

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARITA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE KERKÜK İLİ VE
ÇEVRESİNDEKİ KENTSEL YAYILMANIN İZLENMESİ**

**Hazırlayan
Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Tuba KURBAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Ekim 2020
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARITA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE KERKÜK İLİ VE
ÇEVRESİNDEKİ KENTSEL YAYILMANIN İZLENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Tuba KURBAN**

**Ekim 2020
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

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

Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI



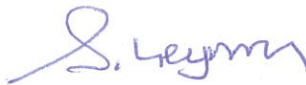
“Uydu Görüntüleri ile Kerkük İli ve Çevresindeki Kentsel Yayılmanın İzlenmesi”
adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma
Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI

**Danışman**

Dr. Öğr. Üyesi Tuba KURBAN



Harita Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Tuba KURBAN danışmanlığında **Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI** tarafından hazırlanan “**Uydu Görüntüleri ile Kerkük İli ve Çevresindeki Kentsel Yayılmanın İzlenmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.../... / 2020

JÜRİ:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Tuba KURBAN

Üye : Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali DURMUŞ

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / /

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Dr. Tuba KUBAN’a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkürler ederim.

Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI

Ekim 2020, KAYSERİ

UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE KERKÜK İLİ VE ÇEVRESİNDEKİ KENTSEL YAYILMANIN İZLENMESİ

Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ekim 2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuba KURBAN

ÖZET

Kentsel yayılma küresel bir olgudur ancak Irak gibi gelişmekte olan ülkelerde kentsel yayılma çok hızlı bir şekilde gelişmektedir. Kerkük, kentsel alanlarda hızla artan bir genişlemeye tanık olunan Irak kentlerinden biridir. Bu kentsel yayılma; hızlı nüfus artışı, plansız büyüme ve gelişme ile göç gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bunun sonucunda kentsel ekosistem bu süreçten önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu çalışmada, Kerkük ili'nde arazi kullanım / örtüsü dinamiklerindeki değişimler CBS ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Arazi kullanım/örtüsü haritalarının üretiminde, denetimli ve denetimsiz sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Denetimsiz sınıflandırmada k-ortalama metodu kullanılırken, denetimli sınıflandırmada, en kısa mesafe, Mahalanobis mesafesi ve maksimum olabilirlik yöntemleri kullanılmıştır. Denetimsiz sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu, çalışma alanının çok büyük olması ve homojen olmaması nedeniyle çok düşüktür ve bu da sınıflandırma sürecinde birbiriyle örtüşen kategorilere yol açmaktadır. Denetimli sınıflandırmada, maksimum olabilirlik, doğruluğu en yüksek olan yöntemdir ve bu nedenle değişiklik tespit sürecinde kullanılmıştır. Tespit edilen değişimler sonuç olarak göstermektedir ki en büyük değişiklik %130 oranında bir artışla kentsel alanlarda gerçekleşmiştir. Bununla birlikte tarım arazileri %22 oranında, su alanlarının ise %8 oranında genişlediği tespit edilmiştir. Buna karşılık açık arazi alanında %3 oranında bir azalma olduğu da görülmüştür. Bu aşamadan sonra, gelecekte yaşanacak kentsel büyüme oranının öngörülmesi amacıyla entegre bir Hücreli Otomata Markov Zincir modeli oluşturulmuştur. Elde edilen model, mevcut arazi kullanım haritası ile karşılaştırılmış ve Kappa indeksi kullanılarak doğrulanmıştır. Kappa standart, kappa konum ve kappa no indekslerinin sırasıyla 0.8799, 0.9143 ve 0.9154 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, oluşturulan model ve mevcut harita arasında iyi bir örtüşme olduğunu göstermektedir. Daha sonra bu model, 2030 ve 2035 yıllarında gerçekleşmesi muhtemel kentsel büyümenin tahmin edilmesi için kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü, Kentsel Yayılma, Uzaktan Algılama, CBS, Hücreli otomat Markov zincir.

MONITORING THE URBAN SPRAWL IN KIRKUK CITY AND ITS SURROUNDING REGIONS USING SATELLITE IMAGES

Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, October 2020

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Tuba KURBAN

ABSTRACT

Urban sprawl is a global phenomenon, but in a developing country like Iraq, it happens at a very fast rate. Kirkuk is one of the Iraqi cities that is witnessing a rapid expansion in urban areas. This urban sprawl is driven by several factors like rapid population growth, unorganized expansion and migration, as a result, the urban ecosystem has been effected significantly. In this paper, the dynamics of land use/ land cover changes in the Kirkuk from 2002 to 2018 studied by using of GIS and remote sensing techniques. Supervised and unsupervised classification methods are used in the production of land use/cover maps. While K-means method is selected as an unsupervised classification technique, minimum distance, Mahalanobis distance and maximum likelihood techniques are used as supervised classification. The accuracy of the unsupervised classification results was very low due to the fact that the study area is a very large and not homogenous, which leads to overlapping categories in the classification process. In supervised classification, the results of the maximum likelihood method is the most accurate and therefore it is adopted in the change detection process. The results of change detection showed that the biggest change has happened in urban areas whose area increased by 130%, while the agriculture lands increased by 22%, and the water areas by 8%, on the other hand, the area of the barren lands has decreased by 3%. After that an integrated Cellular Automata Markov Chain model was built for the prediction of the urban growth in the future. Obtained model has been validated by comparing it with the existing land use map using the Kappa index. The results of kappa indices showed a good agreement between the model and existing land use map with kappa standart value 0.8799, kappa number value 0.9154 and kappa location value 0.9143. After that, the created model has been used to predict the urban growth in 2030 and 2035.

Keywords: Land use/Land cover; Urban sprawl; Remote sensing; GIS, CA-Markov

İÇİNDEKİLER

UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE KERKÜK İLİ VE ÇEVRESİNDEKİ KENTSEL YAYILMANIN İZLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Kentsel Yayılma	4
1.3. Kentsel Yayılmanın Uzaktan Algılama Uydu Sistemleri Tarafından İzlenmesi	5
1.4. Araştırma Hipotezi ve Amaçları.....	6
1.5. Çalışmanın Önemi.....	7

2. BÖLÜM

LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. Görüntü Önışlemesi: Değişiklik Tespit Süreci İçin Görüntülerin Hazırlanması.....	9
2.2. Uzaktan Algılamada Değişim Tespit Metodolojileri.....	10

2.3. Kentsel Yayılma Tahmini İçin Hücresel Otomat Markov Zinciri Modeli	12
---	----

3. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

3.1. Çalışma Alanı	14
3.2. Veriler.....	15
3.3. Yöntem	16
3.3.1. Değişiklik tespiti için veri önışlemesi	17
3.3.1.1. Geometrik düzeltme	17
3.3.1.2. Radyometrik düzeltme	17
3.3.1.3. Atmosferik düzeltme	18
3.3.1.4. Öznitelik çıkarıma	18
3.3.1.5. Görüntü pan-keskinleştirme(image pansharpening)	20
3.3.2. Sınıflandırma sistemi	21
3.3.3. Görüntü sınıflandırması	21
3.3.3.1. Denetimli sınıflandırma	22
3.3.3.1.1. En kısa mesafe yöntemi	22
3.3.3.1.2. Maksimum olabilirlik yöntemi	23
3.3.3.1.3. Mahalanobis mesafesi yöntemi	24
3.3.3.2. Denetimsiz sınıflandırma	25
3.3.4. Doğruluk değerlendirmesi	26
3.3.5. Değişiklik tespiti	27
3.3.6. Hücresel otomat markov zinciri modelin oluşturması ve gelecek arazi kullanım tahmini.....	28
3.3.6.1. Markov zincir modeli	28
3.3.6.2. Hücresel otomat modeli.....	29
3.3.6.3. Hücresel otomat markov zincir modeli.....	30

4. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMALAR

4.1. Denetimsiz Sınıflandırma Sonuçları.....	32
4.2. Denetimli Sınıflandırma Sonuçları.....	34
4.2.1. Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi	34
4.2.2. En kısa mesafe sınıflandırma yöntemi.....	37
4.2.3. Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi.....	39
4.3. Arazi kullanımı / arazi örtüsü değişiklik tespiti	41
4.4. Hücresel otomat Markov zinciri modelin oluşturması ve gelecekteki arazi kullanım tahmini	44
4.4.1. Arazi kullanım / örtü değişiklik sürecinin tutarlılığı	44
4.4.2. Model doğrulaması ve gelecekteki arazi kullanım değişikliği tahmini	45

5. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKÇA	51
ÖZGEÇMİŞ.....	59

KISALTMALAR

CA	: Hücresel Otomata
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CD	: Değişiklik Tespiti
LC	: Arazi Örtüsü
LU	: Arazi Kullanım
LUCC	: Arazi kullanımı /arazi örtüsü değişim
RS	: Uzaktan Algılama

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Çalışmada kullanılan görüntüleri	15
Tablo 2. Denetimsiz sınıflandırma doğruluk analizi	33
Tablo 3. Mahalanobis mesafesi yöntemi kullanılarak elde edilen İşlem Doğruluğu / Kullanıcı Doğruluğu değerleri.....	35
Tablo 4. En kısa mesafe yöntemi kullanılarak elde edilen işlem doğruluğu / kullanıcı doğruluğu değerleri.	37
Tablo 5. Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi kullanılarak elde edilen işlem doğruluğu / kullanıcı doğruluğu değerleri.....	39
Tablo 6. Tüm yıllara ait doğruluk değerlendirmesi.....	41
Tablo 7. Arazi kullanımı / örtüsü değişim matrisi, 2002-2018(hektar olarak).....	42
Tablo 8. 2002-2010, 2010-2014 ve 2014-2018 dönemlerin geçiş olasılık matrisleri	44
Tablo 9. Sınıflandırma anlaşması / anlaşmazlık doğru miktar ve dağıtım belirleme yeteneğine göre.	46

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Çalışma alanı.....	15
Şekil 2.	Arazi kullanımı / arazi örtüsü haritalarının metodolojisinin akış diyagramı.....	16
Şekil 3.	Çalışma alanı için 2002 landsat görüntülerinin spektral bant histogramı	19
Şekil 4.	Çalışma alanı için 2018 landsat görüntülerinin spektral bant histogramı	20
Şekil 5.	Sınıfları ayırt etmek için kullanılan En kısa mesafe algoritmasının hayali bir örneği	23
Şekil 6.	Bir maksimum olabilirlik sınıflandırıcı tarafından tanımlanan olasılık yoğunluk.....	24
Şekil 7.	Uygulanan hücresele otomat Markov zinciri modelinin akış diyagramı	28
Şekil 8.	Denetimsiz sınıflandırma 2002	33
Şekil 9.	Denetimsiz sınıflandırma 2006	33
Şekil 10.	Denetimsiz sınıflandırma 2010	33
Şekil 11.	Denetimsiz sınıflandırma 2014	33
Şekil 12.	Denetimsiz sınıflandırma 2018	34
Şekil 13.	Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2002.....	35
Şekil 14.	Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2006.....	35
Şekil 15.	Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2010.....	36
Şekil 16.	Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2014.....	36
Şekil 17.	Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2018.....	36
Şekil 18.	Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2002	37
Şekil 19.	Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2006	37
Şekil 20.	Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2010	38
Şekil 21.	Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2014	38
Şekil 22.	Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2018	38
Şekil 23.	Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi 2002	40
Şekil 24.	Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi 2006	40
Şekil 25.	Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi 2010	40
Şekil 26.	Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi 2014	40
Şekil 27.	Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi 2018	41
Şekil 28.	2002-2018 Değişim haritası	43

Şekil 29. Önceki ve tahmin edilen arazi kullanım miktarının (hektar olarak).	43
Şekil 30. Öngörülen arazi kullanımı / arazi örtüsü haritası 2014.....	47
Şekil 31. Öngörülen arazi kullanımı / arazi örtüsü haritası 2018.....	47
Şekil 32. Kerkük arazi kullanım haritası 2030.	48
Şekil 33. Kerkük arazi kullanım haritası 2035	48



1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Dünya’da ve özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, kentsel alanlar bugüne dek benzeri görülmemiş bir hızla genişlemekte ve kentsel nüfusta aynı şekilde artış göstermektedir. Öyle ki 2030 yılına kadar Dünya nüfusunun %60’ının kentsel alanlarda yaşayacağı ve kentsel büyümenin çoğunlukla daha az gelişmiş ülkelerde gerçekleşeceği öngörülmektedir [1]. Irak’ta da benzer bir durum söz konusudur. Kentsel büyümenin ve gelişmenin hızla devam etmesi, Irak’ın 1987 yılında 16 milyon olan [2] kentsel nüfusunun 2018 yılında 38 milyona yükselmesine neden olmuştur. Irak Planlama Bakanlığı, Irak nüfusunun, her yıl ortalama 850 bin – 1 milyon kişi aralığında bir artış gösterdiğini belirtmekte 2025 ve 2030 yıllarında sırasıyla 45 milyona ve 51 milyona ulaşacağını öngörmektedir. Kerkük, bilhassa son yıllardaki savaş ortamı nedeniyle çevre kentlerden anormal şekilde göç almıştır ve bu nedenle nüfus yoğunluğunda önemli bir artışın yaşandığına tanıklık edilmektedir. Bu nedenle, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin büyüklüğünü, desenini ve türünü değerlendirmeye ve gelecekteki arazi gelişimini tahmin etmeye yönelik acil bir ihtiyaç hali söz konusudur.

Hızlı nüfus artışı, kentsel alanların sınırlarının kontrolsüz ve gelişigüzel bir şekilde büyümesine yol açmıştır ki bu durum genellikle, kara yolları boyunca ya da şehrin etrafındaki kırsal alana doğru genişleme olarak tanımlanan “kentsel yayılma” terimi ile açıklanmaktadır [3]. Kişi sayısının giderek artmasından dolayı bu bölgelerde yaşayanların sayısı sürekli değişmektedir ve kesin rakamı tahmin edilememektedir, öyle ki, bu durum hızlı nüfus artışının başarılı bir şekilde yönetilemediğinin bir göstergesidir ve kent merkezlerinin plansız bir şekilde genişlemesine yol açmaktadır. Kentsel yayılma, çevresel etkileri kadar sosyal etkileri de olan karmaşık bir olgudur [4]. Bu karmaşıklıktan dolayı, kentsel yayılmanın spesifik, ölçülebilir ve genel olarak kabul

edilmiş bir tanımı yoktur [5]. Gerçek aglomerasyon (nüfus birikim alanları) sınırları dışında kalan bağlantılı bir büyüme ve gelişme olgusu olarak tanımlanır ve bu yaklaşımın dünya genelinde görüldüğü büyük şehir sayısı giderek artmaktadır [6]. Kentsel Yayılma; su, hava, gürültü ve katı atık kirliliğinin yanı sıra verimli tarım arazilerinin yok olmasına, açık yeşil alanların, yüzey su kütlelerinin ve yeraltı su kaynaklarının kaybına neden olmaktadır. Kentsel yayılmanın haritalanması, çevresel ve doğal kaynakların kritik şekilde tehlike altında olduğu alanların belirlenmesine ve gelecekteki olası büyüme ve yayılma modellerinin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır [7].

Yine de arazi kullanım değişikliğinin etkili bir şekilde araştırılması, izlenmesi ve takip edilmesi için çalışma alanı hakkında hayli çok veri gereksinimi söz konusudur. Bu nedenle, uzaktan algılama teknolojisinin kullanımı, arazi kullanımının mekânsal değişikliğini verimli bir şekilde elde etmek, analiz etmek ve simüle etmek için kullanılabilecek güncellenmiş bir arazi kullanımı ve arazi örtüsü verileri sağlamaktadır [8-10].

Uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile birlikte yaygın olarak kullanılmakta ve arazi kullanımı değişiminin tespit edilmesinde güçlü ve etkili bir araç olarak kabul görmektedir [11-13]. Uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri, uygun maliyetli, multispektral (çoklu spektrumlu) ve multitemporal (çoklu zamanlı) veri sağlamakta ve bu verileri arazi geliştirme modellerinin ve süreçlerinin anlaşılması ve izlenmesi için ayrıca arazi kullanımı ve arazi örtüsü veri setleri oluşturmak için gerekli olan değerli bilgilere dönüştürmektedir. CBS teknolojisi, değişimin algılanması ve veritabanının geliştirilmesi için gerekli olan dijital verilerin depolanması, analiz edilmesi ve görüntülenmesi için esnek bir ortam sağlamaktadır. Uydu görüntüleri, spektral sınıflandırma ile ayırık arazi örtüsü tiplerini izlemek ve takip etmek için kullanılmakla birlikte spektral yansıtıcılar veya indekslerle doğrusal ilişkiler yoluyla arazi yüzeylerinin biyofiziksel özelliklerini tahmin etmek için kullanılmaktadır [14].

Kentsel arazi kullanım değişikliği modelleri; kentsel büyümenin etkisinin değerlendirilmesi, arazi dönüşüm yönetimi, arazi kullanım planlarının hazırlanması, arazi kullanım değişikliklerinin optimum modellerinin tanımlanması ve kentsel

planlayıcıların sürdürülebilir kentsel çevreye ulaşmasını sağlaması nedeniyle oldukça işlevsel ve yararlıdır. Bununla birlikte, arazi kullanımındaki değişikliğin modellenmesi ve simülasyon süreci her ne kadar karmaşık olsa da hayli gereklidir [15]. Gelecekteki olası farklı koşullar için arazi kullanım değişikliğinin muhtemel senaryolarını simüle etmek, keşfetmek ve öngörebilmek için yararlanılan arazi kullanım modellerini üç kategoriye ayırarak incelemek mümkündür. Bu kategoriler şu şekilde sıralanabilir: (a) Lojistik Regresyon Modeli gibi istatistik ve ampirik modeller [16] ve Markov zincir modelleri [17]; (b) Ajan tabanlı hücresel otomata (CA) modelleri gibi dinamik modeller [18]; (c) Entegre modeli, ör. Arazi kullanım değişim ve etkileri modeli [19].

Belirtmek gerekir ki, Markov Zincir Modeli, coğrafyanın ilk kuralına dayanmaktadır, yani, kentsel arazi kullanım sınıfı yakın bir pikselin kentsel sınıf haline gelme olasılığı daha uzak bir pikselden daha fazladır. Markov zincir modeli, belirli iki tarih aralığındaki zamansal dönemde arazi kullanımının değişme olasılığını belirlemek için oldukça etkili ve çok güçlü bir yöntemdir. Ancak, Markov zincir modeli, arazi kullanım değişikliği olaylarının mekânsal dağılımını sağlayamamaktadır [20].

Entegre hücresel otomata markov zincir modeli arazi kullanımı /arazi örtüsü değişim modellerinin nicelik tahmini ile mekansal ve zamansal dinamik modellemesi açısından elverişli ve sağlam bir tekniktir. Öyle ki, uzaktan algılama verileri ve CBS, arazi kullanımı/ arazi örtüsü ile oldukça başarılı bir şekilde birleştirilerek kullanılabilir. Buna ek olarak, entegre hücresel otomata markov zincir modeli, bir hücresel otomata fonksiyonu aracılığıyla, markov zincir modelinin sonuçlarını, kentsel planlama ve tasarım için gerekli, mekânsal olarak açık ve anlaşılır sonuçlara çevirebilir [21].

Bu çalışma son birkaç on yıl boyunca çok hızlı ve dağınık bir kentsel yayılmanın görüldüğü Kerkük İli (Irak) üzerine gerçekleştirilen bir vaka çalışması niteliğindedir. 2002 – 2018 yılları arasındaki dönemi kapsayan süreçte, Kerkük şehrinde arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerini analiz etmek için uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri ve CBS tekniklerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, 2030 ve 2035 yıllarındaki arazi kullanım değişikliklerini tahmin etmek için Hücresel otomata markov zincir modeli uygulanmıştır.

1.2. Kentsel Yayılma

Irak'ta 2003 yılında meydana gelen rejim değişikliği ile birlikte, 1990'lı yıllardan beri uygulanan ekonomik yaptırımlar sona erdirilmiş ve Irak'ın ekonomik refah düzeyinde bir nebze de olsa gelişime tanık olunmuştur. Bu ekonomik patlamanın bir sonucu olarak 2003 yılında 25 milyon olan nüfus 2020 yılında 40 milyon civarına kadar büyük bir sıçrama göstermiştir. Bu faktörler, genel olarak Irak'ta görülen kentleşmenin nedenleridir ancak Kerkük İli özelinde düşünüldüğünde sayılan bu nedenlerin dışında başka nedenlerin varlığı da söz konusu olmuştur. Kerkük İli iki kez toplu şekilde göç almıştır. Bu göçlerden ilki 2003 yılında yaşanan rejim değişikliğinin ardından gerçekleşmişken ikincisi 2014 yılındaki savaş ortamında gerçekleşmiştir. Bu iki göç, kentsel alanlarda olumsuz etkisi kaçınılmaz olan anormal nüfus artışına yol açmıştır. Bu etkiler, daha önce kırsal alanlar olan ve otoyolların kenarlarında yer alan ve aşırı miktarda arazi kullanımına neden olan ve genellikle düzensiz yapılar şeklinde gelişen düşük yoğunluklu yerleşim ile karakterize edilmektedir.

Genel olarak, kentsel yayılma farklı biçimlerde gözlenebilmektedir. Ofis binaları, perakende satış yapan işyerleri ve hatta imalathaneler gibi farklı iş alanlarında faaliyet gösteren ticari girişimlerin yol açtığı düşük yoğunluklu konutlaşma içeren “kenar şehirler” biçiminde bir kentsel yayılma gözlemlenmesi mümkündür. Ayrıca, kendi “şehir merkezi” olan veya bir göle ya da bir parka göre hizalanmış planlı topluluklar şeklinde bir kentsel yayılmanın görülmesi de mümkün olmaktadır. Bunların yanında, daha önce kırsal alan olan arazilerde ev sayılarının artması ile birlikte bir kentsel yayılma meydana gelebilmektedir. Her durumda, zaman içerisinde gerçekleşen kentsel yayılmayı belgelemenin en yayın yollarından biri, önce kırsal ve kentsel nüfus seviyelerinin evrimine bakmak ve daha sonra banliyöler ve merkez şehirler arasındaki gelişen ilişki dikkate alınarak kentsel alanlara bakmaktır [22].

Kentsel alanları genişlemesi şeklinde görülen kentsel yayılma; arazi, doğal kaynaklar, alt yapı ve gayrimenkul geliştirme faaliyetlerini olumsuz etkilemekte, trafik sıkışıklığına yol açarak ulaşımı zorlaştırmakta, sosyal politikaların uygulanmasının önünde bir engel teşkil etmekte ve yaşam kalitesini düşürmektedir. Metropol alanlarının dışı doğru genişlemesinin özellikle otomobile bağımlı bir yaşam tarzını teşvik ettiği göz önüne

alındığında, ortaya çıkan hava kirliliğinin astım, akciğer kanseri ve kalp problemleri gibi çeşitli hastalıkları artırdığını söylemek mümkündür [23].

Devlet kurumları, arazi şekilleri üzerinde insanlar ya da doğal etkenler tarafından gerçekleştirilen değişiklikleri takip etmeli ve gerekli değerlendirmeleri yapmak için çaba sarf etmelidir. Bitki örtüsündeki değişiklikler, yaban hayatı yaşam alanlarını, yangın koşullarını, estetik ve tarihi değerleri ve çevrenin hava kalitesini etkilemektedir. Dolayısıyla, yönetim ve politika kararları da buna bağlı olarak farklılık göstermektedir [24]. Kentsel alanlarda ve çevrelerindeki alanlarda gözlemlenen dinamik süreçlere cevap verebilecek gerçek zamanlı veya buna yakın bilgiler, planlamacılar, idareciler, acil müdahale görevlileri ve askeri operasyonlar için oldukça değerlidir [25].

1.3. Kentsel Yayılmanın Uzaktan Algılama Uydu Sistemleri Tarafından İzlenmesi

Günümüzde, kentleşmeye yönelik eşi benzeri görülmemiş bir küresel eğilim söz konusudur. Bunun bir sonucu olarak ortaya çıkan kentsel değişimin tespiti, izlenmesi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Imhoff ve arkadaşlarının 1997 yılında yaptığı bir çalışmada [26], uzaktan algılama amaçlı kullanılan uydu sistemlerinin, kentleşmenin yerini ve kapsamını tespit etmek, kentsel büyümeyi ölçmek ve izlemek için oldukça etkili bir destekleyici yöntem olduğu belirtilmektedir. Uzaktan algılama genellikle uçaklardan veya uydulardan dünya hakkında bilgi edinmek için kullanılan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Genellikle uydu ile edinilen bilgiler, daha sonra yer yüzüne iletilen ve analistlerin görüntüleri haritalar ve raporlar gibi bilgilendirici çıktılara dönüştürmek için çeşitli istatistiksel yöntemler kullandıkları dijital görüntülerdir. Uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri, toprak örtüsünün izlenmesi ile dünya yüzeyine yönelik tutarlı ve tekrarlayan ölçümlerin elde edilmesini sağlamaktadır [27]. Bununla birlikte nüfus sayımı verileri ve hava fotoğrafçılığı gibi geleneksel kentsel veri toplama ve anket yöntemlerinin sağladığından daha kısa sürede ve daha uygun maliyetli bilgiler uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri tarafından sağlanabilmektedir. Uzaktan algılama, zaman ve maliyet verimliliğinin yanı sıra kentsel büyüme ve arazi kullanımı değişimindeki mekânsal ve zamansal dinamiklerin tespitini sağlayan eşsiz bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır [28,29].

Yukarıda sayılan avantajları nedeniyle uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri ve teknikleri çeşitli ölçeklerde gerçekleşen arazi örtüsü değişimini tespit etmek ve izlemek için yaygın şekilde kullanılmaktadır [29]. Daha resmi bir biçimde ifade etmek gerekirse; değişiklik algılama metodolojileri, farklı zamanlarda gözlemlenen ve birbirini takip eden görüntüler üzerindeki bir nesnenin veya olgunun durumundaki farklılıkları tanımlamak için kullanılır ve ortamdaki değişiklikleri incelemek amacıyla geniş çaplı bir uygulama gerçekleştirilebilir [30]. Bu değişiklik algılama yöntemlerinin çoğu mevcuttur ve halen kullanımdadır ancak tüm araştırma uygulamaları için tek bir standart yöntemden bahsetmek söz konusu değildir. Uzaktan algılama ile gözlenecek her bir hedef diğerlerinden farklıdır ve tek bir hedefi analiz etmek için farklı bilimsel unsurlar gereklidir. Değişiklik algılamasının yönelik her bir proje eşsiz ve benzersizdir, dolayısıyla hedeflenen orijinal özellikler, proje özellikleri ve görüntü kullanılabilirliği de farklı olmaktadır. Değişiklik tespitinin gerekli olduğu belirli bir senaryo ile karşı karşıya kalındığı hallerde, uygun bir metodolojinin seçilmesi, nihai tespit çıktısının doğruluğu ve kullanılabilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [31]. Farklı değişiklik algılama algoritmaları farklı sonuçlar üretmektedir bu nedenle aynı alana birkaç yöntemin uygulandığı ve elde edilen sonuçların karşılaştırıldığı deneysel çalışmalar, her yöntemi göreceli güçlü ve zayıf yönlerinin incelenmesi için yararlı bir başlangıç noktası olarak değerlendirilebilmektedir. Bu tür deneysel çalışmalar, hangi yaklaşımın evrensel bağlamda optimal olduğu sorunu cevaplayamayacak olsa da her bir yaklaşımın göreceli dezavantajlarını ve belirli bir hedefe yönelik avantajlarını ortaya koyabilmektedir. Ek olarak, bir çalışma dahilinde birden fazla değişiklik tespit yönteminin kullanılması, benzer hedefler üzerinde değişiklik tespiti yapılmasına yönelik gelecekteki araştırmalarda araştırmacılara rehberlik sağlayabilir.

1.4. Araştırma Hipotezi ve Amaçları

Bu çalışma, Kerkük İlinde 2002 – 2018 yılları arasında gerçekleşen kentsel değişimin tespiti, ölçümü ve haritalandırılması için uzaktan algılama amaçlı uydu teknolojilerinin CBS teknolojileri ile birlikte kullanılması üzerine tasarlanmıştır. Çalışma süresi; 2002 – 2006, 2006 – 2010, 2010 – 2014 ve 2014 – 2018 olmak üzere beş alt döneme ayrılmaktadır. Söz konusu yıllar için Landsat sensörlerinden edinilen görüntüler veri olarak kullanılacaktır. İlk olarak, söz konusu yıllar için arazi kullanım haritaları çeşitli sınıflandırma yöntemleri kullanılarak elde edilecektir. Daha yüksek doğruluk yöntemi

bağlamında referans haritaları kullanılacaktır. Bir sonraki adımda her döneme ait geçiş matrisleri Markov zincir modeli kullanılarak elde edilecektir. Tüm dönemlerin geçiş matrislerinin yakın olması halinde bu durum, arazi kullanımındaki değişim oranının gelecekte sabit kalacağı anlamına gelmektedir ki bu durum araştırma hipotezimizi teşkil etmektedir. Şayet bu önerinin doğrulanırsa, gelecekteki arazi kullanımlarının tahmini için entegre bir Hücresel otomata markov zincir modelinin kullanılması öngörülmektedir.

Araştırma sorusu ve hipotez göz önünde bulundurularak, bu tez çalışmasının aşağıdaki hedeflere yönelik olarak gerçekleştirileceğini belirtmek mümkündür:

- Kerkük ilinde 2002 – 2018 yılları arasında gerçekleşen kentsel büyümenin değerlendirilmesi
- Bölgede kentsel büyümenin geleceğinin tahminine yönelik entegre bir modelin oluşturulması.

Bu çalışma, kentsel değişim çalışmasından ziyade kentsel değişimin tespitine yönelik bir metodoloji çalışmasıdır. Bu nedenle, çalışmamızda Kerkük'teki farklı arazi örtüsü türleri ile ilgili hedeflerin karşılanması gerekli görülürken, çalışmamız Kerkük'teki arazi örtüsü değişiminin tarihsel nedenleri, coğrafi kalıpları ve günümüzdeki sonuçları hakkında kapsamlı bir tartışma olarak tasarlanmamıştır. Başka bir ifade ile bu tez, çalışma alanı olarak Kerkük'ü ele alan bir kentsel alan değişim tespit metodolojisinin bir tartışmasını temsil etmektedir ancak 2002 – 2018 yılları arasında Kerkük'ün tarihsel bir çalışması olarak şekillenmemektedir.

1.5. Çalışmanın Önemi

Kentsel değişim tespiti çalışmaları ve metodolojileri, kaynak ve zaman tasarrufuna ek olarak, kent planlamacılarına ve politika belirleyicilerine doğal kaynakları, çevre ortamlarını, yaşam kalitesini ve toplulukların altyapı ihtiyaçlarını etkileyebilecek eğitilmiş, doğru ve yerinde karar vermeleri için ayrıntılı bir temel sağlamaktadır.

Hayati öneme sahip bu uygulamaların ötesinde, değişim tespit metodolojileri terörle mücadele hususunda ulusal orduya çok önemli bilgiler sağlayabilmektedir. Yakın zamanda, 2014 yılında, aşırılık yanlısı terörist gruplar Irak topraklarının büyük bir

bölümünü kontrol altına almayı başarmışlardır ve o zamandan bu yana Irak ordusu terörizme karşı açık bir savaş vermektedir. Bu tez kapsamında kullanılan değişiklik tespit yöntemlerinin uygulanması ile teröristlerin hareketlerinin tespit edilmesi, terör örgütlerinin gelişiminin izlenmesi ve örtülerinin incelenmesi adına fayda sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte söz konusu yöntemler askeri ve istihbarat alanında faaliyet gösteren resmî kurumların etkinliklerini desteklemek ve gelecekteki uygulamalara yanıt vermek adına da yön gösterici bir fayda sağlamaktadır.



2. BÖLÜM

LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. Görüntü Önışlemesi: Değişiklik Tespit Süreci İçin Görüntülerin Hazırlanması

Bir değişiklik algılama algoritması uygulamadan önce, uzak sensör verilerinin uygun şekilde önceden işlenmesi gerekmektedir. Değişiklik algılama sürecine yalnızca coğrafi olarak doğru şekilde kaydedilmiş, normalize edilmiş ve işleme alanlarına alt kümeler yerleştirilmiş görüntüler gönderilebilir [24]. Daha kesin bir şekilde ifade etmek gerekirse, aşağıdaki koşullar yerine getirilmelidir:

- (1) Çoklu-zamanlı görüntülerin kesin kaydı
- (2) Çoklu-zamanlı görüntüler arasında hassas radyometrik ve atmosferik kalibrasyon veya normalizasyon
- (3) Çoklu-zamanlı görüntüler arasındaki benzer fenolojik durumların tespiti
- (4) Mümkünse aynı mekânsal (uzamsal) ve spektral çözünürlüklü görüntülerin seçilmesi [31].

İlk koşul, daha yaygın olarak, geometrik düzeltme ya da mekânsal (konumsal) kayıt olarak adlandırılmaktadır. Bu adım, bir değişiklik algılama algoritmasının başarısı için çok önemlidir. Öyle ki, bu adım ile bir tarihteki belirli bir pikselin ikinci bir tarihteki aynı piksel ile çakışması ve örtüşmesi sağlanmaktadır [32]. Yetersiz mekânsal kayıt, nihai sonuçlarda hataların ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Örneğin, yalnızca tek bir pikselin kaydedilmesi, iki tarihte sabit bir yolun, değişiklik görüntüsünde yeni bir yol olarak görüntülenmesine neden olabilmektedir [33].

İkinci koşul olan radyometrik kalibrasyonun sonucu, birimlerin görüntüler arasında sabit hale gelmesidir. Işımanın hesaplanması, birden fazla sensör ve platformdan gelen verileri ortak bir radyometrik ölçeğe koymanın temel adımıdır [34].

Ek olarak, atmosferin herhangi bir etkisinin görüntülerden kaldırılması, görüntü verilerinin yorumlanmasının tutarlı ve sürekli olmasını sağlamaktadır. Herhangi bir değişiklik saptama yönteminin uygulanmasından önce karşılanacak üçüncü ve dördüncü koşullar, çok-zamanlı (geçişli) görüntüler arasında benzer fenolojik durumların seçilmesi ve sırasıyla aynı uzaysal ve spektral çözünürlüğe sahip görüntülerin seçilmesidir. Yıl dönümüne yakın görüntüler elde etmek, görüntülerde sahte değişimin saptanmasına neden olabilecek mevsimsel fenolojik farklılıkların etkilerini büyük ölçüde en aza indirmektedir [33].

2.2. Uzaktan Algılamada Değişim Tespit Metodolojileri

Çevresel izleme ve değerlendirme, günümüzde küresel çapta ihtiyaç duyulan ve günlük prosedür haline gelmiş bir konudur. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiklikleri, küresel değişimin kritik bir nedeni olarak kabul edilmektedir [35]. Read ve Lam 2002 yılında [36], arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiklikleri ve küresel yer sistemleri arasındaki karmaşık etkileşimi anlamak için hangi değişikliklerin nerede ve ne zaman meydana geldiği, bu değişikliklerin meydana gelme oranları ve bu değişikliklerin meydana gelmesine neden olan güçlerin neler olduğuna dair bilgilerin gerekli olduğunu öne sürmektedir. Uydu sistemleri ve havadan fotoğraflama metodları gibi uzaktan algılama ile edinilen veriler, belirli bir zamana ait çevresel koşulları ve ekosistem yapısını karakterize etmek ve haritalandırmak için sıklıkla kullanılırken, çok zamanlı bilgilerin varlığı ekosistem yapısının yanı sıra yer şekilleri ve peyzaj dinamiklerinin ve süreçlerinin de anlaşılmasını sağlamaktadır [37]. Değişim algılama analizi; tarımsal üretimdeki farklılıklar, bitki örtüsü fenolojisi, mera gelişimi, ormansızlaşma değerlendirmesi, kentsel genişleme ve ekosistem yönetimi gibi yer şekilleri ve peyzaj dinamiklerini izlemek ve değerlendirmek için gerekli bilgileri günden güne artan bir şekilde karşılamaya devam etmektedir [30].

Uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilen dijital değişim algılama analizinin temel ilkesi, arazi örtüsü ve arazi kullanım değişikliklerinin, Dünya yüzeyinin yansıma (parlaklık) değişikliklerine neden olduğu varsayımına dayanmaktadır [38].

Öyle ki, değişiklik tespiti çok-tarihli uydu görüntüleri kullanılarak bir olgunun durumundaki farklılıkların tanımlanması ve nicelendirilmesi olarak tanımlanabilmektedir[30]. Jensen 1996 [33], dijital değişiklik tespitinde göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerin, sensör sisteminin özellikleri ve çevresel değişkenler olduğunu ifade etmektedir. Standart bir sınıflandırma sisteminin kullanılması, değişiklik tespitlerinin karşılaştırılması için tektip bir temel sağlamaktadır [33]. Bununla birlikte, değişiklik algılama analizi gözlem zamanına ve ilgili zaman aralığına da duyarlıdır. Yuan ve Elvidge 1998 yılında [37], uydu görüntülerini kullanarak dijital değişiklik tespitinde çeşitli olumsuz zamansal karmaşık faktörleri tanımlamıştır. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilmektedir: Bant geçirici ve uzamsal çözünürlük farkları, mekânsal yanlış kayıt, sensörün radyometrik yanıtındaki farklılıklar, bulut ve gölgenin dağılımındaki farklılıklar, güneş ışınımı ve güneş açısındaki farklılıklar, atmosferik saçılma ve emilimdeki farklılıklar, fenolojik döngü özelliklerindeki farklılıklar (bitki örtüsü, insan yapımı ekosistemler vb.).

Uzaktan algılamada dijital algılama yöntemlerinin kullanılması, son yıllarda giderek artmıştır. Bunda insan nüfusunun artması ve insanların yeryüzünü daha fazla işgal etmesi etkili olmuştur [39]. Dünya yüzeyindeki değişikliklere hem antropojenik hem de doğal faktörler neden olsa da insanlığın dijital ayak izi ve bunun uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri tarafından tespit edilen dünya üzerindeki etkileri değerlendirilebilir, ölçülebilir ve incelemeye değerdir. Uzaktan algılama amaçlı uydu teknolojileri, uzay veya hava araçlarından ya da uzaydaki ya da havadaki cihazlardan periyodik olarak raster görüntü formatında, Dünya'nın yüzey özellikleri hakkında bilgi edinme bilimidir. Bu nedenle, Dünya yüzeyinin dinamik öğelerinin düzenli aralıklarla haritalandırılması, izlenmesi ve modellenmesi için bir araç sağlamaktadır [40]. Bu tür bilgilerin uydular aracılığı ile elde edilmesi, geniş alanların mekânsal ayrıntılarını ve zamansal frekanslarını kapsayan ve mekânsal olarak tutarlı veri setleri edinilmesini sağlamaktadır [29]. Bu uygun maliyetli çoklu spektral ve çoklu zamansal verileri sağlayan sensörlere örnek olarak şunlar sayılabilir. Gelişmiş Uzay Isısı Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – ASTER), Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (Advanced Very High Resolution Radiometer - AVHRR), Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS),

Yeryüzü Gözlem Deneysel Uydu (Satellite Probatoire d'Observation de la Terre - SPOT), Tematik Haritacı (Thematic Mapper – TM) ve RadarSat. Bu sensörlerin tümü, hem zamansal hem de mekânsal ölçeklerde karşılaştırmalı çalışmalar için ortak bir veri kaynağı olarak kullanılmaktadır [41]. Dolayısıyla, uzaktan algılama amaçlı uydu sistemlerinin her birinin yaygın ve etkili birer veri kaynağı olarak, varlıklarını çeşitli değişiklik algılama uygulamalarına, çalışmalarına ve yöntemlerine borçlu olduğunu belirtmek mümkündür.

2.3. Kentsel Yayılma Tahmini İçin Hücresel Otomat Markov Zincir Modeli

Hücresel Otomat (CA), kentsel sistem simülasyonlarında kullanılan pratik bir araçtır. Bu araç, nüfus değişikliği ve arazi kullanımı değişikliklerini birlikte sunması açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca, hücresel kafesin hücreleri, taşıma verileriyle ekonomik ve verimli bir şekilde birleştirilebilmektedir. Böylece, kentsel alanlar hücresel ızgara üzerinde uygun hücre komşuluklarından yararlanılarak etkili bir şekilde simüle edilebilmektedir. Ayrıca, kentleşme süreci teorileri de kullanılan mekânsal modellere göre incelenebilmektedir [42].

Hücresel otomatlar, coğrafi problemlere uygulanmalarını cazip kılan iki doğal özelliğe sahiptir. Birincisi, belirtildiği gibi, kendiliğinden mekânsal olmalarıdır. İkincisi ise çok basit kurallar sayesinde çok karmaşık formlar üretebilmeleridir. Böylelikle, hücresel otomatlar, mekânsal karmaşıklığın kökeninin ve rolünün anlaşılmasına imkân tanımaktadırlar [43].

Hücresel otomatların coğrafi problemlerin çözümündeki avantajları ilk olarak 1979 yılında Tobler tarafından ortaya konulmuştur [44]. Couclelis ise 1988 yılında bu yaklaşımı benimseyerek iki farklı açıdan gelişimini sağlamıştır. İlk olarak, karmaşık sistemler teorisi ile bağlantıların hayli felsefi bir keşfi ve ikincisi de kentsel planlama bağlamında muhtemel kullanımlarının incelenmesi olmuştur. Her ne kadar birkaç basit model uygulansa da kentsel süreçlerin gerçekçi temsilleri olması amaçlanmamıştır. Bunun yerine, öncelikle deneylere yardımcı olarak kullanılmışlar ve coğrafi süreçlerin doğası hakkında önemli bilgilere erişmek hususunda yardımcı olmuşlardır [45].

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); uzaktan algılama, topografya, toprak tipi, yağış, bitki örtüsü gibi çeşitli uzamsal ve mekânsal verileri sunmak, analiz etmek ve görüntülemek

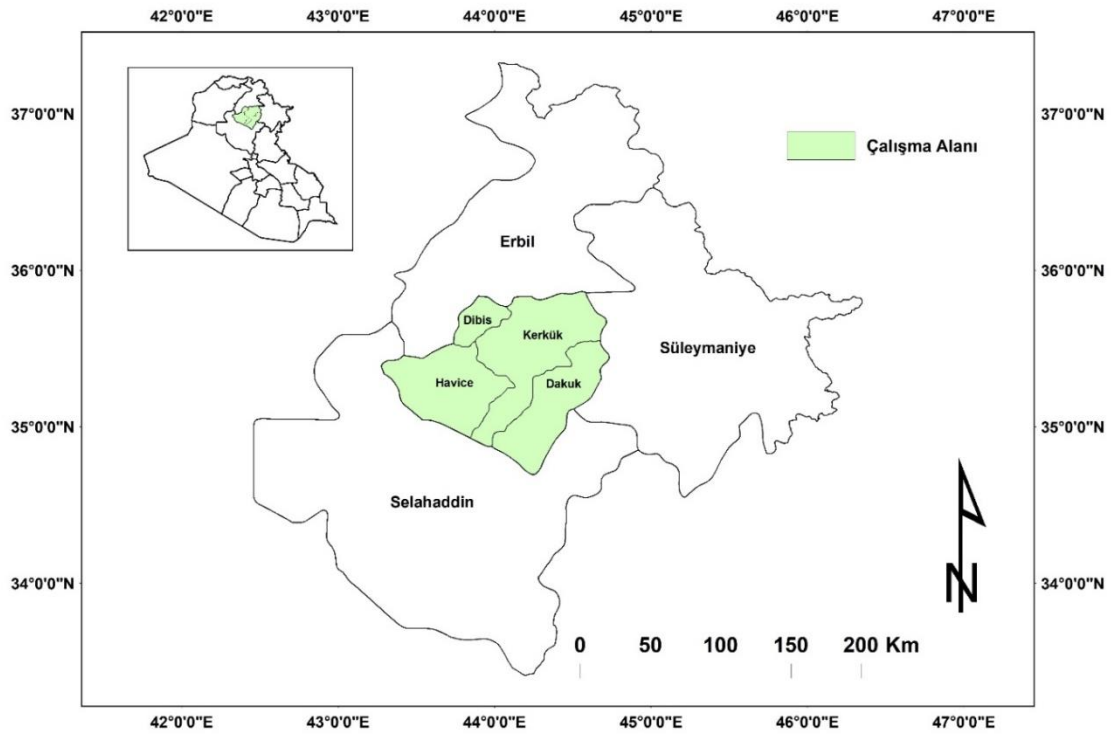
için yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı, CBS'yi yer şekillerinin mekânsal – zamansal özelliklerini keşfetmek için yararlı bir araç olarak kabul etmektedir. Bununla birlikte, doğal olarak statik bir yapıda olması nedeniyle CBS, periyodik verileri toplayarak ve güncelleyerek yer şekillerindeki zamansal değişimi sadece ölçmekte fakat dinamik yönleri ise yakalayamamaktadır. CBS'nin bir uzantısı olarak, hücreli otomat (CA) modeli veri yapısı üzerine dinamikleri uygulamaktadır ve kentsel büyüme değerlendirmesinde gittikçe daha popüler hale gelmektedir. Genel olarak bitişik ve mücavir etkileri de göz önünde bulunduran kurallara göre değerleri ayrık zaman adımlarına değişen ayrı hücrelerin bir kafesinden oluşmaktadır. Doğal olarak, geleceğe dair senaryoların test edilebileceği kentsel arazi kullanımı evrimini incelemek için tümevarımsal bir strateji sağlamak için mekânsal bir dinamik özellik bu uzantıda gömülü olarak bulunmaktadır [46].

3. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

3.1. Çalışma Alanı

Kerkük ili, Irak'ın Kuzey Bölgesinin merkezinde ve coğrafi olarak, $35^{\circ} 50'$ ve $34^{\circ} 42'$ N ve $43^{\circ} 17'$ ve $44^{\circ} 44'$ E Boyamları arasında yer almaktadır. Kerkük ili, kuzeyinde Erbil ili, güneyinde ve batısında Salahaddin ili, doğusunda ise Süleymaniye ile çevrilidir (Şekil 1). Kerkük ili dört ilçeden oluşmaktadır. Birincisi, nüfusun çoğunluğunun yaşadığı ve ilin yönetim merkezi olan Kerkük. İkincisi merkeze yaklaşık 40 kilometre uzaklıkta ve ilin güneyinde bulunan Dakuk ilçesidir. Üçüncüsü, ilin doğusunda yer alan ve nispeten küçük bir yerleşim birimi olan Dibis ilçesidir. Dördüncüsü ise ilin güney ve güneybatısında bulunan Havija ilçesidir. Dört ilçesinin kapladığı toplam alan yaklaşık 9680 km^2 'dir. Kerkük ili, son yirmi yıldır, bu çalışmada analiz edilen ve araştırılan arazi kullanımı ve arazi örtüsünde büyük değişikliklerin meydana gelmesine yol açan hızlı bir kentleşmeye tanık olmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı

3.2. Veriler

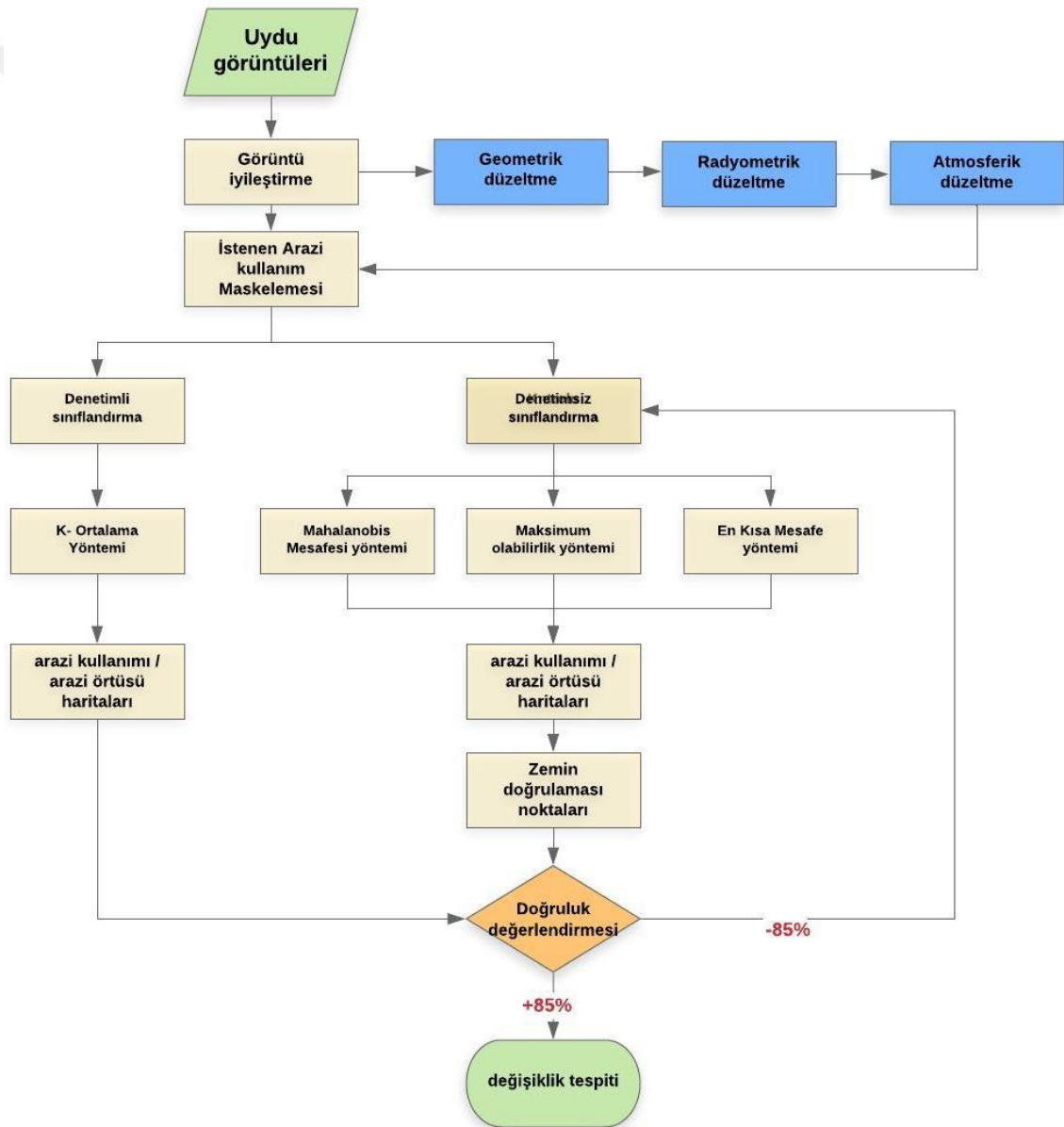
Arazi modelindeki değişimin analizi, doğa ve insan çarpıklıkları, ekolojik zincir, önceki çarpıklıkların onarımı gibi ekolojik dinamikleri anlamak için önemli bir yöntemdir. Uydu görüntüleri, arazide yapısal çalışmalar yapmak için mükemmel bir veri kaynağı sağlar. Bu çalışmada kullanılan ana veriler beş Landsat çok spektrumlu tarayıcı uydu görüntüsünü kapsamaktadır. Bunlar üç Landsat TM verisi (4 Ağustos 2002, 18 Ocak 2006, 14 Ocak, 2010) ve iki Landsat 08 verisi (22 Eylül 2014 ve 17 Eylül 2018). Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin özeti Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan görüntüleri.

S/N	Veri Tipi	Tarih	Çözünürlük
1	Landsat Image (TM)	4 Ağustos 2002	30 m
2	Landsat Image (TM)	18 Ocak 2006	30 m
3	Landsat Image (TM)	14 Ocak, 2010)	30 m
4	Landsat -08 Image	22 Eylül 2014	30 m
5	Landsat -08 Image	17 Eylül 2018	30

3.3. Yöntem

Bu bölümde, değişiklik tespit süreci ve geleceğe yönelik tahmin için model hazırlığı sırasında izlenen önemli adımlara yer verilmektedir. Bu adımlar; geometrik düzeltme, radyometrik düzeltme, atmosferik düzeltme, görüntü sınıflandırma, doğruluk derecelendirmesi, sınıflandırma sonrası değişim tespiti, entegre bir Hücresel otomat markov zincir modeli oluşturulması, model doğrulama ve gelecekteki arazi kullanımına yönelik tahminleri içermektedir.



Şekil 2. Değişiklik tespit yöntemi akış diyagramı.

3.3.1. Değişiklik tespiti için veri önışlemesi

Değişim algılama analizinde gerekli olan ilk adım veri önışlemesidir [33]. Veri önışlemesi, adından da anlaşılacağı üzere, gerçek görüntü sınıflandırması ve değişiklik algılama analizinden önce gerçekleştirilmektedir. Ön işleme veya görüntü geri yükleme, görüntüleme işlemi sırasında ortaya çıkan bozulmaları, deformasyonları ve pürüzleri düzeltmek için uzaktan algılama ile edinilen görüntülere uygulanan bir işlemdir [33]. Doğal parazitler gerçek dışı değişiklik olguları yaratabileceğinden dolayı bu adımın önemi göz ardı edilmemelidir. Radyometrik düzeltme (normalizasyon) ve geometrik kayıt, uydu görüntülerinin kullanılması esnasında gerekli olan iki önemli işlemdir. Landsat aracılığı ile edinilen görüntüler birinci derece geometrik ve radyometrik düzeltmeye sahip olduğundan, görüntülerin radyometrik ve geometrik bozulmalar için düzeltilemediğini belirtmek yerinde olacaktır. Geometrik tutarsızlıkları veya hataları gidermek için sınıflandırılmış görüntüler, görüntüden görüntüye işlenerek kaydedilmiştir. Böylelikle, sınıflandırma sonrası görüntülerin piksel piksel karşılaştırılması mümkün kılınmıştır.

3.3.1.1. Geometrik düzeltme

Geometrik düzeltme veya kayıt, sistematik ya da sistematik olmayan doğal özelliklerin geometrik bozulmalarına ilişkin verilerin düzeltilmesini içermektedir [33]. Sistematik bozulmalar; tarama eğriligi, düzensiz ayna-tarama ve platform hızı ve Yerküre'nin dönüşünü içermektedir. Bununla birlikte, sistematik olmayan bozulmalar ise, yükseklik (rakım) ve Yerküre'nin yüzey özelliklerinden ileri gelmektedir. Doğru mekânsal kayıt, dijital değişim algılama analizi için kesinlikle gerekli olan bir koşuldur. Örneğin, bitki örtüsü endeksi değerlerinde %10'luk bir hatanın ortaya çıkması yalnızca 0,2 piksel kayıt doğruluğuna bağlıdır. Değişiklik algılama analizinde piksel kayması içindeki doğal bir hata oldukça sık karşılaşılan bir durumdur [47].

3.3.1.2. Radyometrik düzeltme

Radyometrik düzeltme, hem dahili hem de harici yapıdaki hataların giderilmesi için verilerin düzeltilmesinde kullanılmaktadır [33]. Dahili hatalar sensör sisteminde meydana gelen arızalar ya da sistemin yanlış kalibrasyonu neticesinde sensörün kendisi tarafından verilen hatalardır. Harici hatalar genellikle atmosferik gürültü olarak

adlandırılmaktadır (kaydedilen enerji gerçek yansıyan parlaklık değerleri değildir). Bu nedenle uygun radyometrik kalibrasyon, gözlemlenen mekânsal veya zamansal değişikliklerin doğada gerçekten var olduğunu ve radyometrik bozulmaların yapay olarak gerçekleştiğini garanti etmemektedir. Bu çalışmada, görüntü işlemedeki temel sorun, atmosferik gürültünün, özellikle de çalışma bölgesinin bazı bölümlerini kirlüten bulut ve bulut örtüsünün etkileri olarak gözlemlenmiştir.

3.3.1.3. Atmosferik düzeltme

Literatür sadece atmosferik düzeltme konusunda muazzam bir araştırma imkânı sunmaktadır. Dünya genelinde ortalama bulut örtüsü %60 olarak tahmin edilmektedir [48]. Bununla birlikte, tropikal, neo – tropikal veya nemli bölgeler bulut örtüsünden ciddi şekilde etkilenmektedir [49]. Görüntülerin bulutlarla kirlenmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan bulut gölgeleri, mevcut uydu görüntülerinin kullanımını büyük ölçüde sınırlamaktadır. Liang ve arkadaşları 2001 tarihli çalışmalarında[50], değişim algılamasında bulutların yanlış değişim belirtisine veya gerçek değişimin maske alanlarına neden olabileceğini belirtmişlerdir. Bulutların etkisi üç şekilde gerçekleşmektedir: Toprak yüzeyi özelliklerinin tamamen engellenmesi (kalın bulutlar), yüzey yansımalarının modifikasyonu veya olması gerekenden daha düşük seviyede değerlendirilmesi (ince bulutlar) ve yüzey yansımalarının olması gerekenden daha yüksek seviyelerde değerlendirilmesi (bulut gölgeleri).

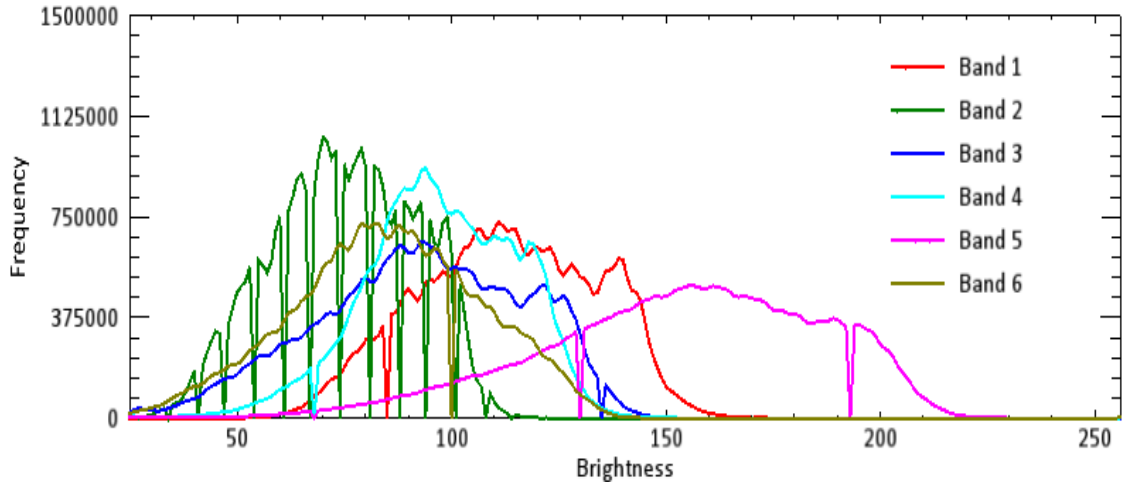
Atmosferik zayıflamanın (bulutlar) etkilerini incelemek için mevcut yöntemlerden bazıları, bulut maskeleri (bulutların yok sayılması), histogram eşleştirme, koyu nesne yaklaşımı, kontrast azaltma yöntemleri ve Look-up tablolarının oluşturulması olarak sıralanabilmektedir [50]. Bununla birlikte, bu çalışmada, bulut etkilerinden görüntü restorasyonu yaklaşımı, k-ortalamları sınıflamasından kaynaklanan bulut sınıflarının en olası bilgi sınıfı kapsamında değerlendirilmesine dayanmaktadır.

3.3.1.4. Öznitelik çıkarıma

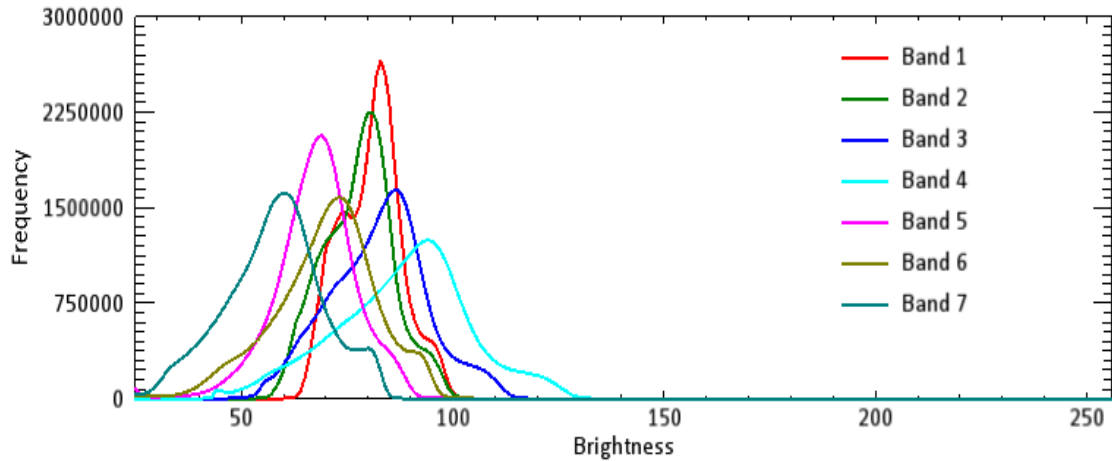
Özellik çıkarma teknikleri, spektral veri işleme gereksinimlerini azaltmaya yardımcı olan yüksek öneme sahip bilgileri üreten, gerekli türetilmiş ölçümlerdir. Başka bir ifade ile, bu önlemler, işlenecek elektromanyetik spektrumdaki spektral bantların sayısını tanımlamaktadır (veri kümesi boyutluluğunu azaltmaktadır). Bu, işlenecek spektral

bantların sayısını azaltmaktadır. İstatistiksel bilgi analizi ve histogram analizi, özellik çıkarmada kullanılan iki farklı yöntemdir. Bu çalışmanın amaçları doğrultusunda histogram analizi kullanımı yoluna gidilmiştir. Histogram analizi, en kullanışlı spektral bantların hangileri olduğunu belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Histogramlar, uzaktan algılama ile elde edilen bilgilerin görsel bir simgelemesini ve temsilini sağlamaktadır. Kontrast seviyeleri ve verilerin modlarına ilişkin özellikleri gibi yüksek öneme sahip bant özelliklerini sağlamakta ve böylece uzaktan algılama ile edinilen bilgilerin genel görsel yorumlarının yapılmasına yardımcı olmaktadır.

Şekil 2 ve Şekil 3'te yer alan bilgilerin analizine dayanarak, bantların nispeten farklı bilgiler gösterdiğini ifade etmek mümkündür. Ancak, 1, 3 ve 4 numaralı bantlar güçlü bir korelasyon göstermemektedir. Bu durum söz konusu bantların yer şekillerine dair özellikler hakkında farklı bilgiler içerdiği anlamına gelmektedir. Sonuç olarak 1, 3 ve 4 numaralı bantlar bu araştırmada kullanılmak üzere en yararlı bantlar olarak tanımlanmaktadır. 7 numaralı bant, diğer bantlara kıyasla farklılıklar gösterse de bu banttaki bilgilerin çoğu jeolojik özelliklerle ilgili olduğu için çalışma kapsamında kullanılmamıştır.



Şekil 3. Çalışma alanı için 2002 Landsat görüntülerinin spektral bant histogramı



Şekil 4. Çalışma alanı için 2018 Landsat görüntülerinin spektral bant histogramı

3.3.1.5. Görüntü pan-keskinleştirme (image pansharpening)

Uzaktan algılama uyduları farklı spektral ve mekansal özelliklere sahip olmaları bakımından çeşitli uygulamalarda kullanımı mümkün kılmaktadır. Ancak her uydunun yüksek mekansal çözünürlüğe sahip algılayıcısı olmadığı için bazı uygulamalarda kullanımı sınırlı kalmaktadır. Pan-keskinleştirme yaklaşımı aynı yada farklı algıyıcı tarafından sağlanan iki yada daha fazla görüntü veya spektral bantı birleştirerek aynı bölgeye ait daha fazla bilgi üretmek, görüntü yorumlamayı iyileştirmek, sınıflandırma doğruluğunu araştırmak, detay bilgisini öne çıkarmak ve zamansal değişim analizini iyileştirmek için kullanılmaktadır [51]. Literatürde bu amaç için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Genellikle aynı uyduya ait PAN ve MS görüntüleri birleştirilerek mekansal çözünürlüğü yükseltilmiş MS görüntüler elde edilmiştir [52].

Bunun dışında literatürde çoklu algılayıcının sağladığı PAN ve MS görüntülerinin [53] yanı sıra PAN ve hiperspektral görüntüleri kullanılarak da yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bununla birlikte optik görüntüler ile birlikte pankromatik yerine sentetik açıklıklı radar görüntülerinin kullanılmasıyla iyileştirilmiş görüntülerin üretildiği çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Yapılan pek çok çalışmada çeşitli görüntü birleştirme yöntemleri kullanılmış ve karşılaştırılmıştır [53]. Pan-keskinleştirme yöntemleri ile oluşturulan yeni görüntülerin kalite analizi çalışmalarında genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki görsel analizdir. Bu analizde pan-keskinleştirme sonrasında spektral bilginin korunup korunmadığı incelenir. İkinci yöntem olan istatistiksel analizde çeşitli istatistiksel metrikler kullanılarak orijinal

görüntüde meydana gelen değişimler nicel olarak incelenir. Literatürde, sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde pan-keskinleştirilmiş görüntü ile aynı mekansal çözünürlükte bir MS görüntü bulunduğu ve bulunmadığı durumlar için farklı yaklaşımlar ele alınmaktadır [52].

3.3.2. Sınıflandırma sistemi

Dünya'nın yüzeyi, uzaktan algılama da dahil olmak üzere çeşitli yöntemlerle tespit edilebilen, kayıt altına alınabilen ve tanımlanabilen bir dizi özellik veya nitelik içermektedir. Dünya yüzeyinin uzaktan algılanması bağlamında bu nitelikler arasında su, orman ve tarım sayılabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan sınıflandırma sistemi, Anderson ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen 1976 tarihli çalışmada önerildiği üzere, uzaktan algılama ile edinilen veriler için biraz değiştirilmiş bir sınıflandırma sistemidir. Sınıflandırma kategorileri şu şekildedir: Kentsel alan veya konut yerleşim alanı, tarım arazileri, su kütleleri ve çorak araziler. Anderson ve arkadaşları [54], çalışma ve analiz için ortaya koyulan çabanın tekrarını önlemek veya kısa vadede bile benzer çabalarla çok az değer sağlayan ya da hiç değer sağlamayan bir çaba harcamamak adına, standartlaştırılmış bir sınıflandırma sisteminin kurulmasının önemine dikkat çekmektedir.

3.3.3. Görüntü sınıflandırma

Görüntü sınıflandırma, uzaktan algılamada en yaygın şekilde kullanılan gereksinimlerden biridir [55]. Görüntü sınıflandırma, pikselleri özelliklerine göre bilgi kategorilerine veya sınıflarına etiketleme süreci olarak tanımlanmaktadır. Uzaktan algılama bağlamında, pikseller çeşitli spektral bantlarda bir dizi değere karşılık gelmekte ve belirli değerleri temsil etmektedir. Görüntü sınıflandırması genellikle tanımlanmış istatistiksel ölçümlerin kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Jensen [33], görüntü sınıflandırma için en az üç genel algoritma grubu tanımlamıştır. Denetimli veya denetimsiz tekniklerin kullanılmasıyla gerçekleştirilen sert sınıflandırma, bulanık mantık kullanımıyla gerçekleştirilen sınıflandırma ve/veya bazen yardımcı verilerin kullanılmasıyla gerekli olduğu hibrit yaklaşımlar Jensen tarafından tanımlanan yöntemlerdir. Literatürde belki de en yaygın kullanılan veya tarif edilen yöntem, denetimli veya denetimsiz sınıflandırma kullanılarak gerçekleştirilen sert sınıflandırmadır.

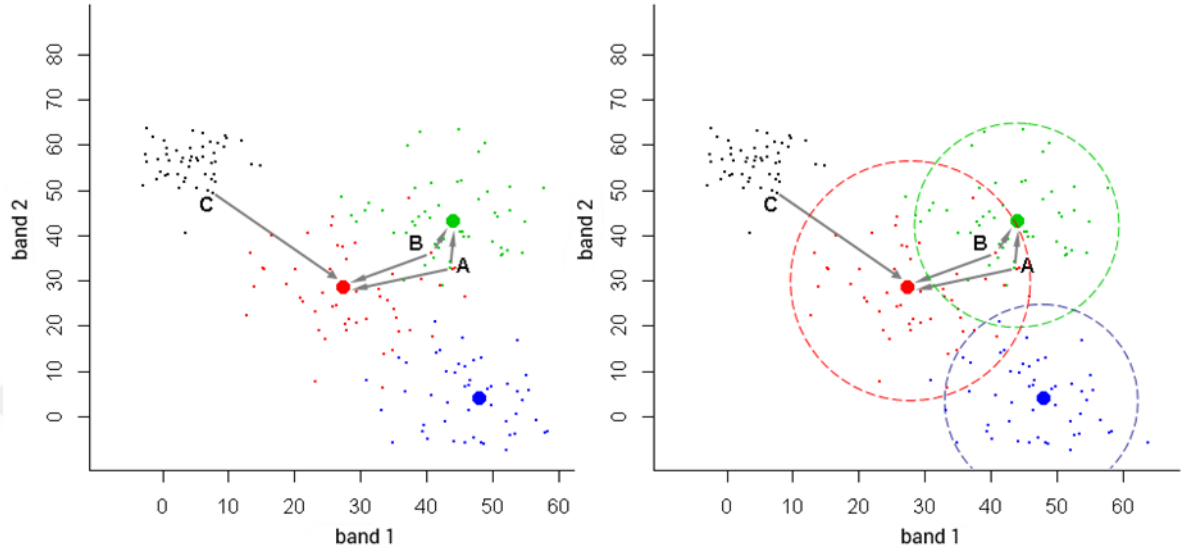
3.3.3.1. Denetimli sınıflandırma

Richard ve Jia tarafından 1999 tarihinde yapılan çalışmada [56], uzaktan algılama ile edinilen verilerin nicel analizi için en yaygın şekilde kullanılan yöntemin denetimli sınıflandırma olduğu bildirilmektedir. Bu sınıflandırma yöntemi büyük ölçüde analist/kullanıcı girdisine dayanmakta ve bilgi sınıfları ya da türleri bir ön bilgi olarak bilinmektedir [33]. Saha çalışması, hava fotoğrafı analizi, arazi raporları ve çalışmaları denetimli sınıflandırmanın temelini oluşturmaktadır. Denetimli sınıflandırma yönteminde bilinen arazi örtüsü türlerinin temsili homojen alanlarının / numunelerinin tanımlanması gereklidir (elde edilen bilgi sınıflarına pikseller atanmaktadır) [33]. Sayısal tanımlayıcılar veya özellikler içeren bu örnekler veya eğitim konumları, sınıflandırma algoritmasının geliştirilmesi ve eğitilmesi için kullanılmaktadır. Bu homojen eğitim konumlarının (sitelerinin) spektral özellikleri, kimliği bilinmeyen arta kalan pikselleri sınıflandırmak için kullanılmaktadır (bir başka ifade ile bilinmeyen pikseller bir eğitim konumuna veya bilgi sınıfına atanmaktadır). Bu çalışmada, en kısa mesafe sınıflandırması, maksimum olabilirlik sınıflandırması ve Mahalanobis mesafe sınıflandırması olmak üzere üç farklı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır.

3.3.3.1.1. En kısa mesafe yöntemi

Belirli bir bağlam çerçevesinde, En kısa mesafe sınıflandırması, örüntü tanıma için kullanılan muhtemelen en eski ve en basit yaklaşım olan “şablon eşleştirme” tekniğine benzemektedir[57]. Eşleşen şablonda, tanınacak her bir sınıf ya da desen (örneğin alfabenin harfleri) için bir şablon saklanır ve daha sonra bilinmeyen bir desen (örneğin bilinmeyen bir harf) daha önce tanımlanan bazı benzerlik ölçütlerine dayanarak şablonu bilinmeyen desene en iyi uyan desen sınıfına karşılık gelecek şekilde sınıflandırmaya tabi tutulur. En kısa mesafe sınıflandırmasında, şablonlar ve bilinmeyen örüntüler (kalıplar) dağıtım fonksiyonlarıdır ve kullanılan benzerlik ölçüsü bu dağıtım fonksiyonları arasındaki uzaklık ölçüsüdür. Böylece bilinmeyen bir dağılım, dağıtım işlevi önceden belirlenmiş bazı uzaklık ölçülerinin bilinmeyen dağıtım koşullarına en yakın olan sınıfına karşılık gelecek şekilde sınıflandırmaya tabi tutulur. Uygulamada, ilgili dağıtım fonksiyonları genellikle bilinmemektedir ve doğrudan gözlenmemektedir. Bundan ziyade ilgilenilen her bir dağılımdan bir dizi rastgele ölçüm vektörü

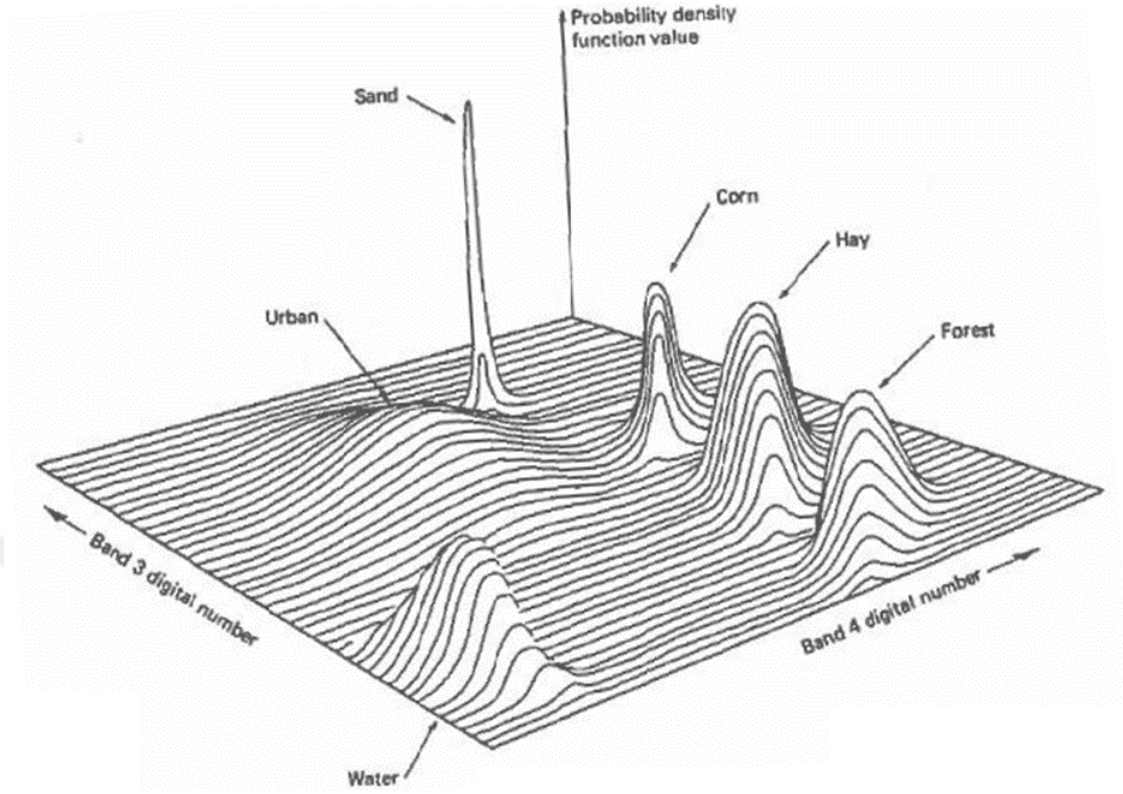
gözlenmekte ve sınıflandırma gerçek dağılımlardan ziyade tahminlere dayandırılmaktadır [57].



Şekil 5. En kısa mesafe algoritması için bir simülasyon örneği [58]

3.3.3.1.2. Maksimum olabilirlik yöntemi

Bu yöntem, her pikselin spektral modelinin varyansını ve kovaryansını hesaplamakta ve bu sınıftaki verilerin (tek modlu) Gauss dağıtımı ile dağıtılmış olduğunu varsaymaktadır. Bu varsayım ile her pikseli ortalama vektör ve kovaryans matrisi ile belirlemek mümkün olmaktadır. Bu parametreleri değerlendirerek, her pikselin bir arazi örtüsü sınıfının üyesi olup olmadığı istatistiksel olarak hesaplanabilmektedir. Şekil 6, dikey ekseninde verilen olasılık değerleri için üç boyutlu grafiği göstermektedir. “Çan şeklindeki” yüzeylere olasılık yoğunluk fonksiyonları adı verilmektedir ve her spektral kategori için benzersiz bir fonksiyonun varlığından bahsetmek mümkündür. Tanımlanamayan bir pikseli sınıflandırmak için her bir kategoriye ait piksel değerlerinin olasılığını gösteren olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmaktadır [59].



Şekil 6. Maksimum olabilirlik sınıflandırıcısı tarafından tanımlanan olasılık yoğunluk fonksiyonu [59].

3.3.3.1.3. Mahalanobis mesafesi yöntemi

Mahalanobis mesafesi, 1936 yılında P.C. Mahalanobis tarafından geliştirilen bir P noktası ile bir D dağılımı arasındaki mesafenin ölçülmesine dayanan bir yöntemdir [60]. Bu yaklaşım, P'den uzaklaşan kaç adet standart sapmanın D'nin ortalamasına ait olduğunu ölçme fikrinin çok boyutlu bir genellemesidir. P, D'nin ortalamasında ise bu mesafe sıfıra eşittir ve her ana bileşen eksenı boyunca P ortalamadan uzaklaştıkça büyümektedir. Bir test noktasını N sınıflarından birine ait olarak sınıflandırmak için Mahalanobis mesafesini kullanmada önce her sınıfın kovaryans matrisi tahmin edilmektedir [60]. Bu tahmin sürecinde genellikle her sınıfa ait olduğu bilinen örneklerden yola çıkılmaktadır. Daha sonra, bir test örneği ele alındığında, her sınıf için Mahalanobis mesafesi hesaplanır ve test noktası Mahalanobis mesafesinin en kısa olduğu sınıfa ait olarak sınıflandırılmaya tabi tutulur. Mahalanobis mesafe sınıflandırması, her sınıf için istatistikleri kullanan, yöne duyarlı bir mesafe sınıflandırıcısıdır. Bu yaklaşım, maksimum olabilirlik sınıflandırmasına benzetmekle birlikte tüm sınıf kovaryanslarının eşit olduğunu varsaymakta ve bu nedenle daha hızlı

bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bir mesafe eşiği belirtilmediği sürece tüm pikseller en yakın ilgilenilen sınıf altında sınıflandırılır, bu durumda eşik değerini karşılamayan bazı pikseller sınıflandırmaya tabi tutulmaz. Mahalanobis sınıflandırıcısının maksimum olabilirlik prosedürüne göre avantajı, daha hızlı olması ve kovaryans matrisi yoluyla bir dereceye kadar yön hassasiyetini korumasıdır. Sınıf ortalaması veya karma veri temelinde tespit edilen bir kovaryans söz konusu olabilmektedir [56].

3.3.3.2. Denetimsiz sınıflandırma

Denetimli sınıflandırmanın aksine, denetimsiz sınıflandırma teknikleri, homojen bilginin tanımlanması için analistin girdilerine dayanmamaktadır. Başka bir ifade ile belirtmek gerekirse, bu yaklaşım eğitim verileri sınıflandırma işlemi için temel oluşturmamaktadır. Bu sınıflandırma yöntemi ile algoritma, çok spektrumlu veriler içinde doğal olarak oluşan grupları tanımlamakta ve kümelemektedir [61], [33]. Bu durum, sınıflandırma algoritmasının, her bir pikselin spektral özelliklerini aldığı ve benzer spektral karakteristiklere sahip pikselleri otomatik olarak doğal gruplara ayırdığı anlamına gelmektedir. Bu sınıflandırma, kümeleme yöntemlerinin kullanılması ile elde edilmektedir. Bu bağlamda analistin rolü, tanımlanan bu kümeleri daha sonra bilgi sınıflarına etiketlemek olarak ifade edilebilmektedir. Denetimli sınıflandırma yerine denetimsiz sınıflandırma yaklaşımının kullanılmasının en önemli nedeni, insan hatası olasılığını en aza indirmektir [62]. Kümeleme algoritması tarafından tanımlanan kümeler, spektral kompozisyon açısından, denetimli sınıflandırmada kullanıcı tarafından tanımlanan özelliklerden daha düzenli ve daha homojen bir sınıf karakteristiği sağlamaktadır. Bu durum, bilhassa bulut örtüsünün gerçek Dünya yüzey özellikleri ile bulutlar ve bulut gölgeleri tarafından oluşturulan özellikler arasında benzer spektral özellikler oluşturulan durumlarda kritik bir öneme sahiptir. Campbell [62], denetimsiz sınıflandırmanın, büyüklüklerine rağmen farklı birimler olarak benzersiz sınıflar ortaya koyulmasına etkili olduğunu belirtmektedir. Böylelikle, hatalar azaltılabilmekte ve olabildiğince çok bilgi sınıfı tanımlanabilmektedir. Bu sınıflandırma yönteminin bir başka önemli avantajı da sınıflandırma süreci için, etiketleme aşaması hariç olmak üzere, çalışma alanı hakkında daha önceden derinlemesine bilgi edinilmesine gerek kalmamasıdır.

K-kümeleme ve ISODATA iyi bilinen iki kümeleme algoritmasıdır. Bu çalışmada uydu görüntülerinin sınıflandırılması için literatürde çok tercih edilen, etkili ve basit bir algoritma olan K-ortalama kümeleme algoritması kullanılmıştır. Landsat görüntülerini sınıflandırmak için ENVI yazılımı kullanılmış ve bu yazılımda en az 5 sınıf, en fazla 50 sınıf tercih edilmiş, 30 yineleme yapılmış, her bir sınıf başına en az 10 piksel olacak şekilde seçim yapılmış ve sadece Kerkük'ün toprak yüzey alanının sınıflandırılması için bir maske uygulanmıştır.

Burada sorulması gereken bir soru, K-ortalama kümeleme algoritmasının nasıl çalıştığı olmalıdır. K-ortalama kümeleme algoritması en sık kullanılan kümeleme yöntemlerinden biridir [55]. Bu yaklaşımda ihtiyaç duyulan tek veri hesaplanacak sınıf sayısıdır. İşlem, belirtilen her bir küme için veri uzayında başlangıçta ortalama vektörün keyfi olarak belirlenmesini içermektedir [55]. Merkeze en kısa mesafe kuralı, ilk küme merkezine göre olan Öklid mesafesini dikkate alarak bilinmeyen pikselleri etiketlemek için kullanılmaktadır. Her yineleme, sınıfların Öklid mesafesini yeniden hesaplamakta ve pikselleri buna göre yeniden sınıflandırmaktadır. Standart bir sapma değeri ya da mesafe eşiği belirtilmedikçe tüm piksellerin sınıflandırılmasına en yakın sınıf dikkate alınmaktadır. Aksi takdirde, bir yinelemeden diğerine veya maksimum yinelemeye ulaşılan piksel sınıflandırmasında önemli bir değişiklik kalmayana kadar işlem devam edebilmektedir.

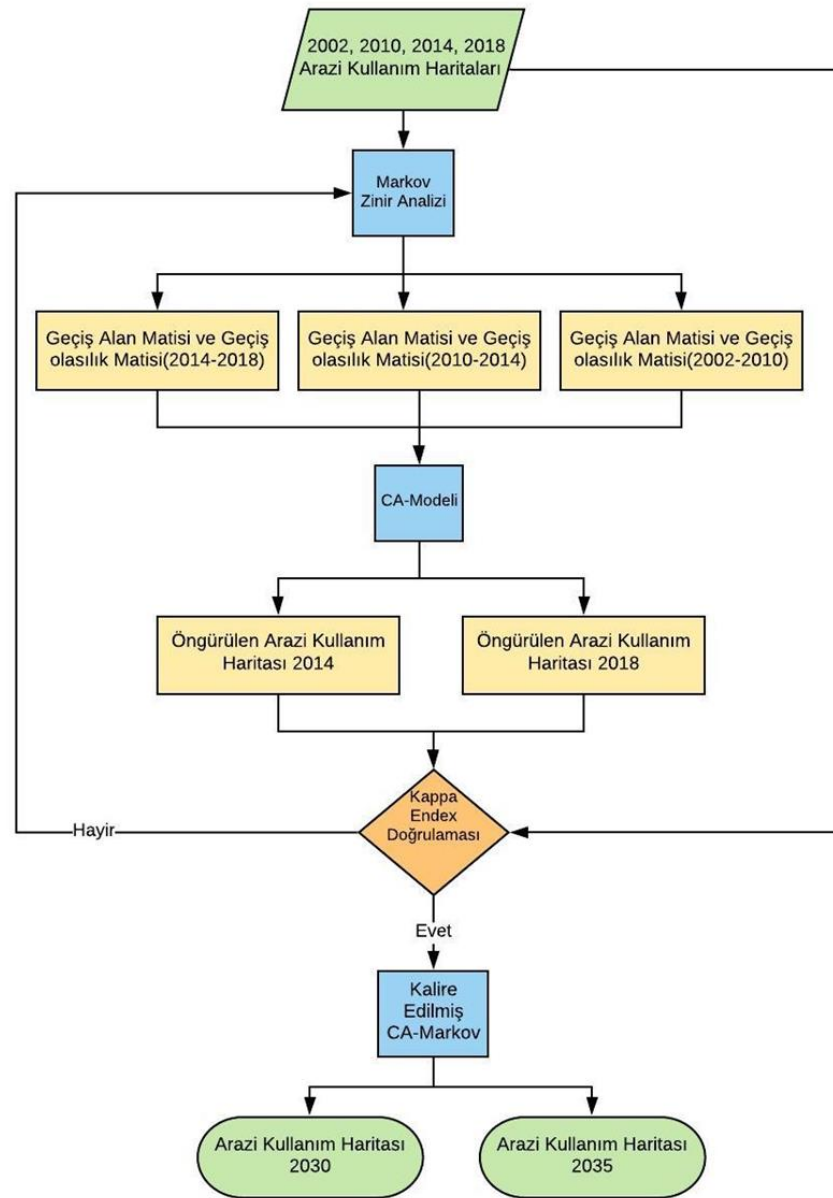
3.3.4. Doğruluk değerlendirmesi

Jensen [33], uzaktan algılama ile türetilen arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritaları ile ilgili istatistiklerin faydalı ve işlevsel olması halinde sınıflandırma doğruluğunun nicel olarak değerlendirilmesinin kesinlikle gerekli olduğunu ifade etmektedir. Bu, değişim algılama analizinin sınıflandırma sonrası tekniklerinde oldukça önemli bir husustur. Değişiklik tespit çalışmalarının çoğu politika ya da yönetim tarafından şekillendirilmektedir. Kötü sınıflandırma sonuçları, uygun olmayan kararların alınmasına yol açabilmektedir. Sınıflandırma doğruluk değerlendirmesi, uzaktan algılama ile türetilmiş sınıflandırma haritasının ve referans test bilgilerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu bilgiler, sahada doğrulandığı şekliyle belirli bir kategoriye atanan örnekleme birimi sayısını ifade eden satır ve sütunlardan oluşan bir hata matrisinde özetlenebilmektedir. Bu durumda iki temel hata türü söz konusu

olabilir: Üreticinin doğruluğu (ihmal hatası ölçüsü) ve kullanıcının doğruluğu (komisyon hatası ölçüsü). Jensen [33], birçok çalışmanın sınıflandırma değerlendirmesini göstermek için yalnızca tek bir sayı değeri (örneğin %90) rapor ettiğini bildirmektedir. Bu tür doğruluk raporlaması yanıltıcı olabilmektedir ve çoğu zaman konum doğruluğunu hesaba katmadığından doğruluk seviyelerinin olduğundan daha yüksek görünmesine yol açabilmektedir. Doğruluk değerlendirmesine dair dezavantajlardan en büyüğü, sahada doğrulanacak kategorilerin referans (örnek) boyutunun belirlenmesine yöneliktir. Saha (alan) verilerinin en iyi örneklem büyüklüğünün elde edilmesi için en az iki yol olduğunu belirtmek mümkündür. İstatistiksel yöntemler binom olasılık teorisine dayanmaktadır ancak bir hata matrisinin doldurmak için tasarlanmamıştır. Jensen, Congalton'un 1991 tarihli çalışmasına atıfta bulunarak, iyi bir kuralın hata matrisindeki her bir arazi kullanımı / arazi örtüsü sınıfı için en az 50 numune toplanmasına dayandığını ifade etmektedir. Bununla birlikte, eğer çalışma alanı genişse veya sınıflandırma çok sayıda (12'den fazla) sınıf içeriyorsa ya da sınıfın önemine bağlı olarak değiştirilmişse, en kısa örnek sayısı sınıf başına 75 veya 100 örneğe kadar artırılabilir. Bu çalışmada, 2018 yılında sınıflandırılmış görüntünün doğruluğunu ölçmek için sınıflara ait toplam 200 adet referans (örnek) noktası toplamıştır. Sınıflar; kentsel, tarım ve su kütlelerini içermektedir. 4.Bölümde 2002 – 2018 yılları arasında sınıflandırılan görüntülerin doğruluk değerlendirmelerinin sonuçlarına yer verilmektedir.

3.3.5. Değişiklik tespiti

Değişiklik algılama analizi için en yaygın kullanılan algoritmalar, karşılaştırma sonrası değişiklik algılama algoritmalarıdır [33]. Farklı uzaktan algılama veri setlerinin bağımsız sınıflandırılması, gerçek değişikliğin analizinden önce gerçekleştirilmektedir. Bu adımı, değişiklikleri saptamak için piksel piksel ya da segment segment yapılan karşılaştırma izlemektedir. Bu aşama bir değişiklik tespit matrisinin üretilmesi ile sonuçlanmaktadır. Görüntü sınıflandırmasının doğruluğunun, en nihayetinde sonucun işlevselliğini ve kullanılabilirliğini belirleyeceğini göz önünde bulundurmak önem arz etmektedir. Her ne kadar karşılaştırma sonrası değişiklik tespiti birtakım dezavantajlara sahip olsa da, yeryüzü şekillerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi için oldukça büyük öneme sahip ayrıntılı değişimlerin sınıfsal bilgilerini sağlamaktadır.



Şekil 7. Uygulanan hücresel otomat Markov zinciri modelinin akış diyagramı

3.3.6. Hücresel otomat markov zincir modelinin oluşturulması ve gelecek arazi kullanım tahmini

3.3.6.1. Markov zincir modeli

Bir durumdan başka bir duruma değişimin tahmin edilmesi için kullanılan markov zincir modeli, Markov stokastik süreç sistemlerinin formasyonuna dayanmaktadır [63]. Markov zincir modeli, arazi kullanımı / örtüsünün değişikliklerini, boyutlarını ve

eğilimlerini modellemek ve simüle etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [63,64]. Markov Zincir Modeli, belirli bir zaman dilimi içerisinde, arazi kullanımındaki değişikliği bir durumdan farklı bir duruma geçiş alanlarına göre analiz etmekte ve özetlemektedir [24]. Ayrıca, üretilen olasılık geçiş alanları, gelecekteki arazi kullanım değişikliği ve kentsel büyüme modellerinin olası senaryolarının tahmin edilmesi amacıyla da kullanılabilir [8]. Öte yandan, Markov Zincir Modeli, uzaysal dağılımdaki değişiklikleri modelleme ve simüle etme hususunda işlevsizdir. Ancak, arazi kullanım değişikliklerinin miktarının tahmin edilmesi ve hesaplanması noktasında oldukça etkili ve güçlü bir modeldir [15]. Gelecekteki arazi kullanım değişikliklerinin tahmin edilmesinde koşullu olasılık formülünden yararlanılma ve şu denklem kullanılmaktadır:

$$S(t + 1) = P_{ij} \times S(t) \quad (1)$$

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2n} \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{nn} \end{pmatrix}$$

$$Ve \left(0 \leq P_{ij} < 1 \text{ and } \sum_{j=1}^N P_{ij} = 1 \text{ (} i, j = 1, 2, \dots, n \text{)} \right) \quad (2)$$

Burada, $S(t)$, sistemin t zamanındaki durumudur, $S(t+1)$, sistemin $(t+1)$ zamanındaki durumudur. P_{ij} ise bir durumdaki geçiş olasılığı matrisini ifade etmektedir.

Arazi kullanımı ve arazi örtü değişikliği zaman içinde ekonomik, sosyal ve biyofiziksel faktörlerin dinamiklerini ve etkileşimini yansıtmaktadır. Bu nedenle, arazi kullanımı / örtü verilerinde durağanlık beklemek rasyonel değildir. Bununla birlikte, şayet zaman aralığı çok büyük değilse, arazi kullanımı / örtü değişikliğinin makul bir şekilde durağan olarak kabul edilmesi pratik olabilir. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiklikleri gibi dinamik sistemleri simüle etmek için uzaktan algılama amaçlı uydu sistemleri ve CBS ile entegre Markov modelinin uygulanması oldukça büyük bir gelişmiş analiz imkânı sağlamaktadır.

3.3.6.2. Hücresel otomat modeli

Genel olarak hücresel Otomat modelleri gerçek doğa düzenlemelerini simüle etmeyi amaçlamaktadır. Arazi kullanım değişikliği modellemesinde tercih edilen yöntemlerden

biri de Hücresel Otomat tekniğidir. Öyle ki, bu yaklaşım ile tanımlanmış geçiş kuralına dayalı açık mekânsal modelleme sonuçları elde edilebilmektedir [65]. Bununla birlikte, hücresel otomat model tipleri, tarama ızgaraları arasındaki ilişkiler nedeniyle coğrafi süreçleri temsil etmek, analiz etmek ve tahmin etmek için en uygun yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır [66]. Hücresel Otomat, nüfus değişikliği ve arazi kullanım değişikliğini birlikte sağladığı için kentsel sistem simülasyonları için pratik bir araç olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, hücresel kafesin hücreleri ekonomik verilerle ve taşıma verileri ile verimli bir şekilde birleştirilebilmektedir. Böylece, kentsel alanlar hücresel düzlemde uygun hücre komşulukları kullanılarak ektili bir şekilde simüle edilebilmektedir. Ayrıca, kullanılan mekânsal modellerden yola çıkarak kentleşme süreci teorileri üzerine incelemeler ve çalışmalar yapılabilmektedir [42]. Hücresel Otomat Modeli temel olarak şu şekilde ifade edilebilmektedir:

$$S(t, t + 1) = f(S(t), N) \quad (3)$$

Burada s , ayrı hücresel durumları, t , anlık zamanı, $t + 1$ sırasıyla gelecekteki anlık zamanları, N hücresel alanı ve f lokal uzayda hücresel durumların geçiş kuralını ifade etmektedir.

3.3.6.3. Hücresel otomat markov zincir modeli

Arazi kullanım değişikliği modelleme yöntemlerinin güvenilirliğinin geliştirilmesi için iki ya da daha fazla simülasyon tekniği birleştirilerek her bir modelin sağladığı avantajlardan yararlanmak mümkündür [67], [15]. Hücresel otomat Markov zinciri modelinin yakın zamanda dinamik uzaysal olgunun simülasyonunda ve gelecekteki arazi kullanım değişikliklerinin tahmininde kullanıldığını belirtmek gerekir [68]. Bununla birlikte, entegre Hücresel otomat Markov zinciri zincir modelinin, arazi kullanım değişim miktarının tahmini için Markov Zincirinin avantajlarından ve Hücresel Otomat modelinin dinamik açık uzaysal simülasyonundan yararlanmayı mümkün kıldığını belirtmek mümkündür. Dolayısıyla, Hücresel otomat Markov zinciri Modelinin, arazi kullanım değişikliğinin uzaysal (mekânsal) modellemesi için uygun olduğu değerlendirilmektedir [15]. Sonuç olarak, Hücresel otomat Markov zinciri Modeli ile uzaktan algılama verilerinden türetilen CBS ve arazi kullanımı / örtü değişikliği haritalarının birlikte kullanılması uzaysal ve zamansal arazi kullanım değişikliklerinin etkili bir şekilde modellenmesine ve simüle edilmesine imkân

tanımlanmaktadır [69,70], [21]. Ayrıca, hücreli otomat markov zinciri modeli tarafından sağlanan arazi kullanımı değışikliğı simölasyon sonuçları oldukça güvenlidir ve bu modelin kullanımı sosyoekonomik, istatistiksel ve tarihsel verilerin eksikliğinin giderilmesinde de yararlıdır [71,72]. Hücreli otomat Markov zinciri modelleme işleminde, arazi kullanım sınıflarının zamansal değışiklikleri Markov Zincir yaklaşımıyla üretilen geçiş matrislerine dayalı olarak yönetilmektedir[64] mekânsal değışiklikler ise geçiş potansiyel haritaları, mahalle konfigürasyonu ve Hücreli Otomat model süreci sırasında yerel geçiş kuralı ile kontrol edilmektedir [43],[73,74].



4. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMALAR

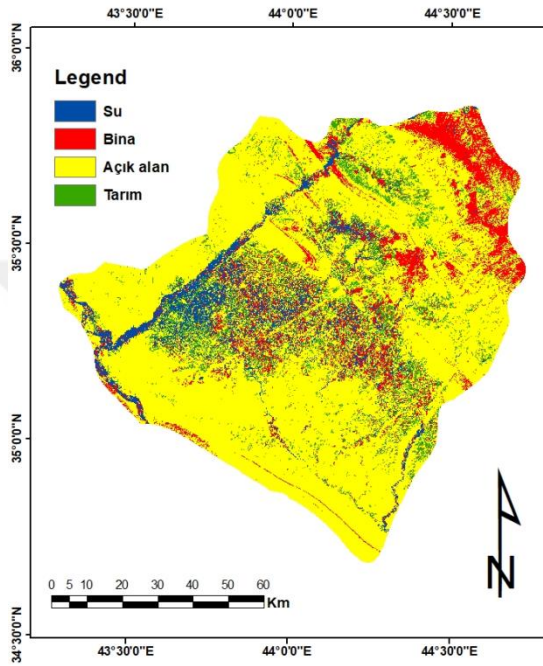
Bu bölümde görüntü sınıflandırma, değişiklik tespiti, doğruluk değerlendirmesi ve entegre Hücresel otomat Markov zinciri modelinin sonuçları ve analizi sunulmaktadır. Bu bölümün odak noktası, kentsel yayılma ve tarımsal arazi genişlemesi ile ilgili değişiklik tespiti üzerinedir. Bu çalışmada sadece genel bilgilendirme sınıfları kullanılmıştır, Bununla birlikte, bu çalışma Kerkük'te politika oluşturma, planlama ve doğal kaynak yönetimi için gerekli ve kritik bilgi sağlamaktadır.

4.1. Denetimsiz Sınıflandırma Sonuçları

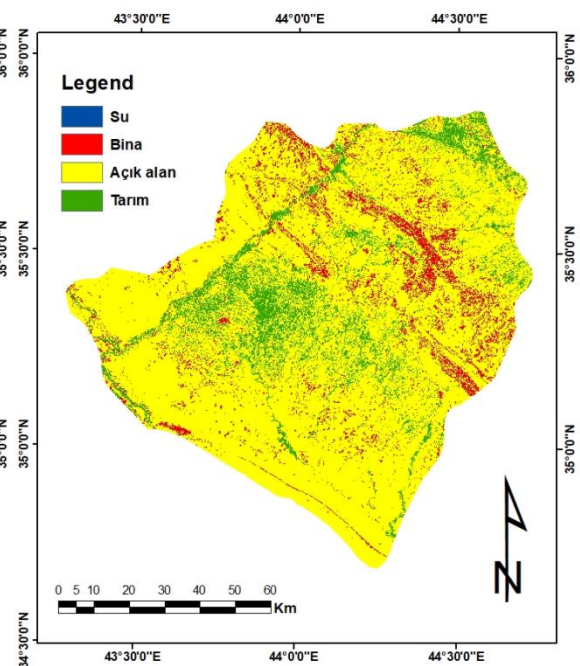
Tematik bilginin çıkarılması için denetimsiz bir K-ortalama sınıflandırması kullanılmıştır. Bu prosedür ile toplam 10 sınıf üretilmiştir. K-ortalama algoritması ile üretilen sınıfların çoğu açık arazi olarak sınıflandırılmıştır. ENVI'daki birleştirme özelliği kullanılarak, sınıflar son haritalarda dört sınıfta gruplandırılmıştır. Bununla birlikte, bu yöntemin, spektral sınıfların her zaman arazi kullanımı / örtü sınıflarına karşılık gelmemesinin bir dezavantajı vardır, bu nedenle sonuçlar, denetlenen yöntemlere kıyasla yüksek oranda doğru olmayabilir. Denetimsiz sınıflandırma yönteminde, çalışma alanı büyük ve homojen olmadığında doğruluk oranı düşük olabilir, bu da kategorilerin çakışmasına neden olmaktadır. Şekil 8-12'da görüldüğü gibi, bazı sınıf özellikleri ayırt edilememektedir ve bazı sınıflar çok iyi ayrılamamaktadır. Tablo 2'ye bakılırsa, yer kontrol noktaları ile arazi örtüsü haritaları arasındaki anlaşmanın çok düşük olduğu ve ayrıca tüm haritalar için genel doğruluk ile kappa değerleri arasında bir fark olduğu görülmektedir ve bu sonuç örtüşmenin şans eseri olma olasılığının yüksek olduğunu belirtmektedir. Sonuçta denetimsiz sınıflandırma yöntemlerinin çalışma alanında etkili sonuçlar vermediği söylenebilir.

Tablo 2. Denetimsiz sınıflandırma doğruluk analizi

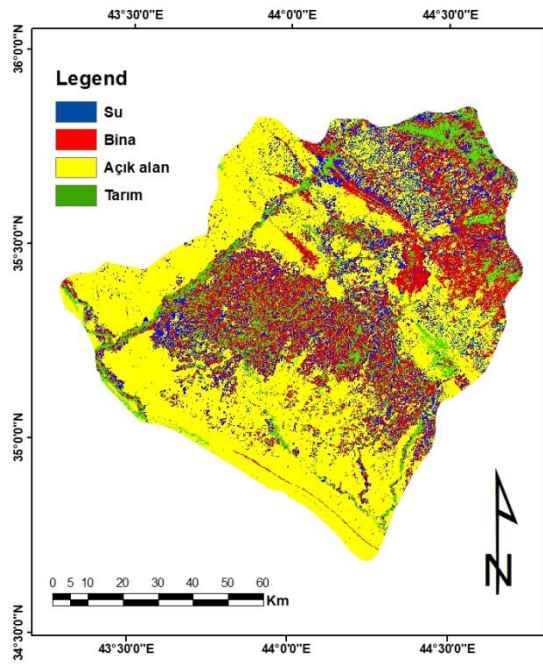
Yıllar	2002		2006		2010		2014		2018	
Yöntem	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı
K mean	40.33%	0.25	63.60%	0.51	44.35%	0.27	66.10%	0.48	68.90%	0.5865



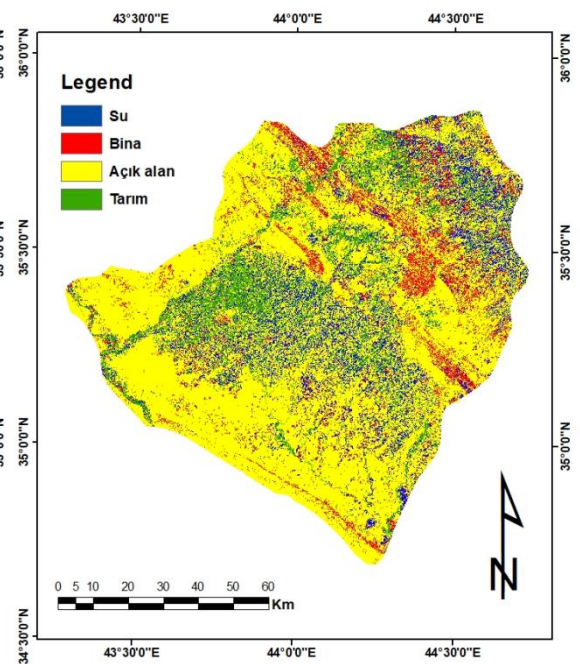
Şekil 8. Denetimsiz sınıflandırma 2002



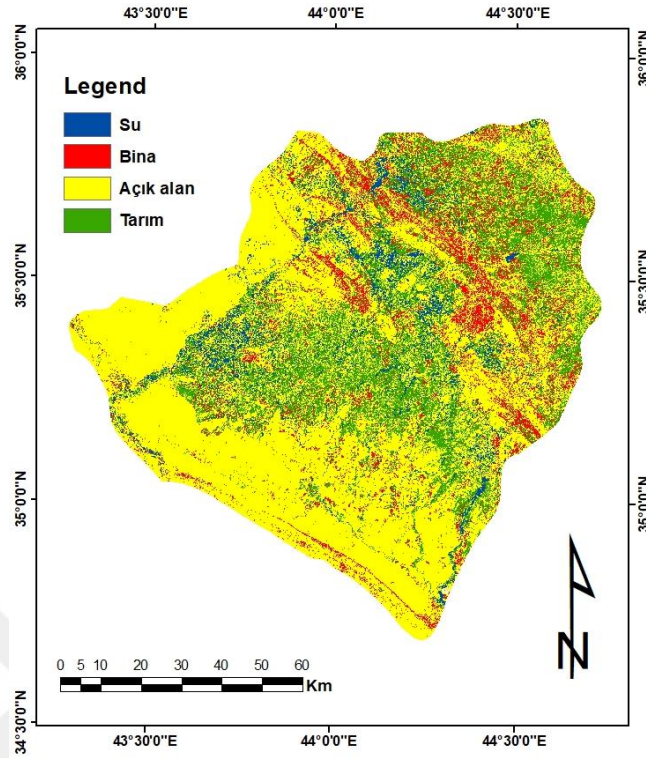
Şekil 9. Denetimsiz sınıflandırma 2006



Şekil 10. Denetimsiz sınıflandırma 2010



Şekil 11. Denetimsiz sınıflandırma 2014



Şekil 12. Denetimsiz sınıflandırma 2018

4.2. Denetimli Sınıflandırma Sonuçları

Denetimli sınıflandırma, uzaktan algılama görüntü verilerinin nicel analizi için en sık kullanılan tekniktir. Özünde, spektral alanı, belirli bir uygulamaya yönelik zemin örtüsü sınıflarıyla ilişkilendirilebilen bölgelere bölme kavramıdır. Pratikte bu bölgeler bazen örtüşebilir. Görev için çeşitli algoritmalar mevcuttur ve bu bölümün amacı en sık karşılaşılanları kapsamaktadır. Temel olarak, farklı yöntemler spektral uzaydaki bölgeleri tanımlama şekline göre değişir. Bu çalışmada üç farklı sınıflandırma yöntemi kullanılmış ve yöntemlere ait sonuçlar karşılaştırılmıştır. Maksimum olabilirlik yöntemi, üç yöntem arasında doğruluğu en yüksek sonuçlara sahiptir ve bu nedenle arazi örtüsü değişiklik tespiti sürecinde kullanılmıştır.

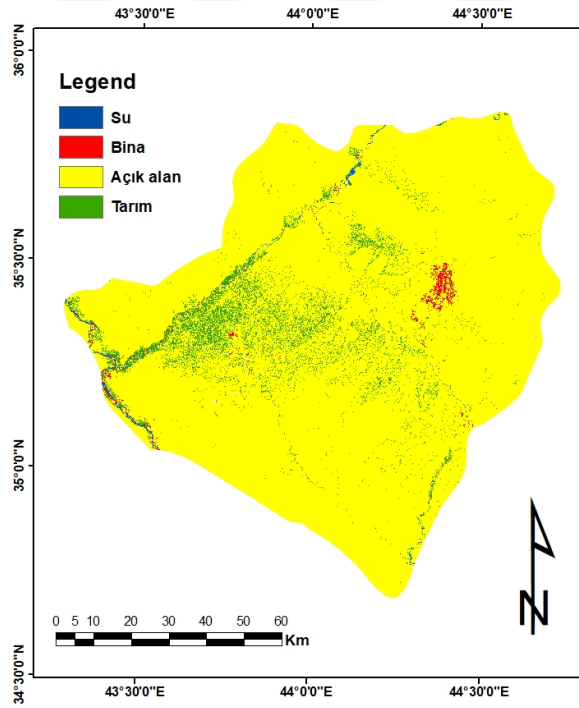
4.2.1. Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi

Tablo 3, 2002, 2006, 2010, 2014 ve 2018 için Mahalanobis mesafe yöntemi ile yapılan sınıflandırmaya ait doğruluk değerlendirme sonuçlarını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, bu sınıflandırma yönteminin, su kütlelerinin ve kentsel alanların sınıflandırılmasında etkili olduğunu, ancak açık alanlarının sınıflandırılmasında iyi

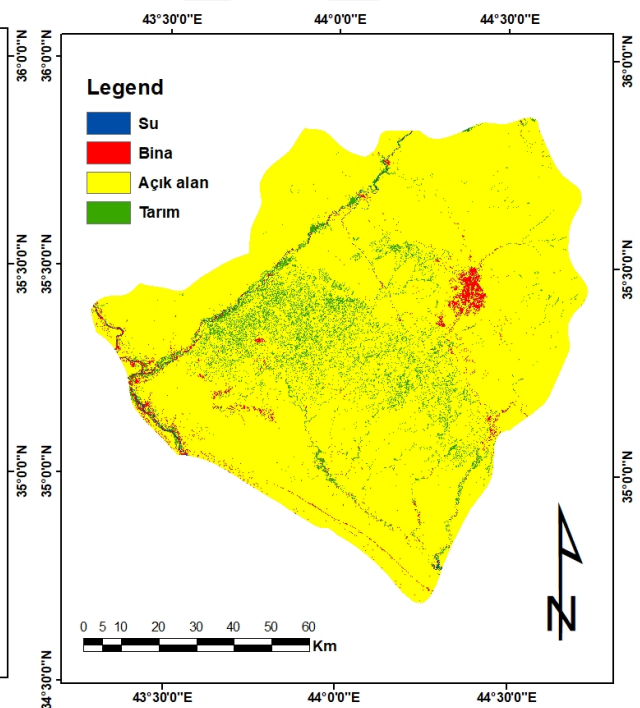
olmadığını göstermektedir. Yöntem sınıflandırmada yüksek doğruluk oranına sahip olmasına rağmen, açık alanları kentsel alan olarak sınıflandırabilmektedir (bu durum Şekil 14 ve 15'te net bir şekilde görülebilir). Şekil 13-17, 2002, 2006, 2010, 2014 ve 2018 yılları için Mahalanobis mesafe arazi kullanım haritalarını göstermektedir.

Tablo 3. Mahalanobis mesafesi yöntemi kullanılarak elde edilen işlem doğruluğu / kullanıcı doğruluğu değerleri

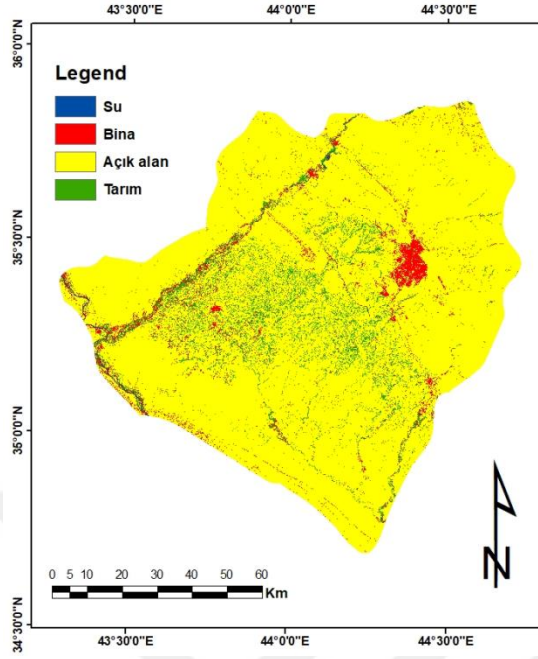
Sınıflar	2002		2006		2010		2014		2018	
	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %
Bina	83.08	81.82	87.14	91.04	88.57	81.58	95.83	95.83	93.65	86.76
Tarım	97.50	98.73	96.97	98	95.00	100	90.00	98.44	95.71	98.53
Su	97.44	100	85.19	100	91.80	100	81.00	100	97.22	100
Açık Alan	88.35	86.67	96.77	76.92	85.94	83.33	98.36	69.77	86.67	88.14
	Genel Doğruluk 91.71%		Genel Doğruluk 91.03%		Genel Doğruluk 90.19%		Genel Doğruluk 90.09%		Genel Doğruluk 93.58%	
	Kappa Katsayısı 0.888		Kappa Katsayısı 0.888		Kappa Katsayısı 0.868		Kappa Katsayısı 0.867		Kappa Katsayısı 0.914	



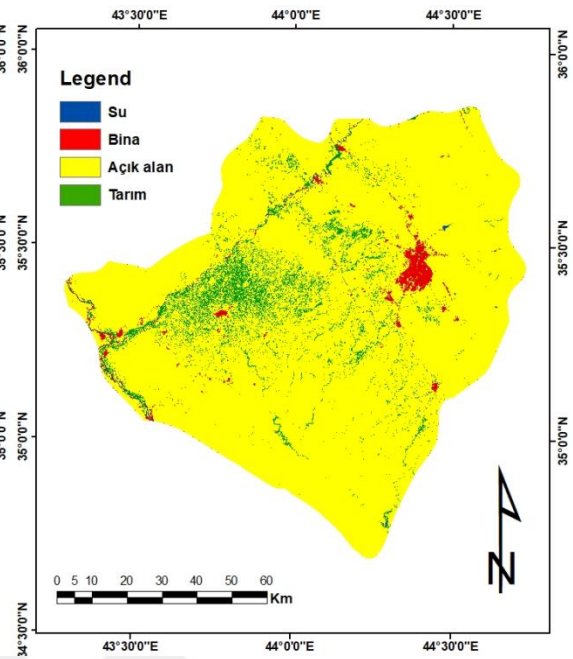
Şekil 13. Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2002



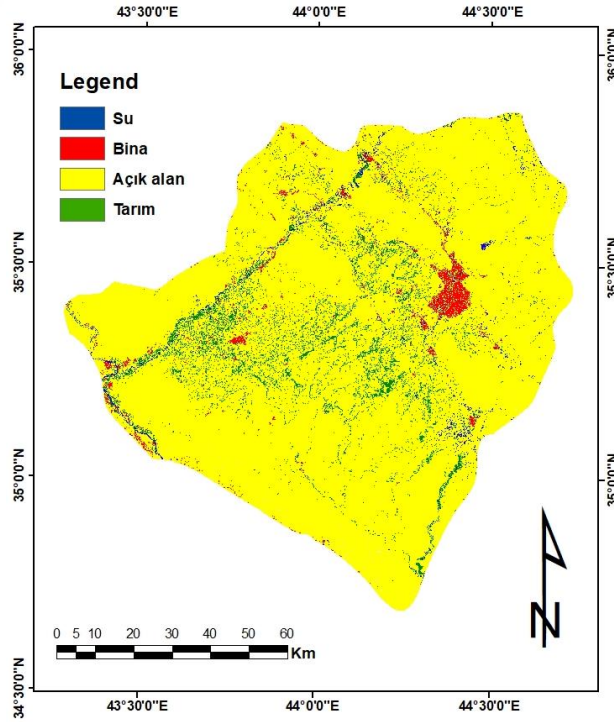
Şekil 14. Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2006



Şekil 15. Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2010



Şekil 16. Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2014



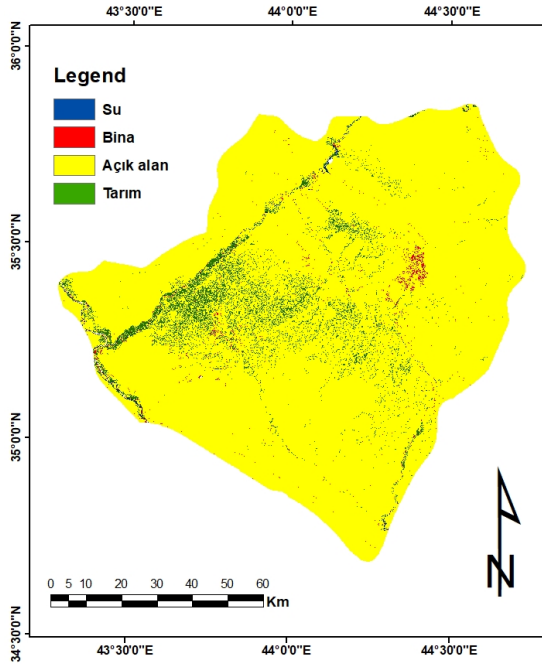
Şekil 17. Mahalanobis mesafesi sınıflandırma yöntemi 2018

4.2.2. En kısa mesafe sınıflandırma yöntemi

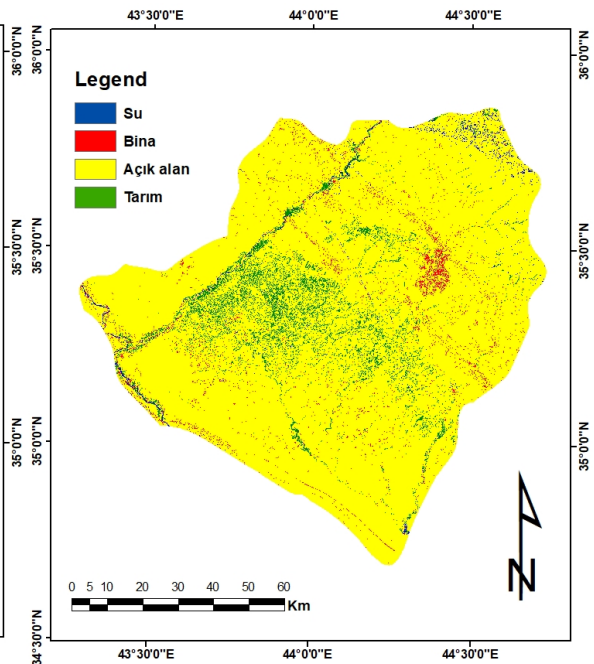
Bu sınıflandırma yöntemi, özellikle kentsel alanların sınıflandırılmasında diğer iki yönteme göre daha az başarı göstermiştir. Tablo 4'te görüldüğü gibi, genel doğruluk sonuçları çok düşüktür ve bunlarla Kappa değerleri arasında bir tutarsızlık vardır, bu da örtüşmenin şans eseri olduğunu düşündürmektedir. Şekil 17-21, 2002, 2006, 2010, 2014 ve 2018 yılları için en kısa mesafe sınıflandırma sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4. En kısa mesafe yöntemi kullanılarak elde edilen işlem doğruluğu / kullanıcı doğruluğu değerleri.

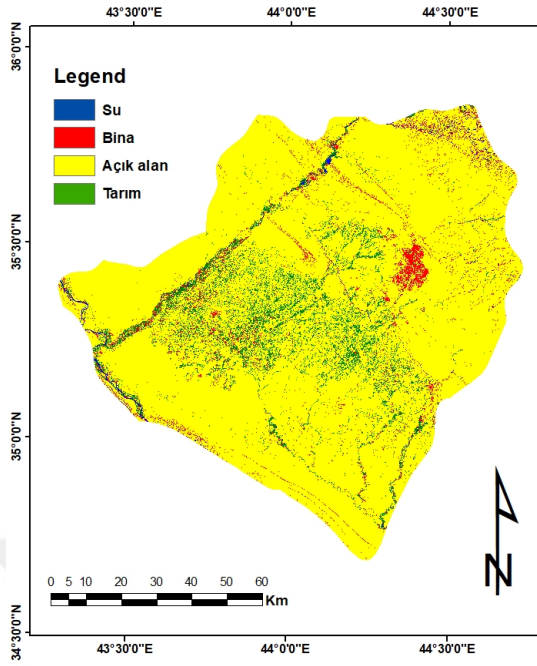
Sınıflar	2002		2006		2010		2014		2018	
	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %
Bina	67.69	86.27	67.14	75.81	80.00	82.35	81.94	90.77	88.89	98.25
Tarım	95.00	100	96.97	94.12	98.33	100	81.43	96.61	90.00	98.44
Su	90.54	100	87.65	100	91.80	98.25	80.00	100	91.67	100
Açık Alan	95.15	76.56	75.81	60.26	87.50	78.87	95.08	85.59	98.33	75.64
	Genel Doğruluk 88.50%		Genel Doğruluk 82.07%		Genel Doğruluk 89.01%		Genel Doğruluk 83.82%		Genel Doğruluk 92.07%	
	Kappa Katsayısı 0.843		Kappa Katsayısı 0.7612		Kappa Katsayısı 0.853		Kappa Katsayısı 0.784		Kappa Katsayısı 0.894	



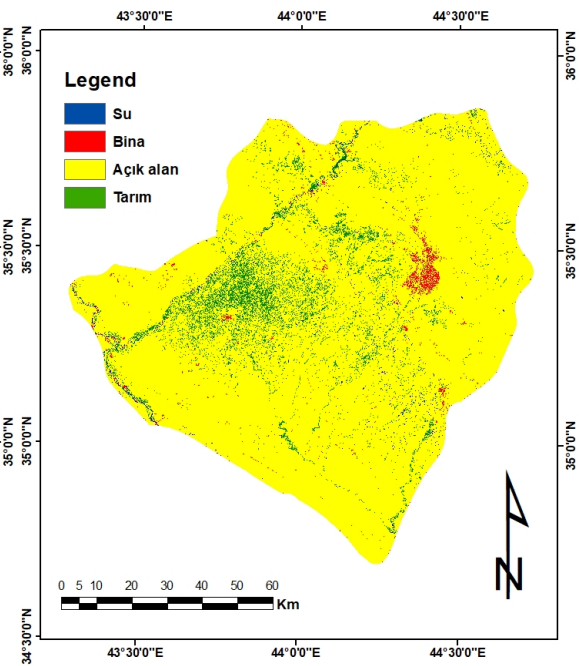
Şekil 18. Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2002



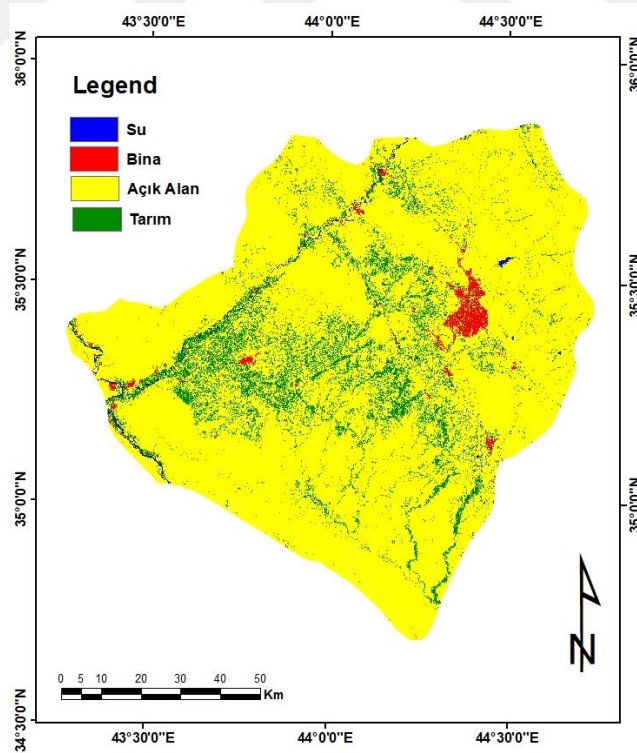
Şekil 19. Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2006



Şekil 20. Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2010



Şekil 21. Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2014



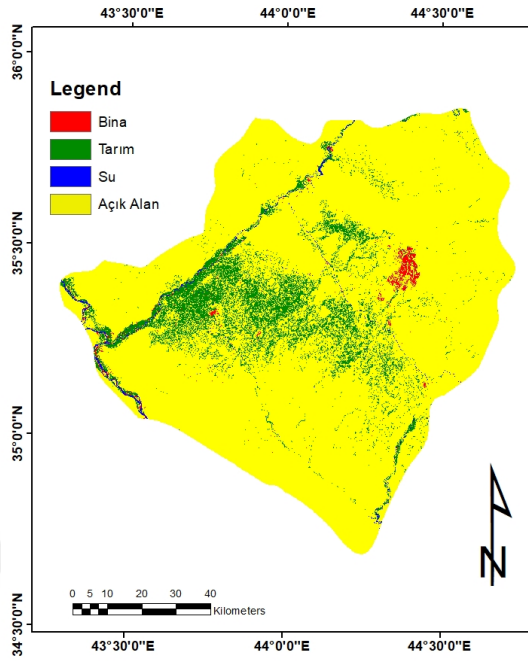
Şekil 22. Minimum mesafe sınıflandırma yöntemi 2018

4.2.3. Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi

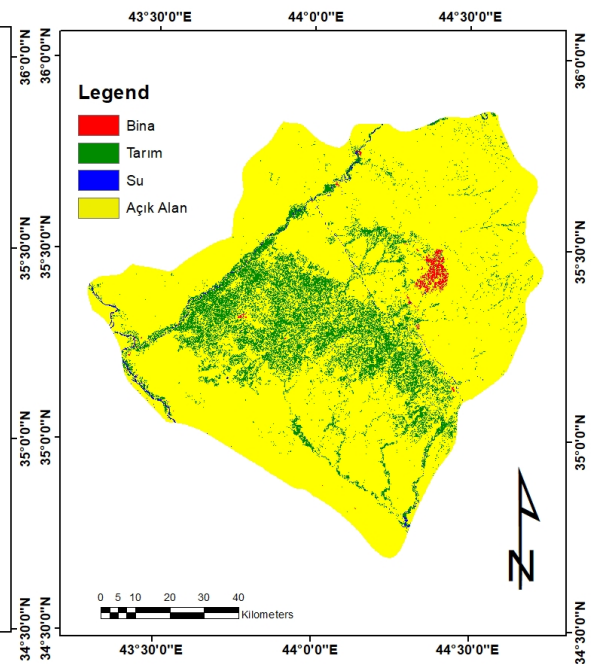
Şekil 22-26, 2002, 2006, 2010, 2014 ve 2018 yılları için maksimum olabilirlik yöntemine ait sınıflandırma sonuçlarını göstermektedir. Bu yöntem, araştırmada kullanılan diğer yöntemler arasında en doğru sınıflandırma sonuçlarını elde etmiştir. Tablo 5, maksimum sınıflandırma yönteminin doğruluk değerlendirmesinin sonuçlarını göstermektedir. Genel olarak, sınıflandırılan tüm görüntülerin genel doğruluğu ve kappa katsayısı yüksektir. Ayrıca kullanıcı doğruluğunun da yüksek olduğu görülmektedir, bu da uyumluluk sürecinin bir tesadüf olmadığını göstermektedir. Bu yöntemin sonuçları yer kontrol noktaları ile iyi bir eşleşme gösterdiğinden, değişiklik tespiti ve gelecekteki tahmin sürecinde kullanılmıştır.

Tablo 5. Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi kullanılarak elde edilen işlem doğruluğu / kullanıcı doğruluğu değerleri

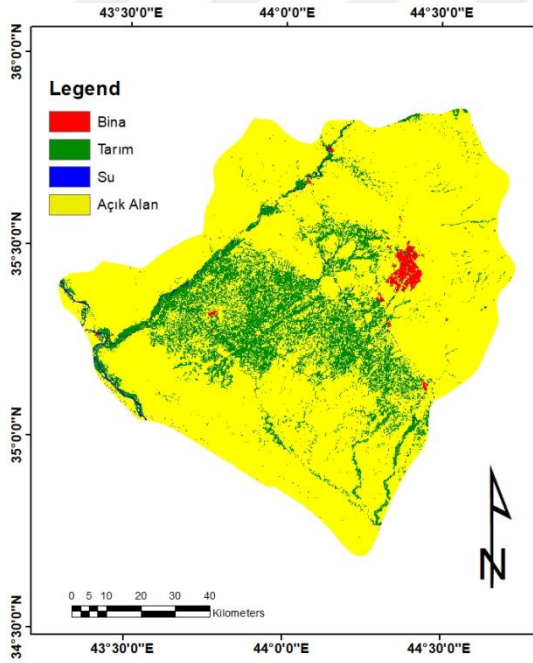
Sınıflar	2002		2006		2010		2014		2018	
	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %	İşlem Doğ. %	Kullanıcı Doğ. %
Bina	87.69	100	90.00	98.44	92.86	98.48	93.06	90.54	87.30	96.49
Tarım	96.25	97.47	96.97	96.97	98.33	95.16	97.14	97.14	98.57	95.83
Su	89.29	97.40	98.77	100	90.16	98.21	91.00	98.91	95.83	100
Açık Alan	98.06	85.59	96.77	86.96	96.88	87.32	88.52	80.60	96.67	86.57
	Genel Doğruluk 93.37%		Genel Doğruluk 95.69%		Genel Doğruluk 94.50%		Genel Doğruluk 92.40%		Genel Doğruluk 94.71%	
	Kappa Katsayısı 0.910		Kappa Katsayısı 0.942		Kappa Katsayısı 0.926		Kappa Katsayısı 0.898		Kappa Katsayısı 0.929	



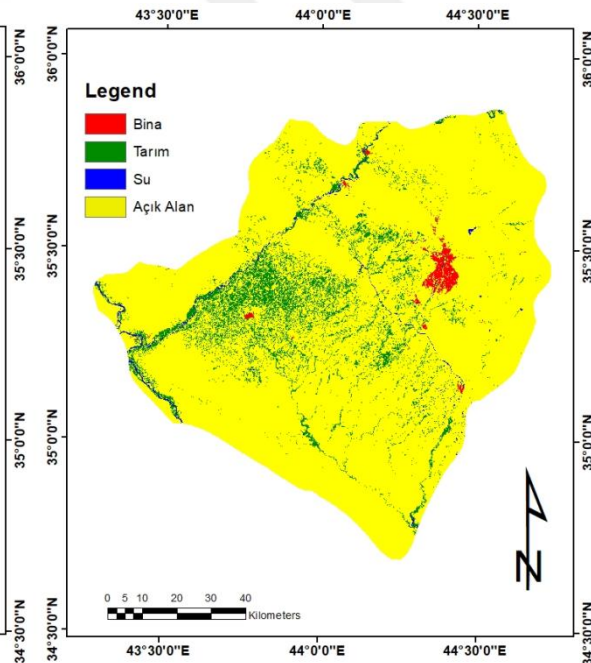
Şekil 23. Maksimum olabilirlik
sınıflandırma yöntemi 2002



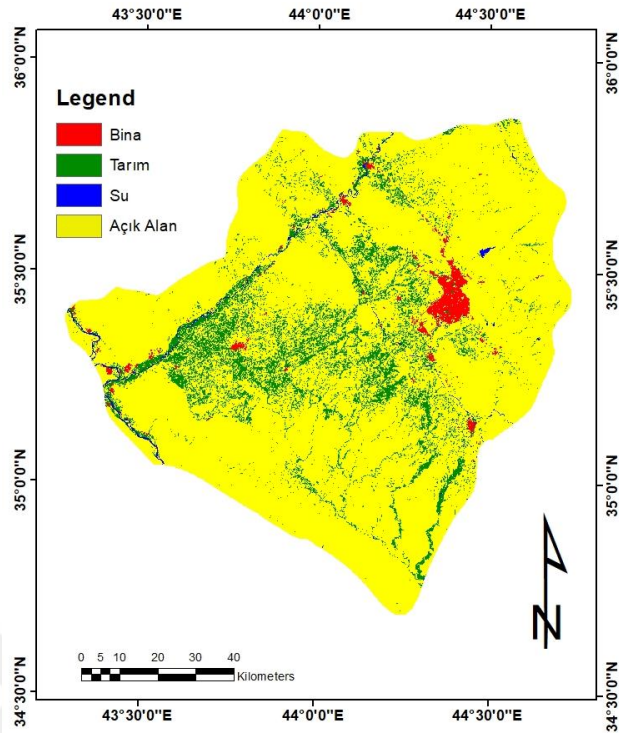
Şekil 24. Maksimum olabilirlik
sınıflandırma yöntemi 2006



Şekil 25. Maksimum olabilirlik
sınıflandırma yöntemi 2010



Şekil 26. Maksimum olabilirlik
sınıflandırma yöntemi 2014



Şekil 27. Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi 2018

Tablo 6. Tüm yıllara ait doğruluk değerlendirmesi

Yıllar	2002		2006		2010		2014		2018	
Yöntem	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı
K-Ortalam	40.33%	0.25	63.60%	0.51	44.35%	0.27	66.10%	0.48	68.90%	0.5865
Mahalanobis mesafesi	91.71%	0.888	91.03%	0.888	90.19%	0.868	90.09%	0.867	93.58%	0.914
En kısa mesafe	88.50%	0.843	82.07%	0.7612	89.01%	0.853	83.82%	0.784	92.07%	0.894
Maksimum olabilirlik	93.37%	0.910	95.69%	0.942	94.50%	0.926	92.40%	0.898	94.71%	0.929

4.3. Arazi kullanımı / arazi örtüsü değişiklik tespiti

Tablo 7’de 2002’den 2018’e kadar arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişim matrisi gösterilmektedir. Tablodan açıkça anlaşılabacağı üzere 16 yıllık sürede önemli bir değişikliğin gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Kentsel veya yerleşim alanları 16 yıl içinde önemli ölçüde artmıştır (% 130), 2002’ de 7421 hektar iken 2018’ de 17091 hektara çıkmıştır. Aynı dönemde tarım arazileri de 986.33 hektardan 1208.86 hektara artmıştır. Ancak bu artış gerçek bir değişiklik olmayabilir, daha ziyade piksellerin yanlış

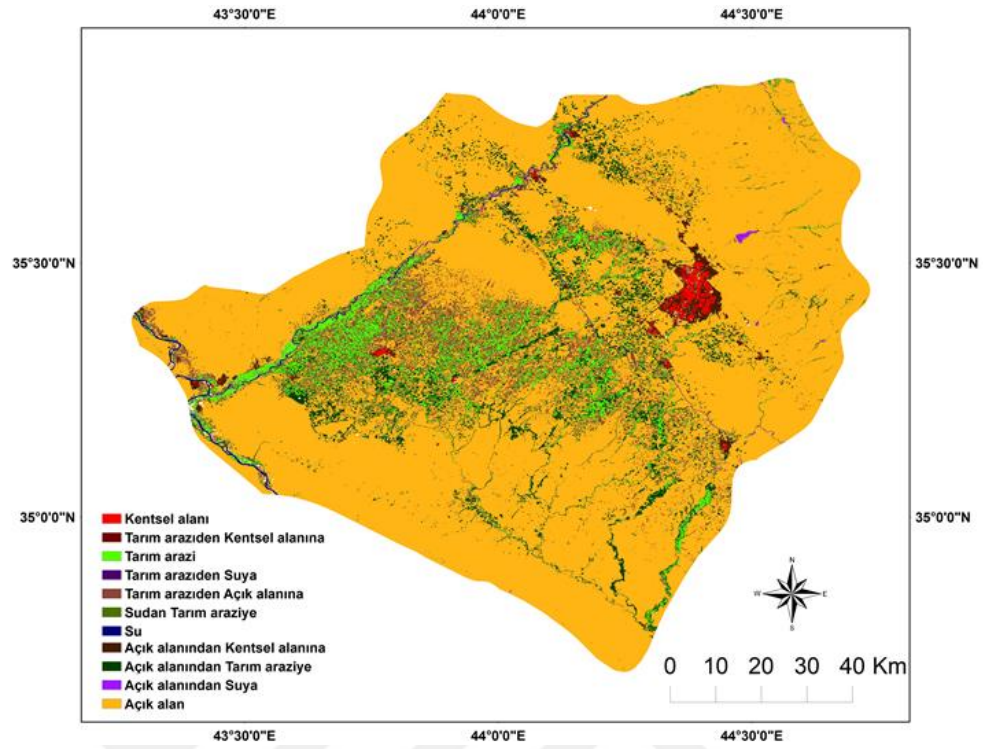
sınıflandırılması sebebiyle olabilir. Örneğin, 79 hektar kentsel alanın, su alanlarından geldiği görülmektedir. Bu durumun gerçekte böyle olmadığını söylemek mümkündür çünkü, bölge hakkındaki bilgimize göre, o dönemde su alanları kaldırılıp yerleşim alanlarına dönüştürülmemiştir. Ancak, 79 hektarın toplam kentsel alanlarının küçük bir yüzdesini (sadece 1.30%) oluşturduğuna dikkat edilmelidir, bu nedenle ihmal edilebilir. Ancak bu hataların oranı %15'i aşmamaktadır, bu da USGS sınıflandırma şemasına göre kabul edilebilir bir oran olarak kabul edilir.

Tablo aynı zamanda su alanında aynı dönemde 6008 hektardan 6518 hektara kadar bir artış olduğunu göstermektedir. Bu artış, bölgedeki üç barajın inşasının bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Bunlar, Kerkük'ün kuzeydaki Laylan bölgesinde yer alan Şirin barajı ve Balkana barajı (bu iki baraj 2009 yılında açılmıştır), diğeri ise 2016 yılında açılan Kerkük'ün kuzeybatısındaki şwan bölgesinde yer alan şıwa Sur Barajı'dır. Buna karşılık, açık araziler, 889.416 hektardan 85.684 hektara azaltmıştır .

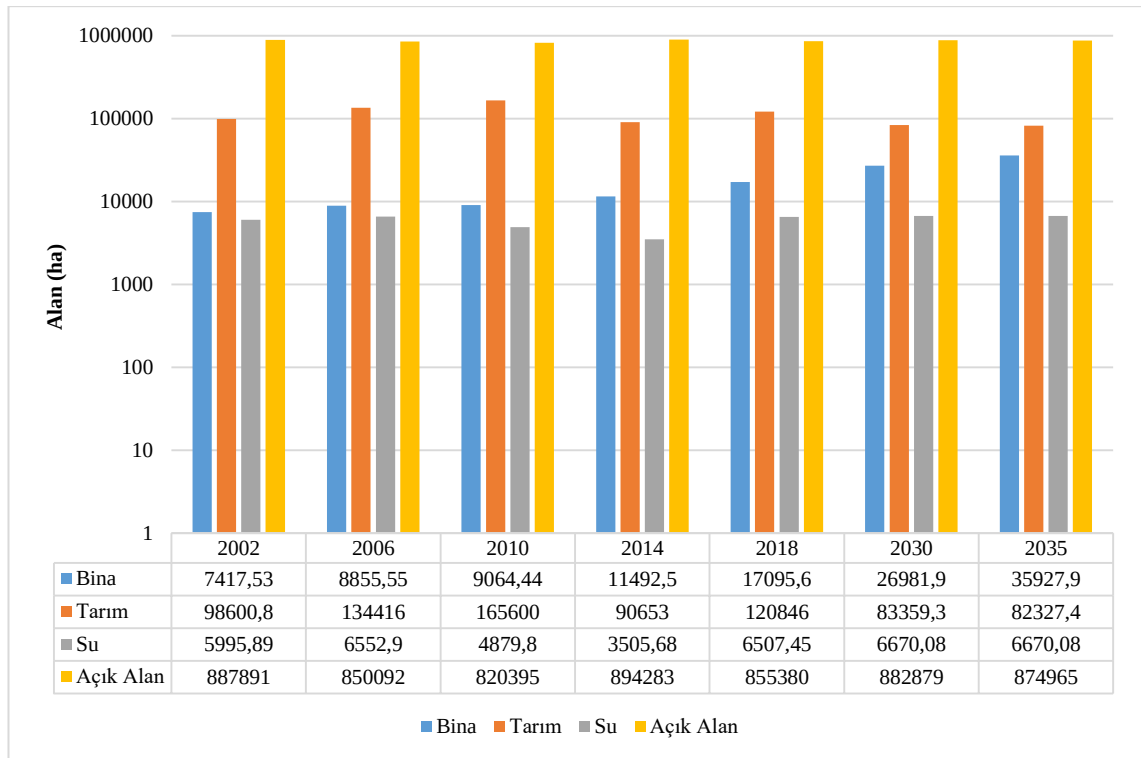
Değişim tespit haritası(şekil 28), kentsel yayılmanın ilin tüm bölgelerinde meydana geldiğini göstermektedir ancak bölgeler arasında oransal farklılıklar vardır. Yayılma, şehir sınırlarında yer alan bölgelerde daha çok hissedilmektedir, ancak şehir merkezindeki alanlarda da dikey gelişmenin gerçekleştiği tespit edilmektedir. Son birkaç yıl öncesini kapsayan süreçte boş olan arazilerin binalarla dolduğu görülmektedir.

Tablo 7. Arazi kullanımı / örtüsü değişim matrisi, 2002-2018(hektar olarak)

	2002					
	Bina	Tarım	Su	Açık Alan	toplam satır	Sınıf Toplamı
2018 Bina	4897	598	79	11517	17091	17108
Tarım	888	44265	1764	73970	120886	121010
Su	198	769	3216	2336	6518	6539
Açık Alan	1437	53001	948	801468	856854	859718
Sınıf Toplamı	7421	98633	6008	889416	0	0
sınıf değişikliği	2524	54368	2792	87948	0	0
Görüntü farkı(ha)	+9687	+22377	+531	-29698	0	0
Görüntü farkı %	+130.53	+22.687	+8.839	-3.339		



Şekil 28. 2002-2018 Değişim haritası



Şekil 29. Önceki ve tahmin edilen arazi kullanım miktarları (hektar olarak).

4.4. Hücresel otomat Markov zinciri modelin oluşturması ve gelecekteki arazi kullanım tahmini

4.4.1. Arazi kullanım / örtü değişiklik sürecinin tutarlılığı

Geçiş olasılık matrisleri, Tablo 8'de gösterildiği gibi Markov zincir analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu geçiş olasılıkları (TP) matrisleri, 2002-2010, 2010-2014 ve 2014-2018 dönemlerinde muhtemel arazi kullanım oranlarını vermektedir. Tablo 2'dan, kentsel alanların geçiş olasılıklarının (TP) istikrarsız olduğunu ve 2002-2010 döneminde 0.526'dan 2014-2018 döneminde 0.7687'ye çok hızlı büyüdüğünü görmek mümkündür. Ayrıca, 2002-2010 yılları arasında çorak topraklardan kentsel alanlara yayılan TP'nin 0.2368 olduğunu ve 2010-2014 döneminde 0.2496'a yükseldiğini, 2014-2018 döneminde ise 0.197'e düştüğünü görmek mümkündür. Geçiş matrislerinin istikrarsızlığı, gelecekte arazi kullanımın kesin olarak tahmin edilmesinde zorluklar yaratabilir. Diğer bir zorluk, arazi kullanım sürecinin, modelin tahmin edemediği ekonomik ve politik faktörler gibi dış faktörlere tabi olmasıdır. Ancak bu çalışmada, arazi kullanımının TP'nin istikrarlı olmaya devam edeceğini varsayılmış ve gelecek tahmini bu varsayıma dayanarak yapılmıştır.

Tablo 8. 2002-2010, 2010-2014 ve 2014-2018 dönemlerin geçiş olasılık matrisleri

		Bina	Tarım	Su	Açık Alan
2002-2010	Bina	0.5263	0.2141	0.0229	0.2368
	Tarım	0.0018	0.5643	0.0044	0.4295
	Su	0.0113	0.4388	0.4221	0.1279
	Açık Alan	0.0104	0.2341	0.0035	0.7521
2010-2014	Bina	0.7278	0.0009	0.017	0.0193
	Tarım	0.0225	0.3079	0.1586	0.1632
	Su	0.0002	0.0041	0.4181	0.0026
	Açık Alan	0.2496	0.6872	0.4063	0.8149
2014-2018	Bina	0.7687	0.0037	0.0012	0.018
	Tarım	0.015	0.4588	0.1707	0.2013
	Su	0.0194	0.0125	0.7095	0.0071
	Açık Alan	0.197	0.5251	0.1185	0.7735

4.4.2. Model doğrulaması ve gelecekteki arazi kullanım değişikliği tahmini

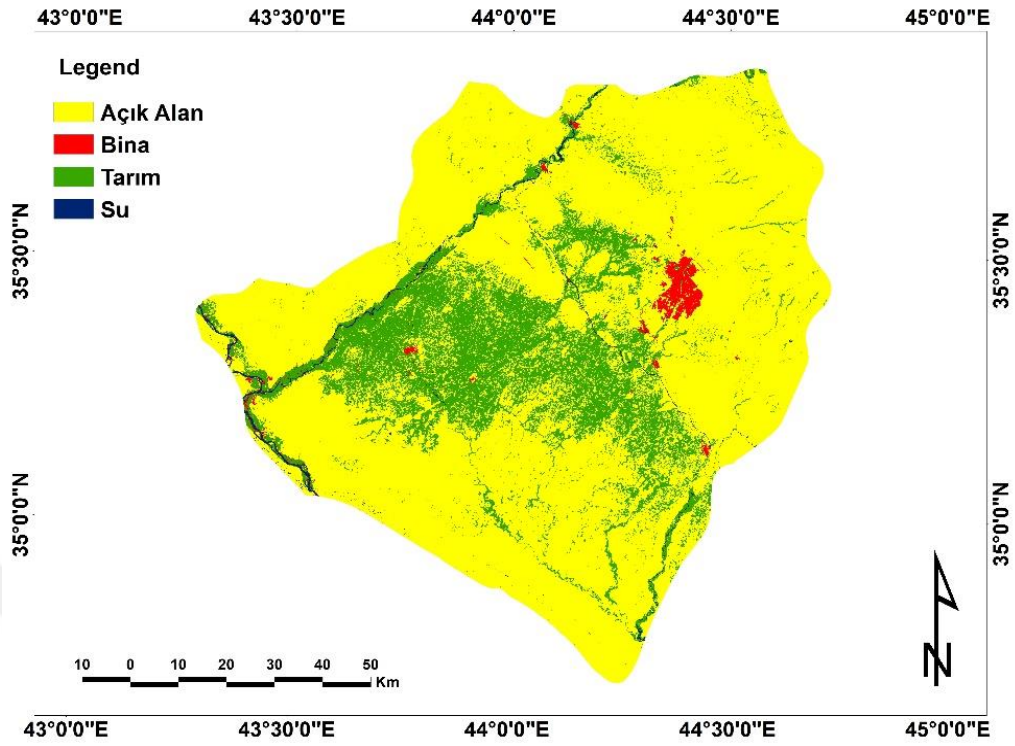
Arazi kullanım biçimlerinin geçerli bir tahmininin gerçekleştirilmesi amacıyla Hücresel otomat Markov zinciri modelinin arazi kullanım durumu tahmininde kullanılması ilk kez 2014 yılına rastlamaktadır (Şekil 30.). Daha sonra, model güvenilirliğinin sağlanması için 2018 yılında arazi kullanım değişikliğinin tahmini amacıyla tekrar kullanılmıştır (Şekil 31.). Model doğrulaması için 2014 ve 2018 yıllarında öngörülen arazi kullanım haritası miktar ve konum açısından geçerliliğinin kontrol edilmesi için kappa indeks istatistiklerinin kullanıldığı gerçek haritalarla karşılaştırılmıştır [72], [70]. Tablo 9, referans ve karşılaştırma haritaları arasındaki miktar ve konum uyumlarını / uyumsuzluklarını göstermektedir. Miktarla ilgili olarak üç olası bilgi seviyesinden bahsetmek mümkündür. Bunlardan “n” bilgi olmadığı, “m” orta düzeyde bilginin var olduğu ve “p” ise eksiksiz bilgiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Referans harita ile karşılaştırma haritası arasındaki uyumayı temsil eden M (m) değeri 0.9323 olarak tespit edilmiştir ki bu değer mükemmel (eksiksiz) durum değeri olan 0.9260 değerine oldukça yakındır. Bu indeks, haritalar arasında en çok kullanılan uyum ölçüsüdür. Ancak, yorumlanma hususunda bir takım zorluklar söz konusu olabilmektedir. Öyle ki, yeryüzü şekillerinin bir kısmı şans eseri ve tesadüfen doğru olabilir. Ancak, tesadüf nedeniyle ortaya çıkan uyum ihtimalinin değeri 0.2000 olup oldukça düşük bir ihtimal yönünde değerlendirilebilmektedir. Izgara ögesi (grid cell) seviyesindeki miktar ve uyumsuzluklardan kaynaklanan uyumsuzluk(disagreement due to quantity) değerleri sırasıyla 0.0212 ve 0.0463 olarak tespit edilmiştir ve bu değerlerin nispeten düşük olduğunu belirtmek mümkündür. Tablo 9’da gösterildiği gibi, referans ve karşılaştırma haritaları arasındaki anlaşma olan geleneksel Kappa Index K standardı da yüksektir (0.8799). Izgara öğelerinin (grid cells) yer yüzü şekilleri ile ne derecede iyi örtüştüğünü gösteren K konum (Klacion) değeri 0.9143 olarak tespit edilmiştir. Izgara öğelerinin tabakalar içinde ne derece iyi konumlandığını gösteren K konum tabaka(KlocationStrata) değeri de 0.9143 olarak tespit edilmiştir ki bu hayli yüksek bir değerdir. Bu doğrulama sonuçları, gerçek haritalar ile öngörülen haritalar arasında oldukça iyi bir tutarlılığın söz konusu olduğunu göstermektedir. Doğrulama adımının bir sonucu olarak, model için en uygun geçiş kuralları hesaplanabilir ve daha sonra gelecekte arazi kullanımının öngörülmesinde kullanılabilir. 2018’deki arazi

kullanımının başarılı bir şekilde gerçekleştirilen modellemesine dayanarak, 2030 ve 2035 için arazi kullanım haritaları simüle edilmiştir(şekil 28, 29).

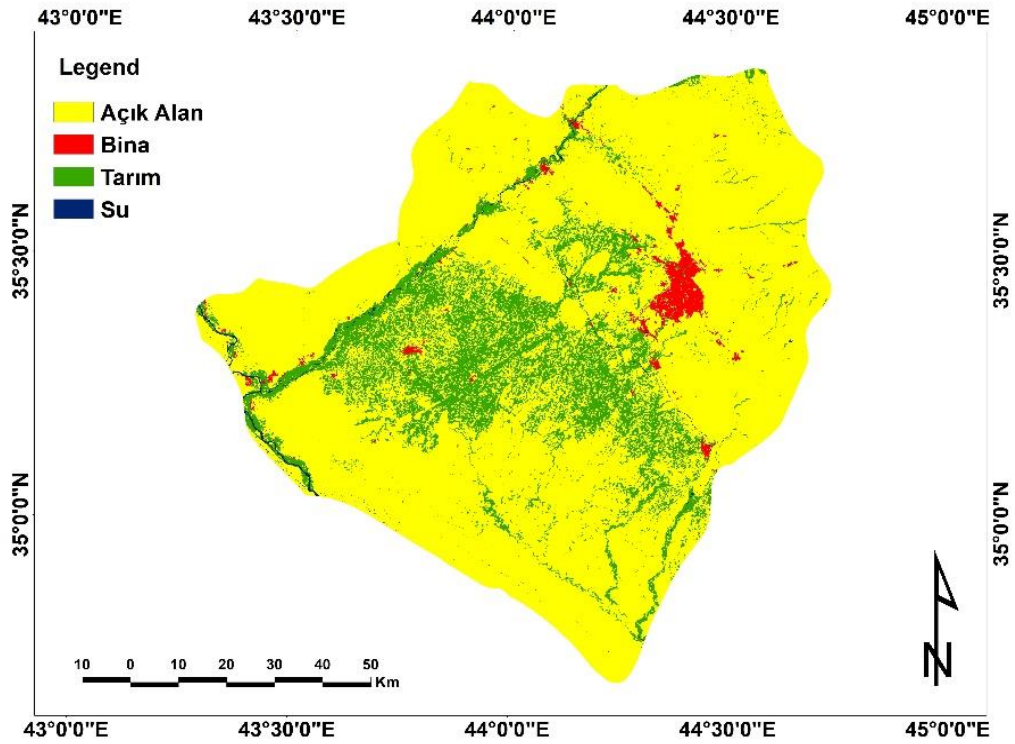
Tablo 9. Referans ve karşılaştırma haritaların arasındaki anlaşması / anlaşmazlık

Miktar Bilgisi			
Dağıtma Bilgileri	No[n]	Orta[m]	Mükemmel[p]
Mükemmel [P(x)]	P(n)= 0.4825	P(m)= 0.9788	P(p)= 1.000
Mükemmel Tabaka[K(x)]	K(n)= 0.4825	K(m)= 0.9788	K(p)= 1.000
Orta Izgara [M(x)]	M(n)= 0.4552	M(m)= 0.9323	M(p)= 0.926
Orta Tabaka [H(x)]	H(n)= 0.2000	H(m)= 0.4360	H(p)= 0.4276
No[N(x)]	N(n)= 0.2000	N(m)= 0.4360	N(p)= 0.4276

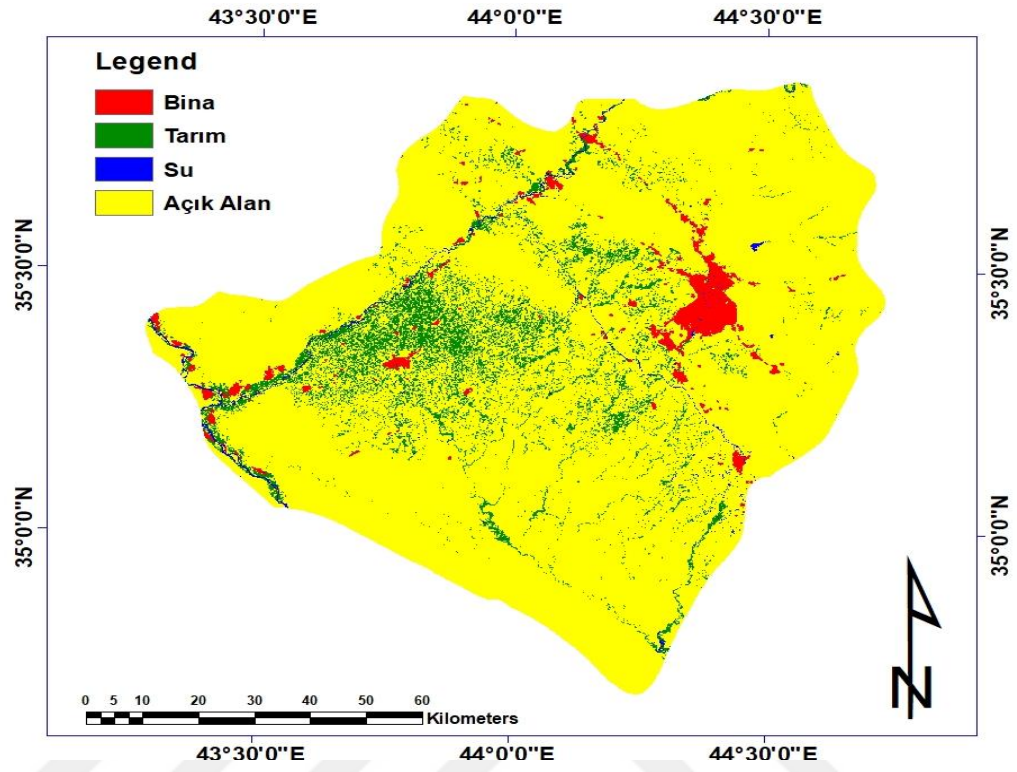
Şans Mutabakat	0.2000
Mutabakat Miktar	0.2360
Mutabakat Tabaka	0.0000
Mutabakat Izgara ögesi	0.4963
Uyuşmazlık Izgara ögesi	0.0465
Uyuşmazlık Tabaka	0.0000
Uyuşmazlık Miktar	0.0212
Kno	0.9154
Kkonum	0.9143
Kkonum Tabaka	0.9143
Kstandart	0.8799



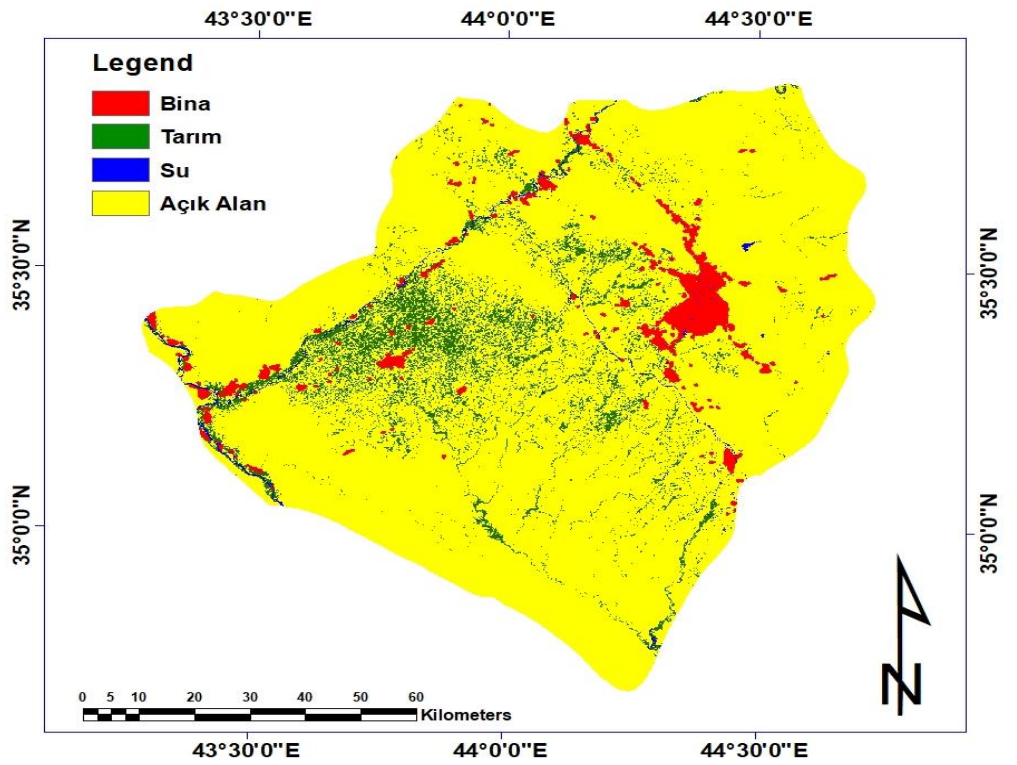
Şekil 30. Öngörülen arazi kullanımı / arazi örtüsü haritası 2014



Şekil 31. Öngörülen arazi kullanımı / arazi örtüsü haritası 2018



Şekil 32. Kerkük arazi kullanım haritası 2030.



Şekil 33. Kerkük arazi kullanım haritası 2035

5. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, uzaktan algılama amaçlı uydu sistemlerinin, CBS teknolojilerinin ve Hücresel otomat Markov zinciri modelleme yaklaşımının, Irak'ın Kerkük İli'nde 2002 – 2018 yılları arasındaki kentsel yayılmanın tespitine yönelik birleştirilerek bir arada kullanılması açıklanmaktadır. Bölgede kentsel alanın veya yerleşik arazilerin ve tarım arazilerinin önemli ölçüde arttığı, açık alanların azaldığı tespit edilmiştir. Kentsel arazi gelişimi, ilin farklı bölgelerinde düzensiz bir şekilde gerçekleşmektedir ve bu gelişim ile açık alanların kaybı arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Arazi kullanımındaki gelişme stabilize edilmemiştir ve biri 2002 – 2010 arasında dönemi kapsayan diğeri 2010 – 2018 arasındaki dönemi kapsayan farklı geçiş mekanizmalarına sahiptir. Entegre Hücresel otomat Markov zinciri modelini kullanmanın iyi bir avantajı, modelin gelecekteki arazi kullanım değişikliklerine yönelik tahminlerin açık bir şekilde yapılmasına imkân tanınmasıdır. Öyle ki, bu model ile farklı zaman örneklerinde en az iki arazi kullanım haritasını simüle etmek ve tahmin etmek sınırlı verilerle mümkün olmaktadır. Öte yandan, Hücresel otomat Markov Zincir Modeli, mevcut durumları yönetmek, yönlendirmek, kontrol etmek ve gelecekteki talepler için akılcı planlar hazırlamak için hayli önemli olan biyofiziksel ve sosyoekonomik faktörler gibi kentsel arazi kullanımı değişim faktörlerini analiz edememekte ve açıklayamamaktadır.

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin tespitinde Landsat verileri genellikle başarılı bir şekilde kullanılmıştır. CBS ile birleştirilmiş dijital görüntü sınıflandırması, hızlı kentleşmenin bir sonucu olarak arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin yönü, doğası, oranı ve konumu hakkında kapsamlı bilgi sağlama kabiliyetini gözler önüne sermiştir. Uzaktan algılama sistemleri ile edinile veriler, uygun maliyetli, çoklu tarihli ve CBS'ye girdi olarak yüklenmeye hazırdır. CBS'nin farklı kaynaklardan gelen mekânsal (uzaysal) verileri, farklı formatlar, yapılar, projeksiyonlar veya çözünürlük

seviyeleri ile entegre etme kabiliyeti özellikle arazi kullanımı ve arazi örtüsü çalışmalarına büyük yarar sağlamaktadır. Zamansal değişimin ölçülmesi genellikle tarihi haritalar, hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri gibi kaynakların kullanılmasına dayanmaktadır. Arazi sınıflarının mekânsal (uzaysal) dağılımındaki değişiklikler, farklı tarihlere ait haritaların üst üste bindirilmesi ve mekânsal tesadüflerinin analiz edilmesi ile özetlenebilir. Bir arazi sınıfından diğerine dönüşerek ortaya çıkan değişiklikler, matematiksel olarak, belirli bir pikselin aynı durumda kalması veya başka bir duruma dönüştürülmesi olasılıkları şeklinde tanımlanabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma farklı arazi kullanım değişikliği davranışlarının gerçekleştiği Kerkük İli için Hücresel otomat Markov Zincir Modeli kullanılarak arazi kullanım değişikliği modellemesinin önemli bir rolünü ve işlevini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, arazi kullanım değişikliklerini ve arazi kullanımındaki değişikliklere neden olan itici güçleri daha iyi anlamak için biyofiziksel ve sosyoekonomik verilerin Hücresel otomat Markov zinciri Zincir modeline dahil edilmesi gerekli görülmektedir. Bu amaca ulaşmak için, lojistik regresyon modeli, AHP modeli ve diğer veri madenciliği yaklaşımları gibi faktörleri dahil edildiği farklı bir modelin entegrasyonu ile ulaşılabilir.

KAYNAKÇA

1. B. Forte, M. Cerreta, and P. De Toro, 2019. The human sustainable city: challenges and perspectives from the habitat agenda: Routledge.
2. H. A. Atşan, 2011. "Irak'ta nüfus politikası ve 1977-2007 dönemi nüfus artışına etkisi," *Kadisiyah sosyal Bilimler* vol. 14, pp. 347-360.
3. G. Bugliarello, 2003. "Large urban concentrations: A new phenomenon," **Earth Science in the City: A Reader**, vol. 56, pp. 7-19.
4. K. B. Barnes, J. M. Morgan III, M. C. Roberge, and S. Lowe, 2001. "Sprawl development: Its patterns, consequences, and measurement," Towson University, Towson, pp. 1-24.
5. P. C. Sutton, 2003. "A scale-adjusted measure of "urban sprawl" using nighttime satellite imagery," **Remote sensing of environment**, vol. 86, pp. 353-369,.
6. P. Gordon and H. W. Richardson, 1997. "Are compact cities a desirable planning goal?," **Journal of the American planning association**, vol. 63, pp. 95-106.
7. C. Simmons, 2007. Ecological footprint analysis: A useful method for exploring the interaction between lifestyles and the built environment: London: Routledge.
8. P. N. Dadhich and S. Hanaoka, 2011. "Spatio-temporal urban growth modeling of Jaipur, India," **Journal of Urban Technology**, vol. 18, pp. 45-65.
9. H. B. Wakode, K. Baier, R. Jha, and R. Azzam, "Analysis of urban growth using Landsat TM/ETM data and GIS—a case study of Hyderabad, India," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 7, pp. 109-121, 2014.
10. A. M. Youssef, B. Pradhan, and E. Tarabees, 2011. "Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process," **Arabian Journal of Geosciences**, vol. 4, pp. 463-473.
11. M. A. Jadkowski, R. R. Howard, and D. E. Brostuen, 1990. "Application of SPOT data for regional growth analysis and local planning J.," **Photogrammetric engineering and remote sensing**, vol. 56, pp. 175-180.

12. R. Méaille and L. Wald, 1990. "Using geographical information system and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth," **International Journal of Geographical Information System**, vol. 4, pp. 445-456.
13. P. M. Harris and S. J. Ventura, 1995. "The integration of geographic data with remotely sensed imagery to improve classification in an urban area," **Photogrammetric engineering and remote sensing**, vol. 61, pp. 993-998.
14. M. Steininger, 1996. "Tropical secondary forest regrowth in the Amazon: age, area and change estimation with Thematic Mapper data," **International Journal of Remote Sensing**, vol. 17, pp. 9-27.
15. X. Yang, X.-Q. Zheng, and L.-N. Lv, 2012. "A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata," **Ecological Modelling**, vol. 233, pp. 11-19.
16. A. A. Alsharif and B. Pradhan, 2014. "Urban sprawl analysis of Tripoli Metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic regression model," **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, vol. 42, pp. 149-163.
17. J. J. Arsanjani, W. Kainz, and A. J. Mousivand, 2011. "Tracking dynamic land-use change using spatially explicit Markov Chain based on cellular automata: the case of Tehran," **International Journal of Image and Data Fusion**, vol. 2, pp. 329-345.
18. M. Al-shalabi, L. Billa, B. Pradhan, S. Mansor, and A. A. Al-Sharif, 2013. "Modelling urban growth evolution and land-use changes using GIS based cellular automata and SLEUTH models: the case of Sana'a metropolitan city, Yemen," **Environmental earth sciences**, vol. 70, pp. 425-437.
19. P. H. Verburg, W. Soepboer, A. Veldkamp, R. Limpiada, V. Espaldon, and S. S. Mastura, "Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model," **Environmental management**, vol. 30, pp. 391-405, 2002.
20. Y. H. Araya and P. Cabral, 2010. "Analysis and modeling of urban land cover change in Setúbal and Sesimbra, Portugal," **Remote Sensing**, vol. 2, pp. 1549-1563.

21. D. Guan, H. Li, T. Inohae, W. Su, T. Nagaie, and K. Hokao, 2011. "Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model," **Ecological Modelling**, vol. 222, pp. 3761-3772.
22. T. J. Nechyba and R. P. Walsh, 2004. "Urban sprawl," **Journal of economic perspectives**, vol. 18, pp. 177-200.
23. G. D. Squires, 2002. Urban sprawl: Causes, consequences, & policy responses: The Urban Institute.
24. L. M. Levien, C. S. Fischer, P. D. Roffers, and B. A. Maurizi, 1998. "Statewide change detection using multitemporal remote sensing data," in First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, pp. 1-3.
25. P. Jothimani, 1997. "Operational urban sprawl monitoring using satellite remote sensing: excerpts from the studies of Ahmedabad, Vadodara and Surat, India," in 18th Asian Conference on Remote Sensing, Malaysia.
26. M. L. Imhoff, W. T. Lawrence, C. D. Elvidge, T. Paul, E. Levine, M. V. Privalsky, et al., 1997. "Using nighttime DMSP/OLS images of city lights to estimate the impact of urban land use on soil resources in the United States," **Remote Sensing of Environment**, vol. 59, pp. 105-117.
27. J. Masek, F. Lindsay, and S. Goward, "Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973-1996, from Landsat observations," **International Journal of Remote Sensing**, vol. 21, pp. 3473-3486, 2000.
28. M. Herold, N. C. Goldstein, and K. C. Clarke, 2003. "The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling," **Remote sensing of Environment**, vol. 86, pp. 286-302.
29. J. Xiao, Y. Shen, J. Ge, R. Tateishi, C. Tang, Y. Liang, et al., 2006. "Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing," **Landscape and urban planning**, vol. 75, pp. 69-80.
30. A. Singh, 1989. "Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data," **International journal of remote sensing**, vol. 10, pp. 989-1003.

31. D. Lu, P. Mausel, E. Brondizio, and E. Moran, 2004. "Change detection techniques," **International journal of remote sensing**, vol. 25, pp. 2365-2401.
32. J. R. Townshend, C. O. Justice, C. Gurney, and J. McManus, 1992. "The impact of misregistration on change detection," *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, vol. 30, pp. 1054-1060.
33. J. R. Jensen, *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*: Prentice-Hall Inc., 1996.
34. G. Chander, B. L. Markham, and D. L. Helder, 2009. "Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors," **Remote sensing of environment**, vol. 113, pp. 893-903.
35. P. M. Vitousek, 1992. "Global environmental change: an introduction," **Annual review of Ecology and Systematics**, vol. 23, pp. 1-14.
36. J. M. Read and N. S.-N. Lam, 2002. "Spatial methods for characterising land cover and detecting land-cover changes for the tropics," **International Journal of Remote Sensing**, vol. 23, pp. 2457-2474.
37. D. Yuan and C. Elvidge, 1998. "NALC land cover change detection pilot study: Washington DC area experiments," **Remote sensing of environment**, vol. 66, pp. 166-178.
38. D. Lindgren, 1984. *Land use planning and remote sensing vol. 2*: Taylor & Francis.
39. M. Ridd and J. Hipple, 2006. "Remote sensing of human settlements: Manual of remote sensing (Vol. 5)," **Bethesda: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing**.
40. V. K. Srivastava, 2002. "Application of Remote Sensing and GIS Techniques in Monitoring of Urban Sprawl in and around Jharia Coalfields,(Dhanbad)," *GIS Development*.
41. X. Yu and C. Ng, 2006. "An integrated evaluation of landscape change using remote sensing and landscape metrics: a case study of Panyu, Guangzhou," **International Journal of Remote Sensing**, vol. 27, pp. 1075-1092.

42. D. Mitsova, W. Shuster, and X. Wang, 2011. "A cellular automata model of land cover change to integrate urban growth with open space conservation," **Landscape and urban planning**, vol. 99, pp. 141-153.
43. R. White and G. Engelen, 1993. "Cellular automata and fractal urban form: a cellular modelling approach to the evolution of urban land-use patterns," **Environment and planning A**, vol. 25, pp. 1175-1199.
44. W. R. Tobler, 1979. "Cellular geography," in *Philosophy in geography*, ed: Springer, pp. 379-386.
45. H. Couclelis, 1988. "Of mice and men: what rodent populations can teach us about complex spatial dynamics," **Environment and Planning A**, vol. 20, pp. 99-109.
46. J. Han, Y. Hayashi, X. Cao, and H. Imura, 2009. "Application of an integrated system dynamics and cellular automata model for urban growth assessment: A case study of Shanghai, China," **Landscape and urban planning**, vol. 91, pp. 133-141.
47. P. Coppin, I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys, and E. Lambin, 2004. "Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review," **International journal of remote sensing**, vol. 25, pp. 1565-1596.
48. G. Wen, R. F. Cahalan, S. C. Tsay, and L. Oreopoulos, 2001. "Impact of cumulus cloud spacing on Landsat atmospheric correction and aerosol retrieval," **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, vol. 106, pp. 12129-12138,.
49. M. Song and D. L. Civco, 2002. "A knowledge-based approach for reducing cloud and shadow," in *Proc. of*, pp. 22-26.
50. S. Liang, H. Fang, and M. Chen, 2001. "Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery. I. Methods," *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, vol. 39, pp. 2490-2498.
51. H. Ghassemian, 2016. "A review of remote sensing image fusion methods," *Information Fusion*, vol. 32, pp. 75-89.

52. H. Topan, A. Cam, M. Özendi, M. Oruç, K. Jacobsen, and T. Taşkanat, 2016. "Pléiades project: Assessment of georeferencing accuracy, image quality, pansharpening performance and DSM/DTM quality," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences- ISPRS Archives* 41 (2016), vol. 41, pp. 503-510.
53. C. Pohl and J. van Genderen, 2014. "Remote sensing image fusion: an update in the context of Digital Earth," **International Journal of Digital Earth**, vol. 7, pp. 158-172.
54. J. R. Anderson, 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data vol. 964: US Government Printing Office.
55. J. R. Schott, 2007. Remote sensing: the image chain approach: Oxford University Press on Demand.
56. J. A. Richards and J. Richards, 1999. Remote sensing digital image analysis vol. 3: Springer.
57. A. Wacker and D. Landgrebe, 1972. "En kısa distance classification in remote sensing," LARS Technical Reports, p. 25.
58. P. Ukrainski, "Supervised Image Classification Using En Kısa Distance Algorithm," Available: [http://www.50northspatial.org/supervised-image-classification-using-En kısa-distance-algorithm/](http://www.50northspatial.org/supervised-image-classification-using-En-kısa-distance-algorithm/), 2017.
59. T. Lillesand, R. W. Kiefer, and J. Chipman, Remote sensing and image interpretation: John Wiley & Sons, 2015.
60. https://en.wikipedia.org/wiki/Mahalanobis_distance, 10-06-2020..
61. C. Oppenheimer, "S Chowengerdt, Ra 1998. Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing, xiv+ 522 pp. San Diego, London: Academic Press. Price US \$75.00 (hard covers). ISBN 0 12 628981 6," *Geological Magazine*, vol. 136, pp. 697-711, 1999.
62. J. Campbell, 2002. "Introduction to remote sensing. The Guilford Press, New York," Introduction to remote sensing. 3rd ed. The Guilford Press, New York., pp..

63. M. R. Muller and J. Middleton, 1994. "A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada," **Landscape Ecology**, vol. 9, pp. 151-157.
64. E. López, G. Bocco, M. Mendoza, and E. Duhau, 2001. "Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: a case in Morelia city, Mexico," **Landscape and urban planning**, vol. 55, pp. 271-285.
65. D. P. Ward, A. T. Murray, and S. R. Phinn, 2000. "A stochastically constrained cellular model of urban growth," Computers, **Environment and Urban Systems**, vol. 24, pp. 539-558.
66. K. C. Clarke and L. J. Gaydos, 1998. "Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore," **International journal of geographical information science**, vol. 12, pp. 699-714.
67. X. Liu, X. Li, A. G.-O. Yeh, J. He, and J. Tao, 2007. "Discovery of transition rules for geographical cellular automata by using ant colony optimization," **Science in China Series D: Earth Sciences**, vol. 50, pp. 1578-1588.
68. S. Wang, X. Zheng, and X. Zang, 2012. "Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model," **Procedia Environmental Sciences**, vol. 13, pp. 1238-1245.
69. S. W. Myint and L. Wang, "Multicriteria decision approach for land use land cover change using Markov chain analysis and a cellular automata approach," *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 32, pp. 390-404, 2006.
70. C. Kamusoko, M. Aniya, B. Adi, and M. Manjoro, 2009. "Rural sustainability under threat in Zimbabwe—simulation of future land use/cover changes in the Bindura district based on the Markov-cellular automata model," **Applied Geography**, vol. 29, pp. 435-447.
71. F. Fan, Y. Wang, and Z. Wang, 2008. "Temporal and spatial change detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images," **Environmental monitoring and assessment**, vol. 137, p. 127.

72. Q. Zhang, Y. Ban, J. Liu, and Y. Hu, 2011. "Simulation and analysis of urban growth scenarios for the Greater Shanghai Area, China," **Computers, Environment and Urban Systems**, vol. 35, pp. 126-139.
73. F. Wu, 2002. "Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural-urban land conversions," **International journal of geographical information science**, vol. 16, pp. 795-818.
74. X. Li and A. Gar-On Yeh, 2004. "Data mining of cellular automata's transition rules," **International Journal of Geographical Information Science**, vol. 18, pp. 723-744.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Abdullah Fadhil Tawfeeq ALALAWI
Uyruğu: Irak
Doğum Tarihi ve Yeri: 20.11.1990- Kirkuk
Medeni Durum: Bekar
e-mail: abduallah.fadel@yahoo.com
Yazışma Adresi: Fidanlık mah. Ataç 1 sok, Çankaya/Ankara

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2020
Lisans	Northern Technical University	2012
Lise	Al Jihad School, Kirkuk	2007

YABANCI DİL

Arapça, İngilizce, Türkçe