algılamanın temeli 1850’li yıllarda balona yerleştirilen fotoğraf makinesiyle çekilen fotoğrafa dayanmaktadır (Bilgi, 2007). Uzaktan algılama, Askeri amaçla Birinci Dünya Savaşı sırasında düşman cephelerini görüntülemek amacıyla kullanılmaya başlanmış, İkinci Dünya Savaşı sırasında kullanımı yaygınlaşmıştır. (Sunar ve diğerleri, 2018)

Uzaktan algılamanın 4 temel bileşeni vardır. Bunlar: hedef, enerji kaynağı, iletim (yayılım) yolu ve bir algılayıcıdır (Sunar ve diğerleri, 2018). Bu unsurlardan herhangi birinin olmaması durumunda görüntü elde edilememektedir.

Uydular, objeler üzerinden yansıyan kısa veya uzun dalga boylarının yaydığı elektromanyetik ışınlar sayesinde sisteme kayıt yapılarak veri toplanmasını sağlar (Arı ve Kaya, 2013). Uyduların görüntü elde edebilmesi için ışık kaynağına ihtiyaçları vardır. Bu ışık kaynakları aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Pasif ışık kaynağı, Güneş’tir. Güneş’ten gelen ışınlar kullanılarak görüntü elde edilmektedir. Aktif ışık

kaynağı ise uydularda bulunmaktadır. Kendi enerji sistemleri ile cisimlere gönderilen ışının yansıma değerine göre görüntü oluşmakta ve analizler buna göre yapılmaktadır.

Uzaktan algılama haritalama, ölçme, keşif, izleme ve envanter elde etme amaçlı kullanılmaktadır (Arı ve Kaya, 2013). Farklı uydu platformlarının yersel çözünürlükleri farklı olduğu için farklı amaçlara hizmet etmektedir. Bazı uydular doğal afet, maden, arazi örtüsü izlenmesi gibi amaçlara hizmet ederken, bazıları ise askeri, iklim, denizcilik gibi amaçlara yönelik faaliyetlerde kullanılmaktadır (Bağdatlı, 2022). Bu nedenle hangi uydu görüntüsünün kullanılacağına belirlenebilmesi için o uydunun çözünürlük değeri, döngü zamanı gibi özelliklerinin de bilinmesi ve ona göre seçilmesi gerekmektedir. Özellikle son zamanlarda uydu sayısının artması, ücretsiz olması, görüntüleri işleyecek yazılımların sayısının artması uzaktan algılamanın önemini ve kullanımı artırmaktadır.

Arazi sınıflandırma çalışmalarında uydu görüntüleri sıklıkla kullanılmaktadır. Uzaktan algılama görüntülerine dayalı arazi örtüsü sınıflandırması, arazi kaynaklarını izlemek, değerlendirmek ve yönetmek için önemli bir araçtır (Kıraç, 2021). Uydu görüntülerindeki yansıma değerlerine bakılarak benzer pikseller gruplandırılıp sınıflandırma işlemine tâbi tutulurlar. Ancak uzaktan algılama verilerini kullanarak kesin olarak arazi sınıflarının belirlenmesi çok zordur (Arı ve Kaya, 2013). Çünkü yansıma değerleri birbirine yakın olan pikseller, benzer parlaklık değerine sahiptir. Bu benzerlikler gruplandırılarak arazi sınıfları ortaya çıkmaktadır. Sınıflandırma kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki şekilde yapılır.

Kontrollü sınıflandırma arazi hakkında yeterince bilgi sahibi olunan durumlarda yapılır. Arazideki tüm sınıflandırma kıstaslarına göre gruplandıktan sonra her bir grup için örneklem oluşturulur. Burada örneklem oluşturulurken seçilen piksel değerleri yeterli olmazsa yanlış sonuç verebileceği için dikkatli olunması gerekir. Kontrolsüz sınıflandırmada ise sadece grup değer aralığı belirlenir. Sistem otomatik olarak grupları oluşturur. Gruplar oluşturulduktan sonra test edilerek doğruluğu kontrol edilir. Doğruluğu kontrol etmek için yardımcı veriler de kullanılmaktadır. Bu veriler arazi eğimleri, yüzey yükseklikleri veya doku bilgisi gibi ek bilgilerdir (Sunar ve diğerleri, 2018).

Son yıllarda uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında kullanılmaya başlanılan yapay sinir ağları, destek vektör makineleri, karar ağaçları ve örnek tabanlı sınıflandırıcılar gibi güçlü ve yüksek genelleştirme kabiliyetine sahip kontrollü

sınıflandırma yöntemleri uygulamalarda yer almaktadır (Çölkesen, 2009). Makine öğrenme yöntemlerinin, test örnekleri ile karşılaştırıldığında eğitim verileri çok az bile olsa, uzaktan algılama verilerini sınıflandırmak için kullanılabilecek en etkili araç olduğu söylenebilir (Kıraç, 2021). Kontrollü sınıflandırma tekniği geniş bir makine öğrenme algoritmasına sahiptir; Minimum Mesafe (MM), Maksimum Olabilirlik (MO), Yapay Sinir Ağları (YSA), Destek Vektör Makineleri (DVM) gibi yüksek doğruluğa sahip metotlar kullanılmaktadır (Ahi, 2021). Arazi örtüsünü sınıflandırmak için MO, DVM ve YSA yöntemlerinin kullanılmasının etkili ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir (Kıraç, 2021).

Uzaktan algılamanın genel uygulama alanları; jeolojik yapıların tanımlanması, toprak nemi çalışmaları, hidroloji, kıyı bölgeleri, orman yangınları, maden ve kömür yangınları, sismoloji, çevresel modelleme, meteoroloji, istihbarat ve askeri uygulamalar, yapılardaki ısı kayıpları olarak özetlenebilir (Sunar ve diğerleri, 2018).

Kentleşme sürecindeki değişimlerin incelenmesi ve analizin yapılmasında uzaktan algılama teknolojilerinin kullanım alanlarının artması etkili olmuştur (Özelkan ve diğerleri, 2018). Geniş zaman aralığında büyük alanların tek bir ölçekte incelenmesi arazi örtüsü/kullanımı çalışmalarında uzaktan algılamanın önemini ortaya çıkarmaktadır. Uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile arazi kullanım sınıfları ortaya çıkarılabilmekte, hangi alanlarda büyüme ya da azalma olduğu tespit edilebilmekte, doğru ya da yanlış arazi kullanımları belirlenerek çeşitli önlemler alınabilmektedir. Uzaktan algılamanın bu yönü bilgiye erişimde doğru ve gerçek bir bilgi edinme sağlarken, zamansal ve ekonomik açıdan da verimlilik sunmaktadır.

Doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için arazilerin yanlış-bilinçsiz kullanımdaki zamansal değişimler tespit edilmeli ve arazilerin uzman heyetler tarafından oluşturulan “arazi kullanım planlarına” uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir (Şahap, 2015). Planlamada doğal çevrenin ve tasarlanan arazi kullanım modellerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması önemlidir. Aksi takdirde arazi uygunluğu ile arazi kullanım şekli arasındaki karşılıklı ilişkinin göz ardı edilmesi nedeniyle doğal kaynaklar bozulabilir veya arazi kullanım girişimleri başarısız olabilir (Kılıç ve diğerleri, 2022). Bu nedenle uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak farklı zaman aralıklarına ait uydu görüntülerinin incelenmesi, analiz edilerek değerlendirilmesi arazi

örtüsü/kullanımındaki yanlış-bilinçsiz kullanımları ortaya çıkarmaktadır ve bu verilerden yola çıkılarak oluşturulacak geleceğe yönelik simülasyonlarda sürdürülebilir bir gelecek yönetimi için önem arz etmektedir.

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegre edilerek arazi örtüsü/kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmış, bu çalışmalar önceleri veri hazırlama ya da var olan arazi örtüsü/ kullanım durumlarını tespit etmek amaçlı yapılsa da son yıllarda UA ve CBS yazılımları kullanılarak geleceğe yönelik simülasyon çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ilk zamanlar sınıflandırma için Maksimum Olasılık, Rastgele Orman gibi geleneksel yöntemlerin çokça tercih edildiği, teknolojinin gelişmesi ile birlikte geleneksel yöntemlerin yanında Destek Vektör Makinası, Yapay Sinir Ağları gibi popüler yöntemlerin de sıklıkla kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Kıraç, 2021).

Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile yapılan arazi örtüsü/kullanımı alanlarındaki bazı çalışmalar:

Oğuz ve Bozali (2014); Gaziantep ilindeki mevcut arazi kullanımı/örtüsünü tespit ederek, 2040 yılına ait arazide olabilecek değişim tahminlerini ortaya çıkarmışlardır. Canpolat ve Dağlı (2020), Elâzığ ilinde arazi kullanımlarında meydana gelen değişimleri ve bu değişimlerin nedenlerini araştırma ve gelecekteki arazi kullanım simülasyonlarını oluşturma amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Gürkan ve ark. (2016) yaptıkları araştırmada Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Ata Sökmen yerleşke alanının arazi örtülülüğü ve alan kullanımı UA ve CBS programlarını kullanarak tespit etmişlerdir. Geymen (2017), İstanbul'un su ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayan Elmalı Havzası'nın arazi kullanımının yıllar içindeki değişimini CBS ve UA programlarını kullanarak analiz etmiştir. Cengiz ve Yılmaz (2016), Malatya iline ait arazi kullanım modellemesi yaparak 2025 ve 2045 arazi kullanım projeksiyonları oluşturmuşlardır. Kaya ve Uzun (2020), yaptıkları çalışmada Düzce il merkezinde 1990 yılından 2040 yılına kadar olan arazi örtüsü değişimi ve bu değişim üzerinde nüfusun etkilerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Dokur ve Kurban (2015), Bilecik iline ait rüzgâr enerji potansiyelini, Weibull olasılık yoğunluk tespiti analizini kullanarak tespit etmeye çalışmışlardır. Bulut ve Günlü (2016) Kastamonu ilinde bulunan Kartalsuyu Orman İşletme Şefliğine ait arazi üzerinde, Landsat 8 uydu görüntüsünü kullanarak arazi kullanım sınıfları algoritmalarından en

yüksek olasılık metodunu ve DVM'nin doğrusal, polinom, radyal ve sigmoid kernel fonksiyonlarını kullanarak en uygun kontrollü sınıflandırma algoritmasını bulmak amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Panagos ve diğeri (2021), iklim ve arazi kullanım değişikliklerinin Avrupa Birliği'nin ve Birleşik Krallık'ın tüm tarım arazileri üzerindeki etkilerini göstermek ve AB için bitki örtüsü yönetim faktörünü güncellemek ve geçmiş yıllardaki veriler kullanılarak 2050 yılına ait toprak erozyonunu tahmin edip önlemler almak amaçlı bir araştırma yapmışlardır. Doğan & Aslan (2013), Aşağı Kelkit Havzası'ndaki toprak özelliklerini CBS ve UA tekniklerini kullanarak analiz etmişlerdir. Rangarajan (2021), Bhavani Havzası'ndaki arazi kullanımındaki değişimleri bugün ve geçmiş yıllardaki verileri kullanarak, geleceğe yönelik arazi kullanım değişiklerini ortaya çıkarmak amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Bhandari ve diğerleri, (2021) yaptıkları çalışmada, Banepa ve Dhulikhel belediyelerine ait arazi kullanım projeksiyonu oluşturmak için geleceğe yönelik arazi kullanım uygulamalarını tespit etmişlerdir. Yakup ve Ayazlı (2021) yaptıkları çalışmada hücresel otomat (HO) tabanlı SLEUTH modelini kullanarak İstanbul ilinin 2040 yılına ait arazi kullanım projeksiyonlarını oluşturmuşlardır. Barbosa ve diğerleri (2021) Brezilya'daki en büyük su rezervuarı olan Ituparanga rezervuarında mevcut arazi örtüsü ve kullanımının gelecekteki değişiminin tatlı su kaynaklarına olacak etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Jayasinghe ve diğerleri (2021) Kentsel büyüme simülasyonları için uygulanacak olan yöntemleri kıyaslamak amacıyla yapılan bu çalışmada FUTURES, MOLUSCE VE SLEUTH yöntemlerini seçmiş ve hangisinin daha doğru sonuç vereceğini araştırmışlardır. Chettry ve Surawar (2021) bu çalışmada Hindistan'ın Kerala eyaletinin başkenti olan Thiruvananthapuram'da kentsel yayılmayı tespit ederek, gelecekteki kentsel büyümenin nasıl olacağını tespit etmişlerdir. Bista & Basnet (2021) bu çalışmada Nepal'de bulunan Phewa Gölü ve çevresindeki arazi örtüsü değişikliğinin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini tespit etmişlerdir. Kafy ve diğerleri (2021) bu çalışmada Nepal'in en büyük şehirlerinden biri olan Dakka'daki arazi kullanım şekillerindeki değişiklikleri ortaya çıkararak gelecekteki arazi kullanım simülasyonlarını oluşturmuşlardır. Abbas ve diğerleri (2021) yaptıkları çalışmada Çin'in Guangdong Hong Kong Makao, Greater Bay Area'daki (Büyük Körfez Bölgesi) arazi kullanımını analiz etmek ve sürdürülebilir bir kalkınma için gelecekteki arazi kullanımı hakkında çıkarımlarda bulunmuşlardır. Raji ve diğerleri (2020) Nijerya'da bulunan Sokoto-Rima Havzası'nın

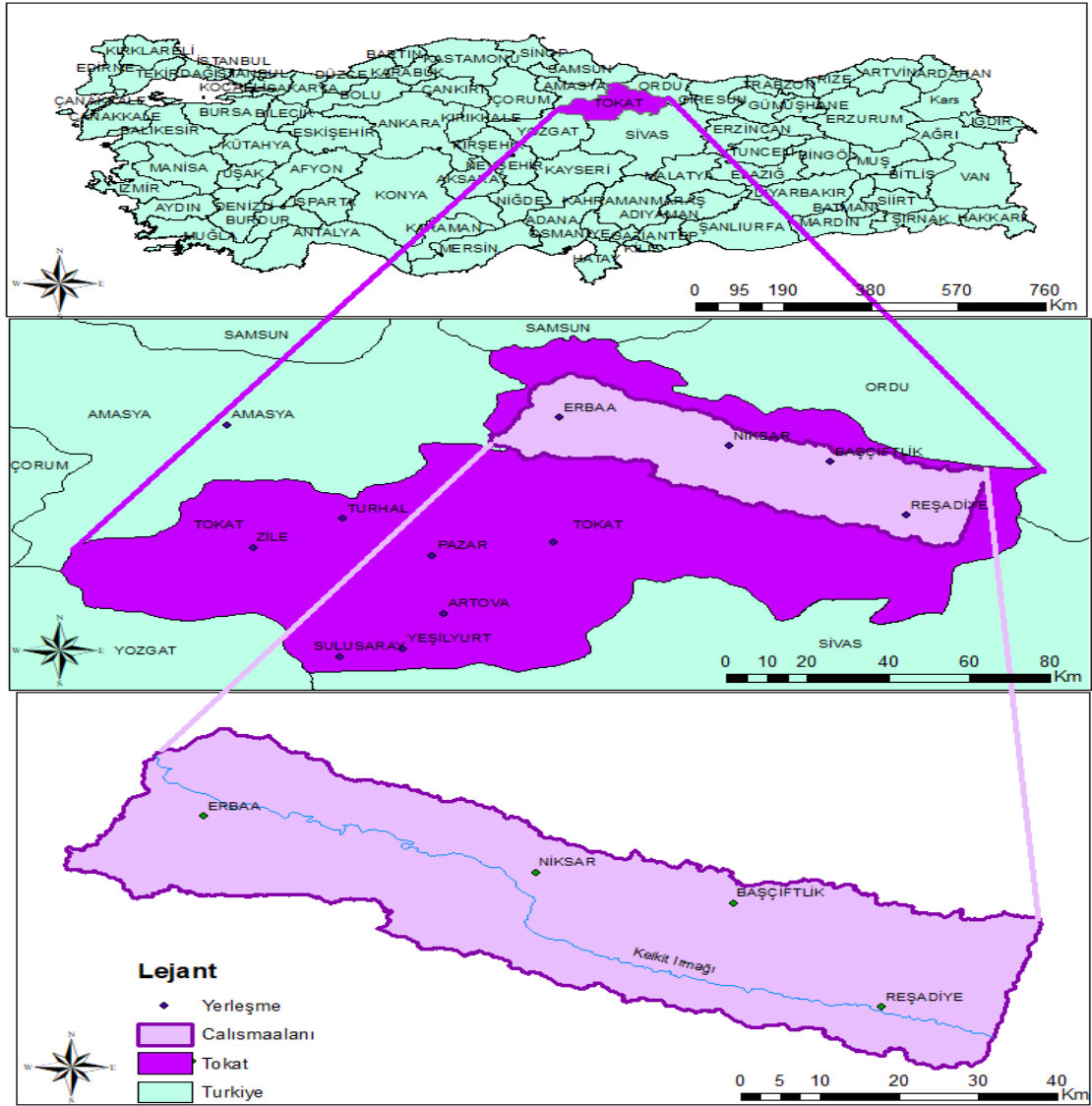
ekosistem özelliklerini ortaya çıkartarak gelecekteki ekosistem modellerini oluşturmak amacıyla bu çalışmayı yapmışlardır. Wondu (2021) bu çalışmada Etiyopya'nın Lume bölgesindeki orman örtüsünün zamansal ve mekânsal değişimini ortaya çıkarmıştır. Aslan ve Koç-San (2020) Antalya'nın beşer yıllık arazi kullanım haritalarını oluşturmak, arazi kullanım değişimini ortaya çıkartıp analiz etmek ve 2030, 2045 ve 2060 yıllarına ait arazi kullanım projeksiyonlarını üretmek amacıyla bu çalışmayı yapmışlardır. Singh ve diğerleri (2021) bu çalışma Hindistan'ın arazi örtü sınıflandırmasından yola çıkarak arazi örtüsü/kullanımı uygulamalarını göstermek, tutarlılıklarını tespit etmek, uydu görüntüleri kullanılarak doğruluğunu artırmak amaçlı yapılmıştır. Aldoğan (2019) bu çalışmada, İstanbul ilinin mevcut arazi kullanım durumundan yola çıkarak farklı metotlar kullanıp 2023 yılına ait arazi kullanım simülasyonunun oluşturulmasını amaçlamıştır. Subiyanto ve diğerleri (2021), yaptıkları çalışmada Endonezya'nın Tembalang Bölgesi'ndeki arazi değişimini belirlemişlerdir.

2.5. Çalışma Alanı/Aşağı Kelkit Havzası'nın Coğrafyası

Kelkit Nehri, ülkemizin en önemli su kaynaklarından birisi olmasının yanında 320 km'lik uzunluğuyla henüz büyük tahribatlar yaşamamış bir ekosisteme sahiptir (Erdoğan, 2016). Kelkit Nehri, yükselti değerleri ve farklı özellikleri nedeniyle yukarı, orta ve aşağı olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Çalışma bölgesi, Yeşilırmak'ın kollarından biri olan Kelkit Irmağı'nın aşağı havzasını oluşturan Tokat ilinin Niksar, Erbaa, Reşadiye ve Başçıftlık ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık 205.000 hektarlık bir alanı kapsamaktadır.

Aşağı Kelkit Havzası'nda yükselti 177-1812m arasında değişmektedir. Bölgede dağlar doğu-batı yönünde uzanmaktadır. Kuzeyinde Canik Dağları, kuzeydoğuda Güneş Dağı, güneyinde Sakarat ve Dünek Dağları bulunmaktadır. Aşağı Kelkit Havzası, bu dağların üzerinden geçen su bölümü çizgisi ile diğer havzalardan ayrılmaktadır. Bölgenin ortasında tektonik ovalar olan Erbaa ve Niksar Ovası bulunmaktadır.

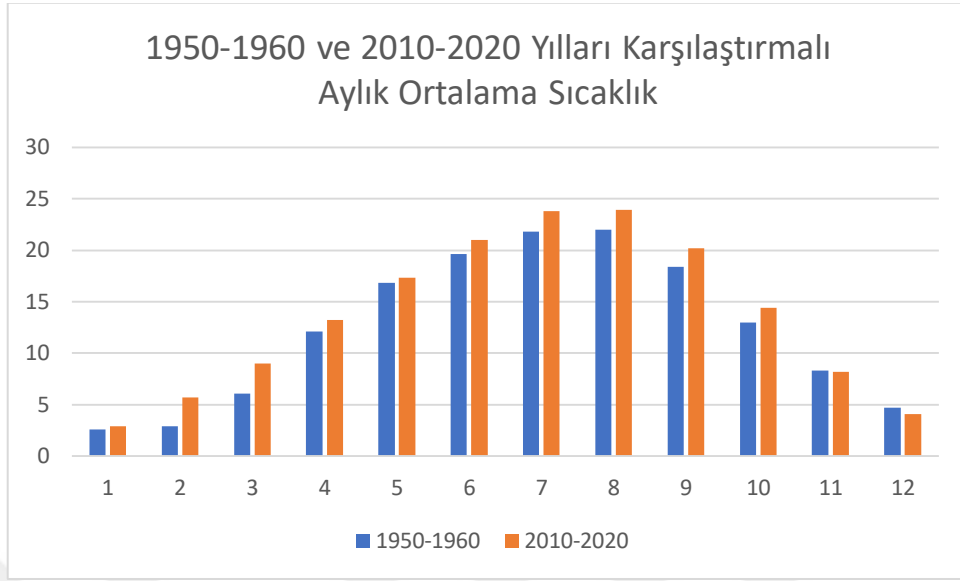
Aşağı Kelkit Havzası Lokasyon Haritası



Şekil 1: Aşağı Kelkit Havzasının Lokasyon Haritası

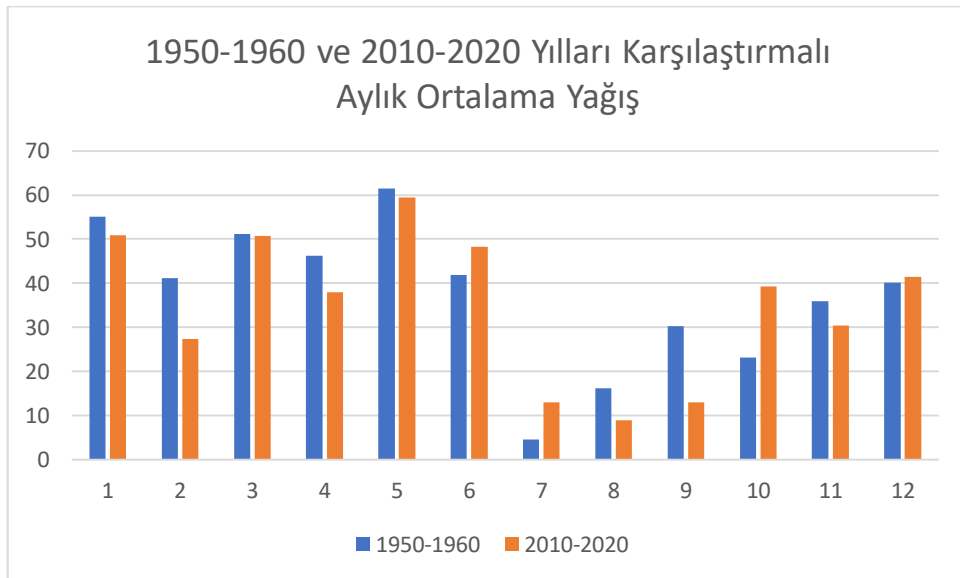
Aşağı Kelkit Havzası, Karadeniz iklimi ile karasal iklimin geçiş alanında bulunmaktadır. Vadi yükseltisinin az olduğu yerlerden 850-900 m'ye kadar olan yerlerde Akdeniz iklimi görülürken yükselti arttıkça bu etki azalmakta ve oseyanik iklim karakteri kazanmaktadır (Doğan ve Aslan, 2013). Vadide batıdan doğuya doğru gidildikçe yükseltinin artması nedeniyle karasallık etkisi artmaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 12,9°C, en düşük ortalama sıcaklık değeri 7,5°C, en yüksek ortalama sıcaklık değeri 19,3°C'dir. En fazla yağış ilkbahar mevsiminde düşerken en az yağış yaz mevsiminde düşmektedir. Ortalama yıllık yağış miktarı 442,9 mm olarak hesaplanmıştır.



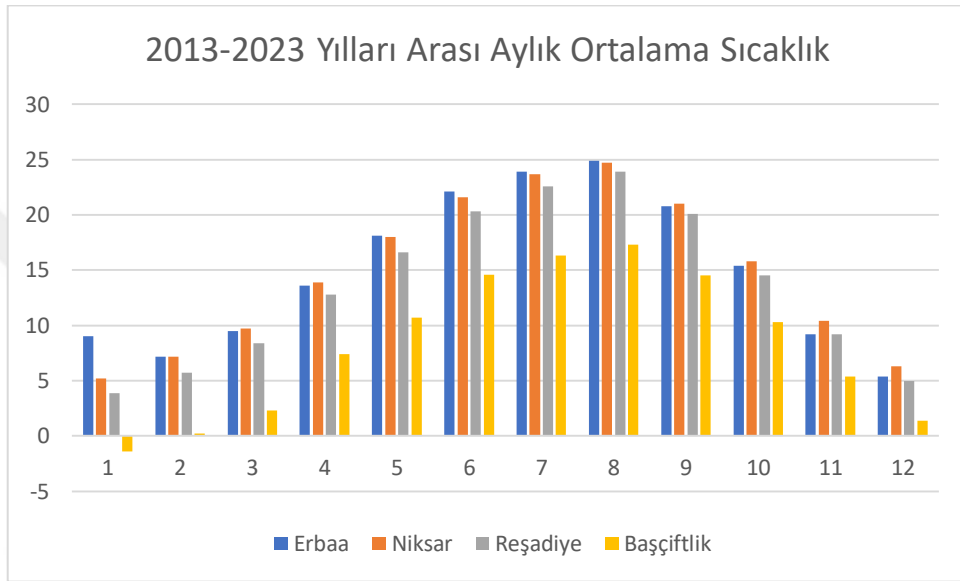
Şekil 2. Çalışma Alanına Ait 1950-1960 ve 2010-2020 Yılları Karşılaştırmalı Aylık Ortalama Sıcaklık Dağılışı

Şekil 2'deki verilere göre 1950-1960 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerlerinin, 2010-2020 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerlerine göre düşük olduğu görülmektedir. İki dönem kıyaslandığında en fazla sıcaklık farkı şubat ve mart aylarında gerçekleşmiştir. Sadece aralık ayı sıcaklık değerinde azalma söz konusudur. Bu verilere göre çalışma alanının son yıllardaki aylık sıcaklık değerleri yükselmiştir.

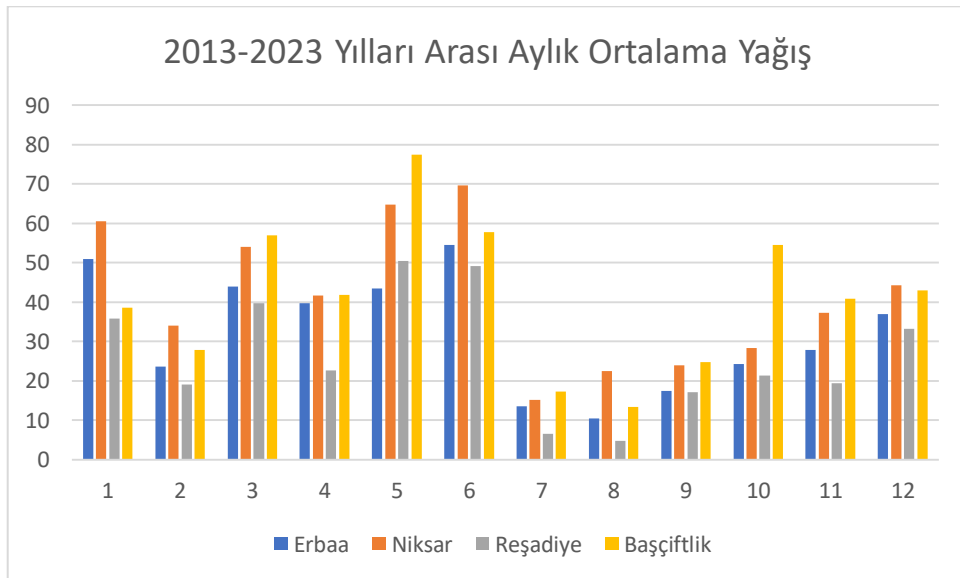


Şekil 3. Çalışma Alanına Ait 1950-1960 ve 2010-2020 Yılları Karşılaştırmalı Aylık Ortalama Yağış Dağılışı

1950-1960 yılları arası aylık ortalama yağış verileri ile 2010-2020 yılları arası aylık ortalama yağış verileri kıyaslandığında çalışma bölgesinde son yıllarda yağış miktarının azaldığı görülmektedir (Şekil-3). Bu azalma özellikle şubat ve eylül aylarında zirveye ulaşmıştır. Buna karşılık haziran, temmuz ve ekim aylarında yağış miktarı artmıştır. En fazla artış ekim ayında olmuştur. Sıcaklık değerlerinin yükselmesine (Şekil 2) karşılık yağış değerlerinin azalması bölgede kuraklık oluşmasına neden olmuştur.



Şekil 4. Son 10 Yıla Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği



Şekil 5. Son 10 Yıla Ait Aylık Ortalama Yağış Grafiği

Şekil 4'deki verilere göre en yüksek sıcaklık değerlerine sahip ilçe Erbaa'dır. Başçiftlik, çalışma alanındaki en fazla yükseltiye (rakım: 1400m) sahip olması nedeniyle

sıcaklık değerleri en düşük ilçedir. Şekil 5'teki yağış grafiğine göre en fazla yağışa sahip olan ilçe Niksar'dır. En az yağışa sahip olan ilçe ise Reşadiye'dir.

Aşağı Kelkit Havzası'nda geniş orman alanları ile birlikte çayır ve mera alanları, sulak ve çorak habitatlar, bozkır ve çalılık alanlar yer almaktadır (Çubuk, 2018). Vadide Akdeniz, Sibiry ve Avrupa biyomları karışık bir halde görülürken; meşe ormanları, kızılçam, sarıçam, karaçam ve kayın ormanları, kalıntı sedir toplulukları, tarım alanları, akarsu kıyısı bitki toplulukları ile Akdeniz maki toplulukları bulunmaktadır (Eken ve ark., 2006).

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünün toprak haritalarına göre (KHGM, 2002) Aşağı Kelkit Havzası'nda sekiz büyük toprak grubu yer almaktadır, bunlar: kahverengi orman (%60,56), kestane rengi (%13,90), kireçsiz kahverengi orman (%12,47), alüvyal (%4,10), kolüvyal (%2,72), gri kahverengi podzolik (%1,39), hidromorfik (%0,04) ve kahverengi (%0,03) topraklardır (Erdoğan, 2016).

TÜİK verilerine göre Aşağı Kelkit Havzası'nda 2022 yılına ait toplam nüfus 201.131 olarak tespit edilmiş. Nüfusun %63'ü şehirlerde yaşarken, %37'si köylerde yaşamaktadır. Bunun ilçelere dağılımı Tablo 3'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu verilere göre en fazla nüfusa sahip ilçe Erbaa olurken, onu 62.052 nüfusuyla Niksar ilçesi takip etmektedir. En az nüfusa sahip olan ilçe ise toplam 6.097 nüfusuyla Başçiftlik'tir. Yıllık nüfus artış hızı Erbaa ilçesi dışında azalış göstermektedir (Tablo 4).

Tablo 3. Aşağı Kelkit Havzası'nda Bulunan İlçelere Ait Nüfus Verileri

	Başçiftlik			Erbaa			Niksar			Reşadiye		
Yıl	Toplam Nüfus	Şehir Nüfusu	Köy Nüfusu	Toplam Nüfus	Şehir Nüfusu	Köy Nüfusu	Toplam Nüfus	Şehir Nüfusu	Köy Nüfusu	Toplam Nüfus	Şehir Nüfusu	Köy Nüfusu
1970	×	×	×	74.692	15.606	59.086	72.062	17.424	54.638	61.802	7.159	54.643
1990	6.477	3.722	2.755	99.596	33.554	66.042	84.932	35.201	49.731	61.166	12.321	48.845
2000	13.321	5.971	7.350	100.586	45.595	54.991	90.672	44.808	45.864	101.900	16.389	85.511
2010	6.600	3.583	3.017	95.815	59.901	35.914	64.095	33.490	30.605	39.880	8.673	31.207
2022	6.097	3.760	2.337	100.382	75.210	25.172	62.052	37.017	25.035	32.600	9.795	22.805

Tablo 4. Aşağı Kelkit Havzası'nda Bulunan İlçelerin Yıllık Nüfus Artış Hızı (Binde)

	BAŞÇİFTLİK	ERBAA	NİKSAR	REŞADİYE
2008	96,68	4,18	-13,41	63,26
2010	-43,29	-18,06	-13,54	-130,43
2020	-408,83	28,16	-66,29	-248,68
2022	-204,3	5,66	-22,85	-79,68

Tablo 3'teki veriler incelendiğinde 1990 yılında ilçe statüsüne ulaşan Başçiftlik ilçesinin, 2000 yılına kadar toplam nüfusu artmış, fakat bu tarihten sonra hem şehir hem de köy nüfusunda azalma olduğu görülmüştür. İlçede ekonomik, sosyal-kültürel şartların yetersiz olması, ilçenin dışarıya göç vermesine yol açmıştır.

Erbaa ilçesi 1872 yılında ilçe olmuştur. Erbaa ilçesindeki şehir nüfus miktarı sürekli artış gösterse de köy nüfusu son yıllarda giderek azalmaktadır (Tablo-3). Tablo 4'te verilen verilere göre nüfus artış hızı 2010 yılında azalma gösterse de ilçenin şehir nüfusu artış göstermektedir.

1840 yılında ilçe statüsüne ulaşan Niksar ilçesinde, şehir nüfusu 2000 yılına kadar artış göstereceğine bu tarihten itibaren azalmaya başladığı görülmüştür. Bu tarihten itibaren hem köy hem şehir nüfusunun azalması ilçenin toplam nüfusunun ve nüfus artış hızının azalmasına yol açmıştır (Tablo-3).

1906 yılında ilçe statüsüne ulaşan Reşadiye ilçesinde, 2000'li yıllara kadar nüfus miktarı artış gösterse de bu tarihten itibaren hem şehir hem de köy nüfusu azalış göstermektedir. Reşadiye ilçesinde kırsal nüfus oranı şehir nüfus oranından fazladır (Tablo-3).

Bölgedeki en önemli ekonomik faaliyet tarım ve hayvancılıktır. Kelkit Irmağı'nın taşıdığı alüvyal topraklardan oluşan Erbaa ve Niksar ovaları bölgenin en verimli tarım alanlarını oluşturmaktadır. Çalışma alanında yetiştirilen ürünlerin gösterildiği tablo 5, tablo 6 ve tablo 7'ye bakıldığında sebze alanlarının son yıllarda azaldığı, tahıl tarımının Niksar ilçesi dışında ekim alanlarının azaldığı, nadas alanlarının ise Başçiftlik ve Niksar ilçelerinde azaldığı, Reşadiye ilçesinde ise önemli ölçüde artış gösterdiği görülmüştür.

Tablo 5. Çalışma Alanındaki Sebze Alanı (Dekar)

		Başçiftlik	Erbaa	Niksar	Reşadiye
Sebze Alanı (Dekar)	2004	360	57920	23360	1830
	2010	150	46460	31278	1764
	2020	166	31820	16641	1578
	2022	201	13780	15358	1311

Tablo 6. Çalışma Alanındaki Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alanı (Dekar)

		Başçiftlik	Erbaa	Niksar	Reşadiye
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alanı (Dekar)	2004	31700	330510	214580	193390
	2010	34451	301666	225430	142432
	2020	22286	272196	321476	120466
	2022	21466	271351	326937	109514

Tablo 7. Çalışma Alanındaki Nadas Alanı (Dekar)

		Başçiftlik	Erbaa	Niksar	Reşadiye
Nadas Alanı (Dekar)	2004	5160	12500	3450	36680
	2010	5314	24508	8379	63444
	2020	1128	11844	3816	100792
	2022	1137	12300	2000	127000

Çalışma alanındaki önemli ekonomik faaliyetlerden biri de hayvancılıktır. Bölgede hayvancılık genellikle mera hayvancılığı şeklinde yapılmaktadır. Tablo 8'deki verilere göre bölgede büyükbaş hayvancılık Reşadiye ilçesi dışında artış göstermektedir. Küçükbaş hayvan sayılarına (tablo 9) bakıldığında Başçiftlik ilçesi dışında artış gösterdiği görülmüştür.

Tablo 8. Çalışma Alanındaki Büyükbaş Hayvancılık (Hayvan Sayıları)

		Başçiftlik	Erbaa	Niksar	Reşadiye
Büyükbaş Hayvancılık	2004	4939	16436	24681	16930
	2010	2598	15946	29127	16633
	2020	5639	38727	28203	13794
	2022	5777	27874	30272	13298

Tablo 9. Çalışma Alanındaki Küçükbaş Hayvancılık (Hayvan Sayıları)

		Başçiftlik	Erbaa	Niksar	Reşadiye
Küçükbaş Hayvancılık	2004	7910	38490	28300	22000
	2010	4160	35576	28565	23954
	2020	7663	95881	39305	18794
	2022	7265	92736	50401	47285

Havzanın, kuzey ve güney sınırlarını oluşturan dağlık alanlarında ormancılık faaliyetleri yapılmaktadır. Çalışma alanının en büyük şehirleri olan Erbaa ve Niksar'da sanayi faaliyetlerinin de yürütüldüğü görülmektedir. Bölgede tarihi bir yapıya sahip olan Niksar ilçesindeki Yağıbasan Medresesi, doğal yapısı ile önemli bir yayla olan Çamiçi Yaylası ile Reşadiye ilçesinde bulunan Zinav Kanyonu ve Gölü turizm faaliyetlerinin önde gelen yerlerini oluşturmaktadır.

Çalışma alanında yapılan başlıca çalışmalar;

Yılmaz (2022), Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ve CBS ile Aşağı Kelkit Havzası'nda seçilen farklı kültür bitkileri için organik tarıma uygun alanların tespit edilmesinde kullanılabilecek bir model geliştirilmesi amacıyla bir çalışma yapmıştır. Çubuk (2018), Aşağı Kelkit Havzası'nda (Amasya, Sivas, Tokat) Crabronidae (Insecta: Hymenoptera) familyası türlerini araştırmıştır. Erdoğan (2016), yaptığı çalışmada CBS ve UA yöntemleri kullanılarak ketencik, kurt üzümü ve mavi yemiş bitkilerinin Aşağı Kelkit Havzası'ndaki en uygun yetiştirme alanlarını tespit etmiştir. Güneser (2008), Aşağı Kelkit Havzası'ndaki önemli toprak özelliklerini CBS ve UA yöntemlerini kullanarak tespit etmiştir. Dirim (2006), Aşağı Kelkit Havzası'nın ekosisteminde bulunan sulak alanların kirletici unsurlarını ve sudaki fosfor giderimlerini tespit edilmesi amacıyla bir çalışma yapmıştır. Doğan ve Aslan (2013), yaptıkları çalışmada Aşağı Kelkit Havzası'nın bazı toprak değişkenleri CBS ve UA kullanarak haritalamıştır. Doğan ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışmada Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak değişkenlerini, CBS mekânsal analiz araçlarından biri olan ters mesafe ağırlık (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak haritalamıştır. Cihangir ve Görüm (2016), Aşağı Kelkit Havzası'nda meydana gelen heyelanların jeolojik ve jeomorfolojik alt yapısını tespit etmiştir. Demir ve Kılıç (2012), yaptıkları çalışmada Aşağı Kelkit Havzası'nda bulunan Erbaa Ovası'nın yeraltı suyunun tuzluluk seviyesini araştırmışlardır. Çoban (2013), yapmış olduğu çalışmada Kelkit Havzası'ndaki nüfusun dağılışı ve dağılışı üzerindeki etkili olan faktörleri araştırmıştır.

Tüm bu çalışmalar sonucunda doğal unsurlar açısından çok fazla bozulmamış olan bölgede arazi kullanımı ve değişimi yönünde çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışma ile konudaki eksiklik giderilerek, önemli bir yer olan bölgenin sürdürülebilir bir gelecek için arazinin doğru bir şekilde kullanılabilmesi, yapılan yanlış kullanımların önüne geçilmesi açısından çalışma özgünlük taşımaktadır.

3. TEZİN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmada Tokat ilinin Niksar, Erbaa, Reşadiye, Başçiftlik ilçelerini kapsayan Aşağı Kelkit Havzası'nda meydana gelen arazi kullanımındaki mekânsal değişiklikleri ortaya çıkarmak, bu değişimden hareketle hesaplanan trende göre gelecekteki mekânsal değişiklikleri ve bu değişiklikler sonucunda ortaya çıkacak arazi kullanımlarını belirlemek temel amaçtır. Arazi örtüsü/kullanım çalışmalarında en çok kullanılan makine öğrenme algoritmaları olan rastgele orman (Random Forest-RF), K-en yakın komşu (K-nearest neighbor-KNN) ve destek vektör makineleri (Support vector machine-SVM) algoritmalarından elde edilen nihai veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek en başarılı olan algoritmayı tespit etmek çalışmanın diğer amacını oluşturmaktadır.

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerindeki gelişmeler, yer yüzeyinin en dinamik unsurlarından birisi olan arazi örtüsünün ya da arazi kullanım türlerinin belirlenmesi çalışmalarının daha hızlı ve doğru bir biçimde yapılmasını sağlayan yeni teknikleri de beraberinde getirmiştir (Gürkan ve diğerleri, 2016).

Doğal kaynakların sınırlı olması ve hızla artan nüfus ile birlikte bu kaynakların çok fazla kullanılması sürdürülebilir bir gelecek için tehlike arz etmektedir. Sürdürülebilir bir gelecek için doğal kaynakların düzgün ve amacına uygun bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla yapılacak olan faaliyetlerde arazi seçimi oldukça önemlidir. Özellikle Aşağı Kelkit Havzası gibi toprak yapısı, biyoçeşitlilik gibi özellikleri bakımından oldukça önemli olan bölgelerde arazi kullanımında yapılacak yanlışlıklar geri dönülmesi oldukça zor olaylara yol açacaktır. Yapılacak olan arazi kullanım projeksiyonları ile değişimi yönetmek ve gereken yerlerde müdahale etmek gerekmektedir.

Çalışma alanı biyoçeşitlilik, toprak yapısı, sulak alanlar gibi konular birçok araştırmanın konusu olmuş fakat bölgede detaylı arazi kullanım değişimi ve arazi kullanım projeksiyonlarına yönelik çalışmalar yapılmamıştır. Bu çalışma hem bu konudaki açıklığı kapatmak hem de farklı bölgelerde yapılacak olan arazi kullanım projeksiyonlarına yönelik araştırmalarda kullanılacak CBS ve UA programlarının uygunluğu konusunda yol göstereceği düşünülmektedir.

Bu özellikler dâhilinde önemli bir alan olan Aşağı Kelkit Havzası'nın gelecek yıllara ait oluşturulmuş olan arazi projeksiyonlarının arazi kullanım konusunda önderlik edeceği, belediye hizmetlerine ve diğer kuruluşlara arazi kullanım ve doğal afet planları oluşturulurken de yardımcı olması bakımından önem arz etmektedir.



4. MATERYAL VE YÖNTEM

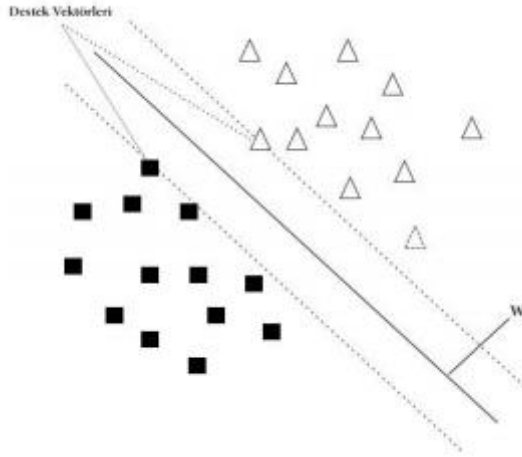
Araştırma için kullanılan yöntem birden çok aşamadan oluşmaktadır. Araştırma için öncelikle genişletilmiş bir literatür taraması yapılmış, konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ardından birinci aşama olarak uzaktan algılama veri seti için uydu görüntülerinin elde edilmiş, ikinci aşamada görüntülerin radyometrik ve geometrik düzeltilmeleri yapılmış ve analizlere görüntüler hazır hale getirilmiştir. Üçüncü aşamada görüntülere makine öğrenmesi algoritmaları ile görüntü sınıflama analizleri uygulanmış, dördüncü aşamada sınıflandırılan görüntülerin doğruluk analizleri oluşturulmuştur. Beşinci aşamada 2030 ve 2050 yılları için arazi kullanım projeksiyonun hazırlanmış ve son olarak altıncı aşamada CBS yardımıyla mekânsal istatistik analizler ile değişim alanlarının hesaplanarak ve yönetim planlarının tartışılmıştır.

Uzaktan algılama veri seti için Aşağı Kelkit Havzası'nın 1990-2010 yıllarına ait Landsat 5 ETM+ ve 2020 yılına ait Landsat 8 OLI uydu görüntüleri indirilmiştir. Bu görüntüler seçilirken konunun amacına uygun olarak bulutsuz bir güne ait görüntüler olmasına dikkat edilmiştir. Görüntülerin geometrik doğruluğu kontrol edildikten sonra atmosferik ve radyometrik düzeltilmeler yapılarak görüntülerin dijital sayı (Digital Number–DN) değerleri yansıma değerlerine çevrilmiştir. Ardından çalışma alanı sınır haritası yardımıyla görüntüler, makine öğrenmesi sınıflama teknikleri için hazır hale getirilmiştir. Görüntülere uygulanan bu düzeltilmeler QGIS 3.28.3 yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Görüntü işleme ve sınıflandırmada makine öğrenmesi algoritmaları karşılaştırılarak en başarılı bulunan algoritma, arazi kullanım projeksiyonlarının üretilmesinde tercih edilmiştir. Makine öğrenme algoritmaları olarak Rastgele Orman (RO- Random Forest), Destek Vektör Makineleri (DVM- Support Vector Machine) ve K-En Yakın Komşu (KNN- K-Nearest Neighbours) algoritmaları sınıflama teknikleri olarak kullanılmıştır.

RO sınıflama, Breiman (2001) tarafından geliştirilen en bilinen topluluk algoritmalarından birisidir ve temel sınıf olarak karar ağaçlarını kullanmaktadır. Genel itibari ile üç aşamadan oluşmaktadır. 1) Topluluk çeşitliliğini elde etmek, 2) Temel klasörler oluşturmak, 3) Temel sınıfların birleştirilmesi aşamalarını içermektedir.

DVM algoritması ise kontrol edilebilen parametrik olmayan istatistiksel bir öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma, isimlendirilmiş veri örneği ile sunulur ve eğitim algoritması, veriyi daha yüksek bir boyuta dönüştürerek oluşturacağı bir hiper-düzlem ile iki sınıftı birbirinden ayırma prensibini esas alan kontrollü bir sınıflama tekniğidir (Vapnik, 2000). Bu yöntemin asıl amacı, hataların karesini en aza indirecek ayırıcı belirlemektir (Haltaş ve Alkan, 2016). Şekil 6'da görülen destek hatalarını en az seçen destek vektörleri seçilerek bu düzlemler arasındaki uzaklık en fazla yapılır. Daha sonra bu iki vektörün orta noktasındaki w vektörü seçilir. Son adımda ise yeni x için $y = wtx + b$ işleminin sonucu hesaplanarak verinin sınıfı belirlenir. $y \leq 0$ ise verinin birinci sınıfa, $y > 0$ ise verinin ikinci sınıfa ait olduğunu bildirmektedir (Kaynar ve diğerleri, 2018).



Şekil 6. Destek vektörleri

K-En yakın komşu (K-NN) algoritması, kontrollü makine öğrenmesi tiplerinden bir tanesidir. Kontrollü sınıflandırma algoritmalarının birçoğunda kontrol elemanları kullanılarak ön kontrol ve bazı parametreler belirlenmekte ve test edilecek veri seti bu kontrol setine ihtiyaç duymadan bu belirlenen parametreler tarafından sınıflandırılmaktadır. Bu öğrenme algoritmasında ise, ön kontrol setine ihtiyaç duyulmadan sınıflandırılacak görüntü her seferinde kontrol kümesi kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Bu algoritma öznitelik uzayındaki en yakın eğitim örneklerine dayanarak objeleri sınıflandırmaktadır. Belirli bir k değeri kadar en yakındaki komşunun niteliklerine göre sınıflandırma yapmaktadır. Farklı bir veri ile karşılaşıldığında seçilen mesafe algoritması yardımıyla bu verinin kontrol birliğindeki verilere olan mesafesi ayrı ayrı hesaplanır. Daha sonra mesafe en az olan k sayıdaki veri kontrol birliğinden seçilerek

sınıflama birlikleri oluşturulur. Bundan sonraki aşamada sınıflandırılacak verinin sınıfı, sınıflama birliğinin en fazla olduğu sınıf olarak belirlenir ve algoritma sonlandırılır (Kaynar ve diğerleri, 2018).

Görüntü işleme tekniklerinden makine öğrenmesi algoritmaları QGIS CBS yazılımının Orfeo ToolBox eklentisindeki makine öğrenme kütüphanesi kullanılarak hesaplanmıştır. Oluşturulan farklı algoritmalara göre görüntülerin doğruluk analizleri Kappa istatistik ile test edilmiştir (Eşitlik 1).

$$Kappa (K) = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii}}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + x_{+i})} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

N hata matrisinde örnek sayılarının bütünü, r hata matrisindeki satır sayılarının toplamını (sınıf sayısını), x_{ii} doğru sınıflandırılmış örnekleri, x_{+i} i satırının toplam sayısını, x_{i+} sütununun toplam sayısını temsil etmektedir.

Doğruluk payı en yüksek olan algoritma, arazi kullanım haritalarının oluşturulması ve geleceğe yönelik kullanım projeksiyonunun haritalandırılmasında kullanılmıştır. Arazi kullanım sınıflandırma yapılırken ormanlık alan, kuru tarım alanları/nadas, sulu tarım alanları, sulak araziler, çayır/mera alanları, yerleşme/yol alanları, bozulmuş alan, çıplak araziler ve çalı olmak üzere toplam 9 sınıf oluşturulmuştur. Belirlenen algoritma Landsat görüntülerinin 1990, 2010 ve 2020 yıllarına uyarlanıp bu görüntüler TerrSet yazılımının Land Change Modeler Eklentisi yardımıyla 2030 ve 2050 yılına ait arazi kullanım projeksiyonları oluşturulmuştur. Projeksiyon oluşturmada CA_ Markov Chain Yöntemi'ni kullanan yazılım, değişim trendi hesaplamaktadır. Trendin hesaplanmasında yardımcı veri olarak çalışma alanının sadece DEM verisi kullanılmıştır. 1990 ve 2010 yılları arasındaki arazi kullanım değişim trendi öncelikle belirlenerek, ardından belirlenen trend yardımıyla yazılımdan 2020 yılına ait projeksiyon hazırlanmıştır. Elde edilen trende göre 2020 yılı projeksiyon haritası Landsat görüntüsünden hazırlanan 2020 yılı arazi kullanım haritası ile test edilmiştir. ROC istatistik değerlerinin (0,81 doğruluk oranı) yeterli bulunmasıyla hesaplanan trend yardımıyla 2030 ve 2050 yılı için arazi kullanım projeksiyonu ayrıca oluşturulmuştur. Ardından ArcMap 10.5 yazılımının mekânsal istatistik araçları ile değişim alanları hesaplanarak, arazi kullanımında yapılan doğrular ve yanlışlar ortaya çıkartılmış ve gelecek için kullanım planlamaları önerilmiştir.

5. UYGULAMA

Bu bölüm Aşağı Kelkit Havzası'na ait 1990-2020 yılları arasında arazi örtüsü/kullanımının belirlenmesi, bu yıllar arasında çalışma alanında meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi ve makine öğrenme yöntemleri kullanılarak 2030-2050 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanım haritalarının oluşturulması ve doğruluk analizlerinin yapılma aşamalarını içermektedir.

5.1. Uydu Görüntülerinin Elde Edilmesi

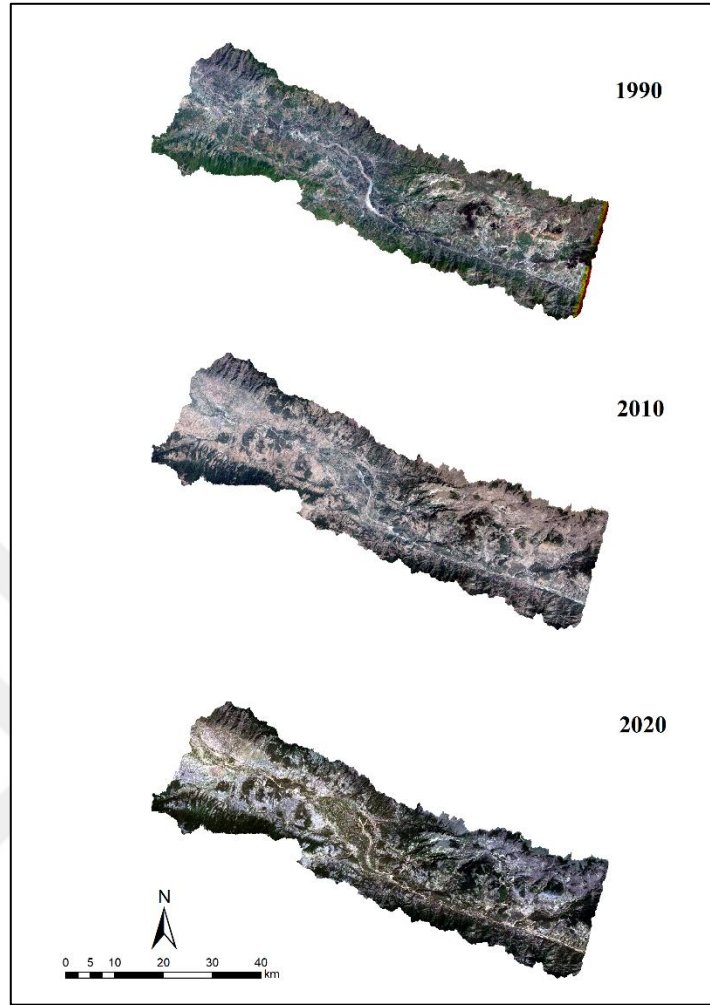
Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri glovis.usgs.gov sayfasından indirilmiştir. Uydu görüntüleri seçilirken arazi sınıflarının daha belirgin görüldüğü Mayıs-Eylül arası aylara ait bulutsuz bir gün tercih edilmiştir.

Çalışma zaman aralığı olarak seçilen 1990-2010-2020 yıllarına için aynı uyduya ait görüntüler olmadığından dolayı 1990 ve 2010 yıllarına ait görüntüler Landsat-5, 2020 yılına ait görüntüler ise Landsat-8 uydusundan elde edilmiştir.

Landsat-5 1984'te fırlatılmış, 2013 yılına kadar hizmet vermiş, 7 bantlı bir uydu sistemidir. Landsat-8 2013 yılında fırlatılmış, günümüzde hala hizmet vermekte olan 11 bantlı bir uydu sistemidir.

5.2. Bant Birleştirme

Çalışmada kullanılan Landsat-5 ve Landsat-8 uydularına ait uydu görüntüleri birden fazla banttan oluşmaktadır. Bu bantlardan tek bir görüntü elde edilmesi için bantların birleştirme işlemi yapılması gerekmektedir. Bu işlem için ArcMap 10.5 yazılımı kullanılarak "composite band" işlemi yapılmış (Şekil 7), bu işlem sonucunda elde görüntünün bant ayarları RGB renk evren sistemine göre ayarlanmıştır.



Şekil 7. Çalışma Alanına Ait Composite Band İşlemi Sonucunda Elde Edilen Görüntüler

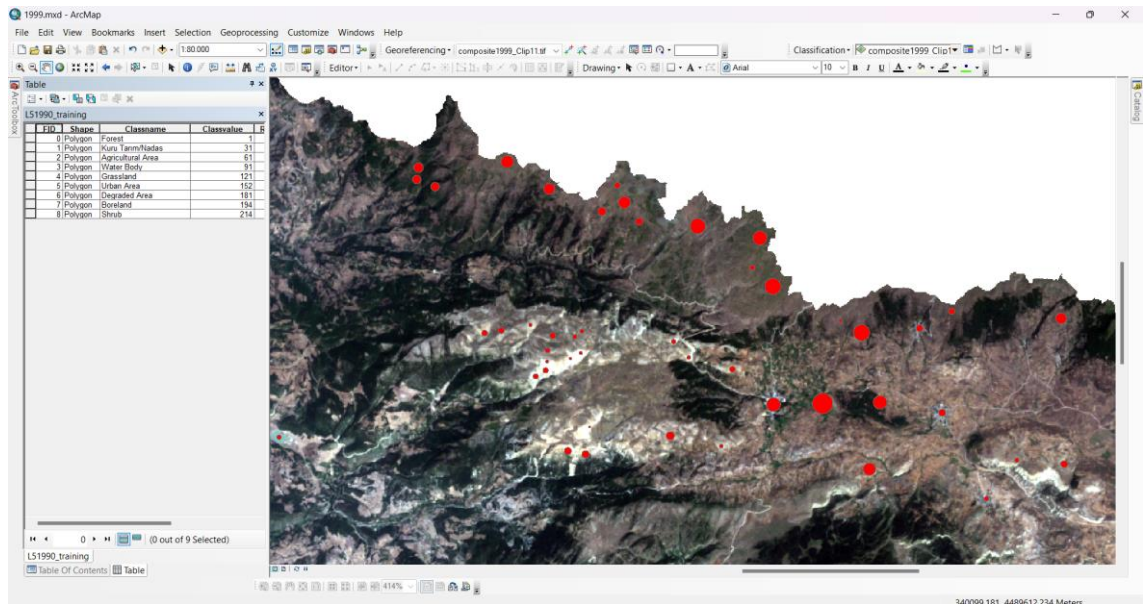
5.3. Sınıflandırma

Uydu görüntüsünü oluşturan her bir pikselin yansıma değeri birbirinden farklıdır. Bu farklılıklardan yola çıkılarak her bir yansıma değerinin özelliğine göre sınıflandırma yapılmakta, arazinin yapısı hakkında bilgi edinilmektedir. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında CORİNE arazi örtüsü/kullanımı sınıflarından (Tablo 2) yola çıkılarak arazinin özellikleri dikkate alınarak yeniden sınıflar oluşturulmuştur (Tablo 10). Yeniden değerlendirme sonucu orman alanı, kuru tarım/nadas, sulu tarım, sulak alan (su yüzeyleri), çayır/mera, yerleşme/yol, bozulmuş alan, çıplak alan, çalı olmak üzere 9 sınıf oluşturulmuştur.

Tablo 10. Arazi Örtüsü/Kullanım Sınıflarının Yeniden Düzenlenmesi

CORİNE Arazi Örtüsü/Kullanım Sınıfları	Çalışma Alanına Göre Düzenlenmiş Hali
Orman	Orman
Sulanmayan Ekilebilir Alan	Kuru Tarım/Nadas
Sürekli Sulanan Alan	Sulu Tarım
Su Kütleleri	Sulak Alan
Doğal Çayırliklar/Mera Alanları	Çayır/Mera
Şehir Yapısı/ Endüstri, Sanayi ve Ulaşım Birimleri	Yerleşme/Yol
İnşaat Sahaları/Maden Çıkarım	Bozulmuş Alan
Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	Çıplak Alan
Fundalıklar	Çalı

ArcMap 10.5 yazılımı kullanılarak “image classification” menüsünden yararlanarak, eğitim veri seti oluşturulmak amaçlı her bir uydu görüntüsü üzerinden 200’ün üzerinde örnek alanlar seçilmiş ve bu alanların hangi sınıfa ait olduğu “training sample manager” ile kayıt altına alınmıştır (Şekil 8). Çalışma alanına ait uydu görüntülerinde orman alanı daha fazla olduğu için örnek alanlarda orman alanının sayısı fazla tutulmuş; sulak alan, çıplak alan, bozulmuş alan gibi alanların çalışma alanında az yer kaplaması nedeniyle bu alana ait örnek sayısı da az tutulmuştur.



Şekil 8. ArcMap Üzerinde Görüntü Sınıflandırma İşlemi

5.4. Makine Öğrenme (RF-KNN- SVM)

Makine öğrenme algoritmaları için QGIS 3.28.3 yazılımı kullanılmıştır. ArcMap 10.5 ile hazırlanan eğitim veri seti verileri QGIS 3.28.3 yazılımı üzerinde bulunan Orfeo ToolBox (OTB) eklentisi ile düzenlenmiştir. Arazi örtüsü/kullanım haritalarının analizi konusunda en çok kullanılan Destek Vektör Makineleri (SVM), Rastgele Orman Sınıflandırıcısı (RF), K-En Yakın Komşu (KNN) algoritmaları ile arazi örtüsü/kullanımına ait haritalar üretilmiştir.

QGIS 3.28.3 yazılımının OTB eklentisinin “Learning” bölümünde yer alan “Compute Image Statistics” menüsü seçilip bu alandan “compute” dosyası oluşturulmuştur. Daha sonra yine “Learning” bölümünde bulunan “Train Images Classifier” menüsü açılarak, oluşturulan “compute” dosyası ve ArcMap 10.5 ile üretilen “training sample manager” dosyası da kullanılarak RF, SVM ve KNN algoritmaları kullanılarak 1990, 2010 ve 2020 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11).

Haritalar oluşturulurken “training sample manager” verilerinin %80’i eğitim için %20’si ise doğruluk analizi için kullanılmıştır. Oluşturulan haritalarının doğruluk oranları ve sınıflandırma analizlerini yapmak için .tif dosyası olarak çıktıları alınmıştır. Daha sonra ArcMap 10.5 yazılımında görüntüler düzenlenmiştir.

Şekil 5’te gösterilen 1990 yılına ait random forest (RF) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11. 1990 Yılına Ait Random Forest (RF) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	29761,21	14,52%
2	Kuru Tarım/Nadas	25623,65	12,50%
3	Sulu Tarım	15064,56	7,35%
4	Sulak Alan	5433,98	2,65%
5	Çayır/Mera	78986,79	38,53%
6	Yerleşme/Yol	18137,35	8,85%
7	Bozulmuş Alan	4120,281	2,01%
8	Çıplak Alan	2098,57	1,02%
9	Çalı	25772,41	12,57%

Tablo 11’deki 1990 yılına ait RF sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 78.986,79 hektarlık alan kaplayan çayır/mera sınıfına aittir. Çayır/mera

sınıfı çalışma alanının %38,53'lük kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 2.098,57 hektarlık yer kaplayan çıplak alana aittir. Çalışma alanının %1,02'lik kısmını kapsamaktadır.

Şekil 9'da gösterilen 1990 yılına ait K-En Yakın Komşu (KNN) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. 1990 Yılına Ait K-En Yakın Komşu (KNN) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	35640	17,39%
2	Kuru Tarım/Nadas	29950,2	14,61%
3	Sulu Tarım	31003,7	15,12%
4	Sulak Alan	9180,41	4,48%
5	Çayır/Mera	56833,2	27,72%
6	Yerleşme/Yol	16532,2	8,06%
7	Bozulmuş Alan	3376,54	1,65%
8	Çıplak Alan	1081,77	0,53%
9	Çalı	21400,9	10,44%

Tablo 12'deki 1990 yılına ait KNN sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 56.833,2 hektarlık alan kaplayan çayır/mera sınıfına aittir. Çayır/mera sınıfı çalışma alanının %27,72'lik kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 1.081,77 hektarlık yer kaplayan çıplak alana aittir. Çalışma alanının %0,53'lük kısmını kapsamaktadır.

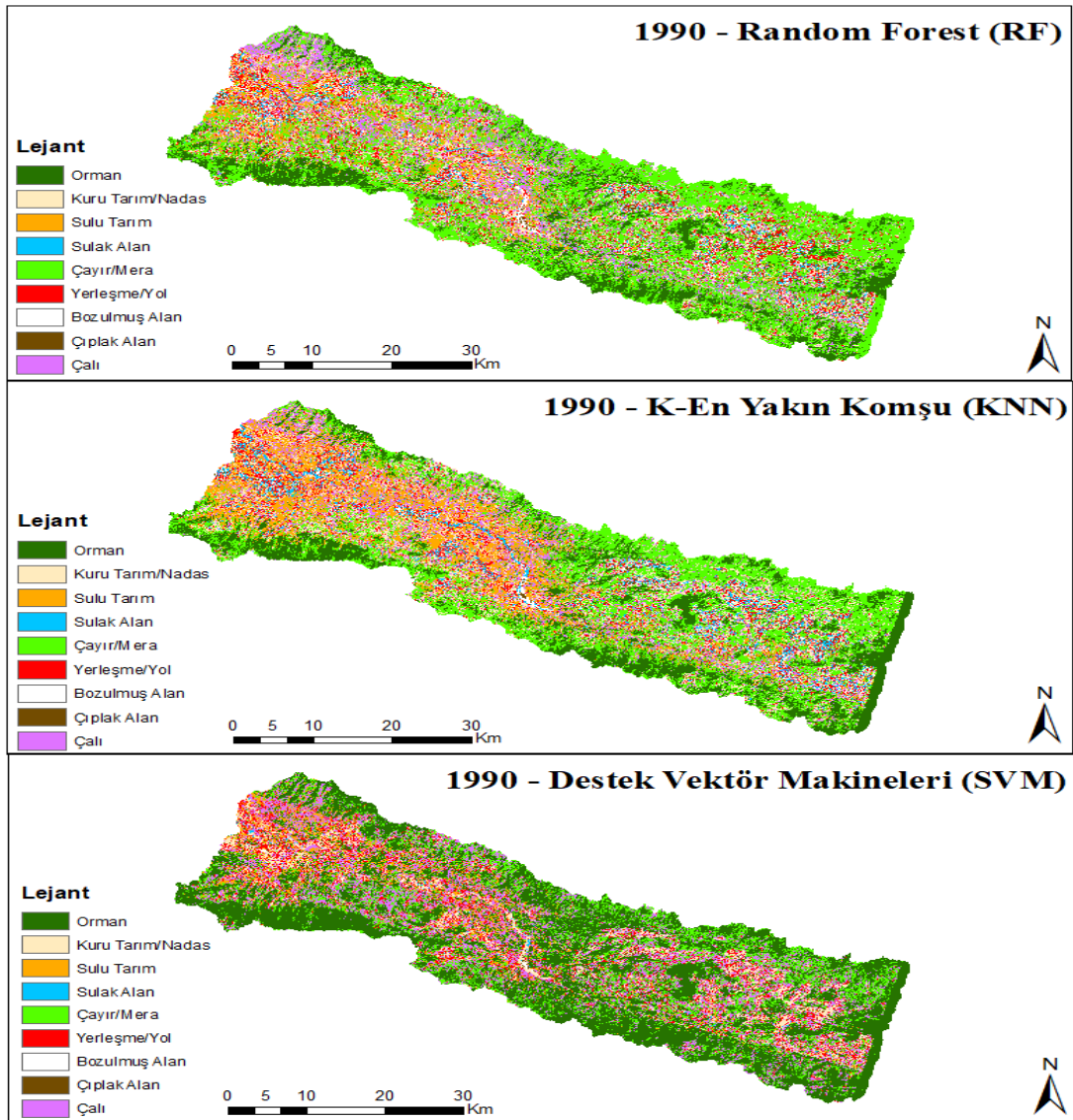
Şekil 9'da gösterilen 1990 yılına ait Destek Vektör Makineleri (SVM) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13. 1990 Yılına Ait Destek Vektör Makineleri (SVM) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	85824,64	41,87%
2	Kuru Tarım/Nadas	14812,65	7,23%
3	Sulu Tarım	13170,1	6,42%
4	Sulak Alan	692,8934	0,34%
5	Çayır/Mera	35785,03	17,46%
6	Yerleşme/Yol	17189,23	8,39%
7	Bozulmuş Alan	241,3742	0,12%
8	Çıplak Alan	1001,676	0,49%
9	Çalı	36281,19	17,70%

Tablo 13'deki 1990 yılına ait SVM sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 85.824,64 hektarlık alan kaplayan orman sınıfına aittir. Orman sınıfı çalışma alanının %41,87'lik kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 241,37 hektarlık yer kaplayan çıplak alana aittir. Çalışma alanının %0,12'lik kısmını kapsamaktadır.

Çalışma alanına ait 1990 yılına ait RF, KNN ve SVM sınıflandırma görselleri şekil 9'da gösterilmiştir.

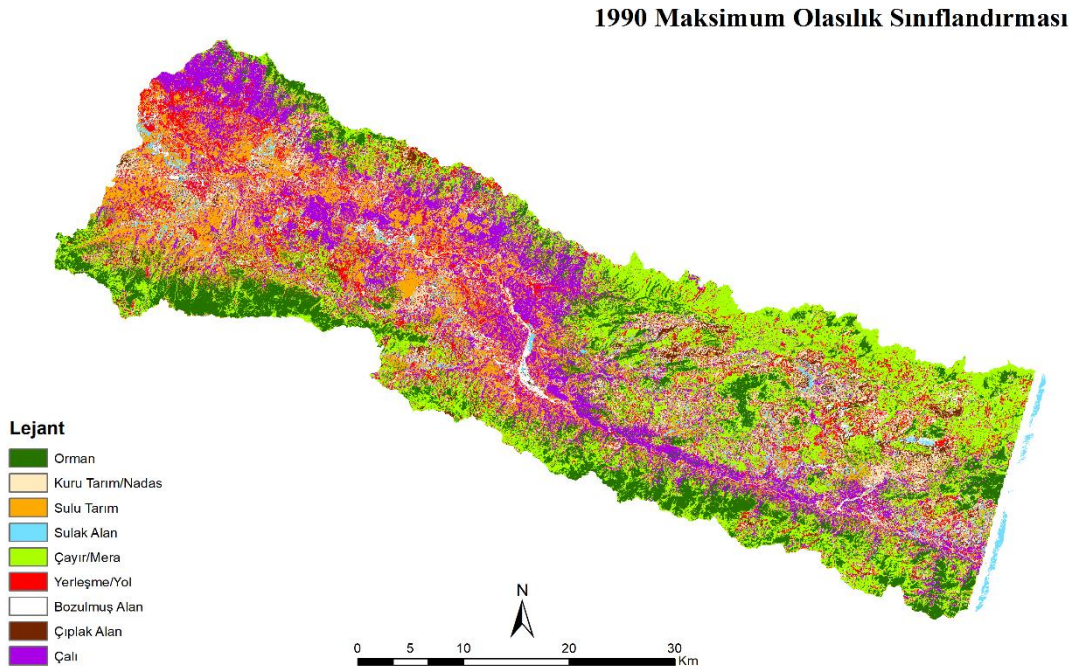


Şekil 9. Çalışma Alanına Ait 1990 Yılı Sınıflandırma Verileri

1990 yılına ait oluşturulan arazi örtüsü/kullanım haritalarının doğruluk oranının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Makine öğrenme yöntemleri ile yapılan bu sınıflandırma işleminin başarısız olması nedeniyle kontrollü sınıflandırma yöntemi olan

Maksimum olasılık sınıflandırması (MLE) yöntemi ile 1990 yılına ait arazi örtüsü/kullanım haritası oluşturulmuştur (Şekil 10). Bu işlem için ArcMap 10.5 yazılımı üzerinde yer alan “classification” menüsünden yararlanılmıştır.

Çalışma alanına ait 1990 yılına ait maksimum olasılık sınıflandırması sınıflandırma görseli şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10. Çalışma Alanına Ait 1990 Maksimum Olasılık Sınıflandırması Verileri

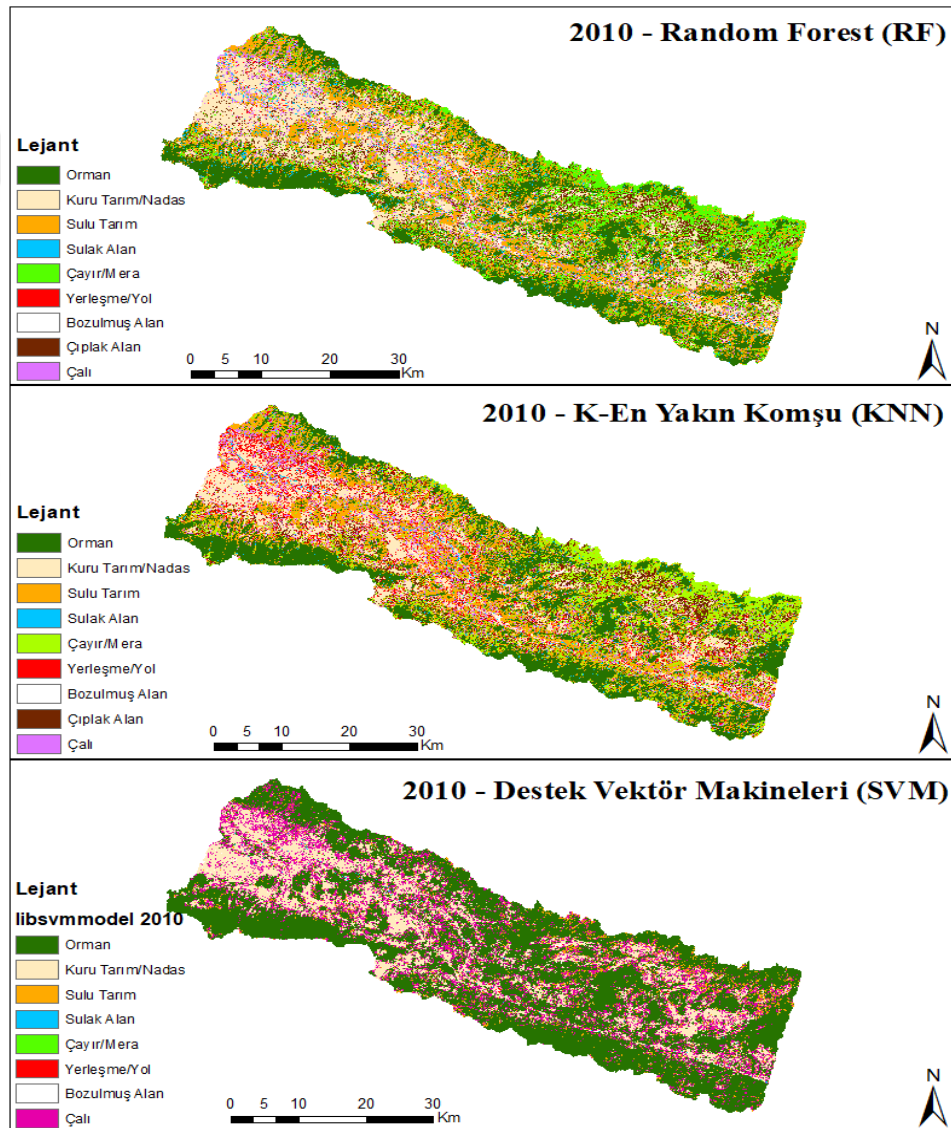
Şekil 10’da gösterilen 1990 yılına ait maksimum olasılık sınıflandırması sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 14’te gösterilmiştir.

Tablo 14. 1990 Yılına Ait Maksimum Olasılık Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	27799,38	13,56%
2	Kuru Tarım/Nadas	18925,29	9,23%
3	Sulu Tarım	26630,91	12,99%
4	Sulak Alan	5618,61	2,74%
5	Çayır/Mera	52330,33	25,53%
6	Yerleşme/Yol	18798,3	9,17%
7	Bozulmuş Alan	7886,43	3,85%
8	Çıplak Alan	7842,06	3,83%
9	Çalı	39167,47	19,11%

Tablo 14'teki 1990 yılına ait maksimum olasılık sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 52.330,33 hektarlık alan kaplayan çayır/mera sınıfına aittir. Çayır/mera sınıfı çalışma alanının %25,53'lük kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 5.618,61 hektarlık yer kaplayan sulak alana aittir. Çalışma alanının %2,74'lük kısmını kapsamaktadır.

Çalışma alanına ait 2010 yılına ait RF, KNN ve SVM sınıflandırma görselleri şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Çalışma Alanına Ait 2010 Yılı Sınıflandırma Verileri

Şekil 11'de gösterilen 2010 yılına ait random forest (RF) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 15'te gösterilmiştir.

Tablo 15. 2010 Yılına Ait Random Forest (RF) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	47614,08	23,23%
2	Kuru Tarım/Nadas	42234,28	20,60%
3	Sulu Tarım	47103,61	22,98%
4	Sulak Alan	5228,16	2,55%
5	Çayır/Mera	29729,53	14,50%
6	Yerleşme/Yol	1410,27	0,69%
7	Bozulmuş Alan	1055,41	0,51%
8	Çıplak Alan	18818,1	9,18%
9	Çalı	11805,38	5,76%

Tablo 15'teki 2010 yılına ait RF sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 47.614,08 hektarlık alan kaplayan orman sınıfına aittir. Orman sınıfı çalışma alanının %23,23'lük kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 1.055,41 hektarlık yer kaplayan bozulmuş alana aittir. Çalışma alanının %0,51'lik kısmını kapsamaktadır.

Şekil 11'de gösterilen 2010 yılına ait K-en yakın komşu (KNN) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. 2010 Yılına Ait K-En Yakın Komşu (KNN) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	52521,84	25,62%
2	Kuru Tarım/Nadas	32783,69	15,99%
3	Sulu Tarım	38617,44	18,84%
4	Sulak Alan	3616,20	1,76%
5	Çayır/Mera	29925,9	14,60%
6	Yerleşme/Yol	15370,73	7,50%
7	Bozulmuş Alan	719,98	0,35%
8	Çıplak Alan	16374,57	7,99%
9	Çalı	15068,43	7,35%

Tablo 16'daki 2010 yılına ait KNN sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 52.521,84 hektarlık alan kaplayan orman sınıfına aittir. Orman sınıfı çalışma alanının %25,62'lik kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 719,98 hektarlık yer kaplayan bozulmuş alana aittir. Çalışma alanının %0,35'luk kısmını kapsamaktadır.

Şekil 11’de gösterilen 2010 yılına ait Destek Vektör Makineleri (SVM) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 17. 2010 Yılına Ait Destek Vektör Makineleri (SVM) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	114446,7	55,83%
2	Kuru Tarım/Nadas	42557,46	20,76%
3	Sulu Tarım	10598,87	5,17%
4	Sulak Alan	272,15	0,13%
5	Çayır/Mera	33,75	0,02%
6	Yerleşme/Yol	134,91	0,07%
7	Bozulmuş Alan	692,26	0,34%
8	Çalı	36262,65	17,69%

Tablo 17’deki 2010 yılına ait SVM sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 114.446,7 hektarlık alan kaplayan orman sınıfına aittir. Orman sınıfı çalışma alanının %55,83’lük kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 33,74 hektarlık yer kaplayan çayır/mera sınıfına aittir. Çalışma alanının %0,02’lik kısmını kapsamaktadır.

Şekil 12’de gösterilen 2020 yılına ait Random Forest (RF) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 18’de gösterilmiştir.

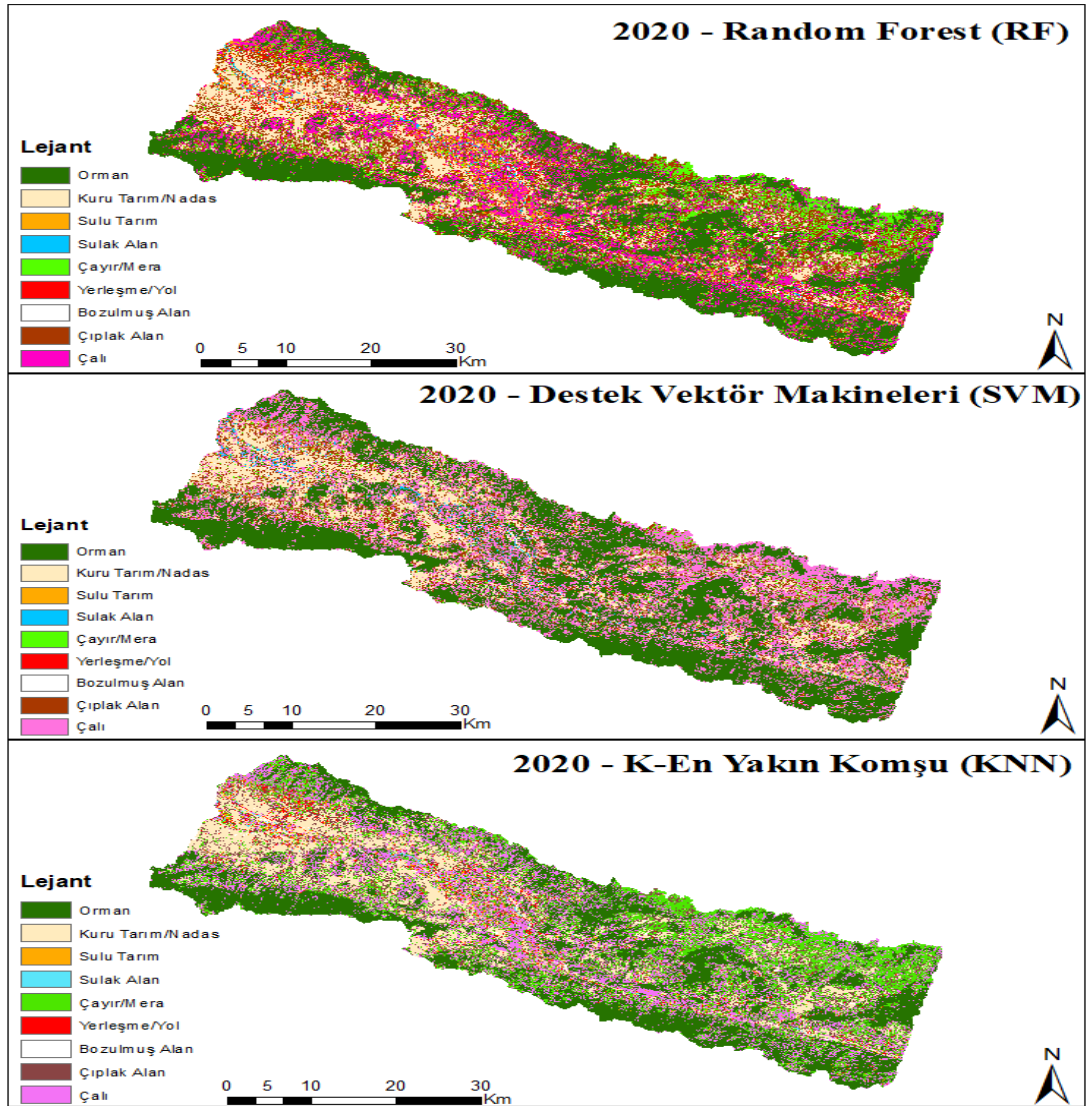
Tablo 18. 2020 Yılına Ait Random Forest (RF) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	65658,65	32,03%
2	Kuru Tarım/Nadas	29705,15	14,49%
3	Sulu Tarım	8607,73	4,20%
4	Sulak Alan	1203,36	0,59%
5	Çayır/Mera	22943,09	11,19%
6	Yerleşme/Yol	3639,32	1,78%
7	Bozulmuş Alan	671,65	0,33%
8	Çıplak Alan	34631,17	16,89%
9	Çalı	37938,67	18,51%

Tablo 18’deki 2020 yılına ait RF sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 65.658,65 hektarlık alan kaplayan orman sınıfına aittir. Orman sınıfı çalışma alanının %32,03’lük kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 671,65 hektarlık

yer kaplayan bozulmuş alan sınıfına aittir. Çalışma alanının %0,33'lük kısmını kapsamaktadır.

Çalışma alanına ait 2020 yılına ait RF, KNN ve SVM sınıflandırma görselleri şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Çalışma Alanına Ait 2020 Yılı Sınıflandırma Verileri

Şekil 12'de gösterilen 2020 yılına ait K-En Yakın Komşu (KNN) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 19'de gösterilmiştir.

Tablo 19. 2020 Yılına Ait K-En Yakın Komşu (KNN) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	63499,61	30,98%
2	Kuru Tarım/Nadas	34329,14	16,75%
3	Sulu Tarım	4047,10	1,97%
4	Sulak Alan	435,23	0,21%
5	Çayır/Mera	37429,91	18,26%
6	Yerleşme/Yol	4060,96	1,98%
7	Bozulmuş Alan	830,86	0,41%
8	Çıplak Alan	19081,11	9,31%
9	Çalı	41284,87	20,14%

Tablo 19'daki 2020 yılına ait KNN sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 63499,61 hektarlık alan kaplayan orman sınıfına aittir. Orman sınıfı çalışma alanının %30,98'lik kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 435,22 hektarlık yer kaplayan sulak alan sınıfına aittir. Çalışma alanının %0,21'lik kısmını kapsamaktadır.

Şekil 12'de gösterilen 2020 yılına ait Destek Vektör Makineleri (SVM) sınıflandırma sonucu elde edilen alan kullanımı/arazi örtüsü dağılımı tablo 20'de gösterilmiştir.

Tablo 20. 2020 Yılına Ait Destek Vektör Makineleri (SVM) Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Arazi Sınıfı No	Sınıf Adı	Alan (Hektar)	Yüzde (%)
1	Orman	87608,53	42,74%
2	Kuru Tarım/Nadas	28998,76	14,15%
3	Sulu Tarım	1848,28	0,90%
4	Sulak Alan	1906,33	0,93%
5	Çayır/Mera	6298,12	3,07%
6	Yerleşme/Yol	2,43	0,00%
7	Bozulmuş Alan	677,77	0,33%
8	Çıplak Alan	22026,1	10,74%
9	Çalı	55632,47	27,14%

Tablo 20'deki 2020 yılına ait SVM sınıflandırma verilerine göre çalışma alanında en büyük pay 87.608,53 hektarlık alan kaplayan orman sınıfına aittir. Orman sınıfı çalışma alanının %42,74'lik kısmını kapsamaktadır. En düşük pay ise 2,43 hektarlık yer kaplayan yerleşme/yol sınıfına aittir. Çalışma alanının %0,00'lık kısmını kapsamaktadır.

5.5. Doğruluk Analizi

Yapılan sınıflandırmaların, istatistiksel olarak ne kadar olduğunu öğrenmek, doğruluğunu değerlendirmek ve sonuçların ne kadar doğru olduğunu tespit etmek amaçlı doğruluk analizleri yapılmıştır. Her yıl için oluşturulan KNN, RF ve SVM algoritmalarına ait sınıflandırmalarının tek tek doğruluk analizleri çıkartılmıştır.

Doğruluk analizinde kullanmak üzere doğruluk kontrol noktaları oluşturulmuş, bu işlem için Google Earth Pro yazılımı kullanılmıştır. Google Earth Pro yazılımı üzerinde oluşturulan her arazi sınıfı için toplam 200 doğruluk kontrol noktası seçilmiştir. Bu noktaların seçimi sırasında çalışma alanında hangi arazi sınıfı fazla ise onun oranı yüksek tutulmuş, az bulunan arazi sınıfının oranı düşük tutulmuştur. Doğruluk kontrol noktaları için 2023 yılı verileri kullanılmıştır. Google Earth’de geçmiş yıllara ait verilerde bulunmasına rağmen çalışma alanı için seçilen 1990 ve 2010 yıllarına ait görüntü verilerinin çözünürlük değerlerinin çok düşük olması bu yıllara ait doğruluk kontrol noktalarının seçiminin yapılmasını zorlaştırdığı ve yanlış sonuç vereceği için tercih edilmemiştir.

Doğruluk analizi için ArcMap 10.5 yazılımı kullanılmıştır. “Extraction” menüsünden yararlanarak Google Earth Pro yazılımında elde edilen doğruluk kontrol noktası verileri düzenlenmiş, ardından “Segmentation and Classification” menüsünden yararlanarak doğruluk analiz tabloları üretilmiştir.

Doğruluk oranında veriler “0” ile “1” arasında değere sahiptir. Verinin “1” olması uyumun mükemmel olduğunu yani algoritma verisi ile kontrol noktası verisinin aynı sınıflandırma verisine sahip olduğunu, “0” olması ise uyumsuz olduğunu yani algoritma verisi ile doğruluk kontrol noktası verisinin farklı olduğunu göstermektedir. Doğruluk analizlerinde kullanılan kodlamalar tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 21. Doğruluk Analizinde Kullanılan Kodlar ve Karşılıkları

Doğruluk Analizindeki Kod	Kodun Karşılığı
C_1	Orman
C_2	Kuru Tarım/Nadas
C_3	Sulu Tarım
C_4	Sulak Alan
C_5	Çayır/Mera
C_6	Yerleşme/Yol

C_7	Bozulmuş Alan
C_8	Çıplak Alan
C_9	Çalı

1990 yılına ait KNN sınıflandırma doğruluk analizi tablo 22’de gösterilmiştir.

Tablo 22. 1990 Yılı KNN Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Class Value	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Total	Accuracy	Kappa
C_1	30	1	1	2	3	0	0	0	0	37	0,81	0
C_2	1	6	3	0	1	4	0	3	0	18	0,33	0
C_3	1	13	5	1	3	1	6	4	4	38	0,13	0
C_4	0	8	1	2	0	1	1	1	0	14	0,14	0
C_5	7	3	0	0	17	0	0	5	1	33	0,52	0
C_6	0	1	3	1	1	2	1	5	2	16	0,13	0
C_7	0	0	0	2	0	2	4	2	0	10	0,4	0
C_8	0	0	0	0	0	0	7	9	0	16	0,56	0
C_9	1	6	3	2	1	1	3	0	1	18	0,06	0
Total	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
Accuracy	0,75	0,16	0,31	0,2	0,65	0,18	0,18	0,31	0,13	0	0,38	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,30

Tablo 22’deki verilere göre 1990 yılına ait KNN sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,38; Kappa doğruluk oranı ise 0,30 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 0,75 ile orman sınıfına aittir. En düşük doğruluk ise 0,13 ile çalı sınıfına aittir. Çayır/mera sınıfına ait doğruluk 0,65 ile geçerli bir doğruluk oranına sahip olsa da geri kalan arazi sınıflarının oranının oldukça düşük olduğu görülmüştür.

1990 yılına ait RF sınıflandırma doğruluk analizi tablo 23’te gösterilmiştir.

Tablo 23. 1990 Yılı RF Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Class Value	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Total	Accuracy	Kappa
C_1	28	1	1	1	0	0	0	0	0	31	0,90	0
C_2	1	5	3	0	1	4	1	3	0	18	0,28	0
C_3	0	12	2	0	2	0	0	2	1	19	0,11	0
C_4	0	5	0	1	0	0	0	1	0	7	0,14	0
C_5	9	8	2	1	22	0	3	5	1	51	0,43	0
C_6	0	4	4	2	0	2	1	3	2	18	0,11	0
C_7	0	0	0	2	0	3	5	1	0	11	0,45	0
C_8	0	0	0	1	0	0	6	10	0	17	0,59	0
C_9	2	3	4	2	1	2	6	4	4	28	0,14	0
Total	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
Accuracy	0,70	0,13	0,13	0,10	0,85	0,18	0,23	0,34	0,50	0	0,40	0

<i>Kappa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,31
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------

Tablo 23'teki verilere göre 1990 yılına ait RF sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,40; Kappa doğruluk oranı ise 0,31 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 0,85 ile çayır/mera sınıfına aittir. En düşük doğruluk ise 0,10 ile sulak alan sınıfına aittir. Orman sınıfına ait doğruluk 0,70; çalı sınıfına ait doğruluk ise 0,50 ile geçerli bir doğruluk oranına sahip olsa da geri kalan arazi sınıflarının oranının oldukça düşük olduğu görülmüştür.

1990 yılına ait SVM sınıflandırma doğruluk analizi tablo 24'te gösterilmiştir.

Tablo 24. 1990 Yılı SVM Sınıflandırma Doğruluk Analizi

<i>Class Value</i>	<i>C_1</i>	<i>C_2</i>	<i>C_3</i>	<i>C_4</i>	<i>C_5</i>	<i>C_6</i>	<i>C_7</i>	<i>C_8</i>	<i>C_9</i>	<i>Total</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Kappa</i>
<i>C_1</i>	38	10	6	3	9	0	2	2	1	71	0,54	0
<i>C_2</i>	0	8	1	4	0	4	3	3	0	23	0,35	0
<i>C_3</i>	0	7	1	1	2	0	2	3	4	20	0,05	0
<i>C_4</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>C_5</i>	1	3	0	0	14	0	3	4	1	26	0,54	0
<i>C_6</i>	1	3	5	1	1	3	0	4	2	20	0,15	0
<i>C_7</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C_8</i>	0	0	0	0	0	0	9	8	0	17	0,47	0
<i>C_9</i>	0	7	3	1	0	4	3	4	0	22	0	0
<i>Total</i>	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
<i>Accuracy</i>	0,95	0,21	0,06	0	0,54	0,27	0	0,28	0	0	0,36	0
<i>Kappa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,26

Tablo 24'teki verilere göre 1990 yılına ait SVM sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,36; Kappa doğruluk oranı ise 0,26 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 0,95 ile çayır/mera sınıfına aittir. En düşük doğruluk ise 0 ile sulak alan, bozulmuş alan ve çalı sınıflarına aittir. Bu sınıflarla ilgili hiçbir uyum bulunamamıştır.

Elde edilen veriler doğrultusunda 1990 yılına ait en yüksek doğruluk oranına (Kappa 0,31) sahip sınıflandırmanın RF algoritmasına ait olduğu görülmüştür (Tablo 23). Doğruluk analizlerinin oldukça düşük olan nedeniyle 1990 yılına ait makine öğrenme yöntemleri, geleceğe yönelik arazi örtüsü/kullanım simülasyonlarında kullanılamayacak olması nedeniyle 1990 yılına ait arazi örtüsü/kullanım analizleri maksimum olasılık sınıflandırması ile yapılmıştır.

1990 yılına ait maksimum olasılık sınıflandırması sonucu oluşan doğruluk analizi tablo 25'te gösterilmiştir.

Tablo 25. 1990 Yılı Maksimum Olasılık Sınıflandırması Doğruluk Analizi

Class Value	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Total	Accuracy	Kappa
C_1	39	0	0	0	2	0	0	0	0	41	0,95	0
C_2	0	17	0	1	0	0	0	9	3	30	0,57	0
C_3	5	0	42	7	0	1	0	0	2	57	0,74	0
C_4	0	1	0	5	0	0	0	0	0	6	0,83	0
C_5	5	0	0	0	36	0	0	0	0	41	0,88	0
C_6	0	10	0	0	0	23	3	0	3	39	0,59	0
C_7	0	12	0	0	0	0	7	4	0	23	0,3	0
C_8	0	7	0	0	0	1	0	17	0	25	0,68	0
C_9	1	3	8	7	2	5	0	0	12	38	0,31	0
Total	50	50	50	20	40	30	10	30	20	300	0	0
Accuracy	0,78	0,34	0,84	0,25	0,9	0,77	0,7	0,57	0,6	0	0,66	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,61

Tablo 25'teki verilere göre 1990 Yılı maksimum olasılık sınıflandırması analizinde doğruluk oranı 0,66; Kappa doğruluk oranı ise 0,61 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk oranı 0,90 ile çayır/mera sınıfına aittir. En düşük doğruluk ise 0,25 ile sulak alan sınıfına aittir. Sulu tarım sınıfına ait doğruluk 0,84; orman sınıfına ait doğruluk 0,78; yerleşme/yol sınıfına ait doğruluk 0,77; bozulmuş alan sınıfına ait doğruluk 0,70; çalı sınıfına ait doğruluk 0,60; çıplak alan sınıfına ait doğruluk 0,57 ile geçerli bir doğruluk oranına sahiptir. Sadece kuru tarım/nadas sınıfı 0,34 doğruluk oranı ile oldukça düşük bir benzerlik gösterdiği görülmüştür.

2010 yılına ait KNN sınıflandırma doğruluk analizi tablo 26'da gösterilmiştir.

Tablo 26. 2010 Yılı KNN Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Class Value	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Total	Accuracy	Kappa
C_1	39	0	2	2	0	0	0	0	0	43	0,91	0
C_2	0	30	2	0	0	6	2	11	1	52	0,58	0
C_3	1	2	5	2	1	0	0	1	2	14	0,36	0
C_4	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4	0,75	0
C_5	0	0	0	0	20	0	0	3	2	25	0,8	0
C_6	0	2	2	1	1	3	0	8	0	17	0,18	0
C_7	0	0	0	0	0	0	19	2	0	21	0,90	0
C_8	0	2	2	1	0	0	0	3	0	8	0,38	0
C_9	0	1	3	1	4	2	1	1	3	16	0,19	0
Total	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
Accuracy	0,98	0,79	0,31	0,3	0,77	0,27	0,86	0,10	0,38	0	0,63	0

<i>Kappa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,56
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------

Tablo 26'daki verilere göre 2010 yılına ait KNN sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,63; Kappa doğruluk oranı ise 0,56 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 0,98 ile orman sınıfına aittir. En düşük doğruluk ise 0,10 ile çıplak alan sınıfına aittir. Bozulmuş alan sınıfına ait doğruluk 0,86; kuru tarım/nadas sınıfına ait doğruluk ise 0,79; çayır/mera sınıfına ait doğruluk 0,77 ile geçerli bir doğruluk oranına sahip olsa da geri kalan arazi sınıflarının oranının oldukça düşük olduğu görülmüştür.

2010 yılına ait RF sınıflandırma doğruluk analizi tablo 27'de gösterilmiştir.

Tablo 27. 2010 Yılı RF Sınıflandırma Doğruluk Analizi

<i>Class Value</i>	<i>C_1</i>	<i>C_2</i>	<i>C_3</i>	<i>C_4</i>	<i>C_5</i>	<i>C_6</i>	<i>C_7</i>	<i>C_8</i>	<i>C_9</i>	<i>Total</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Kappa</i>
<i>C_1</i>	38	0	2	1	0	0	0	0	0	41	0,93	0
<i>C_2</i>	0	31	3	0	1	6	2	7	1	51	0,61	0
<i>C_3</i>	2	2	5	2	1	0	0	1	3	16	0,31	0
<i>C_4</i>	0	1	0	5	1	1	0	1	0	9	0,56	0
<i>C_5</i>	0	0	0	0	21	0	0	3	1	25	0,84	0
<i>C_6</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0
<i>C_7</i>	0	1	0	0	0	2	18	1	0	22	0,82	0
<i>C_8</i>	0	2	2	1	0	0	1	12	0	18	0,67	0
<i>C_9</i>	0	1	4	1	2	2	1	1	3	15	0,2	0
<i>Total</i>	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
<i>Accuracy</i>	0,95	0,82	0,31	0,5	0,81	0	0,82	0,41	0,38	0	0,67	0
<i>Kappa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,61

Tablo 27'deki verilere göre 2010 yılına ait RF sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,67; Kappa doğruluk oranı ise 0,61 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 0,95 ile orman sınıfına aittir. En düşük doğruluk oranı ise 0 ile yerleşme/yol sınıfına aittir. Bu sınıfa ait herhangi bir uyum bulunamamıştır. Bozulmuş alan ve kuru tarım/nadas sınıflarına ait doğruluk 0,82; çayır/mera sınıfına ait doğruluk 0,81 ile geçerli bir doğruluk oranına sahip olsa da geri kalan arazi sınıflarının oranının oldukça düşük olduğu görülmüştür.

2010 yılına ait SVM algoritmasına ait sınıflandırmada arazinin büyük kısmını orman ve tarım alanı olarak algıladığı için doğru bir sonuç ortaya çıkmamıştır (Şekil 11). Bu nedenle bu algoritmaya ait veriler çalışmada kullanılmamıştır.

Elde edilen veriler doğrultusunda 2010 yılına ait en yüksek doğruluk oranına (Kappa 0,61) sahip sınıflandırmanın RF algoritmasına ait olduğu görülmüştür (Tablo 27). 2010 yılına ait doğruluk oranlarının bu kadar düşük olmasının temel sebebi doğruluk kontrol noktası verilerinin 2023 yılına ait olmasıdır. 13 yıllık bir süre farkında arazi değişmiş, arazi örtüsü/kullanım oranları da değişmiştir. Fakat aradaki sürenin çok fazla olmaması nedeniyle geçerli bir doğruluk oranına sahiptir.

2020 yılına ait KNN sınıflandırma doğruluk analizi tablo 28’de gösterilmiştir.

Tablo 28. 2020 Yılı KNN Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Class	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Total	Accuracy	Kappa
Value												
C_1	40	0	2	5	0	0	0	0	0	47	0,85	0
C_2	0	38	3	0	0	7	2	11	0	61	0,62	0
C_3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0
C_4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	1	0
C_5	0	0	0	0	26	0	0	0	0	26	1	0
C_6	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	1	0
C_7	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	1	0
C_8	0	0	0	0	0	0	0	18	0	18	1	0
C_9	0	0	8	0	0	0	0	0	8	16	0,5	0
Total	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
Accuracy	1	1	0,19	0,5	1	0,36	0,91	0,62	1	0	0,81	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,78

Tablo 28’deki verilere göre 2020 yılına ait KNN sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,81, Kappa doğruluk oranı ise 0,78 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 1 ile orman, kuru tarım/nadas, çayır/mera, çalı sınıflarına aittir. Bu sınıflar doğruluk kontrol noktaları ile mükemmel bir uyum sağlamıştır. En düşük doğruluk ise 0,19 ile sulu tarım sınıfına aittir. Bozulmuş alan sınıfına ait doğruluk 0,91; çıplak alan sınıfına ait doğruluk ise 0,62 ile geçerli bir doğruluk oranına sahip olsa da geri kalan arazi sınıflarının oranın oldukça düşük olduğu görülmüştür.

2020 yılına ait RF sınıflandırma doğruluk analizi tablo 29’da gösterilmiştir.

Tablo 29. 2020 Yılı RF Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Class	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Total	Accuracy	Kappa
Value												
C_1	40	0	0	2	0	0	0	0	0	42	0,95	0
C_2	0	36	1	0	0	4	1	3	0	45	0,8	0
C_3	0	0	6	0	0	0	0	0	3	9	0,67	0

<i>C_4</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	1	0
<i>C_5</i>	0	0	0	0	25	0	0	0	0	25	1	0
<i>C_6</i>	0	1	0	0	0	6	1	8	0	16	0,38	0
<i>C_7</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	1	0
<i>C_8</i>	0	1	2	0	1	1	0	18	0	23	0,78	0
<i>C_9</i>	0	0	7	3	0	0	0	0	5	15	0,33	0
<i>Total</i>	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
<i>Accuracy</i>	1	0,95	0,38	0,5	0,96	0,55	0,91	0,62	0,63	0	0,81	0
<i>Kappa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,77

Tablo 29'daki verilere göre 2020 yılına ait RF sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,81; Kappa doğruluk oranı ise 0,77 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 1 ile orman sınıflarına aittir. Bu sınıf, doğruluk kontrol noktaları ile mükemmel bir uyum sağlamıştır. En düşük doğruluk ise 0,38 ile sulı tarım sınıfına aittir. Çayır/ Mera sınıfına ait doğruluk 0,96; kuru tarım/nadas sınıfına ait doğruluk 0,95; bozulmuş alan sınıfına ait doğruluk 0,91; çalı sınıfına ait doğruluk 0,63; çıplak alan sınıfına ait doğruluk 0,62; yerleşme sınıfına ait doğruluk 0,55; sulak alan sınıfına ait doğruluk 0,50 ile geçerli bir doğruluk oranına sahiptir. Sadece sulı tarım sınıfına ait doğruluk 0,38 ile oldukça düşük olduğu görülmüştür.

2020 yılına ait SVM sınıflandırma doğruluk analizi tablo 30'da gösterilmiştir.

Tablo 30. 2020 Yılı SVM Sınıflandırma Doğruluk Analizi

<i>Class Value</i>	<i>C_1</i>	<i>C_2</i>	<i>C_3</i>	<i>C_4</i>	<i>C_5</i>	<i>C_6</i>	<i>C_7</i>	<i>C_8</i>	<i>C_9</i>	<i>Total</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Kappa</i>
<i>C_1</i>	40	0	8	6	0	0	0	0	2	56	0,71	0
<i>C_2</i>	0	35	0	0	0	5	3	11	0	54	0,65	0
<i>C_3</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>C_4</i>	0	0	1	3	1	1	0	0	0	6	0,5	0
<i>C_5</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>C_6</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C_7</i>	0	0	0	0	0	0	19	0	0	19	1	0
<i>C_8</i>	0	3	3	0	0	2	0	15	0	23	0,65	0
<i>C_9</i>	0	0	4	1	25	2	0	2	6	40	0,15	0
<i>Total</i>	40	38	16	10	26	11	22	29	8	200	0	0
<i>Accuracy</i>	1	0,92	0	0,3	0	0	0,86	0,52	0,75	0	0,59	0
<i>Kappa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,52

Tablo 30'daki verilere göre 2020 yılına ait SVM sınıflandırma analizinde doğruluk oranı 0,59; Kappa doğruluk oranı ise 0,52 olarak çıkmıştır. En yüksek doğruluk 1 ile orman sınıflarına aittir. Bu sınıf, doğruluk kontrol noktaları ile mükemmel bir uyum

sağlamıştır. En düşük doğruluk ise “0” ile sulu tarım, çayır/mera ve yerleşme/yol sınıflarına aittir. Bu sınıflar doğruluk kontrol noktaları ile hiçbir şekilde uyum yakalayamamıştır. Kuru tarım/nadas sınıfına ait doğruluk 0,92; bozulmuş alan sınıfına ait doğruluk 0,86; çalı sınıfına ait doğruluk 0,75; çıplak alan sınıfına ait doğruluk 0,52 ile geçerli bir doğruluk oranına sahiptir.

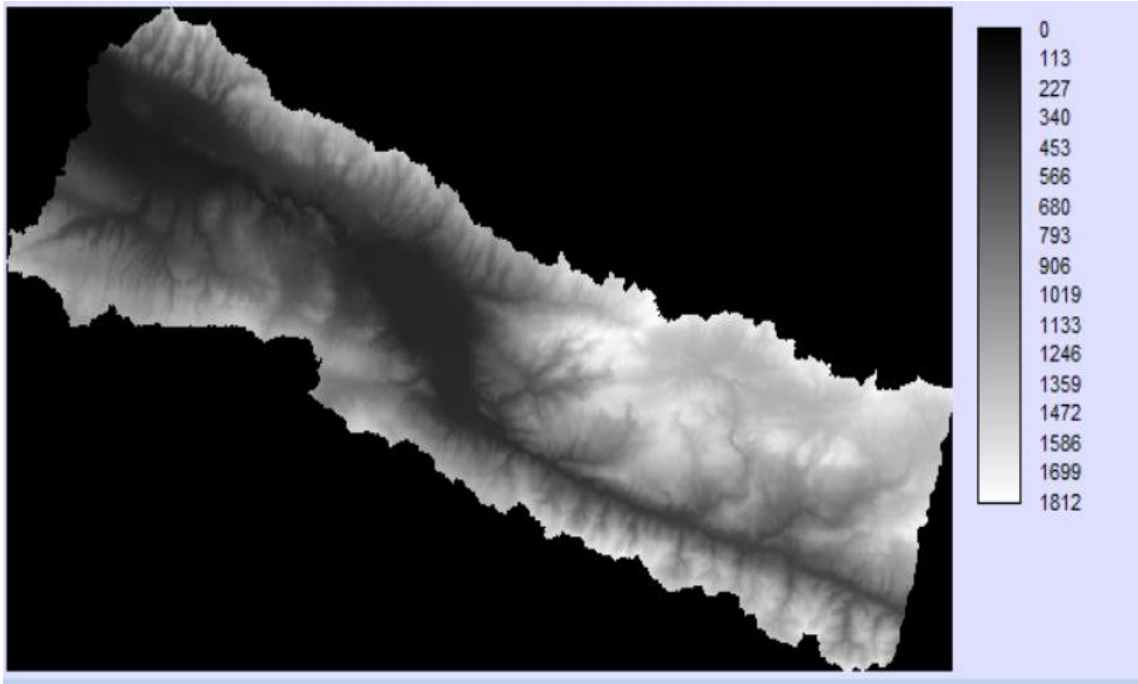
Elde edilen veriler doğrultusunda 2020 yılına ait en yüksek doğruluk oranına (Kappa 0,78) sahip sınıflandırmanın KNN algoritmasına ait olduğu görülmüştür (Tablo 28). Bu doğruluk oranının geçerli bir doğruluk oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.

5.6. Arazi Örtüsü/Kullanım Tahmininin Modellenmesi (2030-2050)

Arazi örtüsü/ kullanım tahmininin modellenmesi için TerrSet yazılımı üzerinde bulunan “Land Change Modeler” menüsü kullanılmıştır. QGIS 3.28.3 yazılımı ile oluşturulup, ArcMap 10.5 yazılımı ile düzenlenen, makine öğrenme yöntemleriyle oluşturulan 1990, 2010 ve 2020 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanım haritalarından yararlanılarak 2030 ve 2050 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanım projeksiyonları oluşturulmuştur.

Yapılan doğruluk analizleri sonucunda en yüksek doğruluk oranına sahip sınıflandırma haritaları olan 1990 – maksimum olasılık sınıflandırması (Genel doğruluk 0,66, Kappa 0,61; tablo-25), 2010 – random forest (Genel doğruluk 0,67, Kappa 0,61; tablo-27) ve 2020 – K-en yakın komşu (Genel doğruluk 0,81, Kappa 0,78; tablo-28) algoritmalarına ait haritalar kullanılmıştır.

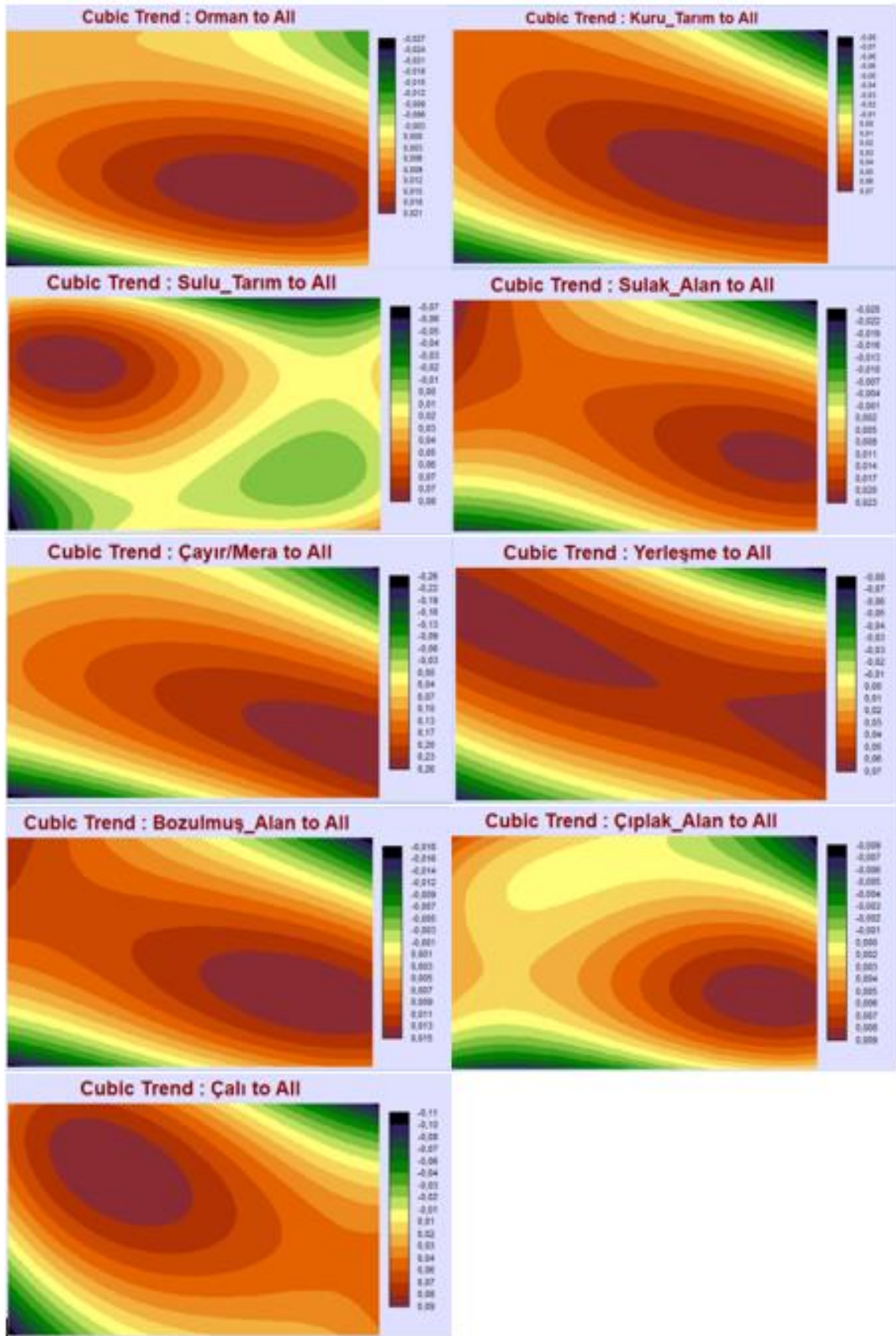
Arazi değişimine etki eden faktör olarak yükselti verisi (şekil-13) kullanılmıştır. Bu veri, çalışma alanına ait dem verisinden elde edilmiştir. Dem verisini indirme işlemi “earthexplorer.usgs.gov” adresinden yapılmıştır.



Şekil 13: Çalışma alanına ait yükselti haritası

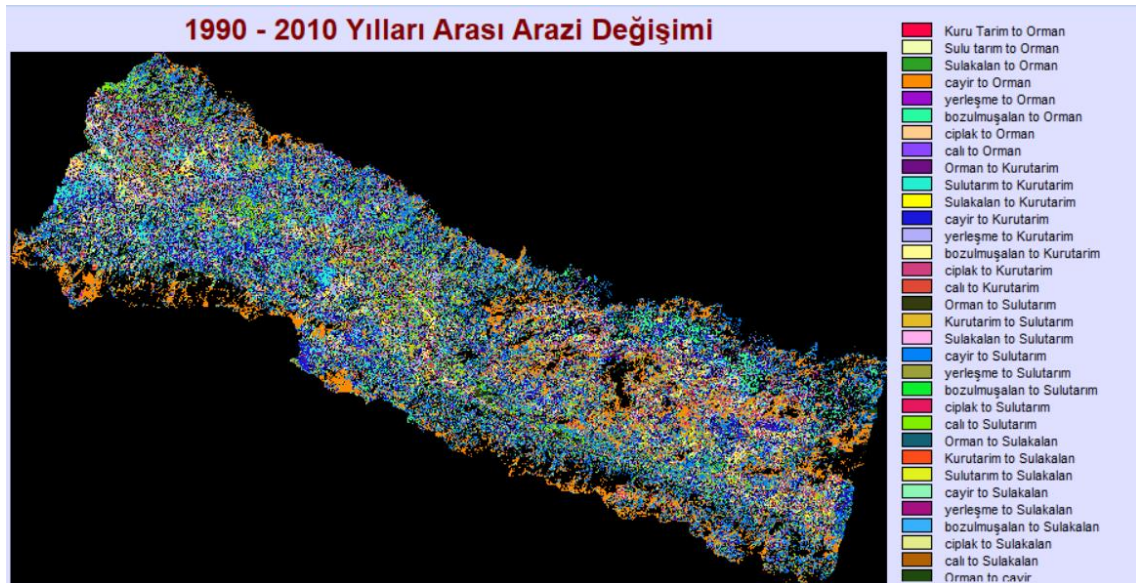
Simülasyon çalışmalarında en fazla kullanılan model olan CA_ Markov Chain Yöntemi bu çalışmada da kullanılmıştır. Bu sistem iki farklı dönemdeki arazi değişim trendini bularak elde ettiği verileri analiz ederek geleceğe yönelik tahminlerde bulunmaktadır.

Geleceğe yönelik arazi kullanım projeksiyonlarının oluşturulabilmesi için ilk olarak arazinin değişim trendlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu trend için 1990 ve 2010 yılları arasındaki arazi kullanımındaki değişim trendleri kullanılmıştır (Şekil 14). Yıllara göre değişim trendleri oluşturulduktan sonra hangi sınıfta ne kadar değişiklik olduğu belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 14: Arazi Sınıfları Arasındaki Değişim Trendleri

Şekil 15'te 1990-2010 yılları arasındaki arazi kullanım değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 15: 1990 – 2010 Yılları Arasında Arazi Kullanım Değişimi

Şekil 15’te gösterilen 1990-2010 yılları arasındaki arazi kullanım değişim miktarları tablo 31’de gösterilmiştir.

Tablo 31: 1990 – 2010 Yılları Arasında Arazi Kullanım Sınıfları Arasındaki Değişim

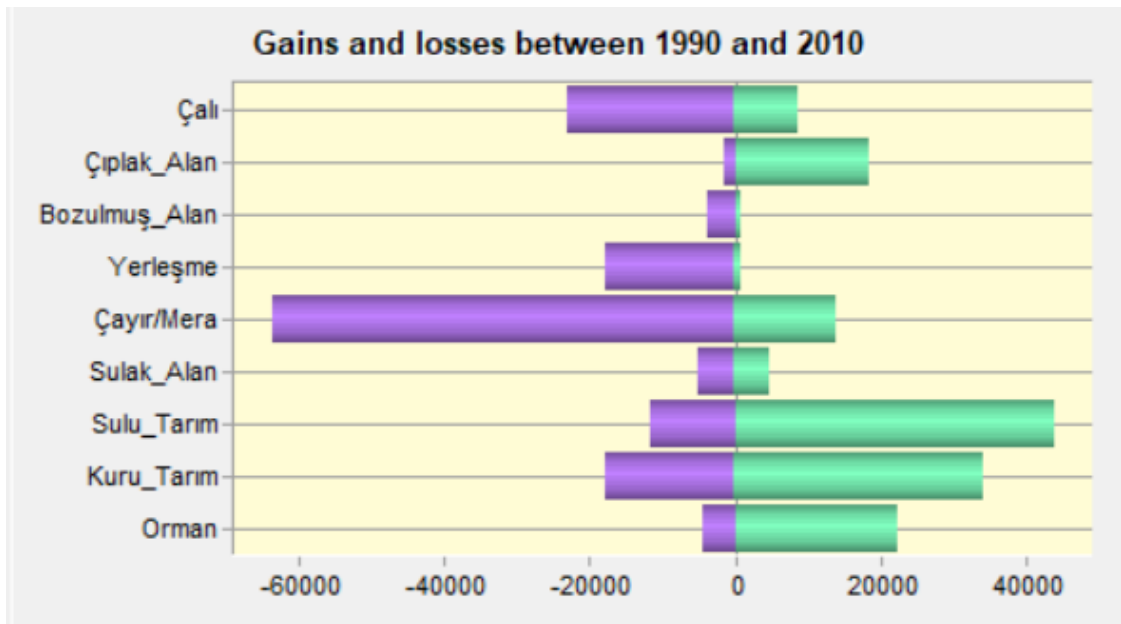
Kategori	Hektar	Lejant
1	231,300	Kuru Tarımdan Ormana
2	821,340	Sulu Tarımdan Ormana
3	5,940	Sulak Alandan Ormana
4	18244,080	Çayırdan Ormana
5	120,150	Yerleşmeden Ormana
6	4,860	Bozulmuş Alandan Ormana
7	0,540	Çıplak Alandan Ormana
8	2985,570	Çalıdan Ormana
9	681,030	Ormandan Kuru Tarıma
10	6335,910	Sulu Tarımdan Kuru Tarıma
11	3209,760	Sulak Alandan Kuru Tarıma
12	8802,450	Çayırdan Kuru Tarıma
13	7691,400	Yerleşmeden Kuru Tarıma
14	2666,160	Bozulmuş Alandan Kuru Tarıma
15	1233,540	Çıplak Alandan Kuru Tarıma
16	3868,290	Çalıdan Kuru Tarıma
17	1992,420	Ormandan Sulu Tarıma
18	4405,230	Kuru Tarımdan Sulu Tarıma

19	242,280	Sulak Alandan Sulu Tarıma
20	25409,700	Çayırdan Sulu Tarıma
21	1800,810	Yerleşmeden Sulu Tarıma
22	148,320	Bozulmuş Alandan Sulu Tarıma
23	45,810	Çıplak Alandan Sulu Tarıma
24	9654,300	Çalıdan Sulu Tarıma
25	566,460	Ormandan Sulak Alana
26	535,860	Kuru Tarımdan Sulak Alana
27	570,330	Sulu Tarımdan Sulak Alana
28	2043,900	Çayırdan Sulak Alana
29	514,620	Yerleşmeden Sulak Alana
30	174,240	Bozulmuş Alandan Sulak Alana
31	19,890	Çıplak Alandan Sulak Alana
32	534,330	Çalıdan Sulak Alana
33	774,720	Ormandan Çayıra
34	5221,350	Kuru Tarımdan Çayıra
35	962,280	Sulu Tarımdan Çayıra
36	383,040	Sulak Alandan Çayıra
37	2936,700	Yerleşmeden Çayıra
38	123,660	Bozulmuş Alandan Çayıra
39	61,110	Çıplak Alandan Çayıra
40	3742,740	Çalıdan Çayıra
41	6,120	Ormandan Yerleşmeye
42	366,840	Kuru Tarımdan Yerleşmeye
43	195,660	Sulu Tarımdan Yerleşmeye
44	90,900	Sulak Alandan Yerleşmeye
45	133,110	Çayırdan Yerleşmeye
46	91,350	Bozulmuş Alandan Yerleşmeye
47	11,340	Çıplak Alandan Yerleşmeye
48	236,250	Çalıdan Yerleşmeye
49	10,890	Ormandan Bozulmuş Alana
50	123,570	Kuru Tarımdan Bozulmuş Alana
51	64,170	Sulu Tarımdan Bozulmuş Alana
52	77,130	Sulak Alandan Bozulmuş Alana
53	72,450	Çayırdan Bozulmuş Alana
54	171	Yerleşmeden Bozulmuş Alana
55	185,760	Çıplak Alandan Bozulmuş Alana
56	90,180	Çalıdan Bozulmuş Alana
57	464,310	Ormandan Çıplak Alana
58	3942,540	Kuru Tarımdan Çıplak Alana
59	1286,010	Sulu Tarımdan Çıplak Alana
60	771,390	Sulak Alandan Çıplak Alana

61	6619,410	Çayırdan Çıplak Alana
62	2993,040	Yerleşmeden Çıplak Alana
63	403,200	Bozulmuş Alandan Çıplak Alana
64	1840,050	Çalıdan Çıplak Alana
65	102,060	Ormandan Çalıya
66	3044,160	Kuru Tarımdan Çalıya
67	1449,540	Sulu Tarımdan Çalıya
68	387,720	Sulak Alandan Çalıya
69	2078,640	Çayırdan Çalıya
70	1627,560	Yerleşmeden Çalıya
71	248,130	Bozulmuş Alandan Çalıya
72	48,690	Çıplak Alandan Çalıya

Tablo 31'e göre 1990-2010 yılları arasında arazi kullanım sınıfları arasındaki en büyük değişim çayır, sulu tarım sınıfları arasında olmuştur. 25.409,700 hektarlık alan çayırdan sulu tarım arazisine dönüşmüştür. Bu değişimi 18.244,080 hektarlık değişim ile çayırdan ormana dönüşen arazi izlemiştir. En az değişim ise 0,540 hektarlık değişim ile çıplak alandan orman sınıfına olmuştur. Bu değişimi 4,860 hektarlık değişim ile bozulmuş alandan ormana dönüşen arazi almıştır.

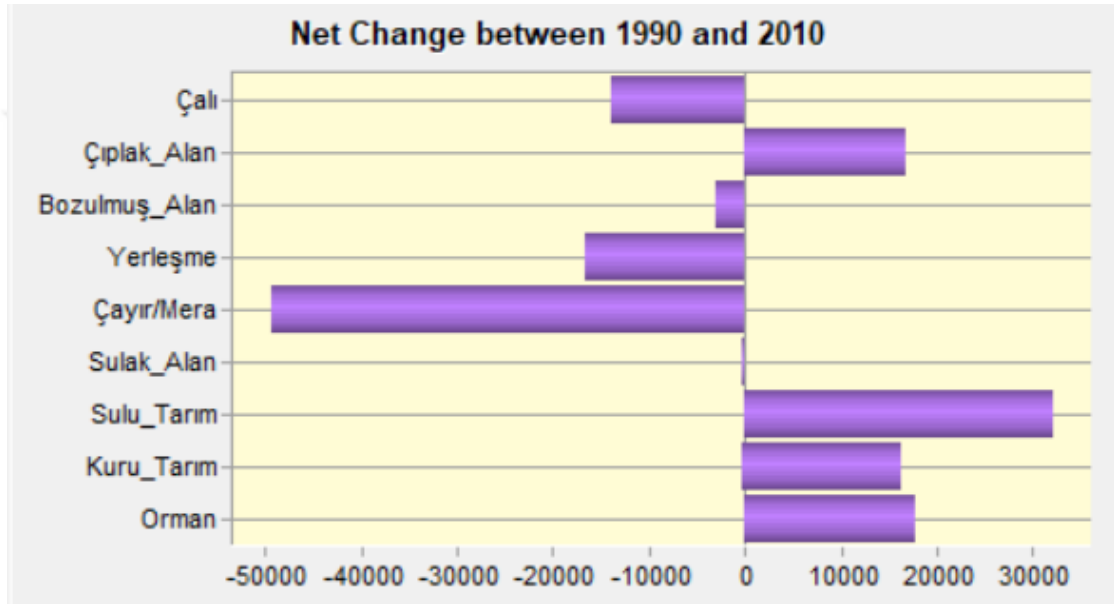
Şekil 16'de arazi kullanımı sınıflarının 1990-2010 yılları arasındaki kazançları ve kayıpları gösterilmiştir.



Şekil 16: Arazi Sınıflarının 1990-2010 Yılları Arasındaki Kazanç ve Kayıpları

Şekil 16'daki verilere göre her sınıfta azda olsa kazanç ve kayıp olduğu görülmüştür. Kazançlar ve kayıplar hektar olarak hesaplanmıştır. Tablonun sol tarafında kayıplar, sağ tarafta ise kazançlar gösterilmektedir. En fazla kayıp çayır/mera sınıfında olurken, bu sınıfta çok az bir kazanç olmuştur. En fazla kazanç ise sulu tarım sınıfına aittir.

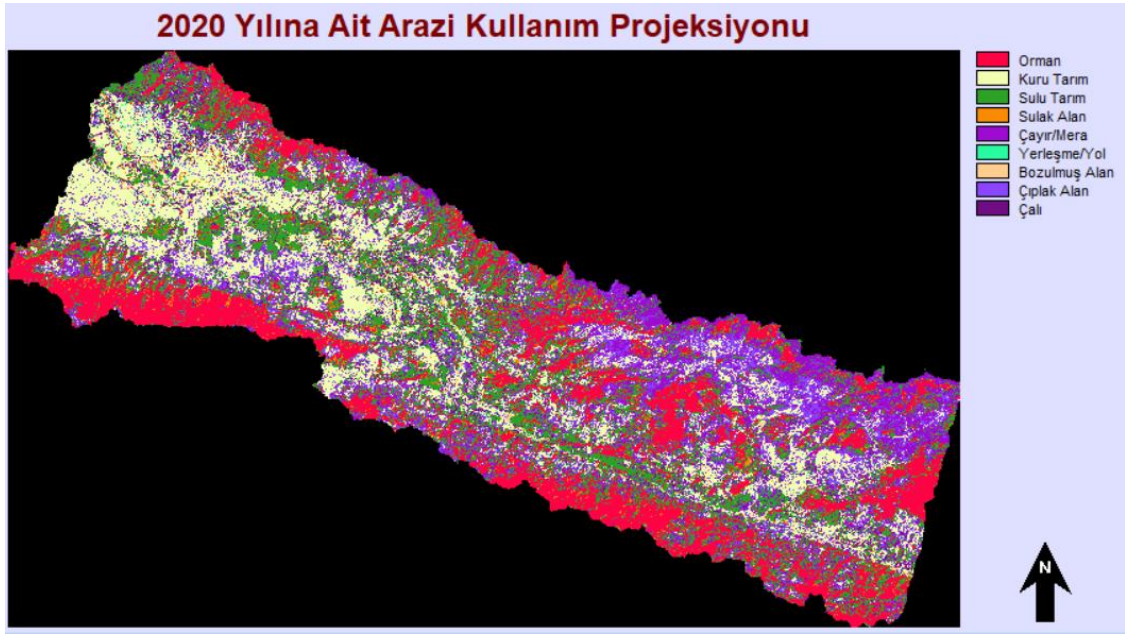
Arazi sınıfları içindeki 1990-2010 yılları arasında net kazanç ve kayıplar şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 17: Arazi Sınıflarının 1990-2010 Yılları Arasındaki Net Kazanç ve Kayıpları

Şekil 17'deki verilere göre çıplak alan, sulu tarım, kuru tarım ve orman sınıfları artış gösterirken; çalı, bozulmuş alan, yerleşme, sulak alan ve çayır/mera sınıfları azalmıştır. Net kazançlar ve kayıplar hektar olarak hesaplanmıştır.

1990 ve 2010 yıllarına ait haritalardan yararlanarak 2020 yılına ait arazi kullanım projeksiyonu oluşturulmuştur (Şekil 18).



Şekil 18: 2020 Yılına Ait Arazi Kullanım Projeksiyonu

2020 yılına ait arazi kullanım projeksiyonuna göre arazi örtüsü/kullanım sınıflarının kapladıkları alan tablo 32’de gösterilmiştir.

Tablo 32: 2020 Projeksiyonuna Göre Elde Edilen Alan Kullanımı/Arazi Örtüsü Dağılımı

Kategori	Kapladığı Alan (Hektar)	Yüzdesi	Lejant
1	50233,32	22,72%	Orman
2	44514,18	20,13%	Kuru Tarım
3	61636,59	27,88%	Sulu Tarım
4	7454,34	3,37%	Sulak Alan
5	19197,18	8,68%	Çayır
6	1779,12	0,80%	Yerleşme
7	2830,32	1,28%	Bozulmuş Alan
8	20556,45	9,30%	Çıplak Alan
9	12892,14	5,83%	Çalı

Tablo 32’ye göre 2020 yılına ait arazi kullanım projeksiyonunda en fazla alan 61.636,59 hektarlık alan kaplayan sulu tarım sınıfına aittir. Sulu tarım sınıfı çalışma

alanının %27,88'ini kapsamaktadır. En az alan ise 1.779,12 hektarlık alan kaplayan yerleşme sınıfına aittir. Yerleşme sınıfı çalışma alanının %0,80'ini oluşturmaktadır.

1990 ve 2010 yıllarına ait veriler kullanılarak oluşturulan 2020 yılı arazi kullanım projeksiyonunun oluşturulma amacı, makine öğrenme algoritmaları ile oluşturulan 2020 yılına ait arazi kullanım haritasını karşılaştırarak projeksiyonun doğruluğunu öğrenmektir.

Çalışma alanına ait 2020 yılına ait arazi kullanım projeksiyonunun doğruluk analizi için ROC doğruluk analizi kullanılmıştır. ROC doğruluk analizinde veriler “0” ile “1” arasında bir doğruluk oranına sahiptir. “1” değeri mükemmel bir uyumu, “0” ise uyumsuz olduğunu göstermektedir (Tablo 33). ROC doğruluk analizinde 0,5'in altındaki değerler rastgele uyumu göstermektedir.

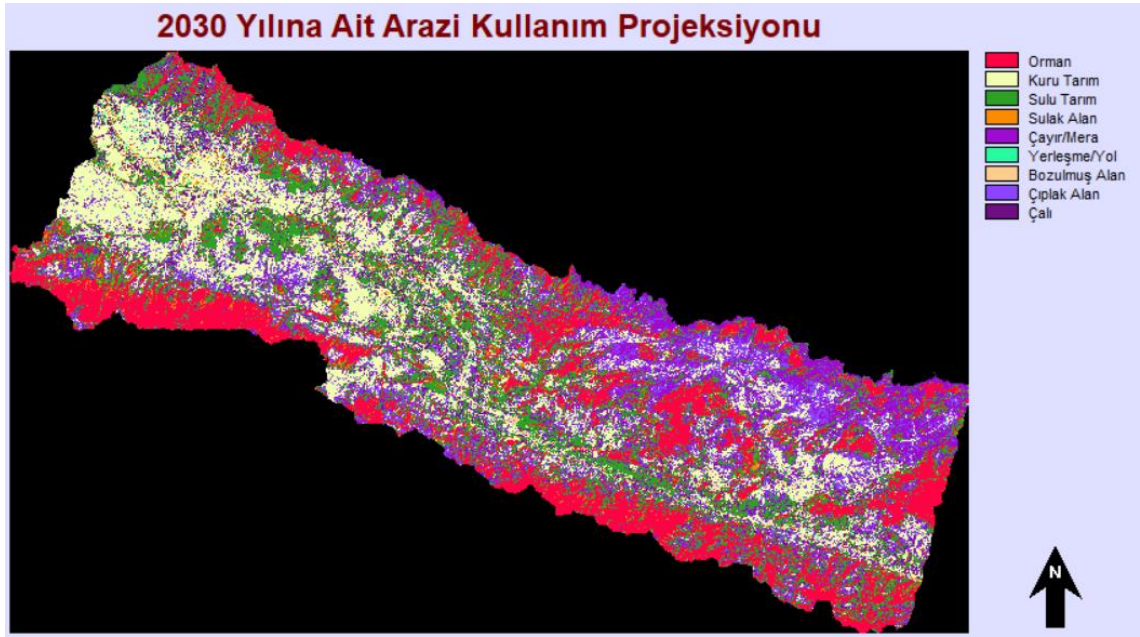
Yapılan analizler sonucunda 2020 yılına ait arazi kullanım projeksiyonunun ROC değeri 0,8123 olarak bulunmuştur. Tablo 33'e göre bu değer iyi bir sınıflandırma olduğunu göstermektedir.

Tablo 33: ROC Değerlerinin Sınıflandırılması

ROC Eğrisi Altındaki Alan	Niteliği
0,90 – 1,00	Mükemmel Sınıflandırma
0,80 – 0,90	İyi Sınıflandırma
0,70 – 0,80	Makul Sınıflandırma
0,60 – 0,70	Zayıf Sınıflandırma
0,50 – 0,60	Yetersiz Sınıflandırma

Kaynak: (Gorunescu, 2011 akt. Ersayın, 2022)

ROC değeri (0,81) projeksiyonun doğruluğu açısından yeterli olduğu sonucunun ardından 2020 yılı arazi kullanım projeksiyonuna ait veriler referans alınarak 2030 (şekil 19) ve 2050 (şekil 20) yılların ait arazi kullanım projeksiyonları üretilmiştir.



Şekil 19: 2030 Yılına Ait Arazi Kullanım Projeksiyonu

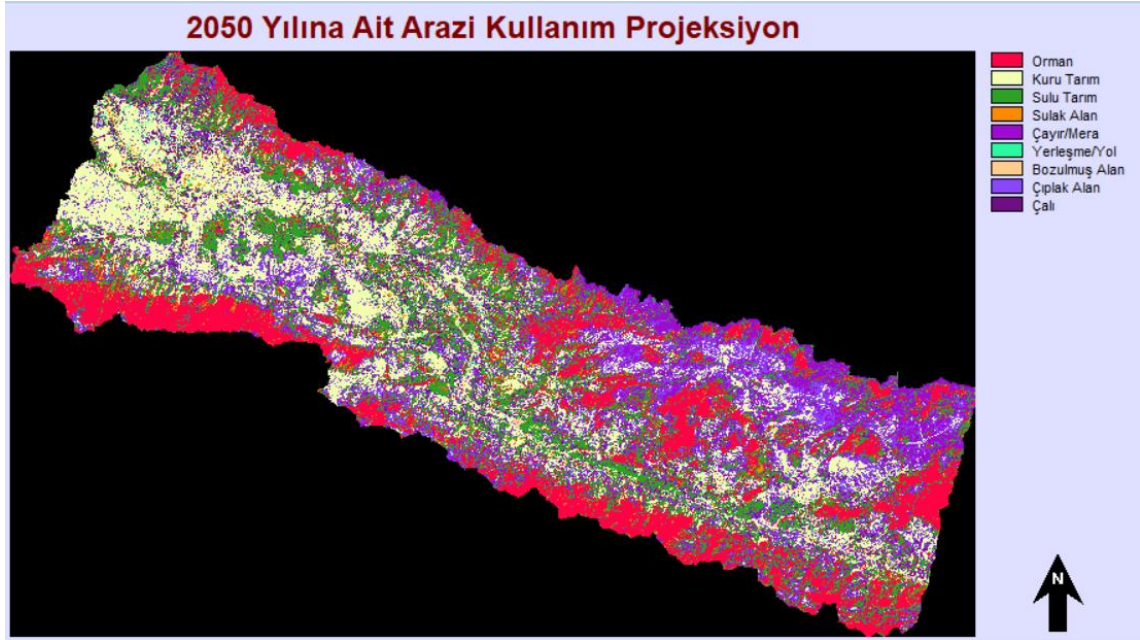
Şekil 19’da verilen 2030 yılına ait arazi kullanımına ait projeksiyon değerlerine göre arazi kullanım sınıflarının kapladıkları alanlar tablo 34’te verilmiştir.

Tablo 34: 2030 Yılına Ait Projeksiyona Göre Arazi Sınıflarının Alanları

Kategori	Kapladığı Alan (Hektar)	Yüzdesi	Lejant
1	49363,20	22,27%	Orman
2	45360,45	20,46%	Kuru Tarım
3	59695,83	26,93%	Sulu Tarım
4	7632,09	3,44%	Sulak Alan
5	21006,99	9,48%	Çayır
6	1851,66	0,84%	Yerleşme
7	2665,35	1,20%	Bozulmuş Alan
8	21435,57	9,67%	Çıplak Alan
9	12690,63	5,72%	Çalı

Tablo 34’e göre 2030 yılına ait arazi kullanım projeksiyonunda çalışma alanındaki en büyük pay 59.695,83 hektarlık alan kaplayan sulu tarım sınıfına aittir. Sulu tarım sınıfı çalışma alanının %26,93’ünü kapsamaktadır. 49.363,20 hektarlık alan kaplayan orman sınıfı ise çalışma alanının %22,27’sini oluşturmaktadır. 1.851,66 hektarlık alan kaplayan

yerleşme sınıfı ise en az yer alan sınıftır. Yerleşme sınıfı çalışma alanının %0,84'ünü oluşturmaktadır.



Şekil 20: 2050 Yılına Ait Arazi Kullanım Projeksiyonu

Şekil 20'de verilen 2050 yılına ait arazi kullanımına ait projeksiyon değerlerine göre arazi kullanım sınıflarının kapladıkları alanlar tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35: 2050 Yılına Ait Projeksiyona Göre Arazi Sınıflarının Alanları

Kategori	Kapladığı alan (Hektar)	Yüzdesi	Lejant
1	43226,46	19,43%	Orman
2	48892,23	21,98%	Kuru Tarım
3	56546,82	25,42%	Sulu Tarım
4	7172,64	3,22%	Sulak Alan
5	24935,58	11,21%	Çayır
6	1890,36	0,85%	Yerleşme
7	2025,90	0,91%	Bozulmuş Alan
8	23717,25	10,66%	Çıplak Alan
9	14040,81	6,31%	Çalı

Tablo 35'e göre çalışma alanında en büyük pay 56.546,82 hektarlık alan kaplayan sulu tarım sınıfına aittir. Sulu tarım sınıfı çalışma alanının %25,42'sini kapsamaktadır.

48.892,23 hektarlık alan kaplayan kuru tarım sınıfı ise çalışma alanının %21,98'ini oluşturmaktadır. 2.025,90 hektarlık alan kaplayan bozulmuş alan ise en az yer alan sınıftır. Bozulmuş alan çalışma alanının %0,91'ini oluşturmaktadır.



6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Aşağı Kelkit Havzası'ndaki arazi örtüsü/kullanım haritalarının oluşturulması, değişimin ortaya çıkartılması ve bunların analiz edilmesi sonucu 2030 ve 2050 yıllarına ait arazi kullanım projeksiyonlarının oluşturulması için çalışma alanının 1990 yılından 2020 yılına kadar olan 30 yıllık zamansal ve mekânsal değişimi incelenmiştir.

Uydu görüntülerinden yararlanılıp makine öğrenme algoritmaları kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi yapılırken uydu görüntülerini oluşturan her bir pikselin yansıma değeri baz alınmış ve ona göre arazi kullanım sınıfları oluşturulmuştur. Fakat bazı arazi sınıflarının verdiği yansıma değerlerinin birbirine çok yakın olması makine öğrenme algoritmalarının yanlış analiz yapmasına yol açmıştır. Yerleşme/yol sınıfı ile kuru tarım/nadas sınıflarının sulu tarım, orman, çalı ve çayır/mera sınıflarının birbirine çok yakın yansıma değerlerine sahip olması arazi örtüsü/kullanım haritalarının oluşturulmasında hataya sebebiyet vermiştir.

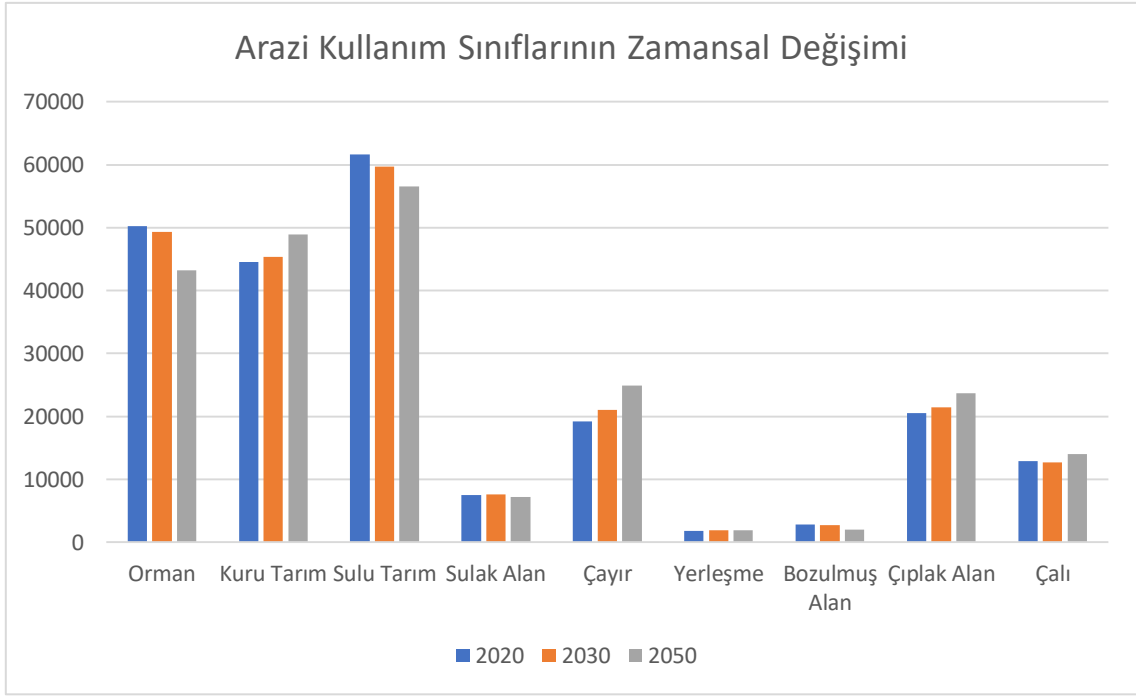
Yansıma değerlerinin benzerliğinden doğan hatalar, doğruluk oranlarının da düşük sonuçlar vermesine sebep olmuştur. Doğruluk analiz oranlarına bakıldığında SVM algoritmasının başarı oranlarının 3 yıl içinde oldukça düşük olduğu görülmüştür. Her ne kadar birçok araştırmada (Ahi, 2021; Kiraç, 2021; Bulut ve Günlü, 2016; Aghlmand ve diğerleri 2021; Üstüner, 2013) arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırmasında kullanılabilir sonucu çıksa da bu çalışmada SVM algoritması başarısız olmuştur. RF algoritmasının başarı oranlarının ise yüksek olduğu, bu nedenle arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırma çalışmalarında kullanılabilir bir algoritma olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanına ait projeksiyon verilerine göre arazi sınıflarının kapladıkları alanlar tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36: 2020, 2030 ve 2050 Yıllarına Ait Arazi Sınıflarının Kapladıkları Alanlar (ha)

Sınıf	2020	2030	2050
Orman	50233,320	49363,20	43226,46
Kuru Tarım/Nadas	44514,18	45360,45	48892,23
Sulu Tarım	61636,59	59695,83	56546,82
Sulak Alan	7454,34	7632,09	7172,64

Çayır/Mera	19197,18	21006,99	24935,58
Yerleşme/Yol	1779,12	1851,66	1890,36
Bozulmuş Alan	2830,32	2665,35	2025,9
Çıplak Alan	20556,45	21435,57	23717,25
Çalı	12892,14	12690,63	14040,81



Şekil 21: Arazi Kullanım Sınıflarının Zamansal Değişimi

Tablo 36'daki verilere göre elde edilen sonuçlar şu şekildedir: çalışma alanında 2030 yılında orman, sulu tarım, bozulmuş alan ve çalı sınıfları azalırken, kuru tarım, sulak alan, çayır, yerleşme ve çıplak alan sınıfları artış gösterecektir. 2050 yılında ise orman, sulu tarım, sulak alan ve bozulmuş alan sınıfları azalırken, kuru tarım, çayır, yerleşme, çıplak alan ve çalı sınıfları artış gösterecektir.

Orman, çalışma alanının kuzey ve güney kesimlerini oluşturan dağlık alanlarda yaygın olarak görülmektedir. Çalışma alanında batıdan doğuya doğru gidildikçe orta kesimlerde de ormanlık alanlar bulunmaktadır. Tablo 30'a göre 2050 yılında orman sınıfında yaklaşık olarak %14 oranında bir azalma olacaktır. Şekil 20'ye göre bu azalma özellikle dağların etek kısımlarında olacak ve büyük bir kısmı kuru tarım arazisine dönüşecektir. Dağ eteklerine kurulan köylerin tarım arazisi açmak amacıyla ormanlık

alanlarını tahrip edeceği düşünülmektedir. Orman hem ekosistem için hem de klimatolojik, morfolojik açıdan oldukça önemli bir sınıftır. Bu sınıfın korunmaması, diğer arazi sınıfları için ormanlık alanların tahrip edilmesi büyük bir tehlikeye yol açacaktır. 2030 ve 2050 yılı projeksiyonunda öngörülen bu azalmanın olmaması için ormanlık alanlar korunmalı, ağaçlandırma çalışmalarına ağırlık verilmelidir.

Tablo 36'ya göre kuru tarım sınıfında 2050 yılında yaklaşık olarak %10 oranında bir artış olacaktır. Erbaa ve Niksar Ovalarının dağ etekleri ile bulunduğu alanlarda ve Reşadiye ilçesinde kuru tarım alanlarının artış göstereceği öngörülmektedir (Şekil 19, Şekil 20). Bölgedeki sulak alanların azalması, insanları kuru tarım yapma yoluna itecek, bu da kuru tarım sınıfının artmasına sebebiyet verecektir. Ayrıca ormanlık alanların tahrip edilmesi sonucu kuru tarım sınıfı alansal olarak artacaktır. Tablo 6 ve tablo 7'deki verilere bakıldığında son yıllarda Niksar ilçesinde kuru tarım, Reşadiye ilçesinde ise nadas alanlarının arttığı görülmektedir. Bu durumun iklim verileri (Şekil 2 ve Şekil 3) ile kıyaslandığında ileriki zamanlarda daha da artacağı, 2030 ve 2050 yılı arazi kullanım projeksiyon sonuçlarıyla paralellik göstereceği düşünülmektedir.

Tablo 36'daki verilere göre sulu tarım sınıfında 2050 yılında yaklaşık %8,2 oranında bir azalma olacaktır. Sulak alanların azalması bu sınıfın da azalmasına yol açacaktır. Şekil 2 ve şekil 3'teki verilere göre çalışma alanında iklim değerlerinin son 50 yıllık değişimi sonucu sıcaklık değerleri yükselmiş, yağış değerleri ise azalmıştır. Bu durumun bir sonucu olarak bölgede kuraklık değerleri artmıştır. Sulak alanların azalmasıyla birlikte kuraklığın artması sulu tarım arazilerinin azalmasına yol açmıştır. Tablo 5'teki verilere bakıldığında çalışma alanında son 20 yılda sulu tarım alanlarının azaldığı görülmektedir. Kelkit Irmağı'nın kıyı kesimlerinde sulu tarım alanlarında değişim gözlenmezken, bu alanlardan uzaklaştıkça sulu tarım alanlarının azaldığı bulgusuna ulaşılmıştır (Şekil 19, Şekil 20). İnsanların beslenme kaynaklarının büyük bir kısmı tarım sonucu elde edilmektedir. Bu nedenle tarım sınıfında meydana gelecek azalma, ekonomik anlamda sıkıntı çıkartabileceği gibi kıtlık, açlık, dışa bağımlılık gibi sorunlara da yol açabilir. Çalışma alanı, Kelkit Irmağı'nın taşıdığı alüvyonlarla kaplı oldukça verimli ovalara sahiptir. Tarım açısından oldukça elverişli olan çalışma alanındaki bu değişimin önüne geçilmeli ve tarım alanları korunmalıdır.

Sulak alan sınıfında 2050 yılında %3,7 oranında bir azalma olacağı öngörülmektedir. Şekil 2 ve şekil 3'teki iklim verileri sonuçlarına göre bölgedeki sıcaklık değerlerinin yükselmesinin ve yağışın azalmasının en büyük etkisi sulak alanlarda görülecektir. Bolat ve Bakırcı'nın (2022) Erbaa ilçesinde yapmış olduğu araştırmada, son yıllarda su kaynaklarının oldukça azaldığı, bu nedenle birçok çiftçinin su bulmak amaçlı sondaj çalışması yaptığını belirtmişlerdir. Küresel ısınmanın etkisiyle artacak olan kuraklık, 2050 arazi kullanım projeksiyon sonuçları ile uyumlu olup sulak alanların azalmasına yol açacaktır. Önemli tarım alanlarına su temini, enerji üretimi, içme suyu temini gibi amaçlarla kullanılan bölgedeki sulak alanların azalması ekonomik, ekolojik birçok soruna yol açacaktır.

2050 yılında çayır/mera sınıfında yaklaşık olarak %30 oranında bir artış beklenmektedir. Çayır/Mera sınıfı bölgedeki yüksek alanlarda bulunmaktadır. Özellikle çalışma alanının kuzeydoğu kıyılarında büyük alan kaplayan alpin çayırlar doğal bitki örtüsü olup, hayvancılık amaçlı kullanılmaktadır. Bu bölgede kırsal yerleşmeler hâkim olup, halkın genel geçim kaynakları tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Bu alanda yer alan Başçiftlik ilçesinde, büyükbaş hayvan sayılarındaki artış (tablo 8) nedeniyle otlak/mera alanı ihtiyacı artacak ormanlık alanlar tahrip edilerek çayır/mera sınıfına dönüşeceği düşünülmektedir.

Tablo 36'daki verilere göre yerleşme sınıfında 2050 yılında %6,2 oranında artış olacağı görülmektedir. Bu artış özellikle Erbaa ve Niksar ilçelerinin merkez yerleşmelerinin büyümesi ile olacağı düşünülmektedir. Tablo 3'teki nüfus verileri dikkate alındığında çalışma alanındaki kırsal nüfusun sürekli azalması 2050 yılı arazi kullanım projeksiyonu sonuçlarını destekler niteliktedir. Havzada, son 20 yılda yaklaşık olarak 100.000 kişi dışarıya göç etmiştir. 1990 yılında %66 olan kırsal nüfus, 2022 yılında %37'ye düşmüştür (Tablo 3). Bu durum yerleşmeyi de etkileyecek ve kırsal yerleşim alanlarında azalmalara yol açacaktır. Erbaa ilçesinde şehir nüfusunun artmasıyla birlikte ilçe merkez yerleşim alanları da büyüyecektir. Bu büyüme bugüne kadar şehrin batı ve kuzeyine doğru olmuş, burada bulunan tarım alanları, yerleşim yerine dönüşmüştür. Yine Erbaa'da bulunan organize sanayi bölgesi şehrin kuzeyine kurulmuş, bu alandaki tarım alanları yok olmuştur. 2050 yılında da bu büyümenin tarım alanları üzerine olacağı tahmin edilmektedir. Hem Erbaa hem de Niksar ilçeleri önemli ovalar üzerinde

kurulmuştur. Yeni yerleşim yerleriyle bu alandaki tarım alanlarının azalacağı öngörülmektedir. Bu nedenle kent planları yapılırken daha özenli olunmalıdır.

Bozulmuş alan sınıfında 2050 yılında %28 oranında azalma olacağı görülmektedir. Bozulmuş alan sınıfına Kelkit Irmağı kıyılarında rastlanmaktadır. Akarsuya paralel olarak giden Amasya-Erzurum karayolu çevresinde bu sınıfa ait arazilere rastlanmaktadır. Ayrıca Erbaa ve Niksar ilçe merkezlerindeki inşaat sahalarında, Reşadiye çevresinde baraj alanlarında da bu arazi görülmektedir. İlçe merkez yerleşmelerinin büyümesi, maden çıkarımı ve yol yapımı gibi nedenlerle bozulmuş alan sınıfının projeksiyon sonuçlarına aykırı olarak artacağı düşünülmektedir.

Çıplak alan, dağlık ve yanmış arazidir. Çalışma alanında özellikle kuzey ve kuzeydoğu kıyılarında bu sınıf görülmektedir. 2050 yılında bu sınıfta yaklaşık %15 oranında bir artış olacaktır. Orman sınıfında azalmaya paralel olarak bu sınıfın artış göstermesi, orman tahribatının artacağı şeklinde yorumlanmıştır.

Çalı sınıfında 2030 yılında azalma olacağı, fakat 2050 yılına doğru artacağı görülmüştür. Çalı sınıfında en fazla değişim çalı sınıfının kuru tarıma ve yerleşmeye dönüşmesi sonucu olmuştur. Çalışma alanında çalı sınıfı daha çok havzanın alçak bölgelerinde, dağların etek kısımlarında görülmektedir. Bu alanlar eğimin az olması nedeniyle insan faaliyetlerine daha açık bir konumdadır. Fakat bu dönüşüm bölgedeki ekolojik hayata zarar vermektedir.

Arazi örtüsü/kullanımının değişmesinin birçok nedeni vardır. Fakat bu nedenlerin en önemlisi antropolojik kaynaklı değişimlerdir. İnsanların doğal çevre üzerindeki etkileri gün geçtikçe daha çok artmakta, araziye istediği gibi değiştirmekte ve kullanmakta bu da doğal kaynakların bozulmasına, sürdürülebilir kalkınmayı engellemektedir.

Doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için arazilerin yanlış-bilinçsiz kullanımdaki zamansal değişimler tespit edilmeli ve araziler uzman heyetler tarafından oluşturulan “arazi kullanım planlarına” uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir (Şahap, 2015). Planlamada doğal çevrenin ve tasarlanan arazi kullanım modellerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması önemlidir. Aksi takdirde arazi uygunluğu ile arazi kullanım şekli arasındaki karşılıklı ilişkinin göz ardı edilmesi nedeniyle doğal

kaynaklar bozulabilir veya arazi kullanım girişimleri başarısız olabilir (Kılıç ve diğerleri, 2022).

Çalışma alanı oldukça önemli bir doğal ortama sahiptir. Eğer uygun çevre ve arazi yönetimi uygulanmazsa orman, sulu tarım, sulak alan gibi önemli sınıflarda azalmalar devam edecek, yerleşmelerdeki artış doğal çevreyi bozacak, bu durum ileri de çok tehlikeli çevresel etkilere sebep olacaktır. Bu nedenle çalışma alanının 2030 ve 2050 yılları için oluşturulan arazi kullanım projeksiyonları, havzadaki arazi kullanım konusunda belediye ve diğer kuruluşlara yardımcı olabilir, aynı zamanda doğal afet planları içinde kullanabilir.



KAYNAKÇA

- Abbas, Z., Yang, G., Zhong, Y., & Zhao, Y. (2021). Spatiotemporal change analysis and future scenario of lulc using the ca-ann approach: a case study of the greater bay area, china. *Land*, 10(6), 584.
- Ahi, S. (2021). *Uzaktan algılama ve CBS kullanılarak arazi kullanımının su havzalarına olan etkilerinin incelenmesi: İstanbul ili – Terkos ve Alibeyköy havza örnekleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi.
- Aghlmand, M., Kalkan, K., Onur, M. İ., Öztürk, G., & Ulutak, E. (2021). Google Earth Engine ile arazi kullanımı haritalarının üretimi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 38-47.
- Akça, E. E. (2014). *Doğal kaynakların ekonomik gelişme üzerine etkisi: Seçilmiş ülke deneyimleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi.
- Aksoy, Ö. Ü. L., & Kayral, İ. E. (2022). Doğal sermaye, ekonomik dışsallık, sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonomi üzerine. *Döngüsel Ekonomi: Teori ve Pratik*, 59.
- Aldoğan, C. F. (2019). *İstanbul 2023 yılı arazi örtüsü/kullanım tahmininin yapay sinir ağları ve mantıksal regresyon metotları ile modellenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Aslan, N., & Koc-San, D. (2020). Spatiotemporal land use change analysis and future urban growth simulation using remote sensing: a case study of Antalya. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 657-662.
- Ateş, E, Öncü, M. A., Bayar, R., & Yılmaz, M. (2020). Eskişehir kentsel büyüme alanının Hücresel Otomat ve CA-Markov zincirleri ile analizi (1984-2056). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18(2), 276-295.
- Arı, Y. & Kaya, İ. (2013). *Coğrafya araştırma yöntemleri*. Coğrafyacılar Derneği, Balıkesir.

- Aydın, G., & Genç, F. N. (2023). Sürdürülebilir kalkınma bağlamında afet ve iklim değişikliği politikaları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(2), 563-590.
- Bağdatlı, M. C. (2022). *Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak Niğde ilinde tarımsal ve kentsel alan kullanımındaki zamansal değişimin uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) entegrasyonu ile değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi.
- Barbosa, C. C., Do Carmo Calijuri, M., Da Silva Anjinho, P., & Dos Santos, A. C. A. (2021). Modeling the responses of dissolved oxygen and nitrate concentrations due to land use and land cover change scenarios in a large subtropical reservoir.
- Başayığıt, L. (2004). CORINE arazi kullanımı sınıflandırma sistemine göre arazi kullanım haritasının hazırlanması: Isparta örneği. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(04).
- Bayar, R. (2019). *Ayaş ilçesinde arazi örtüsü ve arazi kullanımı*. Pegem Akademi.
- Bhandari, S., Twayana, R., Shrestha, R., & Sharma, K. (2021). Future land use land cover scenario simulation using open-source gis for the City of Banepa and Dhulikhel Municipality, Nepal. FOSS4G-Asia 2021
- Bilgi, S. (2007). Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (96), 48-55.
- Bilgili, M. Y. (2023). Ekososyalizm ve sürdürülebilir kalkınma amaçları arasındaki benzerlikler üzerine bir inceleme. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 19(1), 230-245.
- Bista, J. B., & Basnet, K. (2021). Assessment to assess the effect of land use land cover change on soil loss from Phewa Lake Watershed, Nepal. *Saudi J Civ Eng*, 5(8), 259-273.
- Bolat, Y., & Bakırcı, M. (2022). Erbaa Ovasında (Tokat) tarımsal üreticilerin iklim değişikliğine yönelik bilgi ve algı düzeylerinin belirlenmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 27(48), 37-48.

- Bostancı, B. Y., & Genç, L. (2007). Troia milli parkı arazi kullanım ve bitki örtüsü değişiminin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi yardımıyla belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 27-41.
- Breiman, L. Random Forest, *Machine Learning*, 2001.
- Bulut, S., Günlü, A. (2016). Arazi kullanım sınıfları için farklı kontrollü sınıflandırma algoritmalarının karşılaştırılması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 528-535.
- Canpolat, F. A., Dağlı, D. (2020). Elazığ İli'nde arazi kullanımı değişimi (2006-2018) ve simülasyonu (2030). *International Journal Of Geography And Geography Education*, (42), 702-723.
- Cengiz, S., & Yılmaz, B. (2016). Malatya'da arazi kullanımı/örtüsünün modellemesi, 2025-2045 arazi kullanımı/örtüsü simülasyonu. *Uzal-Cbs*, 49-57.
- Chettry, V., & Surawar, M. (2021). Delineating urban growth boundary using remote sensing, ann-mlp and ca model: A Case Study of Thiruvananthapuram Urban Agglomeration, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 1-14.
- Cihangir, M. E., & Görüm, T. (2016). Kelkit vadisinin aşağı çığırında gelişmiş heyelanların dağılım deseni ve oluşumlarını kontrol eden faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (66), 19-28.
- Çoban, A. (2013). Kelkit Vadisinde nüfusun dağılışı. *International Journal of Social Science*, 6(2). 297-312.
- Çölkesen, İ. (2009). *Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Çölkesen, İ. (2015). *Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanarak benzer spektral özelliklere sahip doğal nesnelerin ayırt edilmesine yönelik bir metodoloji geliştirme* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çubuk, F.T. (2018). *Aşağı Kelkit Havzası crabronidae (insecta: hymenoptera) faunasının belirlenmesi*. (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi

- Danacıoğlu, Ş., & Öngül, H. C. (2023). Güzelhisar havzasında endüstriyel gelişmenin arazi kullanımı ve arazi örtüsü özellikleri üzerindeki etkisinin bulut tabanlı makine öğrenme teknikleri ile değerlendirilmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1), 135-150.
- Dengiz, O., & Turan, İ. D. (2014). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistem teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/arazi kullanımı zamansal değişimin belirlenmesi: Samsun merkez ilçesi örneği (1984-2011). *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 78-90.
- Demir, S., & Kılıç, K. (2012). Erbaa Ovası yeraltı suyunun tuzluluğunun değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(4), 79-86.
- Dirim, S. (2006). *Aşağı Kelkit havzası doğal sulak alanında bitkilerle fosfor gideriminin araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi
- Doğan, H. M., & Aslan, S. (2013). Aşağı Kelkit Havzasının bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile haritalanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (3), 25-33.
- Doğan, H. M., Yılmaz, D. S., & Kılıç, O. M. (2013). Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması ve yorumlanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (6), 46-54.
- Doğanay, H., & Altaş, N. T. (2015). *Doğal kaynaklar*. Pegem Akademi Yayınevi. 6. Baskı. Erzurum, (Tıpkı Basım)
- Dokur, E., & Kurban, M. (2015). Wind speed potential analysis based on weibull distribution. *Balkan Journal Of Electrical And Computer Engineering*, 3, 231-235.
- Erdoğan, İ. (2016). *Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile Aşağı Kelkit havzası eunis habitat tiplerinin tanımlanması ve potansiyel ürün yetiştirme alanlarının tespiti*. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Ersayın, K. (2022). *Heyelan duyarlılığı analizine bir örnek: İyidere havzası (Rize)*. (Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyoğlu, S., Kılıç, D. T. ve Lise, Y. (editörler) 2006. Türkiye'nin önemli doğa alanları, Orta Batı Karadeniz, Kelkit Vadisi. *Doğa Derneği*. Ankara; 24,188
- Esemen, K., & Sunar, F. (2008). SPOT 2 Uydu görüntüleri ile orman yangını analizi: Bodrum örneği. 2. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu UZAL-CBS*, 13-15.
- Esetlili, M. T., & Kurucu, Y. (2003). Uzaktan algılama tekniği ile pamuk ekili alanların belirlenmesinde kontrollü (supervised) sınıflandırma yöntemlerinin irdelenmesi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 105-112.
- Geymen, A. (2017). Coğrafi bilgi sistemi kullanılarak su havzalarındaki arazi kullanım değişikliği ve çevresel etkilerin izlenmesi: Elmalı Havzası örneği. *Journal Of The Institute Of Science And Technology*, 7(1), 171-181.
- Gezici, A. (2012). *Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile arazi örtüsü/kullanımı değişiminin analizi: Konya ili örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Hava Harp Okulu.
- Guluzade, S. (2018). *Doğal kaynakların rasyonel kullanımının ekonomik etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi.
- Gülersoy, A. E. (2013). Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa merkez ilçesi örneği (1986-2010). *Turkish Studies- International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, Volume 8/8, Summer,2013, p. 1915-1934
- Gülersoy, A. E. (2014). Seferihisar'da arazi kullanımının zamansal değişimi (1984-2010) ve ideal arazi kullanımı için öneriler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2014(31), 155-180.
- Güneser, S. A. (2008). *Aşağı Kelkit havzasının bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile haritalanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Güngör, Y. (2021). Jeoloji ve Sürdürülebilir Kalkınma. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 31: 53-59

- Gürkan, A. G., Salıcı, A., Yıldırım, K., & Yıldırım, M. (2016). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Ata Sökmen Yerleşkesinin alan kullanım/arazi örtülülüğünün belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 144-150.
- Gürsoy, M., & Büyüksağış, İ. S. (2017). Uzaktan algılama yöntemiyle örnek bir maden sahasının analizi. El-Cezeri, *Journal of Science and Engineering*.
- Hakan, O., & Bozali, N. (2014). Gaziantep kentinde 2040 yılına kadar oluşabilecek arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin tahmini. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(1), 83-101.
- Haltaş, A., & Alkan, A. Medline veritabanı üzerinde bulunan tıbbi dökümanların kanser türlerine göre otomatik sınıflandırılması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 9(2), 181-186, 2016.
- Huang, J., Duan, T., Zhang, Y., Liu, J., Zhang, J., & Lei, Y. (2020). Predicting the permeability of pervious concrete based on the beetle antennae search algorithm and random forest model. *Advances in Civil Engineering*, 2020.
- Jayasinghe, P., Kantakumar, L. N., Raghavan, V., & Yonezawa, G. (2021). Comparative evaluation of open source urban simulation models applied to Colombo City and Environs in Sri Lanka. *International Journal of Geoinformatics*, 17(3).
- Kaçmaz, G., & Gürbüz, E. (2022). Arazi örtüsü değişiminin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile belirlenmesi: Aksaray ili örneği. *Harita Dergisi*, 88(167), 38-54.
- Kafy, A. A., Naim, M. N. H., Subramanyam, G., Ahmed, N. U., Al 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 Challenges*, 4, 100084.
- Karakuş, K., Karakuş, S., & Çelikyürek, H. (2019). Ülke toprakları ve tarım arazilerinin bitkisel ve hayvansal üretim faaliyeti Dışında kullanımı. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 2(1), 84-90.

- Karaman, N., Aksoy, S., Cesur, F., & Saygın, F. (2022). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknikleri kullanılarak kentleşmenin tarım arazileri üzerindeki etkisinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(3), 385-394.
- Kavak, K. Ş. (1998). Uzaktan algılamanın temel kavramları ve jeolojideki uygulama alanları. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 21(1), 63-74.
- Kavzoğlu, T., & Çölkesen, İ. (2010a). Karar ağaçları ile uydu görüntülerinin sınıflandırılması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1), 36-45.
- Kavzoğlu, T., & Çölkesen, İ. (2010b). Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi. *Harita Dergisi*, 144(7), 73-82.
- Kaya, M. Y., & Uzun, O. (2020). Düzce İli arazi örtüsü/alan kullanımının zamansal/mekânsal değişimi ve ekosistem hizmetleri. In *10th International Ecology Symposium*. Bursa Technical University.
- Kayacan, T., Özel, Y., & Kayacan, B. (2019). Kente kazandırılan yeni yaşam alanları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 679-687.
- Kaynar, O., Tuna, M. F., Görmez, Y., & Deveci, M. A. (2017). Makine öğrenmesi yöntemleriyle müşteri kaybı analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 1-14.
- Keskin, M. (2007). Spektrometreler ve tarımda kullanım alanları. *Tarımsal Mekanizasyon*, 24, 5-6.
- Kılıç, O. M., Ersayın, K., Gunal, H., Khalofah, A., & Alsubeie, M. S. (2022). Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2634-2644.
- Kıraç, F. (2021). *Arazi örtüsü sınıflandırması için makine öğrenmesi yaklaşımı*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi.

- Loukrakpam, C., & Oinam, B. (2021). Linking the past, present and future scenarios of soil erosion modeling in a river basin. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(3), 457-472.
- Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International journal of Remote sensing*, 28(5), 823-870.
- Matcı, D.K. (2019). *Uydu görüntülerinin kontrolsüz sınıflandırılmasında optimizasyon tabanlı yeni bir yaklaşım*. (Doktora Tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi.
- Maxwell, A. E., Warner, T. A., & Fang, F. (2018). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International journal of remote sensing*, 39(9), 2784-2817.
- Oğuz, N., & Bozali, N. (2014). Prediction of Land Use/Land Cover Change in the City of Gaziantep until the Year 2040. *Journal of Agricultural Sciences-Tarım Bilimleri Dergisi*, 20.
- Orhan, O. (2014). *Konya Kapalı Havzası'nda Uzaktan Algılama ve CBS teknolojileri ile iklim değişikliği ve kuraklık analizi* (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Özcan, H., & Maktav, D. (2010, Ekim 11 – 13) Landsat ve aster görüntüleri ile değişim belirleme: İntepe/Çanakkale örneği. III. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Gebze – Kocaeli
- Özelkan, E., Sağlık, A., Sümer, S. K., Bedir, M., & Kelkit, A. (2018). Kentleşmenin tarım alanları üzerine etkisinin uzaktan algılama ile incelenmesi–Çanakkale örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 123-135.
- Panagos, P., Ballabio, C., Himics, M., Scarpa, S., Matthews, F., Bogonos, M., ... & Borrelli, P. (2021). Projections of soil loss by water erosion in Europe by 2050. *Environmental Science & Policy*, 124, 380-392.
- Raji, S. A., Fasona, M., & Odunuga, S. (2020). Simulating future ecosystem services of the Sokoto-Rima basin as influenced by geo-environmental factors. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 1(2), 106-124.

- Rangarajan, S. (2021). Predicting the future land use and land cover changes for Bhavani Basin, Tamil Nadu, India Using QGIS MOLUSCE Plugin.
- Sarıyılmaz, F. B. (2012). *Zaman serileri ile değişim analizi: İstanbul, Sarıyer örneği* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Sezgin, E. (2006). *Uzaktan algılama (ua) ve coğrafik bilgi sistemi (cbs) teknikleri kullanılarak Uludağ Üniversitesi Yerleşkesinde arazi örtüsü/kullanım türlerinin ve zamansal değişimlerinin belirlenmesi* (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University, Turkey).
- Singh, R. K., Singh, P., Drews, M., Kumar, P., Singh, H., Gupta, A. K., ... & Kumar, M. (2021). A machine learning-based classification of LANDSAT images to map land use and land cover of India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24, 100624.
- Sönmez, M. E., Çelik, M. A., & Seven, M. (2013). Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yardımıyla Kilis merkez ilçesinin erozyon risk alanlarının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 1-21.
- 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. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 731, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Sunar, F., Özkan, C., Osmanoğlu, B. (2018). *Uzaktan algılama*. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. 220s.
- Şahap, A. (2015). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak şehirselleşimin arazi kullanımına etkisi: Şanlıurfa şehri örneği/The effects of urban development on land use by means of remote sensing and geographic information system: A case study in Şanlıurfa city* (Doctoral dissertation). Harran Üniversitesi.
- Teke, M., Efendioğlu, M., Demirpolat, C., Berktaş, O. T., & Kalkan, K. (2019) Uydu Görüntü Kıymetlendirme ve Uzaktan Algılama İçin Milli Veri Kıymetlendirme Yazılımı (VKY) Geliştirilmesi.

- Tezcan, B., & Eren, T. (2023). Orman yangınına sebep olan kriterlerin bulanık ortamda değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 1-1.
- Tunca, E., & Köksal, E. (2021). Sentinel 2 uydu görüntülerinden bitki türlerinin makine öğrenmesi ile belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 189-200.
- Turan, İ. D., 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.
- Üstüner, M. (2013). *Destek vektör makineleri yöntemi ile arazi kullanımı sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarına ait karşılaştırmalı parametre duyarlılık analizi: Rapideye ve spot örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Vali, A., Comai, S., & Matteucci, M. (2020). Deep learning for land use and land cover classification based on hyperspectral and multispectral earth observation data: A review. *Remote Sensing*, 12(15), 2495.
- Vapnik, V.N., (2000) *The nature of statistical learning theory*, 2. Baskı, Springer-Verlag, New York.
- Wondu, H. (2021). Forest cover dynamics detection in lume district, oromia region, central ethiopia. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 9(1), 11.
- Yakup, A. E., & Ayazlı, İ. E. (2021). SLEUTH ile arazi örtüsü değişimi simülasyon modelinin oluşturulması, İstanbul ili örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 3(1), 40-47.
- Yılmaz, D. S. (2022). *Aşağı Kelkit havzasında belirli ürünler için organik tarıma elverişli alanların CBS ve AHP ile modellenmesi ve tespiti*. (Doktora Tezi). Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
- Zengin, N., & Yamaçlı, R. (2023). İklim değişikliği etkisinde kıyı kentlerin sürdürülebilirliğinde Mersin örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(2), 295-310.