İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İĞNEADA KORUMA ALANININ UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ZAMANSAL DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELECEĞE YÖNELİK MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aliye Gonca BOZKAYA

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İĞNEADA KORUMA ALANININ UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ZAMANSAL DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELECEĞE YÖNELİK MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aliye Gonca BOZKAYA
(501091615)

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091615 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Aliye Gonca BOZKAYA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"İĞNEADA KORUMA ALANININ UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ZAMANSAL DEĞERLENDİRMESİ VE GELECEĞE YÖNELİK MODELLENMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Yrd. Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI Yıldız Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **15 Ocak 2013**

Tüm sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Çalışmam süresince danışmanlığı üstlenen, çalışmamın her aşamasında tüm içtenliğiyle tecrübe ve bilgi birikimini benimle paylaşan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Çiğdem Göksel'e değerli destek ve teşviklerinden dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yer aldığı AB 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen "Building Capacity For A BlackSea Catchment Observation And Assessment System Supporting Sustainable Development" projesi çalışma grubunda bana çalışma fırsatı vererek, gelişimime katkıda bulunmasından dolayı kendisine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her aşamasında, yardıma ihtiyaç duyduğum her an yanımda olup, benimle değerli bilgilerini paylaşan değerli hocalarım, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Yrd. Doç. Dr. Filiz Bektaş Balçık ve Yrd. Doç. Dr. Ahmet Özgür Doğru'ya teşekkür ederim.

Yürütmekte olduğu "İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi" isimli TUBITAK projesi çalışma ekibinde bana çalışma fırsatı verip, çalışmalarıma büyük katkı sağlayan değerli hocam, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü bölüm başkanı Sayın Doç. Dr. Hayriye Eşbah Tunçay'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmama değerli desteği ve verileri ile katkıda bulunan, Namık Kemal Üniversitesi Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Murat Özyavuz'a teşekkür ederim.

Son olarak, eğitim hayatım boyunca benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, başta canım annem Suzan Bozkaya olmak üzere, biricik kardeşim Gökay Bozkaya ve tüm aileme sonsuz teşekkürler.

Bu yüksek lisans tez çalışması; Avrupa Birliği 7.Çerçeve Programı "enviroGRIDS Building Capacity for a Black Sea Catchment Observation and Assessment System Supporting Sustainable Development (Grant agreement number: 226740)" projesi ve TUBİTAK 110Y015 numaralı "İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi" başlıklı projesi tarafından desteklenmiştir. Proje yürütücülerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2012

Aliye Gonca BOZKAYA
(Şehir Plancısı)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 2
1.2 Kapsam 2
1.3 Yöntem 3
2. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ **5**
2.1 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme 6
2.1.2 Atmosferik düzeltme ve radyometrik normalizasyon 9
2.1.2.1 Algılayıcı kalibrasyonu 9
2.1.2.2 Koyu nesne çıkarılması 11
2.1.2.3 Histogram eşleştirme 12
2.1.3 Sınıflandırma 13
2.1.3.1 Kontrolsüz sınıflandırma 13
2.1.3.2 Kontrollü sınıflandırma 15
2.1.3.3 Sınıflandırma doğruluğu 16
2.1.4 Arazi kullanımı/örtüsü değişim tespiti 18
2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Uzaktan Algılama Entegrasyonu 19
3. ARAZİ KULLANIMI / ÖRTÜSÜ DEĞİŞİM MODELLERİ **21**
3.1 Kent Biçimine İlişkin Geliştirilen İlk Modeller/Kuramlar 22
3.2 Modellemede Sistem Yaklaşımı 27
3.3 Karmaşıklık ve Kaos Teorisi 28
3.4 Bulanık Küme ve Bulanık Mantık 31
3.5 CBS ve Kentsel Modelleme 32
3.6 Yapay Sinir Ağları 33
3.7 Etmen Tabanlı Modeller 35
3.8 Lojistik Regresyon 37
3.9 Hücresel Özişleme (Hücresel Otomat) 37
3.9.1 Hücresel özişlemenin elemanları 38
3.9.2 Hücresel özişlemenin matematiksel altyapısı 40
3.9.3 Kentsel hücresel özişleme 40
3.10 Stokastik Matematiksel Modelleme 41
3.11 Markov Zincirleri (Markov Chain) 42
4. UYGULAMA **45**
4.1 Çalışmanın Alanı 45
4.1.1 Coğrafi konum 45
4.1.2 Topoğrafik yapı 46

4.1.3 Jeolojik ve jeomorfolojik yapı 50
4.1.4 İklim 51
4.1.5 Toprak yapısı 53
4.1.6 Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları 54
4.1.7 Toprak erozyonu 56
4.1.8 Hidrografik yapı 57
4.1.9 Flora 60
4.1.10 Fauna 66
4.1.11 Koruma 68
4.1.12 Demografik ve sosyo-ekonomik yapı 72
4.1.13 Alana yönelik tehditler 73
4.2 İğneada Arazi Kullanımı/Örtüsündeki Değişimin Tespit Edilmesi 74
4.2.1 Kullanılan veriler 75
4.2.2 Görüntü önişleme 75
4.2.3 Uygun bant kombinasyonlarının belirlenmesi 77
4.2.4 Sınıflandırma 78
4.2.4.1 Kontrolsüz sınıflandırma 79
4.2.4.2 Kontrollü sınıflandırma 81
4.2.5 Doğruluk analizi 83
4.2.6 Ekran üzerinden sayısallaştırma 85
4.2.7 Değişim tespiti 88
4.3 Çalışma Alanının 2030 Yılı İçin Modellenmesi 94
4.3.1 Stokastik markov modeli 95
4.3.2 Hücresel özişleme tabanlı markov modeli 99
4.3.3 Çok katmanlı algılayıcılı yapay sinir ağı ile çalışan markov modeli 108
4.3.4 Kullanılan modellerin doğruluklarının belirlenmesi 114
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 121
KAYNAKLAR 127
EKLER 151
ÖZGEÇMİŞ 163

KISALTMALAR

ADNKS : Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AKKS : Arazi Kullanım Kabiliyeti Sınıfları
CA : Cellular Automata
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
CITIES : Convention on International Trade and in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
ÇKA : Çok Kriterli Analiz
DEM : Digital Elevation Model
DN : Digital Number
DOS : Dark Object Subtraction
ERTS : Earth Resources Technology Satellite
EU : European Union
GCPs : Ground Control Points
GEF : Global Environmental Facility
GIS : Geographic Information Systems
GPS : Global Positioning System
IUCN : International Union for Conservation of Nature
ISODATA : The Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique
LVQ : Learning Vector Quantization
MİA : Merkezi İş Alanı
MLP : Multilayer Perceptron
ÖBA : Önemli Bitki Alanı
ÖKA : Önemli Kuş Alanı
RMS : Root Mean Square
RMSE : Root Mean Square Error
SOM : Self-Organizig Map
ST : Stokastik
TM : Thematic Mapper
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TUIK : Türkiye İstatistik Kurumu
UTM : Universal Transverse Mercator
WWF : World Wildlife Fund
YSA : Yapay Sinir Ağları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Değişim matrisi. 19
Çizelge 4.1 : Çalışma alanında yükseklik gruplarının dağılımı. 47
Çizelge 4.2 : Çalışma alanında bakı gruplarının dağılımı. 50
Çizelge 4.3 : Kırklareli ili istatistiki iklim verileri (1970 – 2011). [Url-10] 52
Çizelge 4.4 : Çalışma alanındaki göl, sazlık ve longozların büyüklükleri. 60
Çizelge 4.5 : Çalışma alanında bulunan nadir ve endemik bitki türleri. 65
Çizelge 4.6 : Çalışma alanında tehlike altına girebilecek kuş türleri. 66
Çizelge 4.7 : Korunması gereken balık türleri. 67
Çizelge 4.8 : Kesinlikle korunması gereken iki yaşamlı ve sürüngen türleri. 67
Çizelge 4.9 : Çalışma alanında koruma statüleri. 69
Çizelge 4.10 : Çalışma alanında geçerli uluslararası anlaşma ve projeler. 71
Çizelge 4.11 : Yıllara göre nüfus büyüklükleri (TUIK). 72
Çizelge 4.12 : Uydu görüntüleri için bantların korelasyon katsayıları. 78
Çizelge 4.13 : Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar. 79
Çizelge 4.14 : Kontrolsüz sınıflandırma sonucu alansal dağılım. 81
Çizelge 4.15 : Özellik dosyası için alınan örnek sayıları. 81
Çizelge 4.16 : Kontrollü sınıflandırma sonucu alansal dağılım. 83
Çizelge 4.17 : Doğruluk analizi. 84
Çizelge 4.18 : Çalışma alanında arazi kullanım sınıfları. 86
Çizelge 4.19 : Değişim matrisi (1984 - 1990). 88
Çizelge 4.20 : Değişim matrisi (1990 - 2000). 89
Çizelge 4.21 : Değişim matrisi (2000 – 2010). 90
Çizelge 4.22 : Geçiş olasılık matrisi (1990 – 2010). 95
Çizelge 4.23 : Geçiş alanları matrisi (1990 – 2010). 96
Çizelge 4.24 : Arazi kullanımı sınıfının belirlenmesinde stokastik süreç. 98
Çizelge 4.25 : Kriterlerin temel istatistikleri. 101
Çizelge 4.26 : ÇKA sınıf uygunlukları için kriterlerin etkileşim ve ağırlıkları. 104
Çizelge 4.27 : 2030 yılı arazi kullanım tahminlerine göre arazi kullanım/örtüsü. 114
Çizelge 4.28 : Geçiş olasılık matrisi (1990 – 2000). 115
Çizelge 4.29 : Geçiş alanları matrisi (1990 – 2000). 116
Çizelge 4.30 : 2010 yılı tahminlerine göre arazi kullanımı/örtüsü (ha). 119
Çizelge A.1 : Yerleşim - topoğrafya ilişkisi. 151
Çizelge A.2 : Yerleşim - arazi eğimi ilişkisi. 151
Çizelge A.3 : Yerleşim - bakı ilişkisi. 152
Çizelge A.4 : Yerleşim - denize uzaklık ilişkisi. 152
Çizelge A.5 : Yerleşim - suya uzaklık ilişkisi. 152
Çizelge A.6 : Yerleşim - yola uzaklık ilişkisi. 153
Çizelge A.7 : Longoz ormanı - topoğrafya ilişkisi. 153
Çizelge A.8 : Longoz ormanı - arazi eğimi ilişkisi. 154
Çizelge A.9 : Longoz ormanı - bakı ilişkisi. 154
Çizelge A.10 : Longoz ormanı - denize uzaklık ilişkisi. 154

Çizelge A.11 : Longoz ormanı - suya uzaklık ilişkisi. 155
Çizelge A.12 : Longoz ormanı - yola uzaklık ilişkisi. 155
Çizelge A.13 : Longoz ormanı - yerleşime uzaklık ilişkisi. 155
Çizelge A.14 : Orman - topoğrafya ilişkisi. 156
Çizelge A.15 : Orman - arazi eğimi ilişkisi. 156
Çizelge A.16 : Orman - bakı ilişkisi. 157
Çizelge A.17 : Orman - denize uzaklık ilişkisi. 157
Çizelge A.18 : Orman - suya uzaklık ilişkisi. 157
Çizelge A.19 : Orman - yola uzaklık ilişkisi. 158
Çizelge A.20 : Orman - yerleşime uzaklık ilişkisi. 158
Çizelge A.21 : Tarım alanı / açık alan - topoğrafya ilişkisi. 159
Çizelge A.22 : Tarım alanı / açık alan - arazi eğimi ilişkisi. 159
Çizelge A.23 : Tarım alanı / açık alan - bakı ilişkisi. 160
Çizelge A.24 : Tarım alanı / açık alan - denize uzaklık ilişkisi. 160
Çizelge A.25 : Tarım alanı / açık alan - suya uzaklık ilişkisi. 160
Çizelge A.26 : Tarım alanı / açık alan - yola uzaklık ilişkisi. 161
Çizelge A.27 : Tarım alanı / açık alan - yerleşime uzaklık ilişkisi. 161

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yöntem akış şeması. 4
Şekil 2.1 : Yeniden örnekleme. 8
Şekil 2.2 : Histogram eşleştirme (Liu ve Mason, 2009). 12
Şekil 2.3 : ISODATA kümeleme. 14
Şekil 2.4 : Kontrollü sınıflandırma aşamaları. 16
Şekil 3.1 : Tarımsal arazi kullanış modeli [Url-1]. 23
Şekil 3.2 : Eş merkezli çemberler modeli [Url-2] 24
Şekil 3.3 : Merkezi yerler kuramı (Dicken ve Llyod, 1927). 25
Şekil 3.4 : Sektör kuramı [Url-3]. 25
Şekil 3.5 : Çok merkezli gelişme kuramı [Url-4]. 26
Şekil 3.6 : Mandelbrot kümesi [Url-5]. 30
Şekil 3.7 : Yapay sinir ağları. 34
Şekil 3.8 : Hayat Oyunu'ndan bir simülasyon örneği (Liu, 2009). 38
Şekil 3.9 : Von Neumann (a) ve Moore'un (b) komşulukları. 39
Şekil 3.10 : a) Sürekli zaman stokastik süreç b) Kesikli zaman stokastik süreç 41
Şekil 3.11 : Yönlendirilmiş grafik. 42
Şekil 3.12 : Sistemin farklı durumlarda bulunması. 43
Şekil 4.1 : Çalışma alanının konumu. 46
Şekil 4.2 : Çalışma alanının yükseklik grupları. 47
Şekil 4.3 : Çalışma alanının eğim sınıfları. 48
Şekil 4.4 : Çalışma alanının bakı grupları. 49
Şekil 4.5 : Çalışma alanında yüksek kıyılar. 51
Şekil 4.6 : Çalışma alanında alçak kıyılar. 51
Şekil 4.7 : Çalışma alanına ait büyük toprak grupları. 53
Şekil 4.8 : Çalışma alanına ait arazi kullanım kabiliyeti sınıfları (AKKS). 55
Şekil 4.9 : Çalışma alanının erozyon risk durumu 56
Şekil 4.10 : Çalışma alanındaki göl, dere, sazlık ve longozlar. 57
Şekil 4.11 : Erikli gölü. 58
Şekil 4.12 : Mert gölü. 58
Şekil 4.13 : Saka gölü. 59
Şekil 4.14 : Hamam (solda) ve Pedina (sağda) gölleri [Url-11 ve Url-12] 59
Şekil 4.15 : Çalışma alanı taslak gösterimi. 60
Şekil 4.16 : Çalışma alanı bitki örtüsü. 61
Şekil 4.17 : Saka gölü longozu. 62
Şekil 4.18 : Kum zambağı (solda) ve deniz lahanası (sağda). 63
Şekil 4.19 : Göl kestanesi – Pedina gölü. 64
Şekil 4.20 : Koruma alan kategorileri. 70
Şekil 4.21 : Bitirilen eğitim düzeyine göre nüfusun dağılımı (2011). 72
Şekil 4.22 : Geometrik düzeltme aşaması. 76
Şekil 4.23 : Landsat 5 TM görüntüleri a) 1984 b) 1990 c) 2000 d) 2010. 77

Şekil 4.24 : Histogram eşleştirme. 77
Şekil 4.25 : Histogramları eşleştirilmiş görüntüler a) 1984 b) 1990 c) 2000 d) 2010. 77
Şekil 4.26 : ISODATA yöntemi ile sınıflandırılmış Landsat 5 TM görüntüleri. 80
Şekil 4.27 : Kontrollü sınıflandırılmış Landsat 5 TM görüntüleri. 82
Şekil 4.28 : Yıllara göre arazi kullanım sınıflarının alansal dağılımı. 86
Şekil 4.29 : Arazi kullanım haritaları 1984, 1990, 2000 ve 2010. 87
Şekil 4.30 : Arazi kullanım sınıflarında kazanç ve kayıplar (alan %). 90
Şekil 4.31 : Değişen ve değişmeyen alanlar (1984 – 2010). 92
Şekil 4.32 : Yıllara göre orman alanlarının büyüklükleri. 93
Şekil 4.33 : Yıllara göre yerleşim alanlarındaki artış. 93
Şekil 4.34 : Yıllara göre yerleşim alanlarındaki değişim. 94
Şekil 4.35 : Markovian koşullu olasılık görüntülerinden bazıları. 97
Şekil 4.36 : Stokastik markov modeli arazi kullanım tahmin görüntüsü (2030). 99
Şekil 4.37 : Çok kriterli analiz. 100
Şekil 4.38 : a) Yükseklik b) Eğim c) Bakı d) Büyük toprak grupları. 102
Şekil 4.39 : a) Yerleşime uzaklık b) Yola uzaklık c) Denize uzaklık d) Suya uzaklık. 103
Şekil 4.40 : Lineer üyelik fonsiyonları. 104
Şekil 4.41 : Arazi kullanım sınıfları için uygunluk görüntüleri. 105
Şekil 4.42 : CA tabanlı markov modeli arazi kullanım tahmin görüntüsü (2030). 107
Şekil 4.43 : Değişen alanlar 1990 – 2010. 108
Şekil 4.44 : Deneysel olasılık görüntüsü (1990-2010). 109
Şekil 4.45 : Mesafe görüntüleri (2010). 110
Şekil 4.46 : MLP ile geçiş potansiyellerinin hesaplanması. 112
Şekil 4.47 : MLP_Markov arazi kullanım tahmin görüntüsü (2030). 113
Şekil 4.48 : Markov chain'e bağlı olarak üretilen modeller. 115
Şekil 4.49 : ST_Markov modelinin doğruluk değerlendirmesi. 116
Şekil 4.50 : CA_Markov modelinin doğruluk değerlendirmesi. 117
Şekil 4.51 : Değişen alanlar 1990 – 2000. 118
Şekil 4.52 : MLP_Markov modelinin doğruluk değerlendirmesi. 119
Şekil 4.53 : 2010 yılı arazi kullanım tahmin görüntüleri ve arazi kullanım haritası. 120

İĞNEADA KORUMA ALANININ UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ZAMANSAL DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELECEĞE YÖNELİK MODELLENMESİ

ÖZET

Toprak, bitki örtüsü, su, hava, gibi bileşenleri ile bir bütün olan doğal çevrenin, öngörülemeyen nüfus artışı, plansız kentleşme, plansız sanayileşme ve turizm faaliyetleri gibi etkenlerle tehdit altında olduğu bilinmektedir. Doğal kaynakların aşırı kullanımı, tahribi ve gerekli koruma koşullarının oluşturulmaması sonucunda ekosistemler zarar görmekte ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. 1950'li yıllarda ortaya çıkan kentleşme hareketi ile birlikte ortaya çıkan bu problem, artan kentleşme baskısı ile günümüzde giderek büyümektedir. Sürdürülebilir kullanımı ve korumayı destekleyen, insanı da gerek sosyal çevresi gerekse de kültürel zenginliği ile ekosistemlerin ayrılmaz bileşeni gören, canlı ve cansız kaynakların bütüncül yönetimini sağlamaya yönelik bir strateji olan ekosistem yaklaşımı, yaşayan organizmalar ve yaşam ortamları arasındaki süreçleri, işlevleri ve karşılıklı etkileşimleri denetleyen ve uygun bilimsel yöntemlerin uygulanmasına dayanmaktadır.

Günümüzde ekolojik hassasiyete sahip alanların sürdürülebilirliğinin sağlanması için bu alanlar "koruma alanı" olarak ilan edilmesi bir yöntem olarak uygulanmaktadır. Ancak, zaman içerisinde koruma statüsündeki farklılıklar ve yetersizlikler nedeni ile çeşitli sorunlarla karşılaşılmaktadır. Doğal kaynakların verimliliklerini kaybetmeden kullanımının sağlanması, korunması ve geliştirilmesi için geçmişe yönelik analizlerinin yapılması, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün zaman içinde nasıl değiştiğinin belirlenmesi ve geleceğe yönelik modellerin oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Longoz, diğer bir deyişle su basar ormanları ülkemizde ve dünyadaki en hassas ekosistemlerden bir tanesidir ve Bern Sözleşmesi'ne göre tehlike altında bir habitat olarak tanımlanmıştır. Ülkemizdeki longoz ormanlarının en büyüğü İğneada longozudur ve Avrupa'nın da en büyük ikinci longoz ormanı olma özelliğini taşımaktadır.

İğneada longoz (su basar) ormanları, yaprağını döken orman ekosistemleri, tatlı ve tuzlu su gölleri, bataklıklar ve alçak ve yüksek kıyı alanları, kıyı kumulları ile özel bir alandır. Biyolojik çeşitlilik açısından çok zengin bir alan olan İğneada, Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanından (ÖBA) ve 184 adet Önemli Kuş Alanından (ÖKA) bir tanesidir. Aynı zamanda, WWF Küresel 200 eko-bölge dâhilinde bir çekirdek alan ve potansiyel bir Natura 2000 sahasıdır.

Ekolojik açıdan canlılar için önemli ve hassas doğal alanların sürdürülebilirliğini sağlamak açısından, bu alanlar için alınacak kararlar büyük önem taşımaktadır. Bölgenin geçmişinin, nasıl geliştiğinin ve şu anki durumunun belirlenmesi, gelecekteki ne durumda olabileceğinin öngörülmesi bakımından önemlidir. Bu nedenle, tez çalışması iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama, uzaktan

algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemleri ile uydu görüntülerinden bölgenin arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi, ikinci aşama ise, tahmin modelleri yardımı ile bölgenin 2030 yılı için arazi kullanımı ve arazi örtüsünün nasıl değişeceğinin öngörülmesidir.

Çalışmanın ana materyali, 7 Eylül 1984, 7 Ağustos 1990, 18 Ağustos 2000 ve 15 Eylül 2010 tarihlerine ait, Landsat 5 TM uydu görüntüleridir. Ayrıca, 2003 tarihli IKONOS uydu görüntüsü, 2009 tarihli Aster uydu görüntüsü, Google Earth'de yer alan görüntüler, yer gerçeği verileri ve Harita Genel Komutanlığı'ndan alınan 1984 tarihli hava fotoğrafları referans veri olarak kullanılmıştır.

Bu görüntülerin işlenmesi, analizi, bilgi çıkarımı, değişim tespiti, haritaların elde edilmesi ve modelleme aşamalarında Erdas Imagine 9.1, Envi 4.7, ArcGIS 9.3 ile IDRISI Selva programları kullanılmıştır.

Elde edilen görüntüler öncelikli olarak önişleme adımlarından geçirilmiş, sırasıyla geometrik düzeltme, atmosferik düzeltme ve radyometrik normalizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bütün görüntüler kontrolsüz ve kontrollü olarak sınıflandırılmıştır ve tematik doğruluk için, doğruluk analizleri yapılmıştır. Doğruluk analizi sonuçlarına göre, sınıflandırmalara ait genel doğruluk ve Kappa doğruluk oranlarının kabul edilebilir değerler olmasına rağmen, sonuçlar incelendiğinde bazı sınıfların spektral yansıtım değerlerinin birbirine benzer olması nedeniyle, sınıfların birbirine karıştığı tespit edilmiştir. Modele girdi olacak sınıflandırma sonuçlarının yüksek doğrulukta olması gerektiğinden, görüntü üzerinden doğruluğundan emin olunan alanlar ekran üzerinden sayısallaştırılmış ve sınıflandırılmış görüntü ile birleştirilmiştir. Böylece doğruluk oranı arttırılmıştır.

Elde edilen arazi kullanım haritaları kullanılarak, çalışma alanının 1984 ile 2010 yılları arasında arazi kullanımı/örtüsünde meydana gelen değişimler "from-to" analizi ile değişim matrisi, değişim görüntüleri ve kazanç-kayıp grafikleri kullanılarak ortaya konmuştur.

Çalışmanın ikinci aşamasında; üç farklı metot kullanılarak, çalışma alanına ait arazi kullanımı/örtüsü 2030 yılı için tahmin edilmiştir. Kullanılan bütün modeller Markov Chain tahmin modeline dayanmaktadır. Uygulanan ilk model, geçiş olasılık matrisi ve koşullu olasılık görüntüsünün kullanıldığı Stokastik Markov Modeli (ST_Markov)'dir. Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) literatürde en sık karşılaşılan modellerden bir tanesidir ve geçiş alanları matrisi, temel arazi kullanım haritası, çok kriterli analiz ile elde edilmiş uygunluk görüntüleri ile 5*5 komşuluk filtresi kullanılarak çalışma alanı için uygulanmıştır. Uygulanan son model ise, en yaygın yapay sinir ağı modellerinden biri olan Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ'ın kullanıldığı Çok Katmanlı Algılayıcılı Yapay Sinir Ağı ile Çalışan Markov Modeli (MLP_Markov)'dir. 1990-2010 yıllarına ait arazi kullanım haritalarının karşılaştırılması ile elde edilen değişim görüntüsü, geçiş potansiyeli haritaları ve geçiş alanları matrisi kullanılarak bu model uygulanmıştır.

Uygulanan bu modellerin doğruluklarının belirlenmesi için, bütün modeller ile 2010 yılı arazi kullanımı/örtüsü tahmini yapılmış ve çalışmanın ilk aşamasında elde edilen 2010 yılı arazi kullanım haritası ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda piksel bazında en doğru tahmin Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli ile elde edilirken, arazi kullanım sınıfları alansal olarak karşılaştırıldığında en doğru tahminlerin Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ ile çalışan Markov Modeli ve Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli ile elde edildiği görülmektedir.

TEMPORAL ASSESSMENT OF IGNEADA CONSERVATION AREA WITH REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND MODELING THE FUTURE

SUMMARY

Natural environments are ecological units that include all vegetation, soil, water, and air components. They threatened by unpredictable population growth, unplanned urbanization, industrialization and increasing tourism activities. As a result of excessive use and destruction of natural resources and lack of necessary protection conditions, ecosystems are damaged and therefore are in danger of extinction. Today, this problem gradually increases because of both the urbanization movement that emerged in the 1950s and increasing pressure of this movement. The ecosystem approach is a strategy, which promotes conservation and sustainable use of natural resources. It also accepts human as an inseparable component of ecosystems and attempts to provide an integrated management of living and non-living resources. It is based on the application of appropriate scientific methods that control processes, functions and interactions between living organisms and their habitats.

Today, in order to ensure the sustainability of ecological sensitive areas, these areas are declared as "protected area". However, in the course of time, several problems encountered, due to the deficiencies and differences on the protection status. It is very important to make retrospective analysis of natural resources for their sustainable utilization, conservation and development; to determine land use/land cover changes and to create future development models.

Flooded forests (Longos Forests) are one of the most fragile and rare ecosystems in the world. All over the world, there are a limited number of these areas and there are very significant at local, national, regional and global levels. In The Bern Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern Convention), they were defined as habitat under threat. İğneada Longos Forest are the largest longos forest in Turkey and the second largest longos forest in Europe. İğneada is a sub-district located in the province of Kırklareli in the northwest of Turkey. It is located in the Black Sea coast and on the slopes of Yıldız (Istranca) Mountains. Its distance to Bulgarian border is 15 km.

Igneada Protection Area is the study area of this research. This area is defined as protection area in the Conservation Plan of İğneada Protection Area prepared by Republic of Turkey, Ministry of Forestry, General Directorate of National Parks, Hunting and Wildlife in 2007. Study area includes Limanköy, Avcılar, Beğendik and Igneada sub-district (which also hosts İğneada Longos Forest Natural Protection Park), located between the coordinates of 41° 45' - 41° 58' N and 27° 50' - 28° 03' E. The total acreage of the area is 239,90 km^2.

The streams flowing from the Yıldız (Istranca) Mountains towards the Black Sea end up in the lakes and their swamps, before getting to the sea. Coastal dunes create a

barrier effect in front of the lakes and swamps; and the longos forest is covered with water in both spring and winter seasons. Iğneada longos forest with its three individual parts (Erikli, Mert and Saka) includes wetland ecosystem, sand dune ecosystem and marsh-forest ecosystem,, simultaneously. Seasonally flooded forest, fresh water lakes, marshes and sandy shores contain rich animal and plain species. They host 194 bird species, 310 insect species, 46 mammal species, 28 fish species, 11 reptile species and 6 amphibian species. According to the flora report prepared as part of GEF-II (Global Environment Facility) project which is carried out by the Ministry of Forestry, 21 of 592 plant species in İğneada are rare species, and also 4 of those are endemic species.

İğneada has a rich biodiversity. It is one of the 122 Important Plant Areas and 184 Important Bird Areas of Turkey. This area is a valuable site because of being both a core-site within WWF (World Wildlife Fund) Global 200 eco-region and a potential Natura 2000 site.

İğneada protected by various statuses such as Nature Protection Park, Natural Site and Wildlife Protection Area, since 1970s. In 2007, the area has been declared a National Park. In İğneada, apart from the partial national protection statuses, there are also another statuses, which were introduced by international projects and agreements such as Bern Convention, CITIES (Convention on International Trade and in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) and GEF-II Project. In 1977, The International Union for Conservation of Nature for European countries published "Red Data Book" (The IUCN Red List of Threatened Species) including about 1500 plant species. The Red List was updated last in 2012. It is the most comprehensive inventory of the global conservation status of plant and animal species in the world. Some of the İğneada Longos Forest plants are in this list.

Despite its ecological sensitivity and importance, there are a variety of projects for the area as dam project, project of water supply to İstanbul, port project, the coastal road project, thermal reactor and nuclear power plant projects. In terms of providing the sustainability of ecologically important and sensitive natural areas, decisions taken for these fields have big importance. The determination of the history, the development and current situation of the region is important on account of the prediction of its future condition.

This study is realized in two steps. In the first step, land use/land cover change of the region was determined by using remote sensing and GIS techniques. Afterwards, forecast of the future land use and land cover changes in İğneada Protection Area for the 2030 was provided with the help of prediction models.

For detecting land use/land cover changes in the study region from 1984 to 2010, four different satellite imageries were used as main data source, namely, Landsat 5 Thematic Mapper (TM) 7 September 1984, 7 August 1990, 18 August 2000 and 15 September 2010. Several data have been used for the purpose of ground-truthing/referencing, These are IKONOS satellite image for the year of 2003 (4-meter spatial resolution), Aster satellite imagery for the year of 2009 (15-meter spatial resolution), Google Earth images, Ground-truth data and air photos for the year 1984 which have been taken from The General Command of Mapping of Turkey under the Ministry of National Defense.

Different software programs have been used for conducting this research. Erdas Imagine 9.1 and Envi 4.7 were used to process, analyze, classify and assess accuracy and precision of the data generated. It was also used for change detection. ArcGIS 9.3 was used for on-screen digitizing and map preparation. IDRISI Selva was used for urban model simulation.

First of all, image pre-processing was conducted to eliminate sensor problems, atmospheric and geometric distortions. Geometric correction applied to correct systematic and non-systematic distortions by using Ground Control Points (GCPs). All images were geometrically corrected and transformed into the Universal Transverse Mercator (UTM) coordinate system (Ellipsoid: WGS 84, Datum: WGS84, Zone: 35). Then, satellite images were corrected radiometrically and atmospherically to eliminate system errors and to minimize contamination effects of atmospheric particles through absorption and scattering of the radiation from the earth surface. In this research, firstly satellite images radiance values were converted, then dark-object subtraction and histogram matching methods are applied.

Subsequently, two basic techniques; unsupervised and supervised classification techniques were applied to prepare the base maps. ISODATA and Maximum Likelihood methods were used for detection of land use class. As a result of supervised classification, nine land use/cover classes were obtained. To determine the thematic accuracy, accuracy assessment was done using Kappa statistic and error matrix. According to accuracy analysis results, the overall accuracy and Kappa accuracy rates are acceptable. However, when the classification results were studied carefully by doing visual analysis, it was established that spectral classes were intermixed due to the spectral reflectance values of some classes are similar to each other.

Base maps were obtained from classification results, and they should have high accuracy rates because of the necessary need of model study. In order to increase the accuracy rates, on-screen digitizing method were used. The data got from the method combined with classification results. Thus, base maps, with high accuracy, were obtained for four years.

Change detection applied by comparing these base maps using from-to analysis. Change matrix, change images and gain-loss charts defined Land use/cover changes. According to change matrix, the rate of change in residential areas is the highest.

The second step of this study, three different models were implemented to simulate the land cover map of İğneada in 2030. All models based on the Markov Chain prediction model. The first model applied is the Stochastic Markov Model (ST_Markov) that used transition probability matrix and Markovian conditional probability images. The second model is the Cellular Automata Markov Model (CA_Markov) and this model is one of the most common models in literature. Application of this model, transition areas matrix, base map (2010), suitability images that obtained by multi-criteria analysis and 5*5 neighborhood filter were used. Last model is worked with the Multi-Layer Perceptron Network, which is the most common artificial neural network model. This model's name is the Multi-Layer Perceptron Markov Model (MLP_Markov). Change image from 1990 to 2010, transition potential maps and transition areas matrix were used in this model.

At the final part of application, three models above were implemented to simulate the land cover map of İğneada of 2010, for selecting the best-fitted model. All results compared with base map of 2010. This comparison was carried out as pixel-level and land use classes of spatially quantities. As a result of this comparison, the Cellular Automata Markov Model obtained the most accurate estimate on pixel-level comparison. According to comparison of spatial quantities, the most suitable models are Cellular Automata Markov Model and Multi-Layer Perceptron Markov Model.

This study include an integrated approach of remote sensing, geographic information systems and urban modeling techniques in explaining land use and land cover in İğneada Protection Area. It was found that the behavior of land use and land cover between 1984 and 2010 using change detection techniques. In this area, the land use/cover dynamics are stable for the defined land use/cover area changes. Markov chains a useful tool for describing and projecting land use/cover quantities and three different models which based on Markov chains were used in this study. By the reason of the fact that Stochastic Markov Model uses only transition probability matrix and Markovian conditional probability images, the rate of accuracy of this model, is lower than the other models accuracy. The Cellular Automata Markov Model and Multi-Layer Perceptron Markov Model take into consideration of the factors that affect land use/cover as slope, aspect, elevation. For this reason, the more accurate estimates were obtained from these models.

Consequently, examination of past and current situation by using remote sensing and GIS techniques and for the future land use and land cover prediction using appropriate urban forecasting models are important for sustainable environment.

This master thesis was supported by both EU Funded project EnviroGRIDS 7. Framework Programme FP7-EN-2008-1 “Building Capacity for a Black Sea Catchment Observation and Assessment System Supporting Sustainable Development (Grant agreement number: 226740)” and TUBITAK funded project “110Y015: Detection of Historic Urban Growth Pattern and Modeling Future Urban Development in İğneada Protection Area”.

1. GİRİŞ

Arazi örtüsü (dünya yüzeyinin biyofiziksel özniteliği) ve arazi kullanımı (arazi üzerindeki insan aktivitesi) değişimi bugünkü küresel değişim olaylarında önemli bir rol oynar (Turner ve diğ, 1990; Vitousek, 1992). Bu değişim, doğal sistemler ve insan sistemleri ile bağlantılı, karmaşık ve dinamik bir süreçtir. Bu süreç toprak, su ve atmosfere etki eder (Meyer ve Turner, 1994).

Biyoçeşitliliğin azalması, ekosistem döngüsünün bozulması ve doğal kaynakların kaybedilmesi gibi tehlikeler karşısında, bölgesel düzeyde ya da dünya ölçeğinde önem taşıyan, ekolojik açıdan hassas alanların korunması gerekmektedir. Bu alanlara farklı ülkelerde, değişik isimlere ve standartlara sahip, çeşitli koruma statüleri verilmekte ve bu yolla sürdürülebilirliğin sağlanması amaçlanmaktadır.

Koruma alanlarının en önemli işlevleri, ekolojik süreçlerin devamının ve bütünlüğünün sağlanması, biyolojik çeşitlilik ve ekolojik istikrarın korunmasıdır. Fakat gerek ihtiyaçlar karşısında hızla alınan bazı üst ölçek planlama kararları, gerekse bu alanlar etrafında gelişen kentleşme ve buna bağlı ortaya çıkan bireysel ihtiyaçlar, doğal alanlar için büyük bir tehlike arz etmektedir. Doğal ekosistemler açısından doğru planlama kararlarının alınması, kentsel gelişimin ve doğal kaynaklarının kullanımının kontrol altında tutulması için, geçmişe ve geleceğe yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Dünya ölçeğinde ve bölgesel ölçekte önem taşıyan ekolojik olarak hassas alanların korunması, kendini yenileyebilme hızını aşmadan kullanma dengesinin sağlanması, hızla değişen dünyamız, gelecek nesillerin sağlığı ve ekolojik dengenin bozulmaması açısından önemlidir.

Doğal alanlar için en büyük tehlike, hızlı nüfus artışı, gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte, bu alanların çevresinde gelişen yerleşim alanları, burada yaşayan bireylerin ihtiyaçları ve özetle insanoğlunun ekosistemler üzerindeki artan baskısıdır. Bu alanların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için, kentsel gelişimin ve doğal kaynakların kullanımının kontrol altında tutulması gerekmektedir.

1.1 Tezin Amacı

İğneada Koruma Alanı ekolojik açıdan hassas, birçok endemik ve nadir bitki türleri ile hayvan türleri için habitat alanı olma özelliği taşıyan, sadece Türkiye için değil, dünya ölçeğinde önemli bir ekosistemdir. Alandaki kaynakların verimliliklerinin devamı ve koruma-kullanma dengesinin sağlanması, bu ekosistemin geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, alanın karakteristiğinin belirlenmesi, geçmişe yönelik analizlerle zaman içerisinde değişime uğrayıp uğramadığının, değiştiyse bu değişimin ne ölçüde ve hangi yönde olduğunun belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada, doğal alanlar için risk oluşturan kentleşmenin ve doğal alanlardaki değişimin zamansal gelişiminin izlenmesi, ileriye yönelik olarak bir gelişim modeli oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı İğneada kentsel alanları ve longoz ormanlarını kapsayan İğneada Koruma Alanındaki zamansal değişimin uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama yöntemi ile tespit edilmesi ve alanın gelecekte nasıl şekilleneceğinin belirlenmesi amacıyla Markov zincirleri yöntemi ile 2030 yılı için modellenmesidir.

1.2 Kapsam

İğneada koruma alanı ve çevresi, longoz ormanları, karışık orman alanları, sazlık ve bataklık alanları, geniş kumsalları, sulak alanları ve bu alanların ev sahipliği yaptığı farklı yaşam türleriyle uluslararası öneme sahip bir habitattır.

2007 yılında, longoz ormanlarını, göl ve sazlık alanlarını içerecek şekilde bir bölümü Milli Park ilan edilen alanda, parçacıl olarak sit alanları, yaban hayatı koruma sahası ve tabiatı koruma alanı gibi farklı koruma sahaları da bulunmaktadır. Koruma kategorisinin tipi, sınırının dar olması, alan üzerinde farklı kurumların hak sahibi olması ve yöre halkının bu planlamada ne kadar aktif rol oynayacağının bilinmemesi alanda çeşitli sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Özyavuz, 2008).

Bu çalışma, 2007 yılına Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan "İğneada Koruma Alanı Yönetim Planı"nda belirlenen, "İğneada Koruma Alanı" sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu alan, İğneada, Limanköy, Beğendik, Avcılar yerleşimlerini ve İğneada Longoz Ormanları Milli Parkı'nı içermektedir.

Çalışmada arazi örtüsü/ kullanımı değişiminin tespiti için, 07.09.1984, 07.08.1990, 18.08.2000 ve 15.09.2010 tarihli Landsat 4,5 TM uydu görüntüleri, doğruluk analizi için 2003 tarihli Ikonos, 2009 tarihli Aster uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ve Google Earth uydu görüntüleri kullanılmıştır. Topoğrafik verilerin elde edilmesinde AsterDEM verisinden yararlanılmıştır.

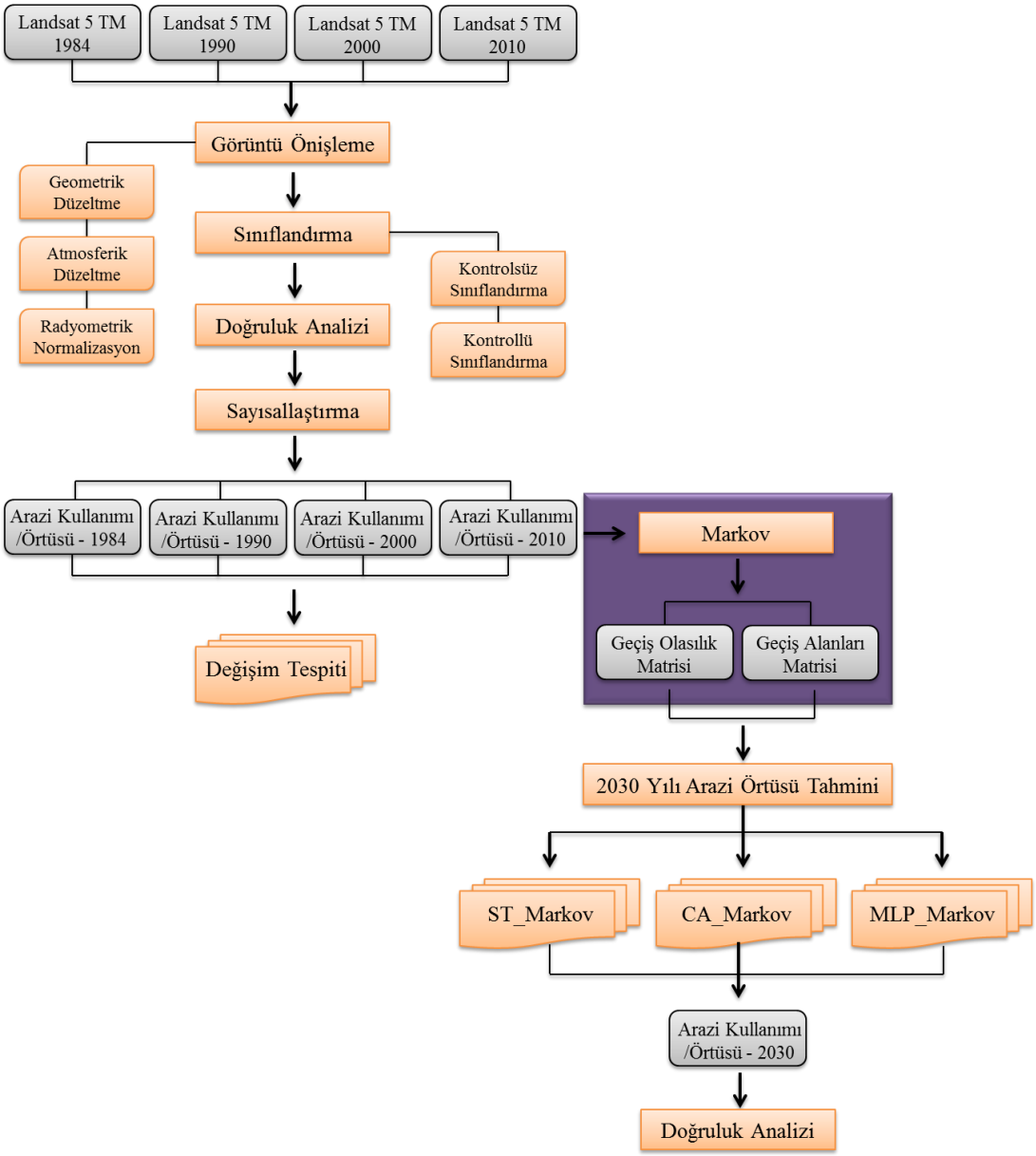
Görüntü işleme çalışmaları için Erdas Imagine 9.1 ve Envi 4.7, Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları için ArcGIS 9.3, modelleme için Idrisi Selva yazılımları kullanılmıştır.

1.3 Yöntem

Çalışmada İğneada çalışma bölgesinde arazi kullanımı ve arazi örtüsünde meydana gelen zamansal değişimin belirlenmesi ve Markov zincirleri yöntemini temel alan üç farklı model ile arazi kullanımında meydana gelebilecek olası değişimlerin öngörülmesi için aşağıdaki aşamalar izlenmiştir:

- Literatür araştırması
- Veri yöntem ve analizi
- Görüntü önişleme
- Sınıflandırma
- Ekran üzerinden sayısallaştırma
- Arazi kullanım haritalarının elde edilmesi
- Zamansal arazi kullanımı/örtüsü değişim tespiti
- Tahmin modellerinin oluşturulması
- Doğruluk analizi

Bu adımları içeren yöntem akış şeması Şekil 1.1'de verilmektedir.



Şekil 1.1 : Yöntem akış şeması.

2. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

Uzaktan algılama bir obje veya durumun uzak bir noktadan gözlenmesi, algılanması ve kayıt edilmesi olayıdır (Weng, 2010). Başka bir ifade ile uzaktan algılama, arada fiziksel bir temas olmadan bir cisimden yayılan ışınımın nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ve cisim özelliklerinin belirlenmesidir. Temel prensip olarak, cisimlerden yayılan elektromanyetik enerji, hava araçları veya uydulara yerleştirilmiş ölçüm araçları aracılığıyla algılanarak kaydedilir. Kaydedilen bu veriler görüntüye dönüştürülmek üzere bir uydu yer istasyonuna gönderilir ve bilgi çıkarımı yapmak amacıyla çeşitli işleme teknikleri ile zenginleştirilir ve analiz edilir.

İlk olarak 1909 yılında Wilbur Wright tarafından uçaktan seri hava fotoğraflarının çekilmesiyle başlayan uzaktan algılama çalışmaları, 1972 yılında ABD'de NASA (National Aeronautics and Space Administration - Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) tarafından, ERTS (Earth Resources Technology Satellite), bugünkü bilinen ismiyle, LANDSAT uydusunun fırlatılması ile önemli bir gelişme kaydetmiştir. Bugün farklı mekânsal, zamansal, radyometrik ve spektral çözünürlüklere sahip, çeşitli uydular aracılığıyla veri elde edilebilmektedir.

Uzaktan algılama, geniş alanların görüntülenmesine, hızlı veri aktarımına, zamandan tasarruf sağlanmasına, verilerin kolay depolanmasına ve bilgisayar ortamında çalışılmasına olanak verir. Ayrıca, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile bütünleşebilmesi, düzenli olarak güncelleştirmeye ve meydana gelen değişiklikleri izlemeye imkân tanıması, çok bantlı algılayıcılarla elektromanyetik spektrumda insan gözünün algılayamadığı bölgelerde de veri elde edebilmesi, uzaktan algılama yöntemlerini daha da önemli kılmaktadır. Uydu verileri ve görüntü işleme ile yer yüzeyine ait, objektif veri elde etme ve mekansal analiz yapma olanağı sunar (Duran, 2007).

CBS, problem veya problemleri çözmek için konumsal ve konumsal olmayan verileri toplama, bilgisayarda depolama, güncelleme, paylaşma, kontrol ve analiz etme ve görüntüleme yapabilen, bilgi üreten sistemlerdir (Johnson ve diğ. 1992; Davis, 2001; Koruyan ve diğ., 2007; Phadke, 2006; Jain, 2009; Weng, 2010). CBS ve veri tabanı

kullanımı 1990'lı yıllarda oldukça yaygınlaşmış, ABD ve Avrupa'da birçok alandaki karmaşık problemlerin çözümünde etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bugün CBS, planlama, haritacılık, fotogrametri, uzaktan algılama, istatistik ve bilgisayar bilimleri gibi pek çok disiplinin kesişim noktasında yer almaktadır.

2.1 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme

Dijital görüntü işlemenin amacı, görüntünün görsel kalitesinin arttırmak, belirli özelliklerini geliştirmek, vurgulamak ve görüntülerdeki farklı olguları temsil eden mekânsal ve spektral desenleri belirlemek ve çıkarmaktır (Liu ve Mason, 2009).

Sayısal görüntülerden veri elde etme için uygulanacak işleme ve analiz adımlarından önce, görüntüdeki sistematik veya sistematik olmayan hataların giderilmesi ve diğer işlemler için gereken süreç, ön işleme olarak adlandırılır. Ön işleme adımları genel olarak, geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemlerinden oluşur (Campbell ve Wynne, 2011).

Görüntü işleme adımında ise görüntü zenginleştirme, sınıflandırma ve doğruluk değerlendirmesi işlemleri gerçekleştirilir.

2.1.1 Geometrik düzeltme

Ham uydu görüntüleri distorsiyonlar içerdikleri için haritaların geometrik özelliğine sahip değildirler. Sensör hataları, tarayıcının hızındaki değişimler, platformun eğikliği, yüksekliği, duruşu gibi algılayıcı platforma bağlı hatalar ve yerkürenin eğikliği, algılama sırasında dünyanın konumu gibi yeryüzüne bağlı hatalar geometrik distorsiyonların başlıca nedenleridir (Richards, 2005).

Ham görüntüdeki distorsiyonların giderilmesi ve yer kontrol noktaları (GCPs) kullanılarak tanımlı bir coğrafi koordinat sistemine oturtulması işlemi *geometrik düzeltme* (rektifikasyon) olarak adlandırılır.

Geometrik düzeltme iki temel adımı içerir:

1. Yer kontrol noktaları kullanılarak polinom deformasyon modelinin oluşturulması
2. Oluşturulan bu deformasyon modeline göre görüntünün yeniden örneklenmesi (Liu ve Mason, 2009).

Görüntüdeki sistematik olmayan hatalar, görüntü üzerinde keskin ve net olarak ayırt edilebilen yer kontrol noktaları ile bu noktaların yeryüzündeki koordinatları arasındaki matematiksel bağıntı kurularak giderilir (Jensen, 1996; (Richards, 1999). Yer kontrol noktaları, görüntü üzerine homojen olarak dağılacak biçimde seçilir ve yer koordinatları yardımı ile görüntü üzerinde doğru noktalara karşılık gelecek şekilde yerleştirilir.

Yer koordinat sistemi ile görüntü arasındaki bağıntıyı sağlayan 1. ve 2. derece lineer dönüşüm eşitlikleri için gerekli katsayılar, yer kontrol noktalarının her iki sistemdeki mevcut koordinat değerlerine en küçük kareler yöntemi uygulanarak belirlenir. Dönüşümde kullanılacak polinom derecesi, dönüşüm uygulanacak uydu verisinin özelliklerine bağlıdır. Uydu görüntüleri için, genellikle 1. derece dönüşüm yeterlidir (Janssen ve Vander Wel, 1994; Bektaş, 2003).

Matematiksel gösterimde iki koordinat sistemi arasındaki bağıntı;

$$x = f_1\,(X, Y)$$
$$y = f_2\,(X, Y) \qquad \textbf{(2.1)}$$

ile ifade edilir. Formüldeki;

f_1, f_2: Transformasyon fonksiyonları

x, y: Görüntü koordinatları (satır, sütun)

X, Y: Yer koordinatları (Referans sisteminde)' dır.

Genel ifadesiyle n. dereceden bir polinom ise şu şekildedir:

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + \ a_4xy + \ \dots\dots + a_my^n$$
$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + \ b_4xy + \ \dots\dots + b_my^n \qquad \textbf{(2.2)}$$

Dönüştürülen görüntü koordinatları ve buna karşılık gelen referans koordinatları arasındaki dönüşümün doğruluğunu test etmek için, aynı noktanın konumları arasındaki uzaklık *(RMS: Karesel Ortalama Hata)* hesaplanır (Erdas Field Guide, 1997). Karesel Ortalama Hata hesaplanırken (2.4)'te verilen formül kullanılır.

Eşitlikteki;

R_X, R_Y : x ve y yönlerindeki karesel ortalama hatalar

RMSE: Toplam karesel ortalama hata

X_{Ri}, Y_{Ri}: i. yer kontrol noktasının düzeltme değerleri

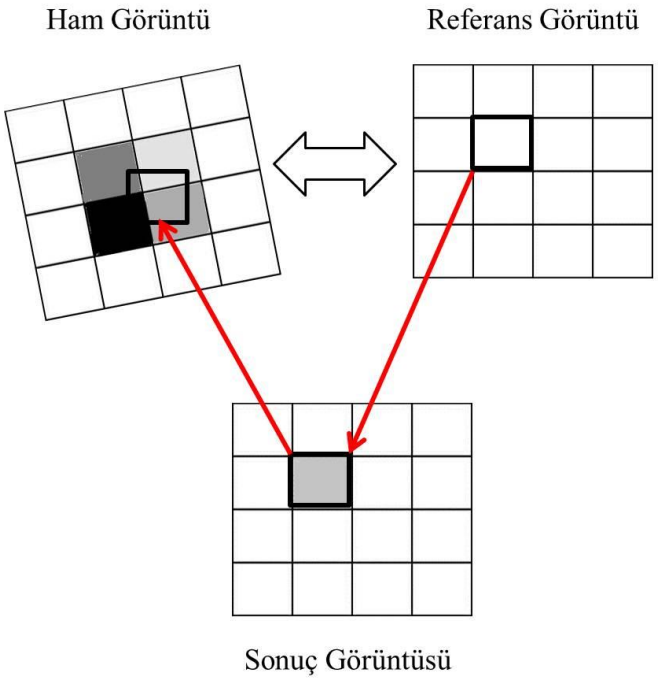
n: Yer kontrol noktası sayısı'nı ifade etmektedir.

$$R_x = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_{R_i}^2} \qquad \textbf{(2.3)}$$

$$R_y = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_{R_i}^2}$$

$$RMSE = \sqrt{R_x^2} + \sqrt{R_y^2} \qquad \textbf{(2.4)}$$

Geometrik dönüşüm sırasında uydu görüntüleri mevcut grid sisteminden yeni bir grid sistemine dönüştürülür. Dolayısıyla orijinal piksel değerleri, yeni piksel değerlerine göre yeniden örneklenir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Yeniden örnekleme.

Yeniden örnekleme işlemi üç farklı yöntem kullanılarak yapılabilmektedir. Bunlar; En Yakın Komşuluk Yöntemi, Bilineer Enterpolasyon Yöntemi ve Kübik Katlama

Yöntemi'dir. Hesaplama kolaylığı ve veri kaybına neden olmamasından dolayı en çok kullanılan yöntem En Yakın Komşuluk Yöntemi'dir (Campbell, 1996; Mather, 2004). Bu yöntemde, orijinal görüntünün piksel değerleri düzeltilmiş görüntüdeki en yakın piksellere atanmaktadır. Böylelikle orijinal görüntüdeki piksel değerleri değişmeden yeni görüntüye aktarılır.

Bilineer Enterpolasyon Yöntemi'nde yeni piksele, en yakın dört pikselin; Kübik Katlama Yöntemi'nde ise en yakın on altı pikselin ortalaması atanır.

2.1.2 Atmosferik düzeltme ve radyometrik normalizasyon

Uzaktan algılamada enerji kaynağından gelen elektromanyetik enerji, atmosferden geçerken yutulma, saçılma, yansıtılma ve dağıtılma gibi etkilere maruz kalır. Bunun nedeni atmosferde bulunan sis, bulutlar, buz parçacıkları, gaz molekülleri gibi aerosol maddelerdir. Bu etkiler sonucunda, hedefe gelen toplam ışınım miktarında ve yüzeyden algılayıcıya ulaşan yansıtım miktarında değişim olur. Bunun yanında, görüntüler üzerinde aydınlanma, görüş geometrisi ve algılayıcının cevap süresinde meydana gelen değişimler nedeni ile radyometrik bozulmalar meydana gelmektedir. (Teilet, 1986; Bektaş ve Göksel, 2009). Görüntüdeki sistem hatalarını ortadan kaldırmak ve nesneye ait yansıtım değerindeki atmosferik parçacıklardan dolayı meydana gelen bozulma etkilerini en aza indirebilmek için uydu görüntüleri, radyometrik ve atmosferik olarak düzeltilmelidir (Song ve diğ., 2001; Liang, 2004). Atmosferik düzeltme, arazi kullanımı/örtüsü değişimlerinin tespiti, arazi örtüsü tiplerinin belirlenmesi, farklı algılayıcılardan elde edilmiş görüntülerin birleştirilmesi gibi uzaktan algılama uygulamaları için önemli bir önişleme adımıdır (Lu ve diğ., 2002). Radyometrik normalizasyon işleminde, uydu görüntüsüne ait piksel parlaklık değerleri (DN) yüzey yansıtım değerleri kullanılarak spektral olarak karşılaştırılabilir birime dönüştürülür (Yang ve Lo, 2000; Lu ve diğ., 2002; Chander va Markham, 2003; Chander ve diğ., 2007).

2.1.2.1 Algılayıcı kalibrasyonu

Farklı algılayıcı sistemlerden elde edilen görüntülerin birleştirilmesinde, farklı zamanlarda elde edilmiş görüntülere ait piksel değerlerindeki değişimlerin karşılaştırılmasında veya uzaktan algılama ile elde edilmiş yansıtım değeri gibi yüzey parametrelerinin fiziksel ve biyofiziksel modellerde kullanılması işlemlerinde bu metot kullanılmaktadır.

Landsat TM görüntülerinin kalibrasyonunda katsayı olarak, kazanç (gain) ve sapma (offset) değerlerine ihtiyaç vardır (Gasiewski, 1993; Janssen, 1994; Chavez, 1998; Wilson ve diğ., 2003; Mather, 2004). Bu değerlere, görüntülere ait bilgi dosyalarından (header file) ulaşılır.

Birinci adımda, kazanç ve sapma değerleri kullanılarak, uzaktan algılanmış görüntüdeki piksel (DN) değeri, eşitlik (2.5) yardımıyla, her bir bant için ayrı ayrı, radyans (parlaklık) değerine dönüştürülür (Chavez ve MacKinnon, 1994).

$$L_\lambda = C_1 * DN_\lambda + C_0 \quad \textbf{(2.5)}$$

Eşitlikte;

L_λ: Radyans

λ: Spektral bant numarası

DN_λ: Piksele ait sayısal değer

C_0: Sapma (Offset) - (mW cm $^{-2}$ sr $^{-1}$ μm $^{-1}$)

C_1: Kazanç (Gain) - (mW cm $^{-2}$ sr $^{-1}$ μm $^{-1}$) değerlerini ifade etmektedir.

Ancak, çoğunlukla eski tarihli Landsat görüntülerinde her bant için kazanç ve sapma değerleri mevcut değildir (Lu ve diğ., 2002). Bu gibi durumlarda katsayıların hesaplanmasında, her bir bant için sahip olunan minimum ve maksimum parlaklık değerleri kullanılır (Markham ve Barker, 1986). Kazanç ve sapma değerleri:

$$C_0 = \frac{L_{\lambda max.} - L_{\lambda min.}}{255}$$
$$C_1 = L_{\lambda min.} \quad \textbf{(2.6)}$$

olduğundan radyans değeri,

$$L_\lambda = (L_{\lambda max.} - L_{\lambda min.}) / L_{\lambda range} * DN_\lambda + L_{\lambda min.} \quad \textbf{(2.7)}$$

şeklinde hesaplanabilir.

Eşitlikte;

$L_{\lambda max.}$: En yüksek parlaklık değeri

$L_{\lambda min.}$: En düşük parlaklık değeri

$L_{\lambda range}$: 255 (8 bit'lik Landsat TM görüntüsü için)

DN_{λ}: Piksele ait sayısal değerleri' dir.

İkinci adımda, elde edilen görüntü radyans değerleri aşağıdaki eşitlik (2.8) ile uydu yansıtım değerlerine dönüştürülür. Bu dönüşümle güneş aydınlatmasının ve güneş Zenith açısından kaynaklanan farklılıklar ve atmosferik saçılım ve emilimin neden olduğu etkiler düzeltilmektedir.

$$R = (\pi * L_{\lambda} * d^2) \,/\, (ESUN_{\lambda} * Cos\theta_s) \qquad \textbf{(2.8)}$$

Burada;

R: Yer yüzeyindeki spektral yansıtım değeri

π: Pi sayısı

L_{λ}: Algılayıcıya ulaşan spektral radyans değeri

d: Astronomik birimde dünya ile ay arasındaki mesafe

(d = 1 - 0.01674*cos (0.9856*(JD-4))

JD: Jülyen Tarihi eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$ESUN_{\lambda}$: Ortalama solar irradyans değeri (W $m^{-2}um^{-1}$)

θ_s: Derece biriminde Güneş zenit açısı (90^o – Güneş yükseklik açısı) 'dır.

Bu metot *Görünen Yansıtım (Apparent Reflectance)* modeli olarak isimlendirilir. Alan ölçümlerine ihtiyaç duymadığı için çok basit ve kolay uygulanabilir bir yöntemdir (Lu ve diğ., 2002).

2.1.2.2 Koyu nesne çıkarılması

Koyu nesne çıkarılması (DOS) bilimsel çalışmalarda, kullanım kolaylığı nedeniyle sıklıkla kullanılan, bir atmosferik düzeltme yöntemidir (Spanner ve diğ., 1990; Ekstrand, 1994; Huguenin ve diğ., 1997; Bektaş Balçık ve diğ., 2011c).

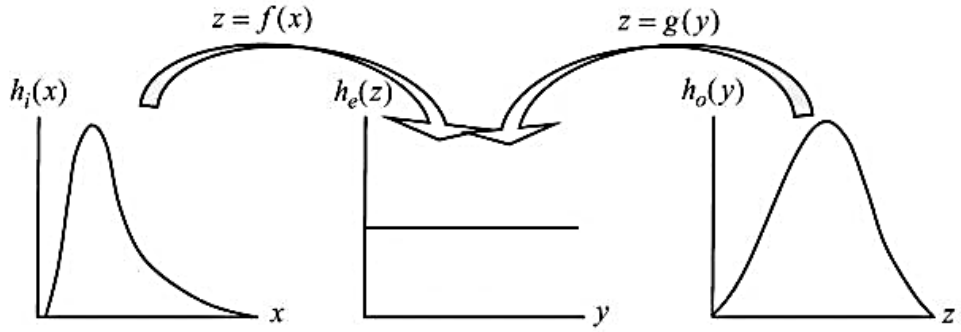
Bu yöntemde, atmosfer koşullarının homojen olduğu ve yansıtım değeri çok düşük olan nesnelerin radyometrik olarak koyu nesneler olduğu kabul edilir. Görüntüdeki koyu nesneler histogramdaki yansıtım değerleri incelenerek seçilebildiği gibi, analiz

edilen görüntünün boyutuna göre bazı kriterler veya piksel değerleri için bir eşik değeri belirlenerek de seçilebilir (Chavez, 1989). Böylece görüntüdeki en düşük yansıtım değerleri belirlenerek, bunlar her bir bant için tüm piksel değerlerinden çıkarılır. Minimum yansıtma değerleri her bir bant için farklı olduğundan, işlem tüm bantlar için ayrı ayrı gerçekleştirilir (Chavez, 1989). Eğer görüntüde gölgeler ve karanlık alanlar varsa, bu metod ile daha doğru sonuçlar elde edilebilir (Goslee, 2011). Koyu nesne çıkarılması yöntemi, gerçekçi bir bağıl atmosferik saçılma modeli kullanır ve bantlar arasındaki spektral ilişkiyi korur (Chavez, 1989).

2.1.2.3 Histogram eşleştirme

Farklı algılayıcılardan veya aynı algılayıcı ile farklı zamanlarda elde edilen uydu görüntülerinde, algılama esnasında aydınlanma ve bakış geometrisindeki değişikliklerden kaynaklanan farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bir bölgeye ait görüntülerin mozaiklenmesi veya karşılaştırılması istendiğinde bu farklılıkların ortadan kaldırılması gerekir. Görüntüler arasındaki parlaklık değerlerine ait bu farklılıkların giderilmesi ve homojenliğin sağlanması amacıyla, bir görüntüdeki histogram değerleri, diğer görüntüdeki histogram değerlerine matematiksel bir fonksiyon yardımı ile benzetilir (Yang ve diğ., 2011; Xu ve diğ., 2012).

İki farklı görüntüdeki parlaklık değerlerinin görünen dağılımının mümkün olduğunca birbirine yakın değerlere getirilmesi amacıyla kullanılan bu radyometrik normalizasyon yöntemine *Histogram Eşleştirme* ismi verilir (Richards ve Jia, 2006).



Şekil 2.2 : Histogram eşleştirme (Liu ve Mason, 2009).

Histogram eşleştirme yöntemi ile iyi sonuçlar elde edebilmek için, her iki görüntünün histogram eğrilerinin benzer olması gerekmektedir (Helmer ve Ruefenacht, 2005). Aynı zamanda, bazı uygulamalarda uzaysal çözünürlüklerin aynı olması, farklı alanlara ait iki görüntü söz konusu olduğunda ise, yeryüzü örtüsü

dağılımının her iki alan için yaklaşık olarak aynı olması beklenmektedir (ERDAS Field Guide, 1997).

2.1.3 Sınıflandırma

Her cisim için yansıyan, soğurulan veya geçirilen ışınım miktarları dalga boyuna, cismin niteliklerine ve durumuna göre değişmektedir. Bu nedenle her cismin spektral yansıması (imzası) birbirinden farklıdır. Uydu görüntülerinin sınıflandırmasında cisimlerin spektral farklılıklarından yararlanılır, her bir piksel değerinin ait olduğu sınıf belirlenir ve sınıf etiketi ile isimlendirilir (Elachi ve Zly, 2006). Sınıflandırmanın temel amacı benzer spektral yansıtıma sahip piksellerin gruplandırılması ve yeryüzünde karşılık geldiği sınıfa atanmasıdır.

Sınıflandırma, tematik bilgi elde etmek için kullanılan başlıca yöntemlerdendir. Sınıflandırılarak dijital tematik harita şekline getirilmiş görüntü, bir harita projeksiyonu ile dönüştürüldüğünde, coğrafi bilgi sistemleri verisi olarak kullanılabilir (Jensen, 1996).

Sınıflandırma işleminde çok bantlı görüntüler kullanılır ve bant kombinasyonlarının seçimi, görüntüden veri çıkarımı açısından önem taşımaktadır. Görsel ve sayısal olarak en az benzerlik gösteren bantların seçimi için, korelasyon matrisi oluşturulmalı ve katsayılar incelenerek minimum korelasyona sahip bantlar sınıflandırmada kullanılmalıdır.

Piksel tabanlı sınıflandırmada temel olarak iki sınıflandırma metodundan sözedilebilir. Bunlar; çalışma alanına ilişkin ön bilgi gerektirmeyen *Kontrolsüz Sınıflandırma (Unsupervised Classification)* ve çalışma alanına ait arazi kullanımı/örtüsü özelliklerini tanımlayan veriye ihtiyaç duyan *Kontrollü Sınıflandırma (Supervised Classification)* yöntemleridir.

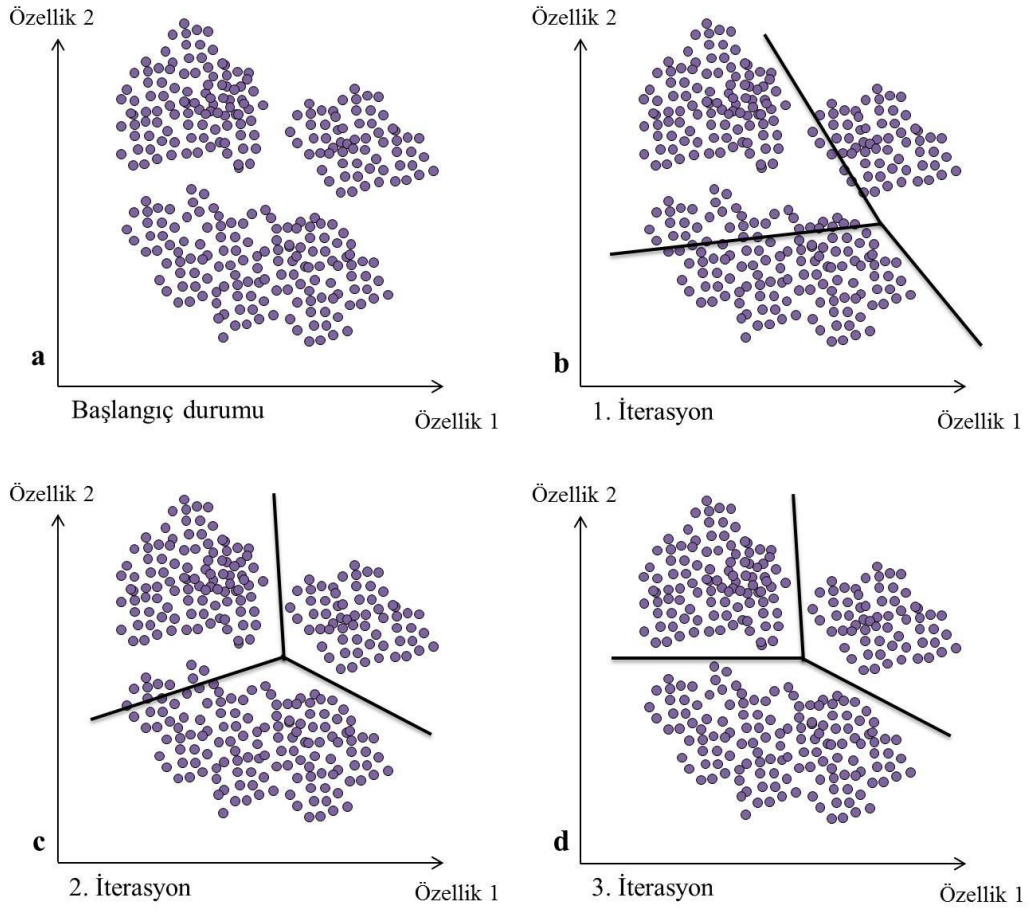
2.1.3.1 Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma tamamiyle görüntüde verinin istatistiksel dağılımına bağlıdır ve kümeleme olarak da isimlendirilir (Liu ve Mason, 2009). Çalışma alanına ait arazi kullanım/örtüsü sınıfları hakkında yeteri kadar gözlem veya veri bulunmadığı durumlarda bu sınıflandırma yöntemi uygulanır (Mather, 2004).

Bu yöntemde kullanıcı tarafından belirlenen sınıf sayısına göre, pikseller tek tek taranarak, benzer pikseller otomatik olarak belirlenir. Bu belirlemede *Minimum*

Uzaklık Kuralı (Minimum Distance) esas alınır ve pikseller görüntünün sol üst köşesinden bağlanarak soldan sağa ve satır satır analiz edilir. Analiz edilen piksel ile her bir küme ortalaması arasındaki spektral uzaklık hesaplanır ve bu piksel en yakın kümeye atanır. Öncelikle, kullanıcının belirlediği sınıf sayısı kadar oluşturulan kümenin ortalaması hesaplanır ve her iterasyondan sonra, her yeni kümenin ortalaması hesaplanarak, bu ortalamalar bir sonraki iterasyon kümelerinin hesaplanmasında kullanılır. Bu işlem ile geçici küme merkezi *n* boyutlu uzayda ötelenmekte ve işlem, geçici merkezin konumunda değişimin en az olduğu ya da değişimin olmadığı değere veya belirlenen maksimum iterasyon sayısına ulaşıncaya kadar devam etmektedir (Tou ve Gonzales, 1974).

Sıralı Kümeleme (Sequential Clustering), İstatistiksel Kümeleme (Statistical Clustering), Tekrarlı Veri Analizi (Isodata Clustering- Iterative Self Organising Data Analysis Techniques) ve *RGB Kümeleme (RGB Clustering)* gibi farklı kontrolsüz sınıflandırma türleri vardır (Mather, 1987; Jensen 1996) ve en çok kullanılan yöntem ise *ISODATA* algoritmasıdır.



Şekil 2.3 : ISODATA kümeleme.

ISODATA algoritması, kullanıcının parametrelerin eşik değerlerini tanımladığı ve küme sayısı bilgisinin gerekli olmadığı bir yöntemdir. Görüntüdeki her eleman, hangi kümenin ortalama değerine yakınsa, o kümeye atanır. Her iterasyonda, kümenin ortalama değeri yeniden hesaplanır ve önceden belirlenen değere yaklaşana kadar bu işlem tekrar eder (Şekil 2.3). Kesinleşen küme ortalama değerleri temel alınarak görüntü sınıflandırılır (Alparslan ve diğ., 2004; Schowengert, 2007). Hesaplanan her yeni ortalama, elemanların sınıflara atandığı her iterasyondan sonra, çok büyük standart sapmaya sahip kümeleri parçalar. Yani, bu algoritma ile kümeler bölünür ve tekrar birleştirilir (Moral, 1975).

Sınıflandırma sonucunda elde edilen istatistiksel kümelere etiket, sembol veya değer atanır ve bu kümelerin özellikleri, alana ait hava fotoğrafları, haritalar ve diğer referans veriler kullanılarak belirlenir. Özellikleri aynı olan bu spektral sınıflar gerektiğinde daha sonraki adımda birleştirilir.

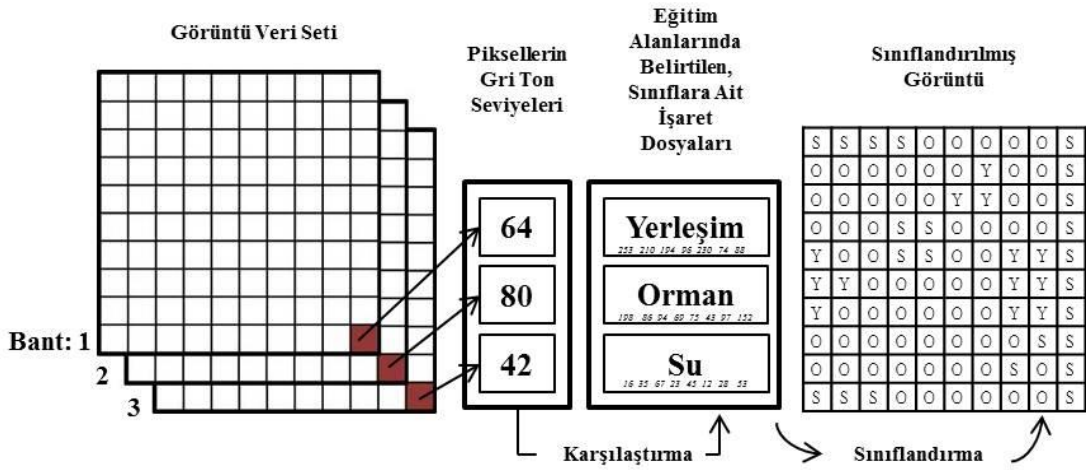
2.1.3.2 Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma yönteminde, analizcinin kontrolünde bilgi sınıfları tanımlanır (Mather, 2004; Liu and Mason, 2009). Yani, çalışma alanına ait arazi kullanımı / örtüsü hakında sahip olunan veriler kullanılarak, görüntü üzerinde bilinen alanlardan yeryüzü özelliklerini tanımlayan örnek bölgeler seçilerek özellik dosyaları oluşturulur. Bu özellik dosyalarında seçilen alanların spektral özellikleri tanımlanmaktadır ve bu adım özellik analizi olarak da adlandırılır. Çalışma alanında yer aldığı bilinen her arazi kullanımı/örtüsü tipi için yeterli sayıda ve homojen olarak dağılmış test alanlarının seçilmesi büyük önem taşır. Kontrollü sınıflandırma işleminde, oluşturulan bu özellik dosyaları kullanılarak her bir piksel, hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanır (Eastman, 1995b; Jensen, 1996; Mather, 1987; Schowengerdt,1997).

Bütün pikseller uygun olan sınıfa atandıktan sonra sonuçlar, tematik harita, istatistiksel tablo veya CBS ortamında kullanılabilecek nitelikteki dijital veri kümeleri şeklinde ortaya konur (Lillesand ve Kiefer, 2000). Kontrollü sınıflandırma işlemi Şekil 2.4'te şematik olarak gösterilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma için, *En Kısa Uzaklık Yöntemi (Minimum Distace), Paralelkenar Yöntemi (Parallelpiped Clasifier), En Çok Benzerlik Yöntemi (Maksimum Likelihood Method)* gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. En çok

benzerlik yöntemi, en güvenilir yöntemlerden bir tanesidir ve bir pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığına dayanır. Yönteme göre, bu olasılık her bir sınıf için eşittir ve sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın Gauss normal dağılım olduğu kabul edilir (Bektaş, 2003). Her bir sınıf için olasılıklar değerlendirilerek, pikseller en olası sınıflara atanır. Bu atama sırasında, eğer bir pikselin herhangi bir sınıfa ait olma olasılığı belirlenen eşik değerin altında ise, o piksel bilinmeyen olarak nitelendirilir (Lillesand ve Kiefer, 2000).



Şekil 2.4 : Kontrollü sınıflandırma aşamaları.

2.1.3.3 Sınıflandırma doğruluğu

Uzaktan algılama görüntülerinden elde edilmiş tematik haritaların doğruluk derecesinin belirlenmesi gerekir (Richards, 1999). Sınıflandırılmış görüntüde, görüntünün yer gerçeğine uygunluk durumunun belirlenmesi için, sınıflandırılmış görüntüden seçilen test alanları, yer gerçeği verileri ile karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılır (Janssen ve Van Der Wel, 1994; Campbell, 1996; Smits ve diğ., 1999; Yener ve diğ., 2005). Referans olarak hava fotoğrafları, haritalar, planlar, GPS verileri, arazi çalışmalarında elde edilen veriler ve fotoğraflar kullanılmaktadır. Sınıflandırma doğruluğunun belirlenmesi için en sık kullanılan yöntem hata matrisinin (2.9) oluşturulmasıdır (Aronoff, 1982; Card, 1982; Story ve Congalton, 1986; Mather, 1987; Campbell, 1996; Foody, 2002; Batur ve Maktav, 2012). Matriste, sütunlar referans verisini, satırlar ise sınıflandırılmış görüntüye ait pikselleri temsil etmektedir (Congalton, 1991). Ana köşegen elemanları (C_{ii}), bir sınıf için doğru olarak belirlenmiş piksel sayılarını, ana köşegen dışındaki bütün elemanlar yanlış sınıflandırılan piksel sayısını vermektedir. Ana köşegen

elemanlarının toplamı ile toplam piksel sayısının oranı genel doğruluk yüzdesini verir (Liu ve Mason, 2009). Genel doğruluk 2.10'da verilen eşitlikle hesaplanır.

$$\begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{im} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2m} \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ C_{m1} & C_{m2} & \cdots & C_{mm} \end{pmatrix} \quad \textbf{(2.9)}$$

Bir sınıfa ait doğru sınıflandırılan piksellerin sayısının, o sınıfa ait tüm piksel sayısına (bulunduğu satırdaki toplam piksel sayısına) oranı kullanıcı doğruluğunu; bir sınıfa ait tüm piksellerin sayısının, o sınıfa ait referans verideki tüm piksellerin sayısına (buluduğu sütündaki toplam piksel sayısına) oranı ise üretici doğruluğunu verir.

$$Genel\ Doğruluk\ (\%) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{m} C_{ii} \quad \textbf{(2.10)}$$

C_{ii}: Ana köşegen elemanları

N: Matristeki toplam piksel sayısı'nı ifade etmektedir.

Sıklıkla kullanılan bir başka yöntem, sınıflandırma doğruluğunu ve kalitesini istatistiksel olarak ölçen kappa katsayısı (κ)'dır ve hata matrisinin satır ve sütunlarındaki elemanlar ile ana köşegen elemanları kullanılarak hesaplanır (Jensen, 1996). Kappa katsayısı 0 ile 1 arasında değer alır ve 0,81-1 aralığı "neredeyse ideal durum"u ifade etmektedir (Cohen, 1960). Kappa katsayısı aşağıdaki eşitlikle (2.11) hesaplanır:

$$\kappa = N \sum_{i=1}^{m} C_{ii} - \sum_{i=1}^{m} Nr_i . Nc_i \Big/ N^2 - \sum_{i=1}^{m} Nr_i Nc_i \quad \textbf{(2.11)}$$

Eşitlikteki;

m: Hata matrisindeki toplam satır sayısı

C_{ii}: i. Satır ve sütundaki piksel sayısı

Nr_i: i. Satırdaki toplam piksel sayısı

Nc_i: i. Sütundaki toplam piksel sayısı

N: Matristeki toplam piksel sayısı 'dır.

2.1.4 Arazi kullanımı/örtüsü değişim tespiti

Mevcut arazi kullanımı /arazi örtüsü bilgisi ve değişim tespiti, planlama ve yönetim aktiviteleri açısından, karar vericilerin sistemi anlaması ve modelleyebilmesi için gerekli temel bir unsurdur.

Arazi kullanımı değişiklikleri, yeryüzünün dönüşümüne ve modifikasyonuna neden olan çevresel değişikliklerin en önemli itici gücüdür (Turner ve Mayer, 1994). Bu değişimler zaman içerisinde sosyal, ekonomik, kültürel, politik, çevresel ve ekolojik süreçlerle ve yönetimlerin aldığı kararlarla gerçekleşir (Aspinall, 2006). Yani, bu değişimlerde, doğal süreçlerin yanında insan faktörü de önemli bir unsurdur.

Son yıllarda önemi gittikçe artan arazi değişimi çalışmalarının amacı, biyofiziksel etkenler ve insan etkisi ile arazi örtüsü/kullanımındaki değişiklikleri saptamaktır (Rindfuss ve diğ., 2004; Carmona ve Nahuelhual, 2012). Bir bölgedeki arazi kullanım/örtüsündeki değişimin tespit edilmesi, o bölgenin farklı zamanlardaki durumunun belirlenip, aradaki farklılıkların ortaya çıkarılması işlemidir. Bunun için farklı zamanlara ait ve doğru işlenmiş uzaktan algılama görüntüleri çok önemli bir veri kaynağıdır (Singh, 1989; Green ve diğ., 1994; Deer, 1995; Coppin ve diğ., 2002; Rogan ve diğ., 2003).

Değişim tespitinde, fark görüntüleri, oran görüntüleri, değişim vektör analizi, temel bileşen analizi, yapay sinir ağları ve sınıflandırma sonrası karşılaştırılmaları, ekran üzerinden sayısallaştırma gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır (Fung ve LeDrew, 1987; Singh, 1989; Abuelgasim ve diğ., 1999; Moran ve diğ., 2003; Mundia ve Aniya, 2005; Radke ve diğ., 2005; Aspinall ve Hill, 2008).

Sınıflandırılmış görüntülerin karşılaştırılması ile değişim tespiti çok kullanılan bir yöntemdir (Jensen ve diğ., 1987; Dimyati ve diğ., 1996; Ward ve diğ.., 2000) ve piksel düzeyinde yansımalardan ve gölgelerden kaynaklanan sorunları önleyerek, piksel-piksel karşılaştırma yapılmasına olanak tanır (Jensen, 1996).

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yaklaşımı ile iki görüntü arasındaki "-den –e" (from-to) değişim bilgisi elde edilir ve iki görüntü arasındaki farklılık detaylı olarak belirlenebilir. Bu yöntemde değişimin doğru tespit edilebilmesi için aynı alana ait, farklı zamanlarda elde edilmiş görüntülerin geometrik, atmosferik ve radyometrik düzeltmelerinin yapılmış olması ve yüksek doğrulukta sınıflandırılmış olmaları gerekmektedir (Stow ve diğ., 1980; Lambin ve Strahler, 1994).

Ekran üzerinden sayısallaştırma ile değişim tespiti ise, fotoyorumlama ile aynı şekilde gerçekleştirilir ve bu yöntemde, aynı alana ait iki görüntü manuel biçimde, boyut, şekil, gölge ve dokuya dayalı olarak karşılaştırılır (Jensen, 1996). Basit fakat kullanıcı tecrübesi gerektiren bir yöntemdir. Genellikle yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntüleri ve taranmış hava fotoğrafları üzerinden gerçekleştirilir (Jensen, 1996). Bu yöntem çoğu zaman değişim tespiti için en uygun yöntem olup, diğer teknikler ile değişim istenilen doğrulukta tespit edilemediğinde kullanılır.

Değişim tespiti sonuçları çeşitli biçimlerde görüntülenebilir. En sık kullanılan methodlar, *değişim haritaları* ve *değişim matrisleridir.*

Çizelge 2.1 : Değişim matrisi.

Yıl	Zaman I						
Zaman II	Arazi Örtüsü Sınıfları	A	B	C	D	Toplam	Değişim %
	A	n_{AA}	n_{AB}	n_{AC}	n_{AD}	n_{AII}	
	B	n_{BA}	n_{BB}	n_{BC}	n_{BD}	n_{BII}	
	C	n_{CA}	n_{CB}	n_{CC}	n_{CD}	n_{CII}	
	D	n_{DA}	n_{DB}	n_{DC}	n_{DD}	n_{DII}	
	Toplam	n_{A1}	n_{B1}	n_{C1}	n_{D1}	n	

Değişim matrisinde, değişen ve değişmeyen alanlar, her bir sınıf için hesaplanır (Congalton ve Green, 2009, Fichera ve diğ., 2012). Matriste satırdaki elemanlar sonraki yıla ait arazi kullanım sınıfına giren pikselleri temsil ederken, sütundaki elemanlar ise, geçmiş yıla ait arazi kullanım sınıfına giren pikselleri belirtir. Çizelge 2.1'de gösterilen değişim matrisi örneğinde, A, B, C, D harfleri, arazi kullanım sınıflarını, n_{xx} simgeleri ise her bir sınıfa düşen alan büyüklüklerini göstermektedir. Ayrıca, köşegen üzerinde yer alan elemanlar değişim olmayan alanları, köşegen üzerinde yer almayan pikseller ise değişim olan alanları temsil eder.

2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Uzaktan Algılama Entegrasyonu

Arazi kullanımı/örtüsü, insan aktiviteleri ve diğer faktörlerin etkisiyle sürekli değişmekte, mevcut arazi kullanım verileri ve haritalar hızla güncelliğini yitirmektedir. Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri birlikte çok yaygın olarak kullanılmakta, arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişikliklerin saptanmasında, haritalanmasında ve izlenmesinde güçlü ve etkili birer araç olarak

kabul edilmektedir (Ehlers ve diğ., 1990; Meaille ve Wald, 1990; Treitz ve diğ., 1992; Westmoreland ve Stow, 1992; Harris ve Ventura, 1995; Yeh ve Li, 1997; Maracchi ve diğ., 2000; Weng, 2002).

Uzaktan algılama verileri, bölgesel, ulusal ve küresel ölçekte, arazi kullanımı / örtüsü değişimi analizlerinde kullanılmaktadır ve bu veriler çok zamanlı olup, arazideki mekânsal ve zamansal dinamiklerin belirlenmesini sağlamaktadır (Zhang ve diğ., 2009). Uzaktan algılama teknikleri ile geniş alanların görüntülenebilmesi, istenilen miktarda verinin depolanması, kolay işlenebilmesi, sistem çıktılarının çok yönlü bir yapıya sahip olması, yüksek doğrulukta veri elde edilebilmesi nedenleri ile uzaktan algılama çok kullanışlı ve yaygın olarak kullanılan bir kaynak durumundadır (Berberoğlu ve diğ., 2003; Chang-qing ve diğ., 2005; Özdemir, 2008; Batur ve Maktav, 2012).

Kentsel büyüme yönetiminde, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan algılama entegrasyonu, arazi kullanımındaki değişimin belirlenmesi ve bu değişimin doğal kaynaklar üzerindeki etkilerini değerlendirilmesi adımlarını içerir (Yeh ve Li, 1997). Arazi kullanımı/örtüsü haritaları uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırılmasıyla elde edilmekte, analiz ve modelleme çalışmaları için Coğrafi Bilgi Sistemlerine girdi olan verilerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Burrough, 1986; Aronoff, 1989; Star ve Estes, 1990; Lilesand ve Kiefer, 2000; Ma ve diğ., 2001; Bektaş ve Göksel, 2005).

3. ARAZİ KULLANIMI / ÖRTÜSÜ DEĞİŞİM MODELLERİ

Model kavramı farklı alanlarda çeşitli biçimlerde tanımlanmaktadır. Bir model, deneysel bir amaç için düzenlenmiş, bir teori, yasa, hipotez, yapılandırılmış bir fikir, bir rol, ilişki, denklem, dizi, veri sentezi, kelime, harita, grafik, bilgisayar veya laboratuvar ortamında bir donanım olabilir (Chorley ve Haggett, 1967). Bir başka deyişle model, üzerinden tahmin üretilebilen bir cihaz veya mekanizmadır (Haines-Young ve Petch, 1987).

Aynı zamanda model, gerçek durumun özelliklerinin basit ve genel bir biçimde ifadesi olup, karmaşık sistemlerin yapısını anlamak için tasarlanan ve gerçeklikleri sınanan bir araçtır (Odum, 1975; Batty, 1976; Jeffers, 1978; Benders, 1996; Duerr ve diğ. 1979; Briassoulis, 1999).

Herhangi bir karmaşık sistemi kontrol altına almak için bu sistemin nasıl gelişebileceğinin kestirilmesi yani, tahmin edilmesi gerekmektedir (Özkarakoç, 1973). Bunun için belirli koşullar altında, çeşitli müdahaleler söz konusu olduğunda veya bazı etkenler ortadan kaldırıldığında, sistemde ne gibi değişiklikler olacağının bilinmesi önem taşımaktadır. Modeller "her şey her şeyi etkiler" düşüncesi ile somut kanıt sunarlar ve sistemlerin nasıl çalıştığı, nasıl biçimlendiği ve gelecekte nasıl şekilleneceği modeller yardımıyla tahmin edilebilir (Lowry, 1965). Planlama modelleri ise, sistemin geleceğe ilişkin çeşitli durumlarını belirlemek, bu durumları bir takım kriterlerle değerlendirmek ve böylece en iyi çözüm yoluna ulaşmak üzere kullanılmaktadır (Atalık, 1974).

Modeller çeşitli şekillerde sınıflandırılırlar. Ancak genel olarak, basitleştirme ve soyutlama derecelerine göre, *fiziksel modeller, kavramsal modeller* ve *matematiksel modeller* olmak üzere 3 gruba ayrılabilirler.

Fiziksel modeller, temsil edilen nesnenin gerçek boyuttan daha büyük veya daha küçük bir temsilinin ortaya konduğu modellerdir. Orijinal nesnenin fiziksel boyutu belirli oranlarda, yani ölçekli olarak küçültülür veya bütülür. Mimari bina maketleri ve haritalar birer fiziksel modeldir.

Kavramsal modeller, soyutlama düzeyinin daha yüksek olduğu ve gerçekliğin farklı bileşenleri arasındaki ilişkiler üzerinde yoğunlaşan modellerdir (Liu, 2009). Bir sistemi, sınırlarını ve iç-dış ilişkilerini belirleyerek, basitleştirerek soyut olarak tanımlarlar ve temsil ettikleri konunun anlaşılması için kullanılırlar. Bu modellerle, bilinmeyen bir şeye anlam vermek, bilinen bir şeye benzetmek için, bir metafor veya benzetme yolu kullanılır. Bu tip modelde anlatım sözlü veya grafik şeklinde olabilir. Von Thünen tarımsal arazi kullanış modeli bir kavramsal model örneğidir (von Thünen, 1826).

Soyutlamanın en üst düzeyde olduğu modeller matematikseldir ve gerçek veya sistem matematiksel terimler ve matematiksel oluşumlar arasındaki ilişkiler kullanılarak temsil edilir (Niss, 1989). Matematiksel modelleme, gerçek hayat içinde yapılandırılamamış problemler için matematiksel bir çözüm ortaya koymakta (Galbraith ve Catworthy, 1990) ve bilimsel araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Liu, 2009). Bu süreç, uygun değişkenlerin seçilmesi, bu değişkenler arasındaki bağlantının belirlenmesi, değişken ve bağlantılara bağlı olan matematiksel bir model ortaya konması ve modelin test edilmesi aşamalarını içerir (Burghes ve Wood, 1980).

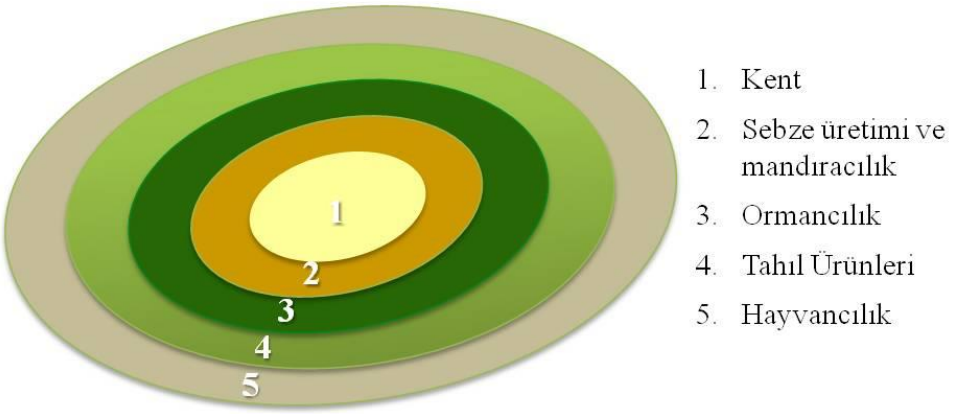
3.1 Kent Biçimine İlişkin Geliştirilen İlk Modeller/Kuramlar

Kentsel büyüme basit olarak kent mekânının fiziksel olarak genişlemesi olarak tanımlanabilir. Kent formunun yapısını anlamak ve kentin büyüme eğilimlerini belirlemek amacıyla birçok model ve kuram geliştirilmiştir. Bu modeller geliştirilirken, kentsel büyümeyi belirleyici, arazi kullanımı, yoğunluk, yer seçimi, ulaşılabilirlik ve arsa rantı gibi sosyo-ekonomik, demografik ve fiziksel faktörler göz önüne alınmıştır.

Kent planlama çalışmaları açısından önem taşıyan ilk ve en önemli modeller ABD'de büyük kent merkezlerinin yapısını anlamak ve basitleştirmek için geliştirilmiştir. Bu modellerden bazıları; *Tarımsal Arazi Kullanış Modeli, Eş (Tek) Merkezli Çemberler Kuramı, Merkezi Yerler Kuramı, Sektör Modeli* ve *Çok Merkezli Gelişme Kuramı'*dır. Bu modeller ekonomik ve teknolojik gelişmelerle birlikte kullanışlılığını yitirseler de, hala bir şehrin temel fiziksel yapısını açıklamak için kullanılmaktadırlar.

Ulaşım ve arazi kullanım ilişkisinin analitik modelini ortaya koyan ilk model 1826 yılında Almanya'nın tarım alanlarını analiz çalışmaları sırasında, Alman ekonomist Von Thunen tarafından geliştirilen Tarımsal Arazi Kullanış Modeli (Model of Agricultural Land Use) 'dir.

Pazardan hangi uzaklıkta, hangi ürünlerin yetiştirilmesinin daha ekonomik olacağını ve böylece arazi kullanımın nasıl şekilleneceğini saptamak için geliştirilen bu modelde, toprağın geniş, düz ve her yerde aynı verimlilikte olduğu ve aynı iklim koşullarının bulunduğu, ulaşımın her yere aynı kolaylıkla sağlandığı düşünülmüş ve farklılaşmanın ana öğesi, merkezi alana yani, pazara olan uzaklık olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1).

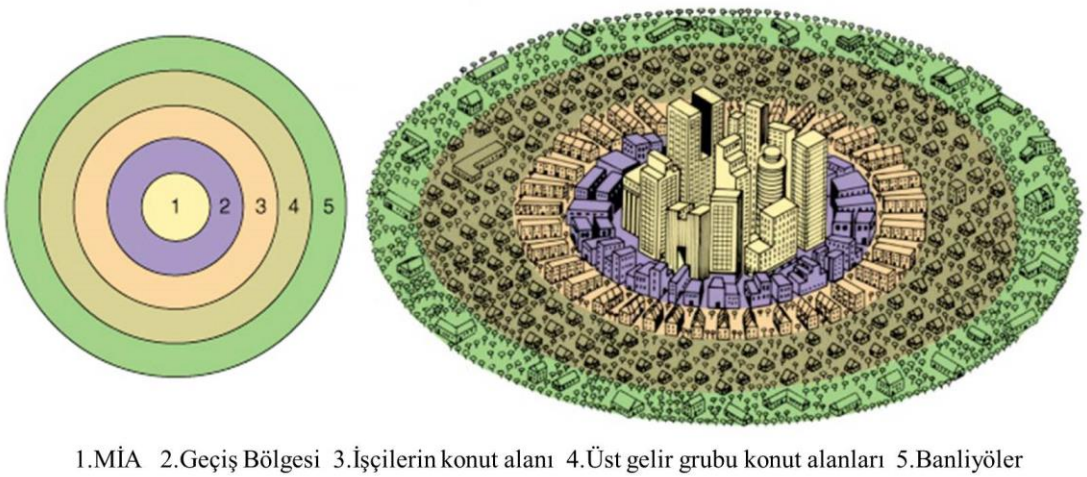


Şekil 3.1 : Tarımsal arazi kullanış modeli [Url-1].

Von Thünen'in ekonomik açıdan tarımsal alanların merkezden uzaklıklarının nasıl olması gerektiğini belirlendiği bu model, Temel Tek Merkezli Model olarak kabul edilmiştir. Bu modelin üç ana varsayımı vardır. Birincisi, tek merkezli bir kent olduğu, ikincisi, ulaşımın sadece işyeri ve hane halkı yerleşimi arasında olduğu, üçüncüsü ise arsa veya toprak alanının homojen olduğudur (Fujita, 1990). Von Thünen'in ortaya koyduğu bu model dünyanın ilk coğrafi teorisi olarak da anılmakta, hem iktisadi hem de coğrafi düşünceye önemli bir etki ve katkı yaptığı kabul edilmektedir (Dicken ve Lloyd, 1990; Wheeler ve diğ., 1998).

1925 yılında sosyolog Burgess kentsel büyümeyi anlayabilmek için kentsel hareketliliği incelemiş ve Eş (Tek) Merkezli Çemberler Modeli (Burgess Model)'ni ortaya koymuştur. Bu kurama göre, şehirlerin içyapısı ortak merkezli iç içe çemberlerin birbirinden ayrıldığı fonksiyonel bölgelerden oluşmaktadır ve geometrik merkezinde merkezi iş alanı (MİA) yer alır (Burgess, 1925; Keleş, 1972; Bal, 1999).

Kentlerin merkezden dışarıya doğru halkalar halinde büyüyeceğini söyleyen Burgess'e göre, kentte merkezi iş alanının çevresinde yoksulluk alanı (geçiş bölgesi), bu alanın çevresinde işçilerin konut alanı, devamında üst gelir grubuna ait konut alanları, en dışarıda ise banliyöler yer almaktadır (Şekil 3.2).



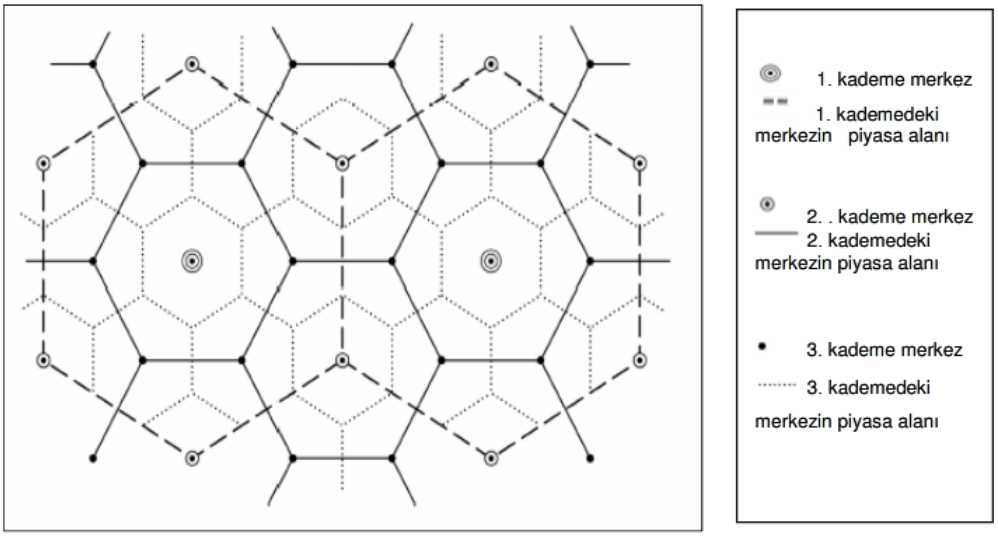
Şekil 3.2 : Eş merkezli çemberler modeli [Url-2].

Burgess, bireylerin yaşadıkları yerin kentin merkezine olan uzaklığının sosyo-ekonomik düzeyleri ile ilişkili olduğunu, ayrıca eş merkezli bu dairelerin kendi içlerinde ekonomik ve kültürel bakımdan bölümlere ayrıldığını ve bütün bu bölümlerin kente şekil verdiğini ileri sürmüştür (Yörükan, 1968). Bu kurama göre, arsa değerleri şehir merkezinden çeperlere doğru gidildikçe azalmaktadır. Ancak, bir şehrin ulaşım durumunun ve topoğrafya özelliklerinin göz önünde bulundurulmamış olması modele yöneltilmiş eleştirilerdir.

Merkezi Yerler Kuramı (Central Place Theory), kentsel sistem içinde insan yerleşmelerini sayı, büyüklük ve konumları ile açıklamaya çalışan coğrafi bir teoridir. 1933 yılında, merkez alanlarının çevresindeki alanlara hizmet ettiği görüşünü savunan, coğrafyacı Christaller tarafından ortaya konmuş olan teori, daha sonra August Lösch tarafından geliştirilmiştir. Teori, şehirlerin büyüme süreçlerinde ortaya çıkan kademelenmeyi, yani şehirsel hiyerarşiyi ve şehir sistemlerini açıklamaktadır (Christaller, 1966; Eaton ve Lipsey; 1982). Kentlerin oluşturduğu hiyerarşik yapıya göre, üst kademe kentler, mal ve hizmetler bakımından, kendisinden alt kademede bulunan kentlere hizmet eder.

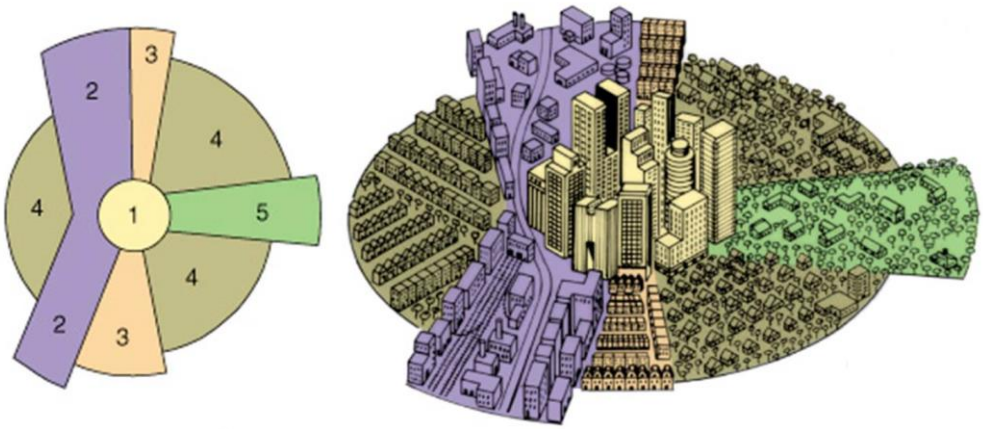
Şekil 3.3'teki gibi, kentleri düzgün altıgenlerle tanımlayan teoriye göre, üst kademe merkezler bütün alt kademe merkezlerden kolay erişilebilir mesafede olmalıdır ve

talep piyasa içerisinde rahatlıkla karşılanmalıdır (Garner, 1966; Essletzbichler, 2011). Çeşitli yönleriyle eleştirilen ve düzenlemeler getirilen bu model, günümüzde şehir coğrafyası ve ekonomik coğrafya içerisinde hala geçerliliğini koruyan güçlü teorilerden bir tanesidir (Dicken ve Lloyd, 1990; Carter, 1995; Wheeler ve diğ., 1998; Preston, 2009).



Şekil 3.3 : Merkezi yerler kuramı (Dicken ve Llyod, 1927).

1939 yılında Hoyt, Burgess'in modelini geliştirmiş, daha çok konut alanlarının yapısı ile ilgilenen Sektör Modeli (The Sector Model)'ni ortaya koymuştur. Modele göre, ulaşım yapısı kentin biçimini belirlemekte, sanayi ve konut alanları yollar, nehirler ve kanallar gibi ana ulaşım aksları etrafında yer seçmektedir. Şehrin büyümesi yıldız biçiminde bir kent büyümesine benzemekte, fakat bir çemberin merkezinden çevresine doğru uzanan dilimler biçiminde olmaktadır (Hoyt, 1939).

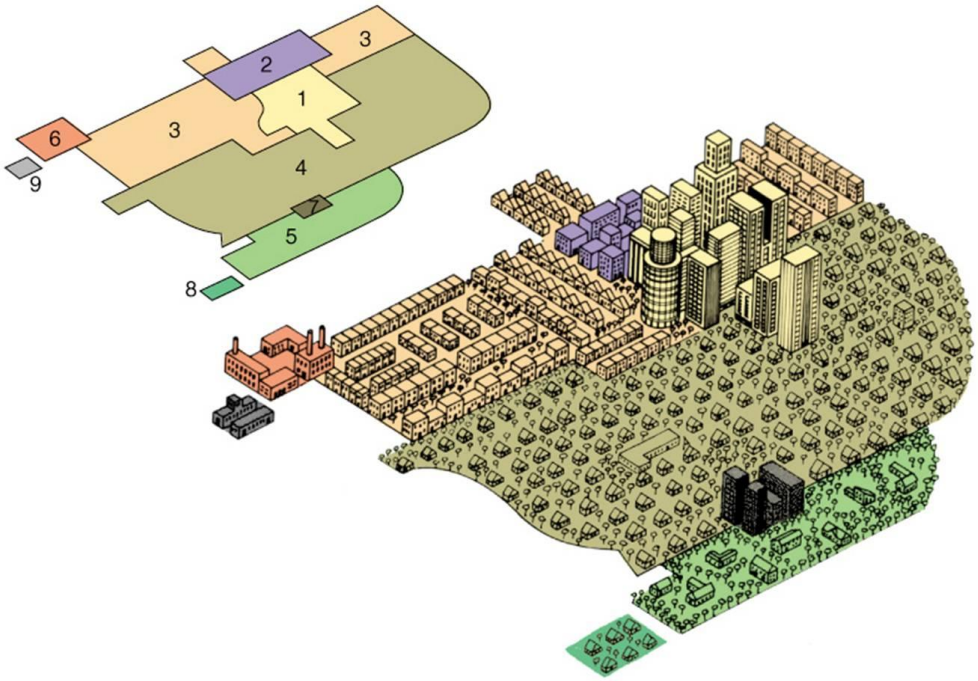


Şekil 3.4 : Sektör kuramı [Url-3].

Şehir fonksiyonlara dilimler halinde ayrılır ve aynı zamanda farklı gelir seviyesine sahip olanlar farklı dilimlerde ikamet ederler (Şekil 3.4). Aynı sınıfa ait bireyler gelir seviyesindeki artışa göre merkezden çephere doğru yayılırlar.

Kent biçiminin temel düzenindeki değişiklikleri açıklaması bakımından önemli görülen Sektör Kuramı, Eş Merkezli Çemberler Kuramı ile karşılaştırıldığında, az gelişmiş ülkelerdeki şehirlerin yapısına daha uygun bir niteliktedir (Alonso, 1964a).

Kent biçimini açıklamaya çalışan bir başka teori de Çok Merkezli Gelişme Kuramı (The Multiple Nuclei Model)'dır. 1945 yılında Harris ve Ullman tarafından geliştirilen bu kurama göre, kentsel gelişme birden fazla merkezin etrafında gerçekleşmektedir (Harris ve Ullman, 1945). Kentin çevresinde geliştiği merkezler farklı konularda uzmanlaşmıştır ve bu merkezler ihtiyaca yönelik olarak gelişmektedir. Bir şehir ne kadar büyükse, sahip olduğu merkez sayısı ve büyüklüğü de fazladır ve buna bağlı olarak her şehrin sahip olduğu merkezlerin sayısı birbirinden farklı olmaktadır. Şehirlerde arazi kullanım yapılarına göre, merkezi iş alanı (MİA), toptancılık ve hafif imalat sanayi bölgesi, ağır sanayi bölgesi, konut bölgesi, kültür merkezleri, parklar, kentin küçük endüstri kuruluşlarının yer aldığı alt merkezler ve banliyöler olmak üzere 6 farklı bölge bulunur (Şekil 3.5).



1.MİA 2.Toptancılık ve hafif imalat sanayi 3.Düşük gelir grubu konut alanları
4.Orta gelir grubu konut alanları 5.Üst gelir grubu konut alanları 6. Ağır sanayi bölgesi
7.Ticaret alanları banliyöleri 8.Konut alanları banliyöleri 9.Sanayi tesisleri banliyöleri

Şekil 3.5 : Çok merkezli gelişme kuramı [Url-4].

Geliştirilen bu ilk modeller genel olarak, kentlerin merkezi iş alanından (MİA) dışarıya doğru nasıl gelişeceği üzerine kuruludur. Basit olarak şehirlerin yapısını anlamak için geliştirilen bu modeller statiktir ve günümüz koşullarında artan nüfus, gelişen ulaşım ağları, değişen kentsel ekonomik aktiviteler ve hızla ilerleyen teknoloji karşısında, çok faktörlü bir yapıya sahip olan kentlerin gelişimini açıklamakta yetersiz kalmaktadır (Kilbridge ve diğ., 1970; Batty, 1976; Alberti ve Waddell, 2000). Ayrıca, tamamen varsayımlara dayalı bu modeller pratikten uzaktır ve operasyonel değildir.

Çok faktörlü, dinamik ve karmaşık kent yapısını anlayabilmek için günümüzde farklı sistem yaklaşımları ile modelleme çalışmaları yapılmaktadır (Allen, 1997; Clarke ve diğ., 1997; Cheng, 2003; Nechyba ve Walsh, 2004; Portugali, 2006; Batty, 2007; Liu, 2009).

3.2 Modellemede Sistem Yaklaşımı

1940'lardan sonra yaygınlaşan kişisel araç kullanımı ile şehirlerin geleneksel fiziksel formları yetersiz kalmıştır (Batty, 1976). Bu durum 1950'lerden itibaren ulaşım odaklı modellerin ortaya çıkmasına öncülük etmiştir. Bu gelişmeyi bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler takip etmiş ve modellemede farklı bir yaklaşım ortaya çıkmıştır. Sayısal hesaplama alanındaki ilerlemeler karmaşık matematiksel modellerle çalışmayı kolaylaştırmış ve bu modellerin yaygınlaşmasını sağlamıştır. 1950'lerin sonunda başlayıp, 1960'ların sonuna kadar devam eden bu süreçte, kent modellerinde farklı stiller, teknikler ve uygulamalar ortaya çıkmıştır.

1960'lı yıllara kadar "kent, arazi kullanım biçimleri ve ulaşım ağlarından oluşan durağan (statik) bir sistemdir", anlayışı yerini, bu yıllarda kent sisteminin, sosyal, siyasal, ekonomik ve mekânsal alt sistemlere ve bunlar arasındaki ilişki ve etkileşimlere sahip karmaşık bir sistem olması düşüncesine bırakmıştır.

Sistem, belirli bir çevre içerisinde yer alan ve aralarında bir ilişkiler kümesi sergileyerek, karşılıklı etkileşim içinde belli bir amaca doğru yönelmiş olan öğeler bütünüdür (Erkut, 1990). Bir başka ifade ile sistem, karmaşık bütün veya aralarında karşılıklı bağlantılar bulunan nesnelerin oluşturduğu birlik, olarak tanımlanabilir (Atalık, 1974). Sistem yaklaşımı, sorunları tek tek bir nedene bağlı olarak değil, birbirleri ve çevresi ile etkileşen ögelerden oluşan bir ilişki bütünü içinde ele

almaktadır (Chisholm, 1967; Gök, 1978). Bu yaklaşım, araştırmacılar tarafından, basit bir neden-sonuç ya da uyaran-tepki ilişkisi sunmasının ötesinde, model inşa etmenin bir yolu olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle sistem yaklaşımı yaygın olarak, özellikle plancılar tarafından, kentsel sistemlerin davranışlarını modellemek ve kentsel gelişmeleri öngörmek için kullanılmaktadır (Liu, 2009).

Bu dönemde uygulanan modellerin konusu, arazi kullanımı, ulaşım, demografik yapı ve kentsel ekonomik aktivitelerdir. Bu modeller, lineer analiz, matematiksel programlama ve simülasyon teknikleri kullanılarak inşa edilir ve uygulanır (Kibridge, 1970). Özellikle ulaşım planlama için kurulan modeller, Lowry modeli (1968), Harris (1968), Killbridge, OBlock ve Teplitz (1969), Brown, Ginn, James, Kain ve Straszheim (1972) ve Lee (1973)'dır ve çoğunlukla regresyon analizi ve Çekim Modeli *(Gravity Model)*'ni temel alırlar.

Geliştirilen modellerin pratikte uygulanması ihtiyacı, kentsel yapılar ile ilgili deneylerin yapılabilmesi için yapay laboratuvar görevi gören bu modellerin şehir plancıları tarafından kabul görmesini sağlamıştır. Ancak, bu modellerin ağırlıklı olarak teorik sunumlardan ziyade, modelleme teknikleri üzerine kurulu olması bazı araştırmacılar tarafından yoğun bir biçimde eleştirilmiştir (Liu, 2009). Bu durum kentsel araştırmalarda, 1970'lerin sonlarında matematiksel modellerin nitel analizler için kullanılmaya başlanmasıyla sonuçlanmıştır. Şehirlerin evrimsel ve karmaşık sistemlerini anlayabilmek için alternatif yollar sağlayan kompleks ve açık sistemlerin ve mekansal istatistik, doğrusallık, deterministik yaklaşım, regresyon analizi, matematiksel programlama ve girdi-çıktı analizinin kullanımı 80'li yılların sonlarına kadar devam etmiştir (Allen, 1997).

3.3 Karmaşıklık ve Kaos Teorisi

Genel sistem teorisine dayalı sistem yaklaşımı, şehirlere daha karmaşık yollarla bakabilmek için yeni bir yaklaşım sağlasa da, bu yaklaşım durağandır ve dinamik olan kentsel büyümenin faktörleriyle başa çıkabilme yeteneği sınırlıdır. 1980'lerde başlayan, karmaşıklık, doğrusal olmayan sistemler, fraktallar ve Kaos Teorisi'ndeki gelişmeler, şehirlere ve gelişimine bakmak için yeni yöntemler ortaya çıkmasını sağlamıştır. (Batty ve Xie, 1994; Batty ve Longley, 1994; Gimblett ve diğ., 1994; Kirtland ve diğ., 1994; Openshaw, 1994; Clarke and Gaydos, 1998). Kaos ve karmaşıklık, dinamik sistemlerdeki matematiksel yapının farklı iki bileşenidir.

Karmaşıklık kavramı, evrenin bütünleşik, aynı zamanda alışılmış mekanik ya da doğrusal yollarla anlayamayacağımız kadar zengin ve çeşitli olan durumları ifade etmektedir (Battram, 1999). Basit olarak, parçaların birbirine bağlı olması ya da iç içe geçmesi olarak tanımlanabilir. Eğer bu parçalar birbirlerini etkiliyor ise, bu duruma sistem olarak adlandırılır. Bu nedenle karmaşıklık, sistem teorisi ile açıklanabilir ve karmaşık sistemler olarak anılır (Cameron ve Larsen-Freeman, 2007).

Karmaşık sistemler genellikle ajan tabanlı modelleme ile ifade edilirler ve ajanlar da sistemi oluşturan parçalardır. Bu ajanlar arasındaki doğrusal olmayan, ancak kendi kendini örgütleyen dinamik bir yapıya sahip, varlığın durumu ile sonuçlanan ilişkiler karmaşıklık teorisi olarak nitelendirilir. Bu sistemler açık sistemlerdir ve böylece yeni elemanlar veya ajanlar mevcut durumu başka bir duruma çevirmek için bu sistemin içine girebilir (Cameron ve Larsen-Freeman, 2007; Heylighen, 2009).

Kaos kelime anlamı ile mutlak anarşi, kargaşa, rasgelelik ve düzensizliktir. Jensen (1972) tarafından kaos, düzensiz, öngörülemeyen deterministik davranış, doğrusal olmayan ve dinamik sistemler olarak tanımlanmıştır (Gleick, 1987). Kaos, düzensizlik içinde düzeni araştırırken, doğrusal olmayan ifadelerin içerisindeki düzen resimlerini belirlemeye çalışır (Ebesek ve Yaman, 2012).

Kaotik bir sistemin dört temel bileşeni vardır. Bunlardan ilki, kaotik sistemlerin belirli bir zaman sonra nasıl davranacaklarının öngörülemez olduğunu ifade eden *hesaplanamaz olma* özelliğidir. Çünkü E. N. Lorenz'in yaptığı deneylerde tesadüf eseri keşfettiği gibi, en küçük bir değişkeni ihmal etmek bile tahminlerin yanlış çıkmasına neden olur.

Kaotik sistemlerin ikinci bileşeni *başlangıç koşullarına hassas bağlılık'*tır. Sistemin ilk gözlendiği andaki koşullardaki ölçülemeyecek kadar küçük olan değişimler kaotik sistemlerin farklı tepkiler vermesine yol açabilir. Bu durum Lorenz'in ileri sürdüğü *Kelebek Etkisi* kavramı ile açıklanabilir. Başlangıç koşullarında oluşabilecek küçücük bir değişiklik sistem davranışında kısa süre içinde büyük değişiklikler yapar ve kaotik sistemler bu özellikleri ile ideal ve öngörülebilen sistemlerden ayrılırlar.

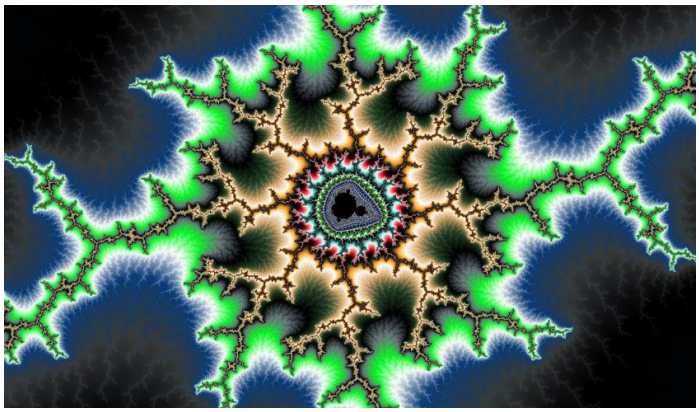
Doğrusal olmama kaotik sistemlerin ana bileşenlerinden bir diğeridir. Buna göre kaotik sistemler, her zaman aynı girdiye aynı biçimde tepki vermezler. Sistemin değişkenlerinin birbirini etkilemesi, bu değişkenler arasında oluşan karşılıklı

bağımlılık ve diğer bileşenlerin etkilerinden dolayı sistem öngörülemeyen bir davranış sergiler (Prigogine ve Stengers, 1984).

Burada tek yönlü bir neden-sonuç ilişkisi yoktur. Sistemin her öğesi karşılıklı nedensellik ilişkileri ile diğer ögelere bağımlı olduğu için, bir sistemi veya bir alt sistemi tek başına incelemek mümkün değildir. Bu sebeple, davranışların hesaplanabilmesi için doğrusal olmayan denklemler kullanılır.

Kaotik sistemlerin, doğrusal ve periyodik olmamak koşulu ile belirli davranış kalıplarını aynı veya farklı zaman ölçeğinde tekrar edebilme özellikleri *özbenzeşim* olarak ifade edilmektedir.

Kaos kuramının kurucularından B. Mandelbrot'un ifade ettiği gibi, bulutlar küre, dağlar ise koni değildir ve şimşek de düz bir çizgi halinde ilerlemez. Yani günlük yaşamımızda ve çevremizde bir doğrusallık yoktur. Fakat etrafımızdaki bu doğrusallığa aykırı durumlara rağmen, modellemede düzgün şekiller kullanılmaktadır (Gleick, 1987). Doğayı anlamak için yeni bir geometriye ihtiyacımız olduğunu savunan Mandelbrot, fraktal geometriyi bugünkü boyutlara taşımıştır.



Şekil 3.6 : Mandelbrot kümesi [Url-5].

Fraktal geometri, neredeyse tamamen matematiksel soyutlamalardan oluşan Öklit geometrisinden farklı, doğadaki bu geometriyle tanımlanamayacak, karmaşık biçim ve süreçleri anlamamıza yardımcı olan özel bir geometri dalıdır. Fraktal geometrisi, önceden belirlenmiş basit geometrik kuralların, sürekli tekrar edilmesi ile elde edilen şekillerle ilgilenir (Mandelbrot, 1983). Şekilleri oluşturmak için uygulanacak kurallar genellikle basit birer fonksiyon olarak tanımlanır ve bu fonksiyonlara başlangıç değeri atanır. Bu değer ile başlanan hesaplama iteratif olarak devam eder.

İterasyonlar sonucu elde edilen sayısal değerler görüntülere dönüştürülerek fraktal biçimleri elde edilir. Fraktal geometri, başlangıç şartlarına bağlı hassaslık, karmaşıklık ve özbenzerlik yönleri ile kaos teorisiyle benzer özellikler göstermektedir.

Kaos teorisi ve düzensiz bir ortamda büyüme dinamikleri ile tutarlı fraktal geometrisi, kentsel sistemlerle ilgili karmaşık mekansal yapıların anlaşılması ve kentteki değişimlerin modellenmesi amacıyla kullanılmıştır (Makse ve diğ., 1998). Teorik olarak, lineer olmayan sistemler üzerinde yapılan çalışmalar, kentsel gelişmedeki kaos ve çatallanmadan kaynaklanan düzensiz süreçlerin anlaşılmasına yardımcı olur (Allen, 1997; Batty ve Longley, 1994; Wilson, 1981). Pratikte ise, yeni dijital veri kaynakları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinin ortaya çıkışı kentsel analizlerde sadece zengin bir veri kaynağı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda verinin yönetimi, analizi ve görselleştirilmesi konularında yeni platformlar ve teknikler sunar (Sui, 1998; Nyerges, 1995).

Buna ek olarak, kentsel modellemede kullanılmaya başlanan bulanık küme teorisi ve bulanık mantık uygulamaları, sağladığı esnek hesaplama yöntemi ile sistemlerin ilerleyişindeki gerçek süreçlere daha yakın bir süreç ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır (Wu, 1998; Openshaw ve Openshaw, 1997).

3.4 Bulanık Küme ve Bulanık Mantık

Kentsel modelleme uygulamalarındaki bir diğer gelişme ise bulanık küme teorisi (*fuzzy set theory)* ve bulanık mantıktır (*fuzzy logic*) (Liu, 2009; Rossi ve diğ., 2012). Bulanık mantık yöntemleri, kendi öznitelik değerlerine göre, verilerin sınıflandırılmasıyla ilgili belirsizliklerin gösterilmesi ve manipülasyonuna yönelik bir şema sağlar.

Albert Einstein'e göre, matematik modeller ne kadar ayrıntılı olurlarsa olsunlar gerçeği yansıtamazlar ve ne kadar gerçekçi olurlarsa olsunlar doğa olaylarını tam olarak temsil edemezler. Hassas matematik anlayışı her zaman karmaşık sistemlerin davranışlarını modellemek için yeterli değildir. Bu nedenle olasılık dağılımı ile tarif edilemeyen durumlarda, belirsizliklerin anlatımı ve bu belirsizliklerle çalışılabilmesi için, yeni bir matematiksel düşünce sistemi geliştirilmiştir (Zadeh, 1965; Zimmermann, 1987; Klir ve Yuan, 1995).

Bulanık mantık ve bulanık mantık kurallarını kullanan bulanık küme teorisi, 1965 yılında Lonfi A. Zadeh tarafından geliştirilmiştir. 1970'li yılların ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanan bu teori, derecelendirme üzerine kurulmuştur. Zadeh (1965) bulanık küme ve bulanık mantığı şöyle tanımlar: "Bulanık sistemlerde temel düşünce, bulanık mantıkta doğruluk değerleri (veya bulanık kümelerde üyelik değerleri) 0 ile 1 arasında değişen değerlerdir ki burada 0 mutlak yanlış, 1 ise mutlak doğru olmaktadır." Klasik yaklaşımda bir varlık ya kümenin elemanıdır (1) ya da değildir (0). Bulanık mantıkta ise her varlık 0 ile 1 arasında değişen bir üyelik derecesine sahiptir. Bulanık kümeler keskin sınırları olmayan kümelerdir yani, küme içerisinde üye olma ile olmama arasındaki geçiş aşamalıdır (Zadeh, 1965).

Bulanık mantıkta modeller, bulanık kümeye ilişkin üyelik fonksiyonu ile tanımlanırlar. $X = (x)$ ve X'in içinde bir A bulanık kümesi bir üyelik fonksiyonu $mA(x)$ olmak üzere, X içerisindeki her nesne, 0 ile 1 arasında bir gerçek sayıya getirilir. $mA(x)$ değeri 1'e yaklaştığında, X'in A içindeki "üyelik derecesi" artar. Bütün x'ler için $mA(x) = 0$ ise, A boş kümedir ve her $mA(x) = mB(x)$ olduğunda ise, $A = B$ olur.

Kentsel gelişme, belirsizlikler içeren bir dizi karar verme sürecinin sonucudur. Dolayısı ile bulanık küme ve bulanık mantık, kentsel gelişimin izlenmesi ve modellenmesindeki bu belirsizliklerle başa çıkabilmek için kullanılmaktadır (Davidson ve diğ., 1994; Hall ve diğ., 1992).

3.5 CBS ve Kentsel Modelleme

1960'lı yıllarda geliştirilmeye başlanan Coğrafi Bilgi Sistemleri (*Geographic Information Systems*) teknolojisinin kullanımı, 1981 yılında, kişisel bilgisayarlarda kullanılmak üzere geliştirilen ve ESRI tarafından ilk kez piyasaya sürülen ArcInfo'nun kullanılmaya başlanması ile yaygınlaşmıştır. 1980'lerin sonlarına kadar araştırmacılar, CBS tekniğinin analitik kabiliyetini arttırmak umudu ile, CBS'yi kentsel modeleme teknikleri ile entegre etmeye çalışmış, 1990'larda hem CBS kullanıcıları hem de kentsel modelleme üzerinde çalışan araştırmacılar bu iki tekniğin entegrasyonuna büyük ilgi göstermişlerdir. (Fischer ve diğ., 1996; Fotheringham ve Rogerson, 1994; Anselin ve Getis, 1992; Fischer ve Nijkamp, 1992; Goodchild ve diğ., 1992). Coğrafi Bilgi Sistemleri'ndeki gelişmeler ve kentsel modellerin CBS ile entegrasyonu, zengin veri kaynakları, yeni teknikler, veri

yönetiminin kolaylaşması ve simülasyon olanakları ile kentsel modellemeyi kolaylaştırmıştır.

Kentsel büyüme sosyal, ekonomik, fiziksel ve çevresel faktörlerle doğrudan ilişkili ve karmaşık bir yapıya sahip olduğundan kent, ancak dinamik bir modelleme, doğrusal olmayan programlama ve tümevarım sistem yaklaşımlarının kullanılmasıyla modellenmelidir (Ayazlı, 2011). Arazi kullanım değişimi modelleri Theobald ve Hobbs (1998) tarafından, *Regresyon-tipi modeller (Regression-type models)* ve M*ekânsal geçiş-tabanlı modeller (Spatial transition-based models)* olmak üzere, iki temel tip ile karakterize edilmiştir. Regresyon-tipi modeller, arazi kullanım değişikliklerine yol açan, sosyal, ekonomik ve mekansal değişkenlerin belirlenmesinde ve arazi kullanım ve gelişme modelleri üzerindeki alternatif politikaların etkilerinin değerlendirilmesinde önemli araçlardır (Lin ve diğ., 2005). Arazi kullanımı tahminlerinde, farklı değişkenlerin göreceli katkısı regresyon-tipi modellerle kolayca elde edilebilir. Mekânsal geçiş-tabanlı modeller ise, mekânsal Markov tekniğinin bir uzantısı ve stokastik hücresel özişleme biçimidir (Theobald ve Hobbs, 1998).

Günümüzde kentsel karmaşıklığı modellemek için kullanılan en yaygın yöntemler, *Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks), Etmen Tabanlı Modeller (Agent-Based Model), İstatistiksel Modelleme (Statistical Modeling)* ve *Hücresel Özişleme (Cellular Automata)* yöntemidir (Parker ve diğ., 2003; Diappi ve diğ., 2004; Ayazlı, 2011; Sabri ve diğ., 2011).

3.6 Yapay Sinir Ağları

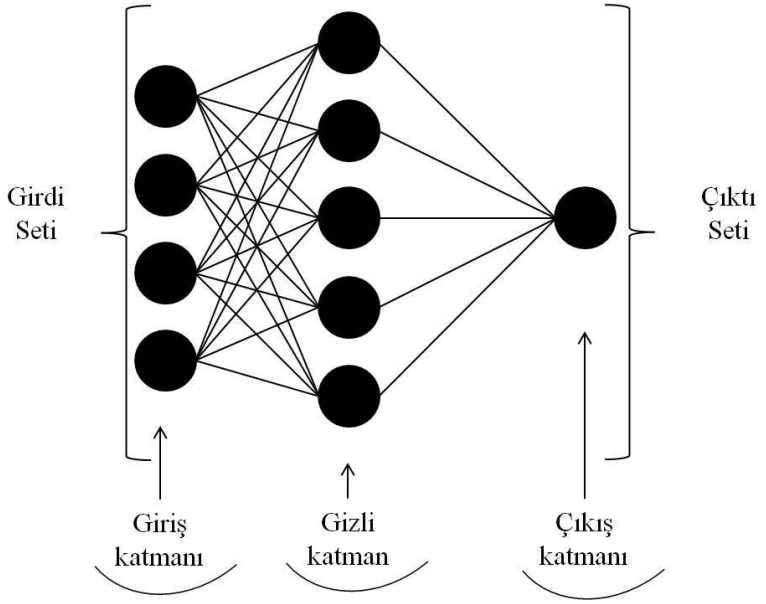
Yapay sinir ağları (YSA) insan beyninin çalışma ilkelerinin, öğrenme, yeni bilgiler üretebilme, keşfedebilme gibi yeteneklerinin, bilgisayar sistemlerinde taklit edilmesi ile oluşturulmuş bir bilgi işlem teknolojisidir (Davalo ve Naim, 1991; Bishop, 1995; Öztemel, 2003; Krogh, 2008; Elmas, 2011). Biyolojik sistemlerdeki nöronların matematiksel modellenmeleri ile meydana gelen Yapay sinir ağlarındaki öğrenme algoritmaları, klasik bilgisayar algoritmalarından farklıdır ve öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasında ilişki kurma yeteneklerine sahiptir.

Değişik şekillerde tanımlanan yapay sinir ağlarının, birbirine hiyerarşik olarak bağlı ve paralel çalışabilen yapay hücrelerden oluşması gerekliliği bütün tanımlarının ortak

noktasıdır (Öztemel, 2006). Hücreler yani proses elemanları birbirine bağlıdır ve ağ tarafından öğrenme yoluyla edinilen bilgi hücreler arasındaki bu bağlantı değerlerinde saklıdır.

Genellikle YSA ile oluşturulan modeller istatistiksel veri analizi veya sistem optimizasyonu için kullanılmakta, özellikle regresyon ve diğer klasik yöntemlerin sıklıkla kullanıldığı tahmin ve sınıflandırma çalışmalarında da tercih edilmektedir. (Warner ve Misra, 1996; Yüksek ve diğ., 2007).

YSA temel olarak, basit bir yapıda, Şekil 3.7'deki gibi, üç katmandan oluşmuş, yönlü bir çizge[1] biçimindedir. Katmanlar, nöronlardan meydana gelir ve nöronlar arasındaki bağlantılar ağırlık vektörleri ile sağlanır.



Şekil 3.7 : Yapay sinir ağları.

Girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı birbirlerine hiyerarşik bir biçimde bağlanarak ağı oluşturur. Giriş katmanı, dış dünyadan alınan bilgiyi taşır ve bir transfer fonksiyonuna sahip değildir. Giriş çıkış arasındaki bağıntıya göre, bir öğrenme kuralı ile YSA fonksiyonu tanımlanır. Gizli katman, girdi katmanından alınan bilgilerin işlenerek çıktı katmanına gönderildiği katmandır. En az bir tane gizli katman olmak zorundadır ve birden fazla sayıda da bulunabilir. Çıktı katmanı, gizli katmandan gelen bilgilerin işlenerek sonuç üretildiği ve buradan dış dünyaya gönderildiği katmandır.

[1] Çizge (Graf): Düğüm olarak adlandırılan noktalar ve her biri bu noktaları veya sadece noktanın kendisini birleştiren ve ayrıt olarak adlandırılan çizgiler topluluğudur [Url-6].

YSA yaklaşımının klasik istatistiksel yöntemlerden farkı, verilerin dağılım varsayımları ile değişkenlere ait varsayımlara ihtiyaç duymamasıdır. Ağ, çok sayıda ve eş zamanlı olarak çalışan nöronların aktivitesinin bir araya gelmesinden oluşur (Haykin, 1994) ve böylece zaman içerisinde herhangi bir nörünun işlevsiz kalması halinde, yani bazı değişkenlere ilişkin eksik verilerin olması durumunda, sistem bu eksikliği tolare edebilir. Ancak veri sayısının, YSA'nın eğitimi sırasındaki performansını etkilemesi bir dezavantajdır (Warner ve Misra, 1996; Öztemel, 2006).

Bir yapay sinir ağı modeli, bir fonksiyon ya da dağılım ile tanımlanan matematiksel bir model, öğrenme stratejisi ve kullanılan öğrenme kuralından meydana gelir. En yaygın yapay sinir ağı modelleri, Çok katmanlı algılayıcılar (Multi Layer Perceptron), Vektör kuantizasyon modelleri (LVQ), Kendini düzenleme ile eğiten model (SOM), Boltzman makinesi, Hopfield ağları, Probabilistik ağlar ve Radyal temelli ağlardır (Öztemel, 2006).

Çok katmanlı algılayıcı (MLP) modeli, basit nöronlardan oluşan, ileri beslemeli bir ağdır. Bu ağlar çoğunlukla kontrollü öğrenme problemlerinde kullanılır. Bu, ağın giriş-çıkış çiftlerinden oluşan bir set olduğu ve bunlar arasındaki bağımlılık modelinin ağ tarafından öğrenilmesi anlamına gelmektedir. Bu öğrenme, en sık kullanılan, geri yayılım algoritması (back-propagation algorithm) ile sağlanmaktadır. Geri yayılım algoritması, ileri yayılım ve geri yayılım olmak üzere iki aşamalıdır. İleri yayılım aşamasında veriler ağa girilir ve bu aşamanın sonunda elde edilen çıkışlarda hesaplanan hata fonksiyonlarının kısmi türevleri farklı parametrelere göre ağ üzerinde geri yayılır [Url-7].

3.7 Etmen Tabanlı Modeller

Etmen tabanlı modelleme (Agent-based models), karmaşık sistemleri modellemek için birbiri ile etkileşim içinde bulunan, herhangi bir değişkene bağlı olmayan etmenlerden oluşmuş bir yaklaşımdır (Macal ve North, 2006). Bu modeller, etmenlerin bütün bir sistem üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla, özerk etmenlerin etkileşimleri ve eylemlerinin simülasyonu için, hesaplama modellerinden oluşan bir sınıftır. Aynı zamanda, oyun teorisinin, karmaşık sistemlerin, hesaplamalı sosyolojinin, çok etmenli sistemlerin ve programlamanın faktörlerini birleştirir. Problemlerin çözümü için çeşitli etmenlerin birlikte çalıştığı bu modeller, işbirliği ve iletişim mekanizmalarını kullanırlar (Liu ve diğ., 2010; Yan ve diğ., 2010).

Tek bir etmen tanımı olmamakla birlikte, etmenlerin bazı ortak özellikleri vardır (Wooldridge ve Jeennings, 1995; Franklin ve Graesser, 1996; Epstein, 1999; Macal ve North, 2005; Crooks ve Heppenstall, 2012). Bunlar:

Özerklik: Etmenler, bağımsız kararlar alabilmek ve bilgilerin işlenmesi için diğer etmenlerle bilgi alışverişi yapabilen özerk birimlerdir.

Heterojenlik: Etmenler, özerk bireylerin gelişimine izin verirler. Her etmen aynı özellikte olmak zorunda değildir.

Aktiflik: Simülasyon sırasında bağımsız olarak hareket ederler. Aktiflik özelliği şu özelliklere bakılarak tespit edilebilir:

- *Etkileşimli / Hedefe yönelik:* Etmenler kendi davranışları ile ilgili olarak, hedefe yönelik olmak zorundadır.
- *Algısal / Tepkisel:* Etkenler çevrelerini tanırlar ve farkındalık duygusuna sahiptirler.
- *Sınırlı rasyonellik:* Bu yaklaşım, akılcı olmayan davranışların kalıcılık arzettiği ve kişilerin belirsizlik durumunda karar verme durumunda sistematik olarak hatalar yapabileceği görüşlerini benimser. Bu yüzden etmenler ancak sınırlı rasyonalite ile yapılandırılabilir Bu özellik etmenlere amaçlarına ulaşma yolunda, tümevarımsal, ayrık ve uyarlanabilir seçimler yapmasını sağlar.
- *Etkileşimli / İletişimsel:* Etmenler yoğun iletişim kurma yeteneğine sahiptir.
- *Hareketlilik:* Etmenler bir model içindeki uzayda dolaşabilirler, bağımsız olmaları nedeniyle hareket edebilirler. İstenildiği takdirde sabitlenebilirler.
- *Uyarlama / Öğrenme:* Etmenler, önceki durumlarına bağlı olarak, mevcut durumlarını değiştirmek için, hafıza veya öğrenme yolu ile adapte olabilirler.

Etmen tabanlı modeller, farklı karar verme birimlerini veya etmenlerini tanımlayarak, insan ile doğal sistemler arasındaki etkileşimleri modeller. Bu model arazi örtüsü/kullanımı değişikliklerinin modellenmesinde kullanılan yöntemlerden bir tanesidir (Matthews ve diğ., 2007; Robinson ve diğ., 2007; Parker ve diğ., 2008; Millington ve diğ., 2011).

3.8 Lojistik Regresyon

Lojistik regresyon analizi, bir bağımlı değişken ile birden fazla bağımsız değişken arasında, doğrusal olmayan, çok değişkenli bir regresyon ilişki esasına dayanır (Akgün ve Bulut, 2007). Bir veya birden fazla tahmini değişkene dayanan kategorik bir veri değişkeninin sonuçlarını tahmin etmek için kullanılır. Bağımlı değişkenler kategorik veri oluşturmakta ve kesikli değer almakta, bağımsız değişkenler ise böyle bir zorunluluk taşımamakla birlikte, sürekli veya kategoriktir. Lojistik regresyon yöntemi şu lineer eşitlikle tanımlanır:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots . + b_nx_n \qquad \textbf{(3.1)}$$

Eşitlikteki *Y*, sıfır ile bir aralığındaki bağımlı değişkeni, b_0 bağımsız değişkenlerin sıfır değerini aldıklarında bağımlı değişkenin aldığı değeri, $b_1 \ldots . b_n$ bağımsız değişkenlerin regresyon katsayılarını, $x_1 \ldots . x_n$ ise bağımsız değişkenleri ifade etmektedir.

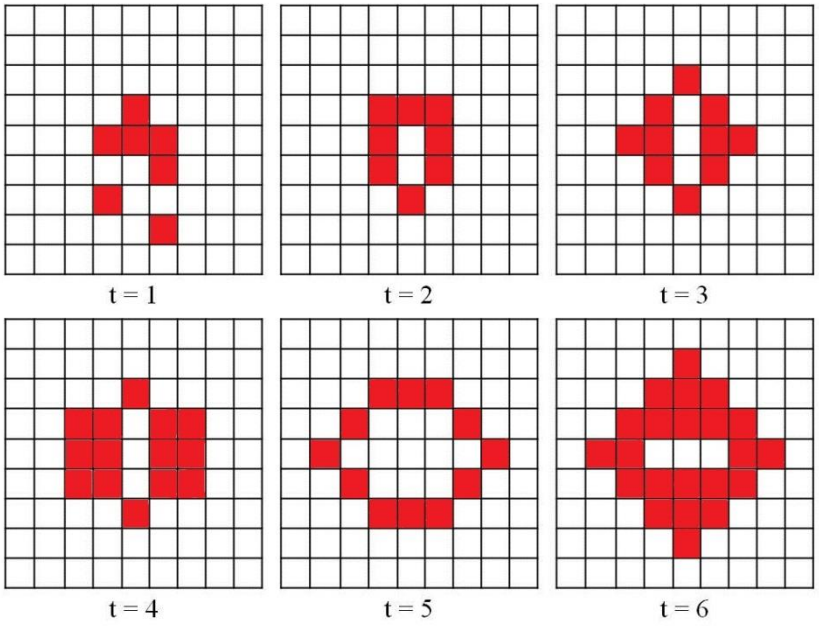
3.9 Hücresel Özişleme (Hücresel Otomat)

Hücresel özişleme (Cellular Automata), uzayın düzenli mekânsal *hücrelere* bölündüğü ve bir zaman dilimi içinde, birbirinden farklı adımların gerçekleştiği dinamik bir sistemdir (Batty, 1976; Alkheder ve Shan, 2005; Hand, 2005). Karmaşık mekânsal süreçlerin, basit karar kuralları ile çok iyi bir şekilde taklit edilmesini sağlayan matematiksel bir metottur. Her bir hücre belirli bir *duruma (state)* sahiptir ve bu durum kendi etrafındaki hücrelerden ve aynı zamanda hücrenin kendi karakteristiğinden etkilenir. Hücreler arasındaki etkileşimin derecesi ve yönü geçiş kuralları *(transition rules)* ile belirlenir. Hücresel özişleme, basit geçiş kuralları ile karmaşık desenler üretilebilen faz geçişleri ile karakterize edilir ve hesaplama simülasyonuna uygun olan kent sistemlerinin modellenmesinde kullanılır (Wolfram, 1984; Coucelis, 1997; Clarke ve Gaydos, 1998; Batty, 1995; White ve Engelen, 2000; Samat, 2000).

1950 yılında, gridlere bölünmüş iki boyutlu bir uzayda, hücrelerin sadece açık ve kapalı olması kuralına göre çalışan grafik yapıları ile ilgilenen matematikçi S. Ulam ve A. Turing'in çalışmalarına dayanarak, kendi kendini kopyalayabilen sistemler üzerinde çalışan iş arkadaşı Von Neumann, ilk hücresel özişleme yöntemini

geliştirmişlerdir (Ulam, 1976; Fredkin, 1991; Batty, 1997). 1960'larda hücresel özişleme dinamik sistemlerin bir türü olarak incelenmiş ve ilk defa matematiksel sembollerle arasında bir bağ kurulmuştur. Bu metodun ilk önemli uygulaması olan, iki durumlu ve iki boyutlu hücresel özişleme oyunu *Hayat Oyunu (Game of Life),* John Conway tarafından 1970'lerde bulunmuştur (Gardner, 1970).

Bu oyunun temel ve basit üç kuralı vardır: 1. Eğer ölü bir hücrenin üç canlı komşusu varsa, canlanır (it's born). 2. Eğer canlı bir hücrenin iki veya üç canlı komşusu varsa, canlı kalır. 3. Diğer tüm durumlarda hücre ölür (it dies). Bu basit kurallara rağmen sistem, görünen rastgelelik ve düzen arasında dalgalanan, etkileyici bir çeşitlilik sağlamıştır. Şekil 3.8'de Hayat Oyunu kurallarını temel alan basit bir simülasyon örneği görülmektedir. Şekildeki kırmızı olan hücreler canlı, beyaz olan hücreler ölüdür.



Şekil 3.8 : Hayat Oyunu'ndan bir simülasyon örneği (Liu, 2009).

1983 yılında Stephen Wolfram yaptığı çalışmasında hücresel özişlemenin çok temel fakat bilinmeyen sınıflandırmalarını yayınlamıştır. Günümüzde hücresel özişleme, fizik, kimya, biyoloji gibi temel bilimlerde, sosyoloji, coğrafya, şehir planlama gibi alanlarda modelleme ve simülasyon aracı olarak kullanılmaktadır.

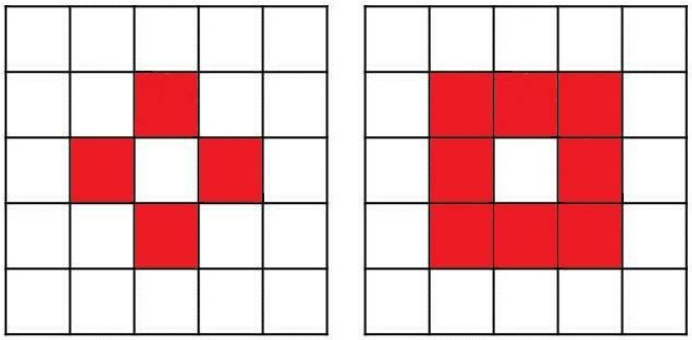
3.9.1 Hücresel özişlemenin elemanları

Hücresel özişleme, *hücre, durum, komşuluk, geçiş kuralları* ve *zaman* olmak üzere beş ana ögeden oluşur.

Hücresel otomat içerisinde mekânsal bir mozaik şeklinde düzenlenen *hücre*, hücresel uzayın temel mekânsal birimidir. Kentsel büyüme ve arazi kullanım değişimlerinin modellenmesinde en sık kullanılan yapı, iki boyutlu hücrelerden oluşan hücresel otomattır (Liu, 2009). Bununla birlikte, tek boyutlu hücresel otomat gibi diğer düzenlemeler, kentsel trafik modelemesi gibi lineer nesnelerin sunumu için geliştirilmiştir (DiGregorio ve diğ., 1996; Nager ve diğ., 1997).

Hücresel otomatta *durum* kavramı, sistem özelliklerini tanımlamak için kullanılır. Her hücre, herhangi bir zamanda sadece tek bir durumda olabilir ve bu durum, bir sayı veya bir karakter ile temsil edilir. Kentsel tabanlı hücresel özişleme modellerinde ise, hücre durumları özel bir arazi kullanım/arazi örtüsü tipi veya kentsel/kırsal arazi olarak nitelendirilebilir.

Komşuluk ise, söz konusu hücrenin etkileşimde bulunduğu diğer hücrelerin oluşturduğu bir kümeyi ifade eder. Tek boyutlu bir çalışma olan von Neumann'ın çalışmasında (dört hücreli), kuzey, güney, doğu ve batı yönlerindeki komşulukları kullanılırken; iki boyutlu ve iki temel komşuluğa sahip olan Moore'un çalışmasında (sekiz hücre) ise, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı yönlerindeki komşuluklar da kullanılmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Von Neumann (a) ve Moore'un (b) komşulukları.

Geçiş kuralları, bir hücrenin kendi mevcut durumuna ve komşularının durumlarına göre nasıl yanıt vereceğini gösterir. Bu kurallar, sistem modelleme sürecini temsil ettikleri hücresel özişlemenin anahtar bileşenidir (White ve Engelen, 1997). Katı bir hücresel özişleme için geçiş kuralları benzer olup, bütün hücreler için eşzamanlı olarak uygulanır.

Hücresel özişlemede temel olarak, bütün hücrelerin durumları her iterasyonda aynı anda güncellenir. Bu sebeple zaman faktörü en temel ögelerden bir tanesidir. Ancak

bu esnetilebilir bir kuraldır ve operatör tarafından farklı hücreler için farklı zamanlamalar da belirlenebilmektedir.

3.9.2 Hücresel özişlemenin matematiksel altyapısı

Hücresel özişleme, sistemlerin karmaşık davranışlarının desenlerini üretebilmek için basit bileşenlerin birlikte hareket ettiği matematiksel modellerdir (Packard ve Wolfram, 1984). *t* zamanındaki, *i,j* konumunda bulunan x_{ij} hücresinin durumu S_{xij}^{t}'dir. S_{xij}^{t} hücresel uzayda, sonlu sayıda duruma sahip olan hücrelerdir. *t +1* zamanında S_{xij}^{t+1}'nin durumu:

$$S_{xij}^{t+1} = f\left(S_{xij}^{t}, S_{\Omega_{xij}}^{t}\right) \quad \textbf{(3.2)}$$

şeklinde ifade edilir. Ω_{xij} , x_{ij} hücresinin komşuluğunda bulunan bir hücre dizisini; $S_{\Omega_{xij}}^{t}$, Ω_{xij} hücrelerinin bulunduğu durumlar kümesini; *t* zamanı; f ise, geçiş fonksiyonunu temsil etmektedir.

Eğer hücrenin kendisi komşuluk grubunun bir üyesi ise, eşitlik 3.3'deki gibi yazılır.

$$S_{xij}^{t+1} = f\left(S_{\Omega_{xij}}^{t}\right) \quad \textbf{(3.3)}$$

Bu denklem hücresel özişlemenin gelişiminin genel prensibini ortaya koyar ve sözlü olarak şu şekilde açıklanabilir:

IF (EĞER) Bir hücrenin komşuluğunda bir şey olursa,

THEN (O ZAMAN) Bir sonraki adımda o hücrede bir şey olur.

Özetle, hücresel özişleme modelleri, özel geçiş kurallarını içeren IF-THEN tablolarından meydana gelen bir diziden oluşur (Wolfram, 1984).

Hücresel özişleme simülasyon modelleri, konvansiyonel matematik sistemlerine göre, coğrafi sistemlerin karmaşık dinamiklerini daha net ve daha doğru bir biçimde temsil etmek için oldukça uygun bir yöntemdir (Hillier ve Hanson, 1984; Itami, 1994; Clarke ve diğ. 1997; Engelen ve diğ., 1997).

3.9.3 Kentsel hücresel özişleme

Hücresel özişleme, çalışma mekanizmasının basit ve kolay anlaşılabilir olması, görsel sonuç üretebilme olanaklarını sağlaması nedeniyle kentsel modellemede

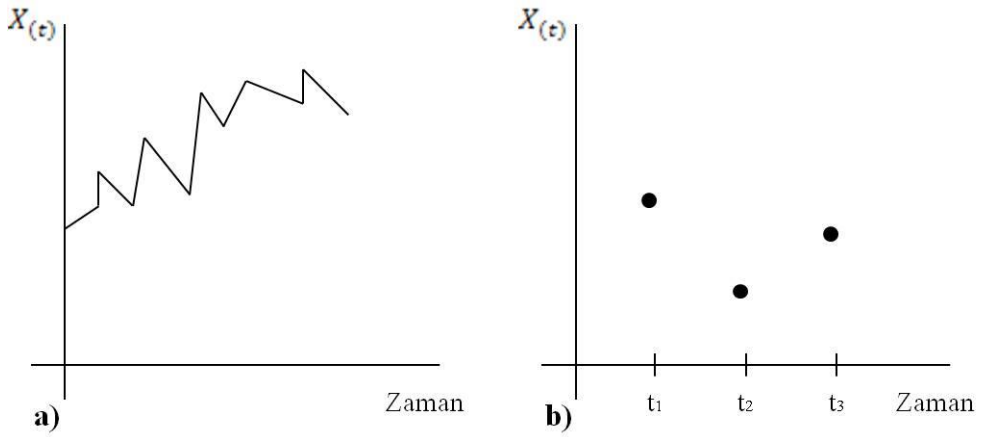
sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, hücresel özişleme içsel uzamsallık içerdiğinden, kentsel mekânsal dinamiklerin simülasyonları için mükemmel bir araçtır (Iltanene, 2012). Bu yöntemle, basit kurallarla, bir alandaki kentsel aktiviteler belirlenebilir, yani kentler mekânsal olarak modellenebilir (Batty, 1997).

Kentsel alanda arazi kullanımının tahmini için, Engelen ve White (1993) tarafından gelişme eğilimlerinin belirlemek amacıyla, hücresel özişleme tabanlı arazi kullanım simülasyon modeli geliştirilmiştir. Modelde, her bir hücre bir kentsel arazi kullanım sınıfını temsil etmekte, mevcut fonksiyonlar kente etki eden faktörler ışığında değişime uğramaktadır (White ve Engelen, 1993; 1997).

3.10 Stokastik Matematiksel Modelleme

Stokastik modeller, zaman içinde gelişen sistemleri olasılık kurallarına göre inceler ve olayı karakterize eden rassal değişkenin durumuna bağlı olarak farklılık gösterir. Stokastik matematiksel modellemede, rassal belirsizliğin hâkim olduğu fiziksel ve sosyal süreler matematiksel olarak modellenir (Önalan, 2011). Sistem davranışının tarif edilmesinin zor olduğu karmaşık olduğu yapılarda, belirsizlik ortamını açıklamak için kullanılacak en uygun yol matematiksel modellemedir. Olasılık teorisinin dinamik kısmı olarak betimlenebilen stokastik süreç, zamana ve duruma bağlı bir fonksiyondur. Değişkenler, kesikli veya sürekli olabildikleri gibi, zamanla süreklilik değişebilir veya belirli bir anda herhangi bir değer alabilir.

Eğer $X = \{X_t, t \geq 0\}$ ise sürekli zaman stokastik süreç; eğer $X = \{X_n = 0,1,2 \ldots\}$ ise kesikli zaman stokastik süreç denir (Şekil 3.10). Şekildeki $X_{(t)}$ rassal değişkendir ve sürecin t anındaki durumunu ifade eder.



Şekil 3.10 : a) Sürekli zaman stokastik süreç b) Kesikli zaman stokastik süreç

Stokastik bir modelin gerektirdiği başlıca sayısal değerler şunlardır:

- Zamanın bir fonksiyonu olarak durum değişkenlerinin ortalama değeri
- Zamanın bir fonksiyonu olarak durum değişkenlerinin değişimi
- Çeşitli durum değişkenleri arasındaki bağımsızlık derecesi.

3.11 Markov Zincirleri (Markov Chain)

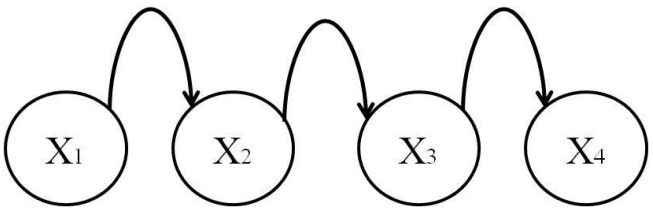
Markov süreci, 20. yüzyılda (1856-1922), rastgele meydana gelen ve aynı zamanda önceki olaylardan etkilenen, fakat katı bir biçimde kontrol edilmesi mümkün olmayan doğal süreçlerin tarifi için çalışma yapan Rus matematikçi Andrei A. Markov tarafından tanımlanmıştır (Collins, 1975).

Markov, karmaşık sistemlerin analizinde kullanılan olasılıksal bir modeldir (Howard, 1971). Aynı zamanda bir değişkenin, sınırlı bir zaman içerisindeki önceki durumları dikkate alarak, zaman içinde nasıl geliştiğini tahmin eden rastgele bir süreçtir (Brooks, 1998). Bu matematiksel sistemin temeli, sonlu ya da sayılabilir mümkün durumlar arasında bir durumdan diğer duruma geçiştir. Genelleştirilmiş bir ifade ile "durum geçiş modeli" olan Markov modeli, durumların herhangi bir zamanda ortaya çıkabilecek sürekli değişkenler ve geçişler ile tanımlanmasına izin verir.

Markov modelleri istatistiksel olma özelliklerinden dolayı, her bir stokastik olayın olasılık değerini modelleyen bir gösterimi mümkündür. Matematiksel ifade ile:

$$P\,(X_{t+1} = x_{t+1} \mid X_t = x_t \ldots., X_{t-1} = x_{t-1}, X_0 = x_0) = \mathrm{P}\,(X_{t+1} = x_{t+1} \mid X_t = x_t) \quad \textbf{(3.4)}$$

olarak tanımlanır ve bu ifadeye Markov özelliği, bu özelliği sağlayan rassal süreçlere de Markov süreci denir. Formülde $t+1$ zamanındaki olaylar t zamanındaki duruma bağlıdır. Bu zaman bağımlılığından dolayı Markov modelleri yönlendirilmiş grafik biçimindedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 : Yönlendirilmiş grafik.

M durumlu bir Markov Chain sürecinde, *t* zamanında, *i* durumunda iken, sonraki zamanda j durumunda bulunma ihtimaline, geçiş olasılığı *(Transition probabilities)* denir ve $P_{ij}^{t,t+1}$ şeklinde ifade edilir (3.5).

$$P_{ij}^{t,t+1} = P\{X_{t+1} = j \,|X_t = i \qquad \textbf{(3.5)}$$

Geçiş olasılığı aşağıdaki koşulları sağlamak zorundadır:

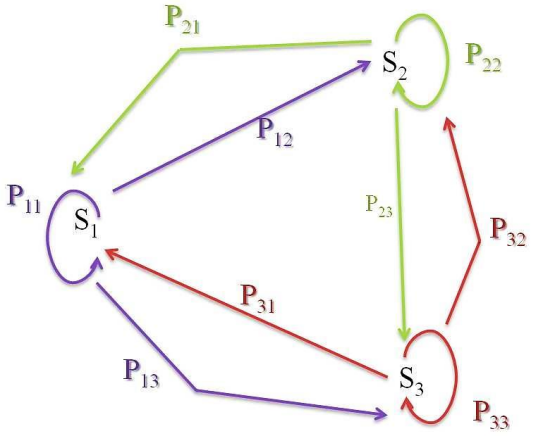
- $0 \leq P_{ij} \leq 1\ dir.$
- $1 \leq i,j \leq M$ için,

  $\sum_{j=1}^{M} P_{ij} = 1$

  ve i= 1,2,….,M olmalıdır.

Bu ihtimallerden oluşan M×M boyutlu matrise geçiş olasılık matrisi veya geçiş matrisi denir ve P ile gösterilir (3.6). Matriste satırlar mevcut durumdaki arazi kullanımı/örtüsü bilgisini, sütunlar da geçilmesi beklenen yeni arazi kullanımı/örtüsü bilgisini göstermektedir.

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1M} \\ P_{21} & P_{22} & \ldots & P_{2M} \\ . & . & \ldots & . \\ P_{M1} & P_{M2} & \cdots & P_{MM} \end{bmatrix} \qquad \textbf{(3.6)}$$



Şekil 3.12 : Sistemin farklı durumlarda bulunması.

Markov Chain methodu 1960'ların sonlarında özellikle coğrafyacılar tarafından, bir yerden bir yere taşınma veya bir durumdan başka bir duruma geçme problemlerinin araştırılmasında kullanılmıştır (Collins, 1975). Markovian modeller doğada çeşitli

hareketlerden kaynaklanan değişimlerin analiz edilmesinin yanında, gelecekteki değişimleri öngörmek amacıyla da kullanılmaktadır.

Geçmiş yıllarda arazi kullanım biçimleri için dinamik modeller geliştirmek amacıyla uygulanan Markov Chain, bugün yaygın olarak, uzaysal-zamansal geçiş modelleri dikkate alınarak, büyük mekansal ölçeklerde, hem kentsel hem de kırsal alanlarda arazi kullanım değişimlerini modellemek için kullanılmaktadır (Drewett, 1969; Bourne, 1971; Bell, 1974; Robinson, 1978; Jahan, 1986; Muller ve Middleton, 1994; Wu, 2002). Modelde girdi olarak, arazi çalışmalarından elde edilen veriler, haritalar, hava fotoğrafları ve özellikle de uydu görüntüleri kullanılmaktadır.

4. UYGULAMA

4.1 Çalışmanın Alanı

Yapısal karakteristiği nedeniyle ekvator kuşağının mangrove ormanlarına benzeyen ve bir derenin varlığı ve çeşitli odunsu ve otsu tırmanıcı bitki ile karakterize olan bu ormanlar longoz olarak isimlendirilmektedir (Pavlov ve Dimitrov, 2002).

Avrupa'da çok nadir bulunan ekosistemlerden olan Longoz ormanlarının Türkiye'deki en geniş yayılımı İğneada da bulunmaktadır. Birbirinden bağımsız üç bölüm halinde olan longozlar, sulak alan ekosistemini, kumul alan ekosistemini ve subasar orman ekosistemini aynı anda barındırmaktadır. İğneada longoz (su basar) ormanları, yaprağını döken orman ekosistemleri, tatlı ve tuzlu su gölleri, bataklıklar ve alçak ve yüksek kıyı alanları, kıyı kumulları ile özel bir alandır. Bu ekosistem, içerisinde endemik ve nadir bitki türlerini barındırırken, aynı zamanda 194 çeşit kuş, 310 çeşit böcek, 46 çeşit memeli, 28 çeşit balık ve 17 sürüngen türüne ev sahipliği yapmaktadır. Biyolojik çeşitlilik açısından çok zengin olan ve çok sayıda bitki ve hayvan türünü barındıran İğneada, Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı (ÖBA) ve 184 Önemli Kuş Alanı (ÖKA) arasında da yer almaktadır.

1970'li yıllardan beri çeşitli statüler çerçevesinde koruma altında bulunan İğneada longoz ormanları, 03.11.2007 tarihinde alınan kararla Milli Park kapsamına alınmıştır. Ancak, gerek Milli Parklar Kanunu'nun hükümleri gereği, gerekse alınan çeşitli planlama ve proje kararları açısından, bu alan tehdit ve tehlike altındadır.

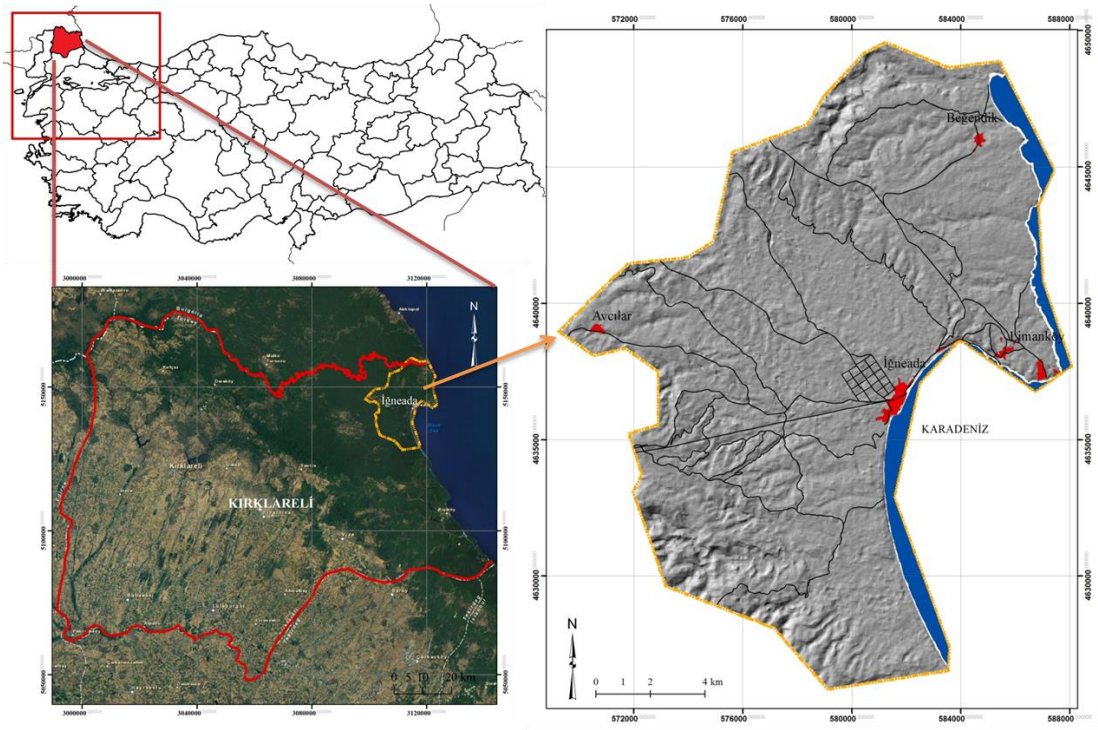
Bu tez kapsamında, çalışma alanı çerçevesi, 2007 yılı Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından yapılan, İğneada Koruma Alanı Yönetim Planı'nda yer alan, İğneada Koruma Bölgesi sınırı olarak belirlenmiştir.

4.1.1 Coğrafi konum

İğneada, Türkiye'nin kuzeybatısında, Kırklareli iline bağlı Demirköy ilçe sınırları içerisinde bulunan bir beldedir. Marmara Bölgesi'nin kuzeyinde, Istranca (Yıldız)

Dağları'nın eteklerinde, Karadeniz'in kıyısında yer almaktadır. Bulgaristan sınırına 15 km, bağlı olduğu Demirköy ilçesine 26 km mesafede bulunan belde, Kırklareli'ne 98 km, Edirne'ye 160 km, İstanbul'a ise 250 km uzaklıktadır [Url-8].

Çalışma alanı, 41° 45' - 41° 58' K ve 27° 50' - 28° 03' D coğrafi koordinatları arasında yer alan İğneada bucağı, Limanköy, Avcılar ve Beğendik köylerini kapsamaktadır ve 239,90 km2 yüzölçümüne sahiptir.

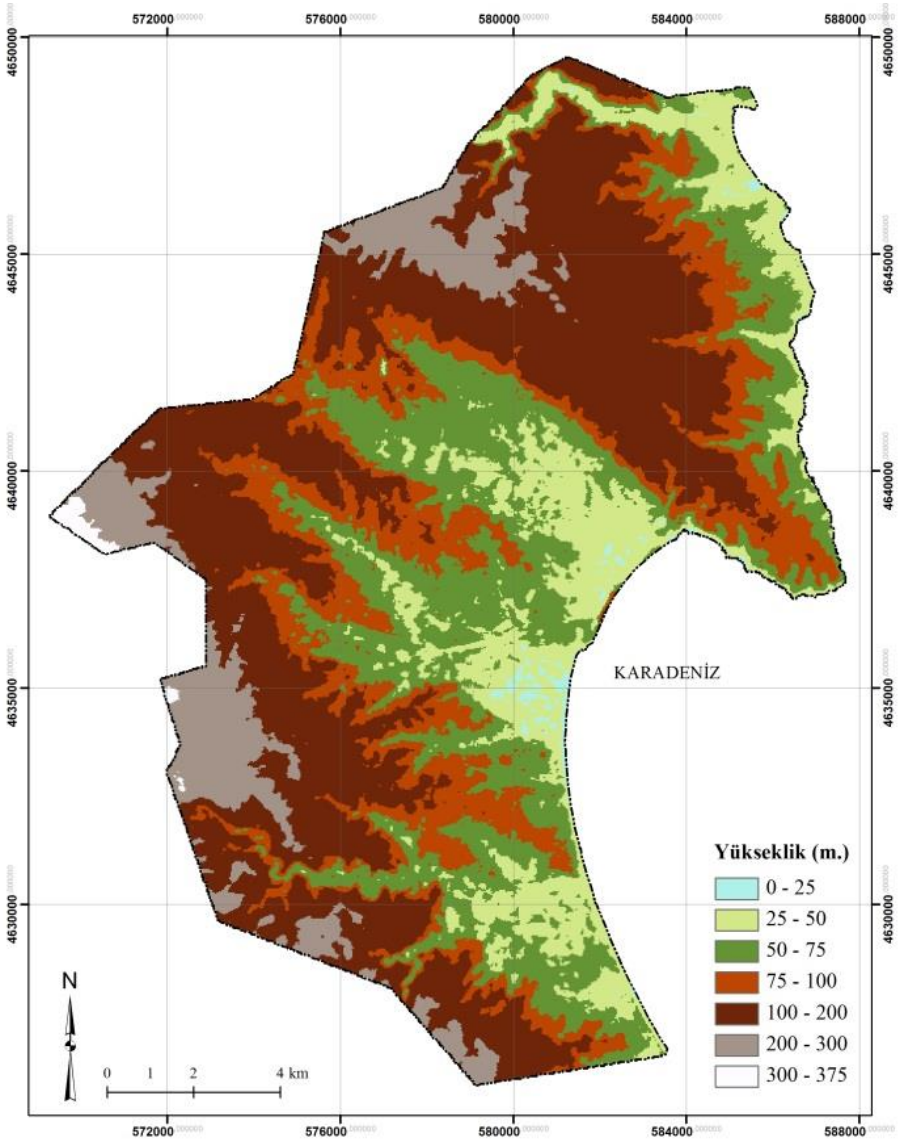


Şekil 4.1 : Çalışma alanının konumu.

4.1.2 Topoğrafik yapı

Kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda Karadeniz'e paralel uzanan Yıldız Dağları'nın eteklerinde yer alması nedeni ile İğneada çalışma alanı engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Güneyden ve batıdan 200-300 m. yüksekliğe sahip sırtlarla çevrilen alan, denize doğru % 5-15 eğimle inmektedir. Çalışma alanında, karışık ormanların yer aldığı alçak ve yüksek alanlar ile longoz ormanlarının bulunduğu düz ve düze yakın sahalar dikkat çekmektedir.

Tez kapsamında, alanın topoğrafik analizlerinin elde edilmesinde 15 m. çözünürlüğe sahip AsterDEM (Digital Elevation Model) görüntüsü kullanılmış, ArcGIS programı ile alana ait yükseklik (Şekil 4.2), eğim (Şekil 4.3) ve bakı (Şekil 4.4) haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 4.2 : Çalışma alanının yükseklik grupları.

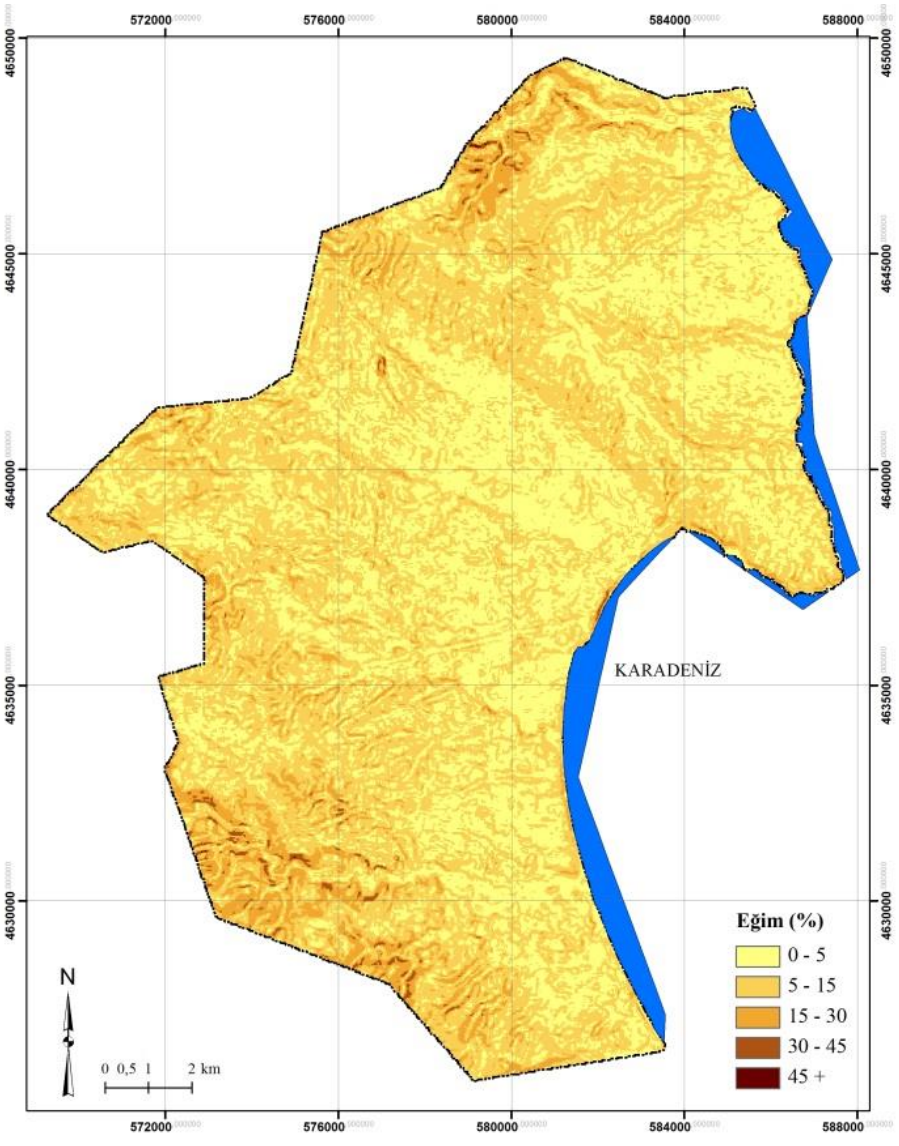
Yükseklik gruplarının belirlenmesinde, çalışma alanının arazi kullanım özellikleri ve longoz ormanlarının karakteristiği göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 4.1 : Çalışma alanında yükseklik gruplarının dağılımı.

Yükseklik (m)	Alan (ha)	Yüzde
0 - 25	141	0,6
25 - 50	3041	13,4
50 - 75	5167	22,7
75 - 100	4119	18,1
100 - 200	8139	35,8
200 - 300	2041	9,0
300 +	89	0,4
Toplam	22737	100,0

Elde edilen sonuçlara göre, çalışma sahasının yüksekliği deniz seviyesi 0 (sıfır) ile 375 metre arasında değişmektedir ve alandaki yükseklik dağılımına bakıldığında, bölgenin en önemli karakteristiği olan longoz ormanlarının deniz seviyesi ile 75 metre yükseklik arasında yer seçtiği görülmektedir. Çalışma alanının batısına doğru yükseklikler arttığı görülmektedir. Çalışma sahasındaki yükseklik gruplarının alansal ve oransal dağılımları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

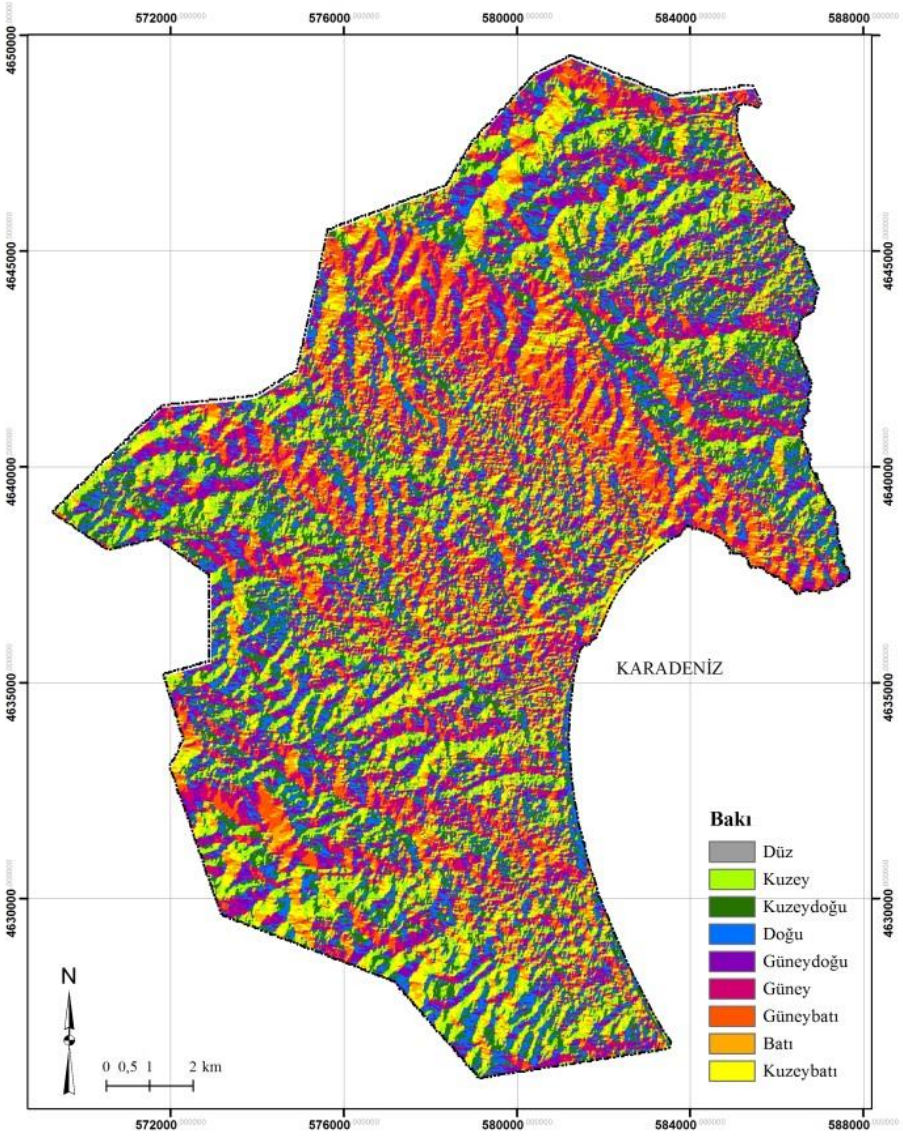
Eğim analizi, Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı tarafından tanımlanan topoğrafik eğim değerleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Buna göre eğimi, % 0-5 olan alanlar düz ve düze yakın, % 5-15 olan alanlar düşük eğimli, % 15-30 olan alanlar orta eğimli, % 30-45 olan alanlar yüksek eğimli, % 45'in üzerinde olan alanlar ise çok yüksek eğimli alanlar olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3 : Çalışma alanının eğim sınıfları.

Oransal olarak bakıldığında alanın, % 41,53'ü düz ve düze yakın eğime sahiptir. Arazinin % 49,64'ü düşük eğimli, % 8,25'i orta eğimli, % 0,58'i yüksek eğimli, % 0,01'i ise çok yüksek eğimlidir. Düze yakın ve düşük eğimli alanlar, Karadeniz'e yakın kesimlerde, göl, sazlık ve longoz ormanlarının bulunduğu bölgelere denk gelmekte, yüksek eğimli alanlar çalışma sahasını kuzeybatı, güney ve güneybatı yönlerinden çevrelemektedir.

Bakı (yamaç yönelimi), sıcaklık, yağış, rüzgâr güneşlenme süresi ve nem gibi iklim elemanları üzerinde etkileyen jeomorfolojik bir özelliktir. Yerleşim alanlarının yer seçimi, orman alanlarının oluşumu, bitki örtüsünün dağılımı gibi arazi özellikleri açısından önemli bir etken olan bakı incelenirken, düz alanlar ile bütün ana ve ara yönler göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 4.4 : Çalışma alanının bakı grupları.

Buna göre, çalışma alanının %2,6'sı düz alan olup, kuzeydoğu yönelimli alanlar ise çalışma sahasında en büyük alanı (%15,4) kaplamaktadır. Engebeli bir arazi yapısına sahip çalışma alanında, diğer yönlere olan dağılımlar ise birbirine oldukça yakındır. Çizelge 4.2'de çalışma alanında bakı gruplarınun alansal ve oransal dağılımı verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Çalışma alanında bakı gruplarının dağılımı.

Yön	Alan (ha)	Yüzde
Düz	587	2,6
Kuzey	2640	11,6
Kuzeydoğu	3511	15,4
Doğu	3152	13,9
Güneydoğu	3244	14,3
Güney	3196	14,1
Güneybatı	2419	10,6
Batı	1848	8,1
Kuzeybatı	2140	9,4

4.1.3 Jeolojik ve jeomorfolojik yapı

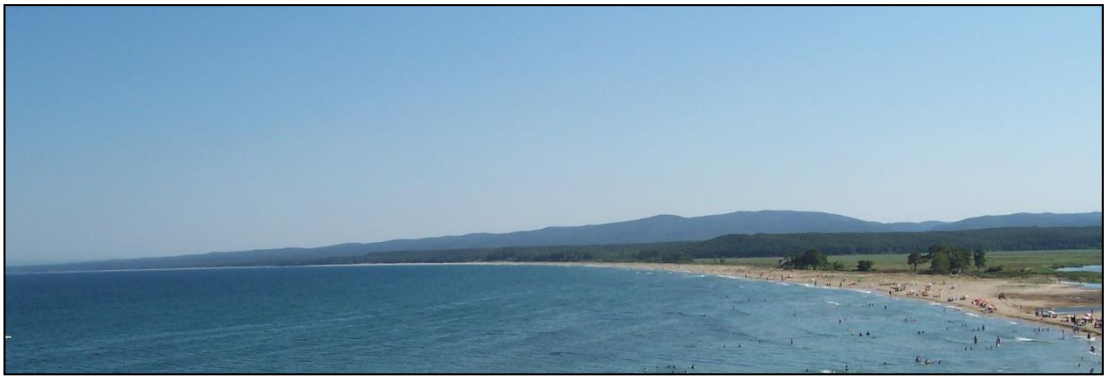
Istranca (Yıldız) Dağları, çeşitli volkanik hareketlerle (kırılma ve kıvrılma) I. jeolojik zamanda oluşmuş, masif olma özelliğini taşımaktadır. Masifler, kıvrılma özelliğini yitirmiş olan yaşlı ve sert kütlelerdir (Kırklareli İl Çevre Durumu Raporu, 2009). İğneada, Istranca Dağları'nın doğusunda oluşmuş bir çöküntü alanı konumundadır.

Yıldız Masifi'nin doğrultusuna paralel olarak, Vize ilçesinden Kırklareli'nin doğusuna kadar uzanan kuzeybatı - güneydoğu yönlü fay hattı ile bu hattı kesen kuzeydoğu - güneybatı yönlü ikincil faylar sahanın tektonik yapısını oluşturur. Kuzeydoğu - güneybatı yönlü ikinci fay sisteminin varlığı İğneada-Limanköy arasındaki kıyı şeridinin girintili-çıkıntılı olmasının nedenidir. Kırklareli ili ve çalışma alanı olan İğneada IV. derece deprem bölgesinde yer almaktadır [Url-9].

Çalışma alanında, falezler ve faylı kıyılardan oluşan yüksek kıyılar ile Erikli ve Mert lagün gölleri ile plajların içinde bulunduğu alçak kıyılar olmak üzere iki tip kıyı çeşidi bulunmaktadır. Şekil 4.5'te, İğneada'nın güneyinde yer alan yüksek kıyılar görülmektedir. Plaj, lagün ve lagünlerin etrafındaki, kıyı kenar çizgisine kadar olan düzlük alanlar ise, alçak kıyıları oluşturmakta ve bu kıyıların genişliği özellikle yaz mevsiminde, yer yer 50 m.'ye kadar çıkmaktadır (Kırklareli İl Çevre Durumu Raporu, 2009). İğneada yaklaşık 15 km uzunluğunda bir kumsala sahiptir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5 : Çalışma alanında yüksek kıyılar.



Şekil 4.6 : Çalışma alanında alçak kıyılar.

4.1.4 İklim

Çalışma alanının iklim verileri, alana en yakın merkez olan Kırklareli meteoroloji istasyonundan elde edilerek yorumlanmıştır. Buna göre, çalışma sahasında Karadeniz iklimi görülmektedir. Bu iklimin özelliği gereği yazlar serin, kışlar ise soğuktur. Aynı zamanda yaz ve kış mevsimleri arasındaki sıcaklık farkı azdır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (2012) elde edilen verilere göre, 1970-2011 yılları arasında, yıllık yağış ortalamasının m^2 başına 46 kg olduğu Kırklareli ilinin en çok yağış aldığı aylar sonbahar ve kış aylarıdır. Yine bu yıllarda, ildeki ortalama sıcaklık 13,2 ºC ve ortalama en yüksek sıcaklık 18,5 ºC olup, bu değerler Karadeniz iklim tipinin özelliklerini yansıtmaktadır. Sıcaklık ortalamasının yıl içinde hiç 0'ın altına düşmediği ilde, ortalama en düşük sıcaklık 8,6 ºC'dir. 1970-2011 yılları içindeki, Kırklareli iline ait, istatistikî iklim verileri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

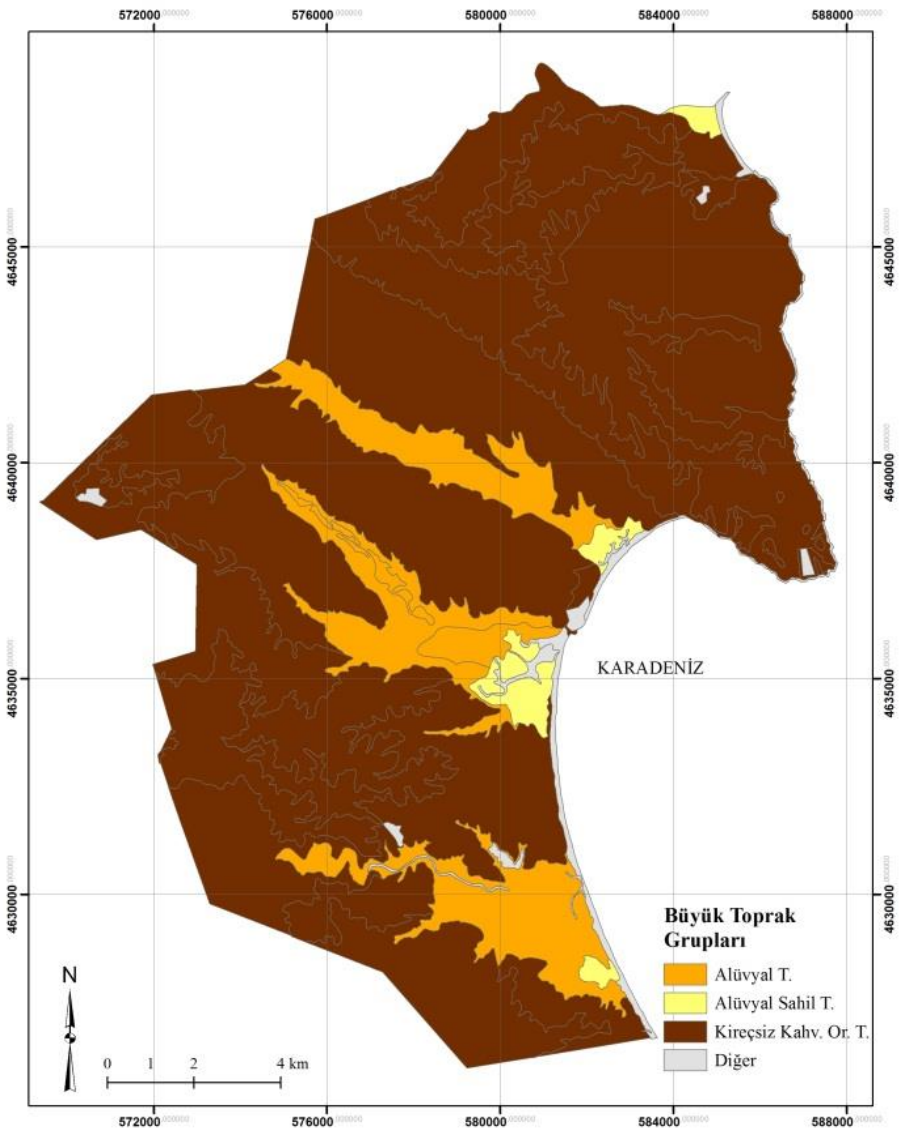
Bölgede hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır. Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında kuzey ve kuzeybatı yönlü rüzgarlar hakimken, yer yer kuzey, güney ve kuzeydoğudan esen rüzgarların da etkili olduğu görülmektedir (Vardar ve diğ., 2005).

Çizelge 4.3 : Kırklareli ili istatistiki iklim verileri (1970 – 2011). [Url-10]

	Ocak	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Aralık**
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1970 - 2011)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	3,1	4	6,9	12	17,2	21,6	23,9	23,2	19,1	13,8	8,7	4,9
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,7	8,2	11,8	17,5	23,1	27,8	30,5	30,2	25,9	19,4	13	8,3
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	0,2	0,6	2,9	7,1	11,5	15,4	17,7	17,4	13,8	9,7	5,3	2,1
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2,5	3,5	5,1	6,4	8,5	9,2	10,2	10,2	8	5,1	3,5	2,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10,5	8,9	9,5	10,5	9,8	8,5	4,9	3,9	4,8	7,6	9	11,1
Aylık Top. Yağış Mik. Ort.(kg/m2)	51,6	45,1	46,3	42,9	48,7	48,3	28,9	22	33,1	53,5	69	62,8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1970 - 2011)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18,3	21	25,7	29,4	34,6	39,8	42,5	40,4	37	37,4	25,6	21,6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-15,8	-15	-11,8	-3	1,4	5,8	8,8	10,2	3	-3,4	-7,2	-11,1

4.1.5 Toprak yapısı

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Arazi İzleme Sistemi'nden elde edilen verilerle oluşturulan büyük toprak grupları haritası incelendiğinde, çalışma alanında *alüvyal topraklar, alüvyal sahil toprakları* ve *kireçsiz kahverengi orman toprakları* olmak üzere üç farklı toprak tipinin bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 : Çalışma alanına ait büyük toprak grupları.

Alanda, en büyük alana sahip topraklar, zonal topraklar sınıfına giren, kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. Çalışma sahasının % 86'sının kaplayan bu topraklar, orman ve otluk alanlarının topraklarıdır. Doğal verimlilikleri çok fazla olmayan kireçsiz kahverengi orman topraklarının üst kısmı yumuşak ve sıkı, alt kısmı ise ağır bünyeli ve serttir.

Doğal drenajı iyi olan toprakların doğal bitki örtüsü çalı, otlar, karışık orman ve fundalıktır.

Alüvyal topraklar, aşınma nedeniyle belirgin bir katmanı olmayan, eğimli sahalarda oluşan, azonal topraklar sınıfına girer ve çalışma sahasında 2703 ha'lık (% 12) bir alanı kaplamaktadır. Çalışma alanında longoz ormanlarının bulunduğu bölgelerde yoğunlaşan bu topraklar tabansuyunun etkisi altındadır. Alüvyal topraklar mineral bakımından çok zengindir ve iklimin elverdiği bütün kültür bitkilerinin yetişmesine elverişlidir.

Çalışma sahasında Erikli, Mert ve Saka göllerinin çevresinde, sazlık ve bataklık alanları kaplayan Alüvyal sahil toprakları (Islak Turbo Toprakları) ise, iklim ve bitki örtüsünden bağımsız olarak, topoğrafya, ana madde ve fazla tuz gibi yerel etkenler tarafından oluşturulmuş intrazonal toprak grubuna girmektedir. Bu topraklar sürekli su altında bulunmaktadır ve organik maddeler açısından zengindir. Çalışma alanının % 2'si bu tip topraklardan oluşmaktadır.

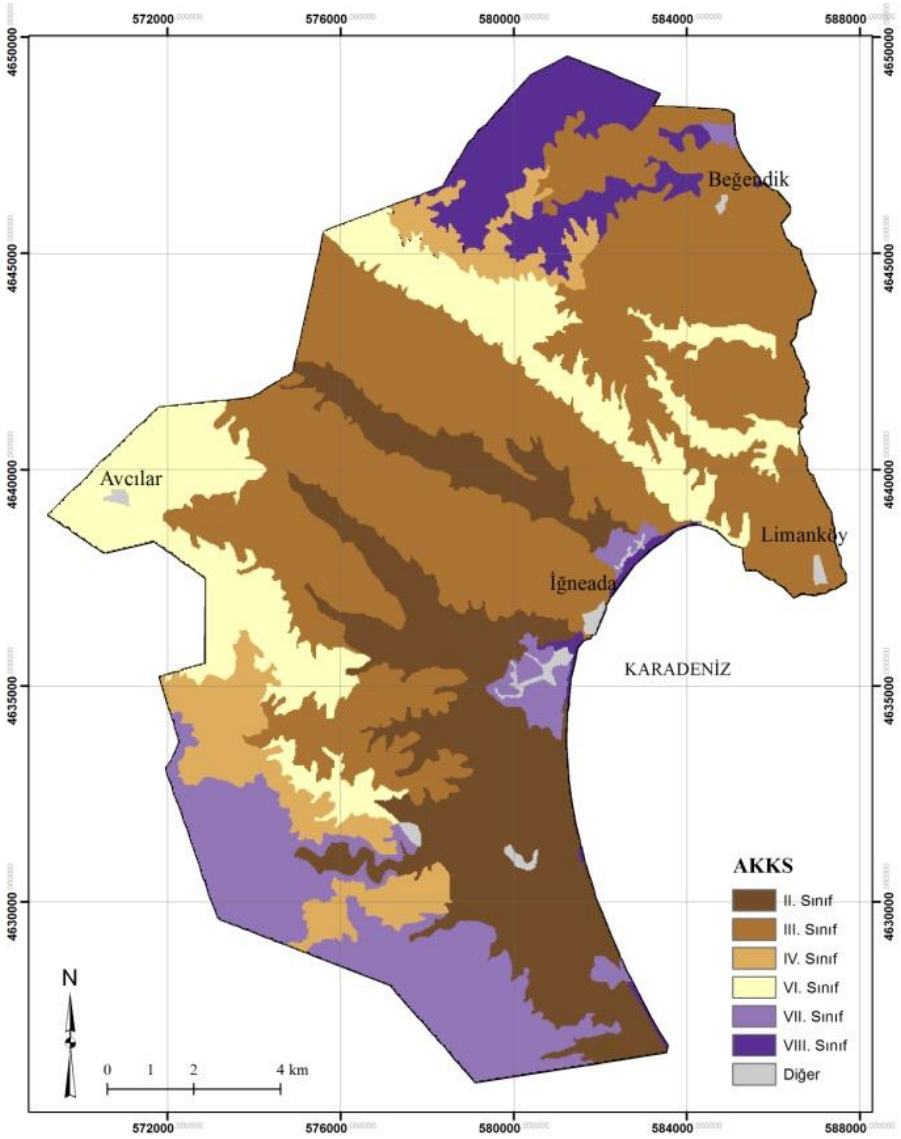
4.1.6 Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları

Çalışma alanı için, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Arazi İzleme Sistemi'nden elde edilen verilerle oluşturulan arazi kullanım kabiliyeti sınıfları haritasına (Şekil 4.8) göre, alanda II, III, IV, VI, VII. ve VII. sınıf araziler bulunmaktadır.

İkinci sınıf arazi, bazı özel tedbirler alınarak kolayca işlenebilen kaliteli bir arazidir. Birinci sınıfa göre, biraz daha eğimli, daha kalın toprağa sahip, bazı zamanlarda taşkınlara uğrayabilen bu araziler çalışma alanının % 19'unu meydana getirmektedir. Bu araziler, İğneada yerleşim alanının güneyinde, Mert ve Saka Gölleri'nin çevresi ile bu göller arasında kalan bölgede yoğunlaşmaktadır.

Çalışma sahasının en büyük yüzölçümüne sahip olan üçüncü sınıf araziler (% 42), uygun metotlar kullanılarak çapa bitkilerinin yetiştirilebildiği, orta derece eğime sahip, erozyona hassas, düşük su tutma kapasitesine sahip, az verimli arazilerdir. Yoğun olarak İğneada yerleşimi çevresi, çalışma bölgesinin kuzeyi, Limanköy ve Beğendik köylerinin bulunduğu bölgeler III. sınıf arazilerden meydana gelmiştir.

Alanın % 7'sini oluşturan IV. sınıf araziler, fazla eğim, erozyon ve toprak karakteri nedeniyle tarım yapmaya uygun değildir. Çalışma sahasında, longoz ormanlarını çevreleyen karışık ormanların yer aldığı alanlarda bulunmaktadır.



Şekil 4.8 : Çalışma alanına ait arazi kullanım kabiliyeti sınıfları (AKKS).

VI. sınıf araziler ise ormanlık alan olarak kullanılsalar da önlem alınması gerektiren arazilerdir. Eğimleri yüksektir ve şiddetli erozyona maruz kalırlar. Avcılar köyü çevresinde ve çalışma alanının kuzeyinde güney yönelimli yamaçlarda yoğunlaşan bu araziler alanın %15'ini oluşturmaktadır.

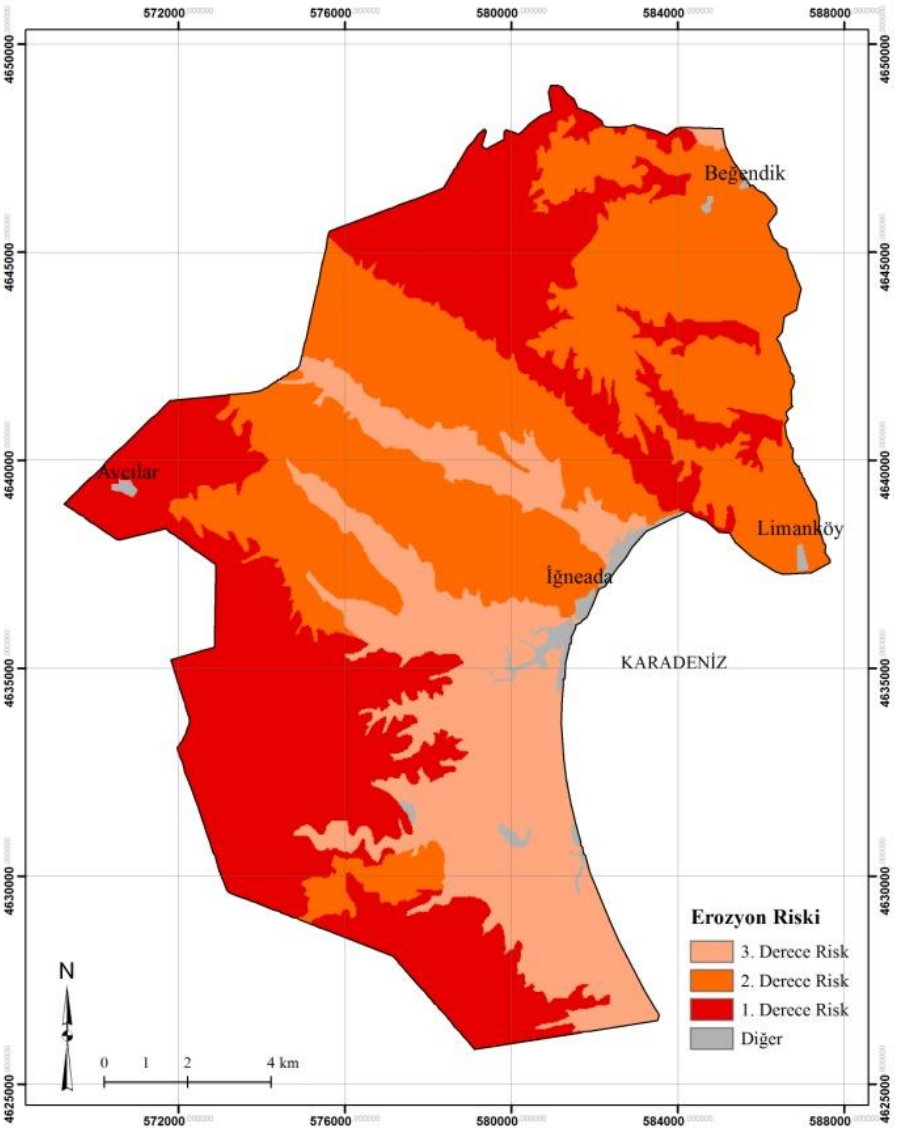
VII. sınıf araziler çalışma sahasının güneybatısını oluşturmaktadır. Aynı zamanda çalışma alanındaki göllerin sazlık ve bataklık bölgeleri bu tip arazilerden meydana gelmiştir. Alanın %11'ini meydana getiren bu arazilerin genel kararkteristik özelliği, çok meyilli, taşlı ve arızalı olması, kuru ve elverişsiz toprakları ihtiva etmeleridir. Genellikle orman arazileridir.

Çalışma alanında en az yer tutan VIII. sınıf araziler (% 6), çalışma sahasının kuzeyinde yer almaktadır.

Bu tür araziler doğal hayata ortam teşkil ettikleri gibi akan suların su toplama havzası olabilirler.

4.1.7 Toprak erozyonu

Eğim, bakı, jeolojik yapı, iklim ve bitki örtüsü özellikleri, arazi kullanımı gibi etkenler erozyon riskinin belirleyicileridir. Erozyon, toprakların akarsu ya da rüzgar gibi doğal ya da insan faaliyetleri gibi dış kuvvetlerin etkisiyle, oluştuklar yerden aşındırılması, taşınması ve başka yerde biriktirilmesi olarak tanımlanır.



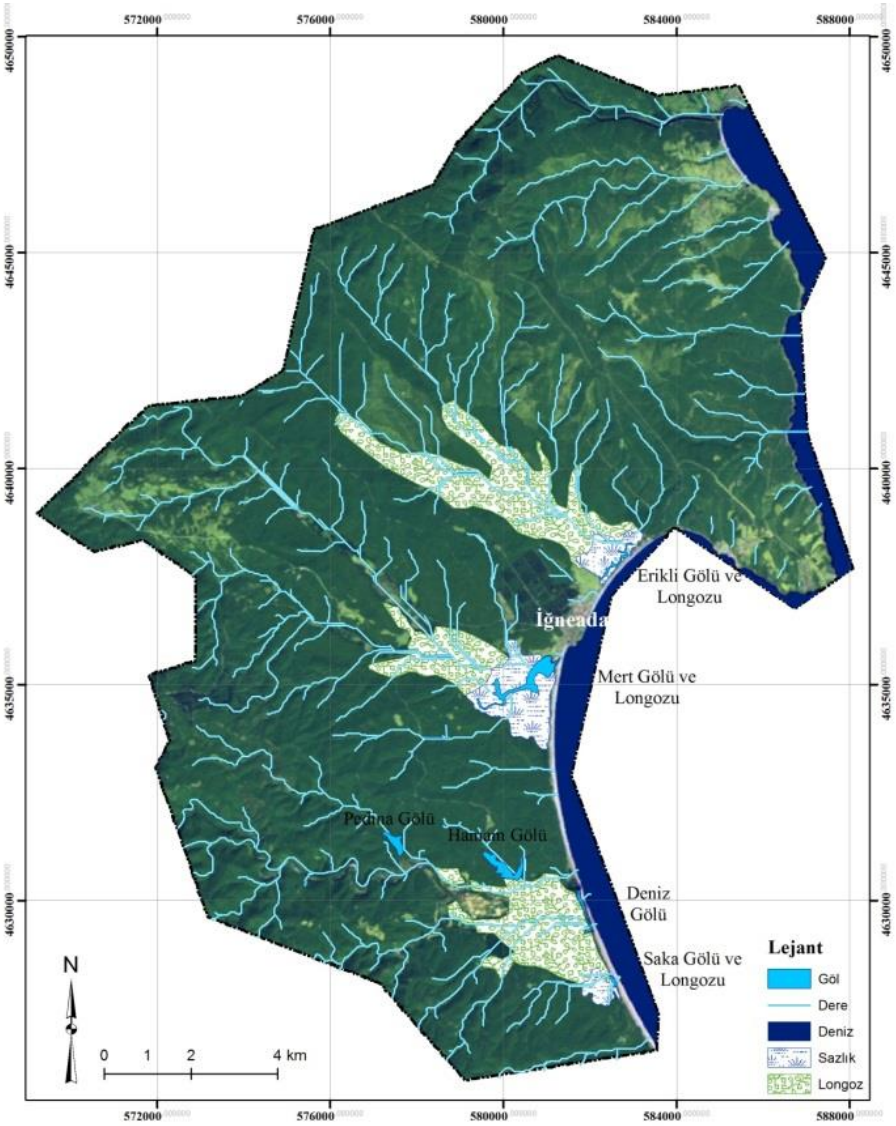
Şekil 4.9 : Çalışma alanının erozyon risk durumu

Çalışma alanına ait erozyon risk haritası, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Arazi İzleme Sistemi'nden elde edilen verilerle oluşturulmuş ve buna göre alanın %38'inin şiddetli erozyon riski, %40'ının orta şiddetli erozyon riski altında olduğu görülmüştür (Şekil

4.9). Alanın %21'lik bir bölümünün ise erozyon riski çok azdır ve bu bölgeler longoz ormanlarının bulunduğu alanlara denk gelmektedir. Çalışma bölgesinde çok şiddetli (IV. derece) erozyon riskine sahip bir alan bulunmamaktadır ve haritada diğer olarak belirtilen alanlar gölleri ve yerleşim alanlarını kapsamaktadır.

4.1.8 Hidrografik yapı

Çalışma alanında, III. – IV. jeolojik zamanda oluşmuş ve sonradan denizle bağlantısı kesilmiş akarsuların oluşturduğu lagün gölleri mevcuttur. Bölgedeki Erikli, Mert, Saka ve Deniz lagün gölleri, Hamam ve Pedina ise orman içi göllerdir. Bölge ekosistemi açısından oldukça önemli olan elemanlar, göller, göllerin çevresindeki sazlık ve bataklık alanları, gölleri besleyen dereler ve suyun varlığı ile oluşan longozlardır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 : Çalışma alanındaki göl, dere, sazlık ve longozlar.

İğneada'nın kuzeyinde yer alan ve Karadeniz'e paralel uzanan Erikli Gölü, Efendi Deresi'nin zamanla denizi doldurması ile oluştuğu tahmin edilen bir lagün gölüdür (Kırklareli İl Çevre Durum Raporu, 2009). Yaz aylarında denizden bir kum bantı ile ayrılan göl, kış aylarında ise yükselen su seviyesi ile denize bağlanmaktadır.

Efendi Deresi, Geyik Dere ve Mavçora Deresi'nden beslenen gölün etrafı sazlık ve bataklık alanları ile çevrilidir. 6 ha su yüzeyine sahip olan gölün büyüklüğü, çevresindeki sazlık ve bataklık alanları ile birlikte 87 ha'dır. Şekil 4.11'de gösterilen gölün en derin yeri 1,2 metredir ve gölde 36 aquatik bitki türü ve 62 kuş türü bulunmaktadır (Seçmen ve Leblebici, 1991; Kaya ve Kurtonur, 1994).



Şekil 4.11 : Erikli gölü.

İğneada'nın hemen güneyinde yer alan Mert Gölü, yaz aylarında Deringeçit Deresi ve kolları ile beslenmekte, kış aylarında ise artan su miktarı ile birlikte denizle birleşmektedir (Şekil 4.12). Kocagöl olarak da bilinen, sazlık ve bataklık alanları ile çevrili olan bu gölün su yüzeyinin alanı 39 ha, en derin yeri ise 1,2 m.'dir (İğneada Yönetim Planı, 2007).



Şekil 4.12 : Mert gölü.

Mert Gölü kuzeyden İğneada yerleşim alanı, güney ve batıdan ise Istranca Dağları ile kuşatılmıştır. Doğusunda ise Karadeniz sahili yer almaktadır. Kıyıya yakın kesimleri tuzlu, iç kesimleri ise tuzsuz olan bu gölde, hem tatlı su hem de tuzlu su canlıları bulunur. Gölde 17 aquatik bitki türü, 11 balık türü ve 60 kuş türü yaşamaktadır (Balık, 1985; Seçmen ve Leblebici, 1991; Kaya ve Kurtonur, 1994).

Mert Gölü'nün kenarından geçen ve göl ile sazlık alanı kuzey-güney istikametinde ayıran, stabilize-toprak araç yolunun göl seviyesinden yüksek olması nedeniyle yaz aylarında gölden sazlık alanlara su geçişi kesilmektedir (Özyavuz, 2008).



Şekil 4.13 : Saka gölü.

Mert Gölü'nün güneyinde yer alan Saka Gölü'nün büyüklüğü sazlık ve bataklık alanları ile birlikte 48 ha'dır (Şekil 4.13). Geniş bir kum bantı ile denizden ayrılan gölün maksimum derinliği ise 3,2 metredir (İğneada Yönetim Planı, 2007).



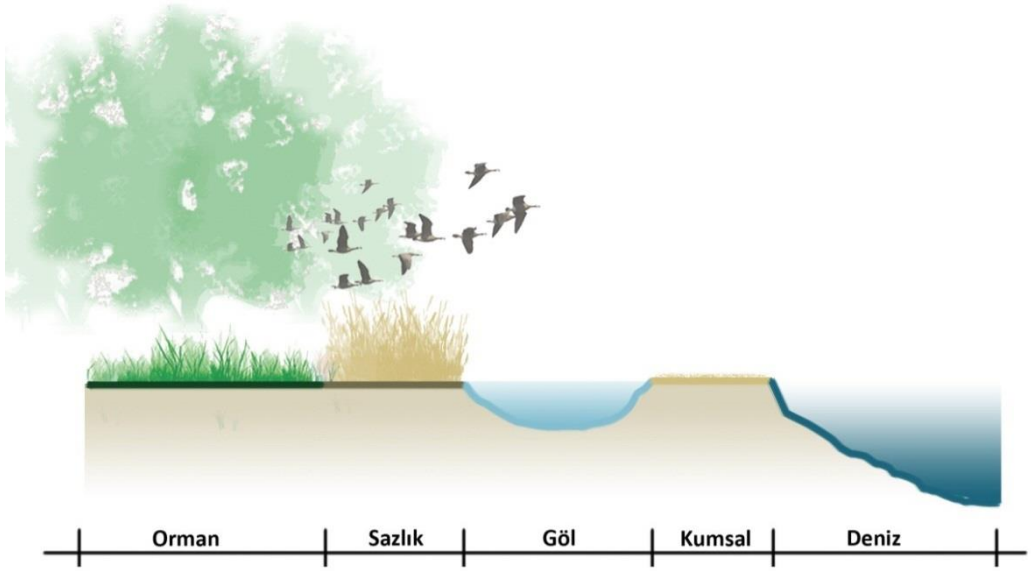
Şekil 4.14 : Hamam (solda) ve Pedina (sağda) gölleri [Url-11 ve Url-12].

İğneada'nın 6 km güneyinde yer alan Hamam Gölü etrafı tamamen ormanla çevrili olup, Karadeniz'e uzaklığı 2 km'dir. 21 ha alana sahip olan göl, çok sayıda küçük dere ile beslenmekte, fazla suyunu ise gölün güneydoğusunda bulunan bir kanalla Bulanıkdere'ye boşaltmaktadır (Güher, 1999).

İğneada'nın 6,5 km güneybatısında bulunan Pedina Gölü de, etrafı ormanla çevrili olup, Hamam Gölü'ne 2 km mesafededir. Büyüklüğü 10 ha olan göl, orman içindeki küçük derelerin yanı sıra Pedina Deresi'nden beslenmektedir. Hamam ve Pedina gölleri Şekil 4.14'te verilmiştir.

4.1.9 Flora

İğneada ve çevresi, ülkemizde birbiriyle ekolojik olarak bağlı ekosistemler zincirini oluşturan ve 592 tür çeşitliliği ile ender bölgelerdendir [Url-13]. Mevsimsel olarak su altında kalan longozlar ve yaprak döken, uzun boylu, karışık ağaç türlerinden oluşan orman vejetasyon tipleri baskındır. Ayrıca, üzerinde çeşitli nadir ve endemik bitki türlerini barındıran kıyı kumulları, göller, göllerin çevresinde bulunan sazlık/bataklık alanlar, göller ve longoz ormanlarını besleyen dereler ekosistemi oluşturur (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : Çalışma alanı taslak gösterimi.

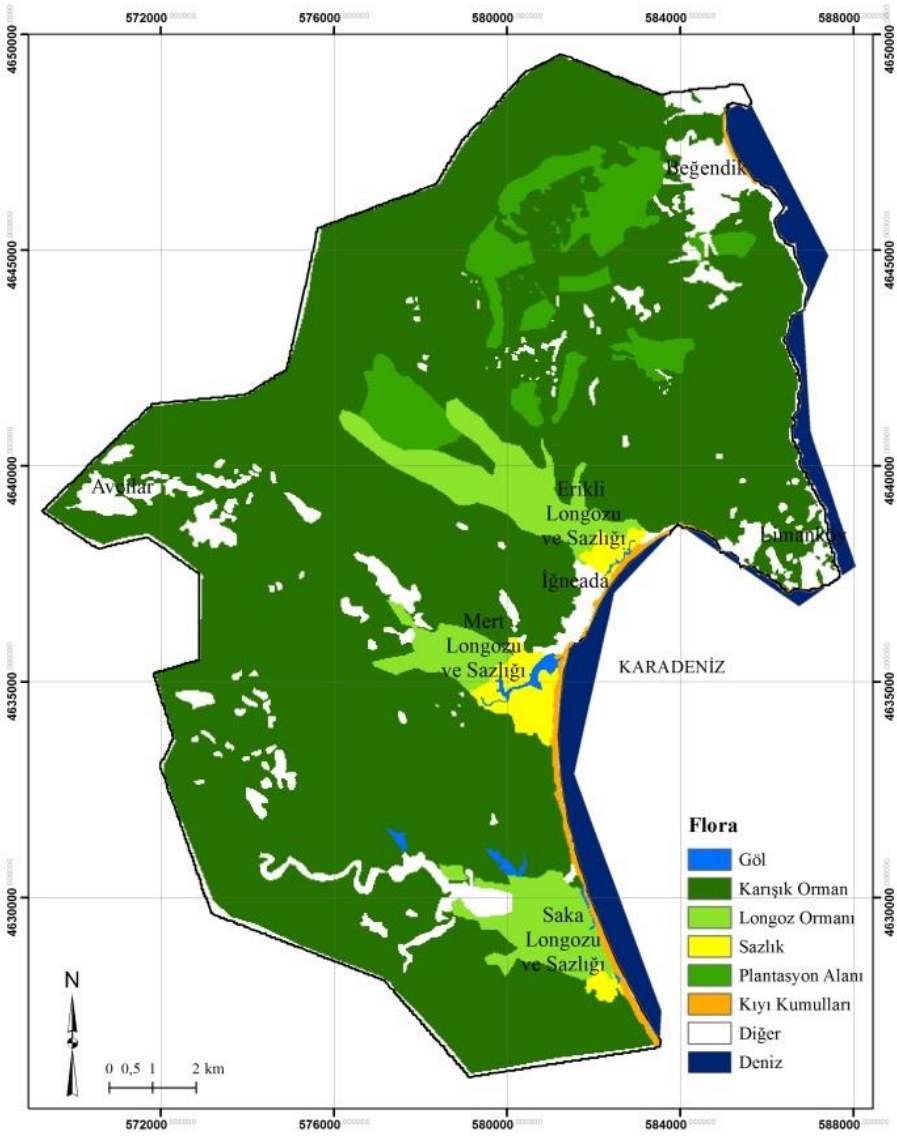
Çizelge 4.4 : Çalışma alanındaki göl, sazlık ve longozların büyüklükleri.

Alan	Erikli	Mert	Saka	Pedina	Hamam	Deniz
Göl (ha)	6	39	5	10	21	6
Sazlık (ha)	81	238	43	-	-	-
Longoz (ha)	722	271	494	-	-	-

Çalışma alanında, isimlerini etrafında bulundukları Erikli, Mert ve Saka göllerinden alan, üç ayrı longoz ormanı bulunmaktadır. Bu göllere ait sazlık longoz ve göl büyüklükleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre, sazlık ve bataklık alanlarıyla

birlikte Erikli gölü longozunun büyüklüğü 803 ha, Mert gölü longozunun büyüklüğü 509 ha, Saka gölü longozunun büyüklüğü ise 537 ha'dır.

Bahar ve kış mevsimlerinde, fazla gelen suların geriye doğru taşması sonucu su altında kalan longoz ormanlarının temel maddesi sudur. Yaz aylarında ise su ihtiyacı taban suyundan karşılanmaktadır. Su ile birlikte taşınan kil ve organik maddeler ile toprak beslenmekte, böylece orman kendini devamlı yenileyebilmektedir. Alüvyal topraklar üzerinde bulunan longoz ormanları besin açısından zengin bir yetişme ortamına sahiptir. Yıllık ortalama güneşlenme süresinin fazla olması, fotosentezi olanaklı kılmakta ve bu da orman örtüsünün gür ve zengin olmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.16 : Çalışma alanı bitki örtüsü.

Longoz ormanları, boyları 8-15 m. arasında değişen, başta Sivri meyveli dişbudak (Fraxinus angustifolia), Doğu kayını (Fagus orientalis), Saplı meşe (Quercus robur)

ve Adi gürgen (Carpinus betulus) olmak üzere, Sapsız meşe (Quercus petraea), Ova akçaağacı (Acer campestre), Çınar yapraklı akçaağaç (Acer platanoides), Üvez (Sorbus), Ihlamur (Tilia argentea), Yapışkan kızılağaç (Alnus glutinosa subsp. Glutinosa) ve Hercai karaağaç (Ulmus laevis) türlerinden meydana gelmiştir (İğneada Flora ve Vejetasyonu Raporu, 2005). Duvar sarmaşığı (Hedera helix), Acı ot (Tamus communis subsp. cretica), İpek fidanı (Periploca graeca) ve Şerbetçiotu (Humulus lupulus) gibi tırmanıcı ve sarılıcı bitki türleri de yer almaktadır. Longoz ormanlarında yaygın olarak bulunan ağaççık formundaki bitkiler, baskın olarak Tavşan memesi (Ruscus aculeatus subsp. angustifolia) olmak üzere, Muşmula (Mespilus germanica), Kırmızı alıç (Crateagus monogyna Jacq. subsp. monogyna), Kızılcık (Cornus mas), Boylu mürver (Sambucus nigra) ve Kuş üvezi (Sorbus torminalis)'dir. Uzun boylu ağaçlar sık ve gür olma özellikleriyle orman alanlarında üst örtü görevi görürken, kısa boylu ağaççık ve çalılar da yer örtüsü işlevini yerine getirmektedir. Longoz ormanlarının en alt tabakası üst örtü nedeni ile yeterince güneş alamadığından, bitki çeşitliliği bakımından çok zengin değildir. Alt tabakada bulunan bitki türleri Sarı süsen (Iris pseudacorus), Dağ sümbülü (Nectaroscordum siculum), Göl soğanı (Leucojum aestivum), Kardelen (Galanthus nivalis), Çuha çiçeği (Primula vulgais subsp. vulgaris), Sahil kofası (Juncus littoralis) ve Tükürük otu (Ornithogalum sigmoideum)'dur (İğneada Flora ve Vejetasyonu Raporu, 2005).



Şekil 4.17 : Saka gölü longozu.

Çalışma alanında uzunluğu 15 km'yi bulan sahil şeridini oluşturan kıyı kumulları İğneada'nın kuzeyinde ve güneyinde olmak üzere iki parça halindedir. Kuzeydeki bölüm, Erikli Gölü'nün doğusundan başlayarak yerleşim sahasına, güneydeki bölüm ise Mert Gölü'nün denizle bağlandığı kanaldan başlayarak Saka Gölü'ne kadar uzanmaktadır. Bugüne kadar yapılan araştırmalara göre, İğneada kumullarında 46

bitki türü tespit edilmiştir. Bu bitkilerden Karadeniz salkımı *(Silene sangaria),* Kilyos peygamber çiçeği *(Centaurea kilaea)* ve Kanak *(Crepis macropus)* Avrupa'da yalnızca Trakya'nın Karadeniz sahillerinde görülen endemik bitkilerdir. Alanda yayılış gösteren Kum incisi *(Aurinia uechtritziana)*, Peygamber çiçeği *(Centaurea arenaria)*, Deniz lahanası *(Crambe maritima)* ve Kum zambağı *(Pancrtimum maritumum)* ise Bern Sözleşmesi'ne göre koruma altına alınan nadir bitkilerdir. Kıyı kumullarının gerisinde, kıyı kumulu-bataklık geçiş zonunda ise Alıç *(Crataegus monogyna),* Adi kızılcık *(Cornus sanguinea),* Dağ karaağacı *(Ulmus glabra),* Akçakesme *(Phillyrea latifolia),* Saplı meşe *(Quercus robur),* Karaçalı *(Paliurus spina-christii),* Kuşkonmaz *(Asparagus acutifolius)* gibi bitkiler yayılış gösterir ve denizden karaya doğru esen rüzgârın kumu içeri taşımasına izin vermeyen bir set oluştururlar [Url-14].

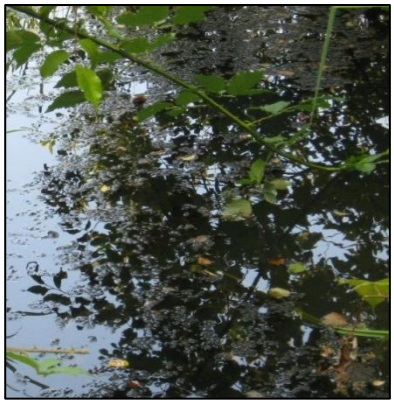


Şekil 4.18 : Kum zambağı (solda) ve deniz lahanası (sağda).

Çalışma alanında bulunan Erikli, Mert ve Saka gölleri ve çevresindeki bataklıklar, birçok su bitkisinin yaşam alanı konumundadır. Göllerin içinde, kıyılarında ve kıyılardan daha kuru kesimlere doğru farklı tür bitkilere rastlamak mümkündür. Göl içinde su derinliğinin 50 – 100 cm olduğu alanlarda, örtüşü yer yer %100'ü bulan Saz otu *(Schoenoplectus lacustris* subsp. *tabernaemontanii),* Kamış *(Phragmites australis),* Hasır otu *(Thypha domingensis* ve *Thypa angustifolia)* baskın türlerdir (İğneada Longoz Ormanları Bitkileri, 2007).

Taban suyu yüksek, yarı tuzlu bataklık alanlarda bitki çeşitliliği, göllere göre daha fazladır. Bu bölgelerde, Bataklık sivri sazı *(Bolboschoenus maritimus),* Saz *(Cladium mariscus),* Kofa *(Juncus heldreichanus),* Koza kamışı *(Sparganium erectum),* Karapazı *(Atriplex patula),* Bataklık sirkenotu *(Chenopodium chenopodioides),* Akçabardak *(Leucojum aestivum)* ve Eşek dikeni *(Cirsium creticum)* gibi bitkiler

yaygın olarak bulunur. Hamam ve Pedina gölleri etrafındaki tatlı su bataklıkları ise, Türkiye'de örneğine çok az rastlanan ve Avrupa-Sibirya tatlısu florasını içermesi açısından oldukça önemlidir [Url-15]. Bu göllerin içinde saf Göl kestanesi *(Trapa natans)* toplulukları ile Nilüfer *(Nymphaea alba)* bulunmaktadır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 : Göl kestanesi – Pedina gölü.

Yoğun olarak çeşitli meşe türlerinin oluşturduğu karışık olarak nitelendirilen ormanlarda ise, baskın ağaç türleri, Sapsız meşe *(Quercus petraea* subsp. *petraea),* Macar meşesi *(Quercus frainetto),* Saçlı meşe *(Quercus cerris),* Saplı meşe *(Quercus robur* subsp. *robur),* Çiçekli dişbudak *(Fraxinus ornus* subsp. *ornus),* Doğu gürgeni *(Carpinus orientalis)* ve Adi gürgen *(Carpinus betulus)*'tur.

Ayrıca İğneada'nın kuzeybatısında Çam (Sahil çamı - *Pinus maritima,* Kızılçam - *Pinus brutia,* Karaçam - *Pinus nigra,* Fıstık çamı - *Pinus pinea*) yetiştirme alanı bulunmaktadır.

Eski ismi ile Çevre ve Orman Bakanlığı (şimdi Orman ve Su İşleri Bakanlığı) tarafından yürütülen ve GEF-II Projesi olarak bilinen, Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi kapsamında hazırlanan, İğneada flora raporuna göre, İğneada'nın ev sahipliği yaptığı bitki türlerinin, 4'ü endemik, 21'i nadir türlerdir. Bu türlerin 6 tanesi Bern Sözleşmesi Ek-I Listesi'nde yer almakta ve korunması gereken bitki türleri arasındadır. Bölgede bulunan nadir ve endemik bitki türlerinin isimleri ile bulundukları kategoriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Bitki türleri, IUCN (International Union for Conservation of Natura and Natural Resources) tarafından 1994 yılında hazırlanan ve en son olarak 2012 yılında güncellenen "Kırmızı Liste Kategorileri (Red List Categories)" ne göre

sınıflandırılmıştır. İğneada'da bulunan bitki türlerinin yer aldığı tehlike kategorilerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Çalışma alanında bulunan nadir ve endemik bitki türleri.

TÜRLER	ENDEMİK / NADİR	TEHLİKE KATEGORİSİ
Acer pseudoplatanus (Dağ akçaağacı)	Nadir	VU
Aurinia uechtritziana (Kum incisi)	Nadir	VU + Bern Listesi
Centaurea arenaria (Peygamber çiçeği)	Nadir	VU
Centaurea kilaea (Kilyos peygamber çiçeği)	Endemik	EN
Crambe maritima (Deniz lahanası)	Nadir	VU
Crepis macropus (Kanak)	Endemik	LC
Cyclamen coum (Tavşan kulağı)	Nadir	VU + Bern Listesi
Digitalis viridiflora (Yüksük otu)	Nadir	VU
Euphorbia amygdaloides var. robbiae (Sütleğen)	Nadir	NT
Galanthus x valentinei nothosubsp. subplicatus (Kardelen)	Nadir	NT
Jurinea kilaea (Kilyos moru)	Nadir	VU
Leucojum aestivum (Göl soğanı)	Nadir	VU
Ophrys oestrifera subsp. oestrifera (Böcek orkide)	Nadir	VU
Pancratium maritimum (Kum zambağı)	Nadir	EN
Peucedanum obtusifolium (Kıyı kerevizi)	Nadir	VU
Polycnemum verrucosum	Nadir	VU
Ruscus aculeatus subsp. angustifolia (Tavşanmemesi)	Nadir	VU
Salvia nutans (Ada çayı)	Nadir	VU
Salvinia natans (Yüzen eğrelti otu)	Nadir	VU + Bern Listesi
Sideritis romana subsp. romana (Dağ çayı)	Nadir	EN
Silene sangaria (Karadeniz salkımı)	Endemik	VU + Bern Listesi
Stachys angustifolia (Dağ çayı)	Nadir	VU
Trapa natans (Göl kestanesi)	Nadir	VU + Bern Listesi
Trifolium bocconei (İğne başlı üçgül)	Nadir	DD
Verbascum degenii (Sahil sığırkuyruğu)	Endemik	CR + Bern Listesi

Kaynak: İğneada Longoz Ormanları Bitkileri, 2007.

EN: ENdangered/Tehlikede: Yüksek risk altında ve (çok yakın olmayan) gelecekte yok olma tehlikesi altında olan türler.

VU: VUlnerable/Zarar Görebilir-Hassas: Henüz ciddi tehlike altında olmayan, ancak orta vadede yok olma riski ile karşı karşıya kalacak türler.

NT: Near-Threatened/Tehlike Altına Girebilir: Şu anda tehlikede olmayan fakat yakın gelecekte VU, EN kategorisine girmeye aday türler.

LC: Least Concern/En Az Endişe Verici: Herhangi bir koruma gerektirmeyen ve tehlike altında olmayan, yaygın bulunan türler.

DD: Data Deficient/Veri Yetersiz: Yayılışı ve bolluğu hakkında tam bilgi sağlanamayan türler.

4.1.10 Fauna

İğneada, çok sayıda su kuşu, yırtıcı ve leyleklerin göç yolu üzerinde olmakla birlikte, balıkçıl, kaz, ördek, su tavuğu ve yağmurcun gibi su kuşları ile kartal, şahin, doğan ve delice gibi yırtıcıların üreme alanıdır.

Türkiye kuş varlığını oluşturan 454 kuş türünden, 194 tanesi İğneada'da görülebilmekte ve bunlardan 184'ü Bern Sözleşmesi kriterlerine göre tehlike altında olan türler kategorisindedir. Ayrıca, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan elde elde verilere göre, İğneada'yı temsil eden ve ekosistemin sağlık göstergesi olan 9 kuş türü vardır. Bunlar; Akkuyruklu kartal *(Haliaeetus albicilla)*, Kuğu *(Cygnus olor),* Puhu *(Bubo bubo),* Alaca baykuş *(Strix aluco),* Küçük kerkenez *(Falco naumanni),* Turna *(Grus grus),* Küçük karabatak *(Phalacrocorax pygmeus)*, Ötücü kuğu *(Cygnus cygnus)* ve Yalıçapkını *(Aldeco atthis)*'tir [Url-14]. Ayrıca bölgede bulunan 3 tür Avrupa Kırmızı Liste (E.R.L. = IUCN) kriterlerine göre "Tehlike altında olan ve/veya tehlike altına girebilecek türler" kategorisindedir (Çizelge 4.6). Bunların dışında, Türkiye'de sadece kuzey Trakya'da görülen Küçük Yeşil Ağaçkakan *(Pinus canus)* çalışma alanındaki önemli türlerden bir tanesidir.

Çizelge 4.6 : Çalışma alanında tehlike altına girebilecek kuş türleri.

Kuş Türü	**Tehlike Kategorisi**
Falco naummanni (Küçük kerkenez)	VU: Zarar görebilir / Hassas
Haliaetus albicilla (Akkuyruklu kartal)	LR/nt: Tehlike altına girebilir / Düşük risk
Phalacro corax (Cüce karabatak)	LR/nt: Tehlike altına girebilir / Düşük risk

İğneada çalışma alanında 49 memeli türü bulunmaktadır ve bu sayı, tüm Türkiye'deki memelilerin % 36'sıdır. Geyik *(Cervus elaphus),* Karaca *(Capreolus capreolus),* Yaban domuzu *(Sus scrofa),* Kurt *(Canis lupus),* Tilki *(Vulpes vulpes),* Çakal *(Canis aureus),* Yaban kedisi *(Felis silvestris),* Sansar *(Martes martes),* Orman faresi *(Apodemus flavicolis),* Porsuk *(Meles meles),* Su samuru *(Lutra lutra)* ve Yarasa alanda yaşayan memeli türlerinin bazılarıdır. Bölgede yaygın olarak bulunan

orman faresi, etoburlar ile gece ve gündüz yırtıcılarının besinini oluşturduğu için gösterge tür olarak tespit edilmiştir [Url-16].

İğneada'nın lagün, göl ve derelerinde bilinen 30 balık türü bulunmaktadır [Url-17]. Bunlardan 8 tanesi Bern Sözleşmesi'ne göre korunması gereken türler kategorisinde yer almaktadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 : Korunması gereken balık türleri.

Balık Türü	
Chalcalburnus chalcoides	Aspius aspius
(Dere hamsisi)	(Kurt balığı)
Chondrostoma nasus	Rhodeus amarus
(Kababurun balığı)	(Acı balık)
Neogobius fluviatilis	Cobitis taenia
(Tatlısu kaya balığı)	(Taş yiyen balık)
Alburnoides bipunctatus	Syngnathus abaster
(Noktalı inci balığı)	(Deniz iğnesi)

Çalışma alanıda en fazla balık türü, kış mevsimlerinde denizle birleşen Erikli ve Mert lagün göllerinde bulunmaktadır. Ekonomik öneme sahip balıklardan Sazan *(Cyprinus carpio),* Tatlısu kefali *(Leuciscus cephalus),* Kızılkanat *(Scardinius erythrophthalmus),* Gümüş balığı *(Atherina boyeri),* Kurtbalığı *(Apius aspius)* ve Has kefal *(Mugil cephalus)* türleri de alanda bulunmaktadır. Ayrıca, longoz ormanlarını besleyen derelerin Istranca Dağları'nda başlayan kaynaklarında yaşayan Kırmızı benekli alabalık, Demirköy ve İğneada yöresindeki kaliteli yaşam alanlarının varlığını ispatlamaktadır [Url-18].

Çalışma alanı, sulak alanlarının varlığı, zengin bitki örtüsü ve böcek türleri ile iki yaşamlı ve sürüngen türleri açısından besin değeri yüksek, çekici bir yaşam alanıdır ve 6 iki yaşamlı ile 11 sürüngen türüne ev sahipliği yapmaktadır. Bern Sözleşmesi'ne göre bunlardan 5 tanesi kesinlikle korunması gereken türlerdir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 : Kesinlikle korunması gereken iki yaşamlı ve sürüngen türleri.

İki Yaşamlı Türü	**Sürüngen Türü**
Bufo viridis (Gece kurbağası)	Ophisaurus apoducus (Oluklu kertenkele)
Triturus karelini (Pürtüklü semender)	Lacerta viridis (Yeşil kertenkele)
	Ablepharus kitaibelii (İnce kertenkele)

Çalışma alanında bulunan 310 böcek türünden 123 tanesi Pedina ve Hamam gölleri arasındaki bölgede yaşamakta, bölgede bulunan orman içi açıklıklar böcek türleri için uygun yaşam alanlarını meydana getirmektedir. Bölgede bulunan Büyük teke böceği *(Cerambyx cerdo)* ve Benekli bakır kelebeği *(Lycaena dispar)* IUCN koruma

kategorisinde yer almaktadır. Böcek türlerinden besin zincirinin en üstünde yer alan Helikopter böceği *(Anax imperator)* İğneada ve çevresi için gösterge böcek türü olarak kabul edilmiştir. Sulak alanların civarında yaşayan ve kolayca gözlenebilen bu yaygın tür, diğer böcek türleri ile beslenerek böcek nüfusunun kontrolünde önemli rol oynamaktadır [Url-17].

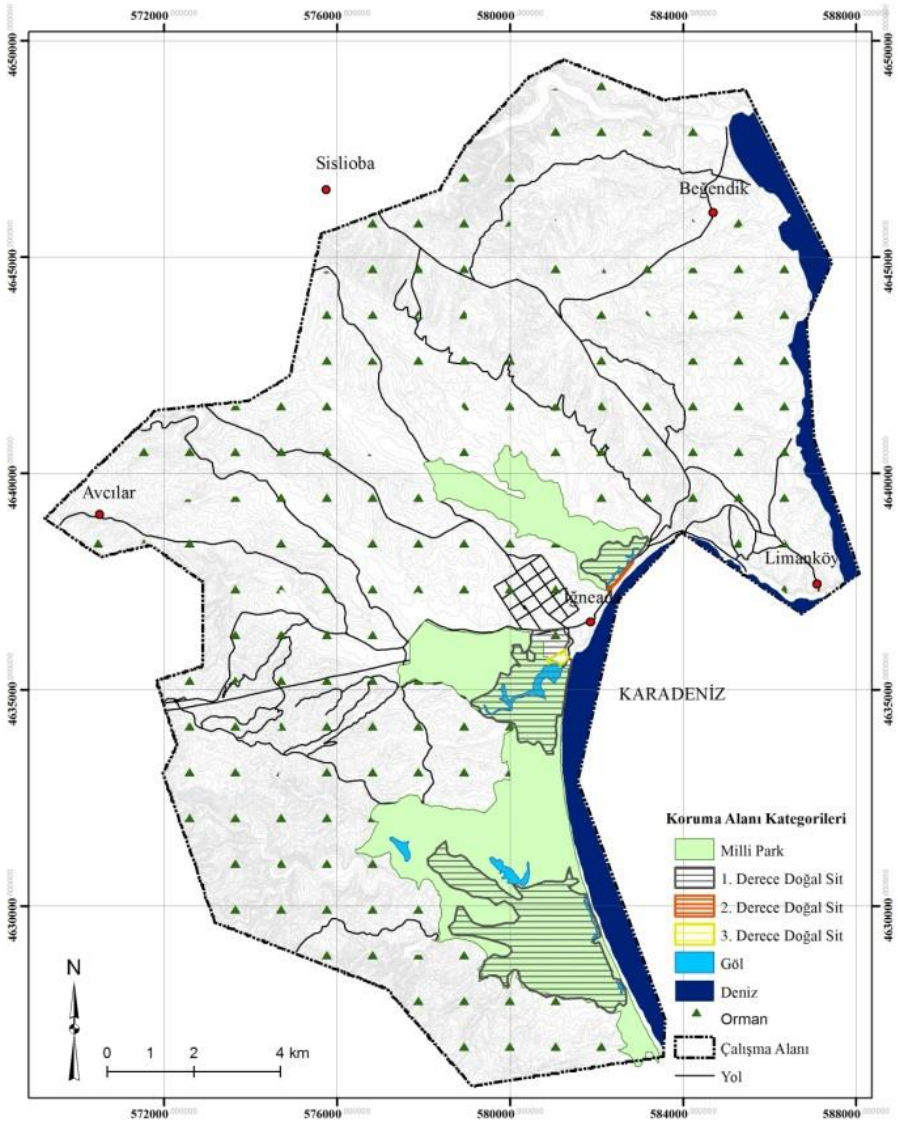
4.1.11 Koruma

İğneada 1970'li yıllardan beri, çeşitli statüler ile koruma altında bulunmaktadır (Çizelge 4.9). 1978 yılında alanın 5399 ha'lık bir kısmı "Yaban Hayatı Koruma Sahası" ilan edilmiş, 1988 yılına gelindiğinde Saka Gölü Longozu (1345 ha) "Tabiatı Koruma Alanı" olarak belirlenmiştir. Bunlara ek olarak aynı bölge, 1991, 1993 ve 1994 yıllarında çeşitli derecelerle "Doğal Sit Alanı" olarak koruma altına alınmıştır. Son olarak 13.11.2007 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile 26699 sayılı Resmi Gazetede'de yayımlanarak "İğneada Longoz Ormanları Milli Parkı" olarak ilan edilmiştir [Url-19]. Çalışma alanındaki mevcut koruma statüleri ve ve sınırları Şekil 4.20'de gösterilmektedir.

İğneada'da çeşitli alanlara verilmiş parçacıl ulusal koruma statülerinin dışında, çeşitli uluslararası proje ve anlaşmalarla, endemik ve nadir bitki türleri ile hayvan türlerinin koruma altına alındığı farklı statüler söz konusudur. Bunlar Bern ve CITIES sözleşmeler ve GEF-II projesidir. Bu sözleşme ve projelerin detayları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Çalışma alanında koruma statüleri.

Tarih	Koruma Statüsü	Açıklama
1978	*"Yaban Hayatı Koruma Sahası"* (5399 ha)	Av ve yaban hayvanlarının veya biyolojik çeşitliliğin korunması gereken alanların muhafazası veya göçmen türlerin göç yollarını güvence altına almak için, yaşama ortamlarının korunduğu, geliştirildiği, av hayvanlarının yerleştirildiği, yaşama ortamlarını iyileştirici tedbirlerin alındığı. Bu alanlarda bilimsel amaçlı çalışmalar ve araştırmalar ile eko turizm haricinde her türlü faaliyet yasaktır.
1988	Saka Gölü Longozu – *"Tabiatı Koruma Alanı"* (1345 ha)	Bilim ve eğitim bakımından önem taşıyan nadir, tehlikeye maruz veya kaybolmaya yüz tutmuş, ekosistemler, türler ve tabii olayların meydana getirdiği seçkin örnekleri ihtiva eden ve sadece bilim ve eğitim amaçlarıyla kullanılmak üzere ayrılmış tabiat parçalarıdır.
1991	Saka Gölü Longozu –*" 1. Derece Doğal Sit"*	Bilimsel muhafaza açısından evrensel değeri olan, ilginç özellik ve güzelliklere sahip olması ve ender bulunması nedeniyle kamu yararı açısından mutlaka korunması gerekli olan, korumaya yönelik bilimsel çalışmalar dışında aynen korunacak alanlardır. Bu alanlarda, bitki örtüsü, topoğrafya, siluet etkisini bozabilecek, tahribata yönelik hiçbir eylemde bulunulamaz. Ancak, alt yapı tesisleri ve uygun görülmesi halinde rekreasyon amaçlı günübirlik tesisler yapılabilir.
1991	Erikli Gölü ve Çevresi –*" 1. Derece Doğal Sit"*	
1994	Mert Gölü ve Çevresi –*" 1. Derece Doğal Sit"*	
1994	Erikli Gölü ile deniz arasında kalan alan -*" 2. Derece Doğal Sit"*	Doğal yapının korunması ve geliştirilmesi yanında kamu yararı göz önüne alınarak kullanıma açılabilecek alanlardır. Sadece turistik tesisler ve hizmet yapılarının yapılabildiği bu alanlarda, Koruma Kurulu izni doğrultusunda tarım ve hayvancılık faaliyetleri de sürdürülebilir.
1994	Mert Gölü'nün kuzeyinde kalan alan *" 3. Derece Doğal Sit"*	Doğal yapının korunması ve geliştirilmesi yolunda, yörenin potansiyeli ve kullanım özelliği de göz önünde tutularak konut kullanımına da açılabilecek alanlardır.
2007	Longoz ormanlarının tamamını içine alan bölge – *"Milli Park"* (3155 ha)	Bilimsel ve estetik bakımından, milli ve milletlerarası ender bulunan tabii ve kültürel kaynak değerleri ile koruma, dinlenme ve turizm alanlarına sahip tabiat parçalarıdır. Planlarına uygun olması şartıyla, kamu kurum ve kuruluşları tarafından yapılacak her türlü plan, proje ve yatırımlara Orman ve Su İşleri Bakanlığınca izin verilebilir.



Şekil 4.20 : Koruma alan kategorileri.

1977 yılında Avrupa Konseyi tarafından, Avrupa ülkeleri için, yaklaşık 1500 bitki türünü kapsayan "Red Data Book" (Nesli Tükenme Tehlikesi Altında Olan Türlerin Kırmızı Listesi) listesi yayınlamıştır. En son 2012 yılında güncellenen bu liste bitki ve hayvan türlerinin dünyadaki en kapsamlı Küresel Koruma durumu envanteridir [Url-20].

Benzer bir liste de 1980 yılında, Kuzey Afrika ve Orta doğu ülkeleri için, IUCN (International Union for Conservation of Natura and Natural Resourches) ve OPTIMA (Organization fort he Phyto-Taxonomical Investigation of the Mediterranean Area) tarafından hazırlanmıştır (İğneada Longoz Ormanları Bitkileri, 2007). Bu listelerin tümünde çalışma alanınında bulunan çeşitli türler yer almaktadır.

Çizelge 4.10 : Çalışma alanında geçerli uluslararası anlaşma ve projeler.

Tarih	Uluslararası Proje / Anlaşma	Amaç	Açıklama
1984	"Bern Sözleşmesi" Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesi	Bu sözleşmenin amacı, bölgelerin bitki ve hayvan varlığını korumak ve biyolojik dengenin korunmasını sağlamaktır.	1979 yılında Avrupa Birliği tarafından hazırlanan ve Türkiye tarafından 1984 yılında imzalanan sözleşme, koruma açısından Türkiye'deki en önemli uluslararası yasal düzenlemedir.
1996	"CITIES Sözleşmesi" Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Bitki ve Hayvan Türlerinin Uluslar Arası Ticaretine İlişkin Sözleşme	Bu sözleşmenin amacı, nesilleri uluslararası ticaret nedeniyle tehlike altına girmiş hayvan ve bitki türlerinin uluslararası ticaretinin, belirli kurallar dâhilinde yapılmasını sağlayarak, dünyanın ortak malı olan biyolojik varlıkların sürdürülebilir kullanımının sağlanmasına katkıda bulunmaktır.	2012 yılı itibariyle 176 ülkenin taraf olduğu bu anlaşmaya Türkiye 134. ülke olarak 1996 yılında katılmıştır.
2000	GEF-II (Global Environmental Facility) "Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi"	Amacı, ülkemizin önemli biyocoğrafik bölgelerini temsil eden ve biyolojik çeşitlilik açısından zengin alanlarda katılımcı yaklaşımla, etkili ve sürdürülebilir koruma alanı ve yönetimi tesis etmek, biyolojik çeşitliliği korumak ve bu alanlardan elde edilen başarılı uygulamaları ülke düzeyine yayacak bir mekanizma kurmaktır.	2000 yılında başlayan ve Dünya Bankası'nın mali desteği ile Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülen proje, 2007 yılında tamamlanmış ve alanın Milli Park ilan edilmesinde etkili olmuştur.

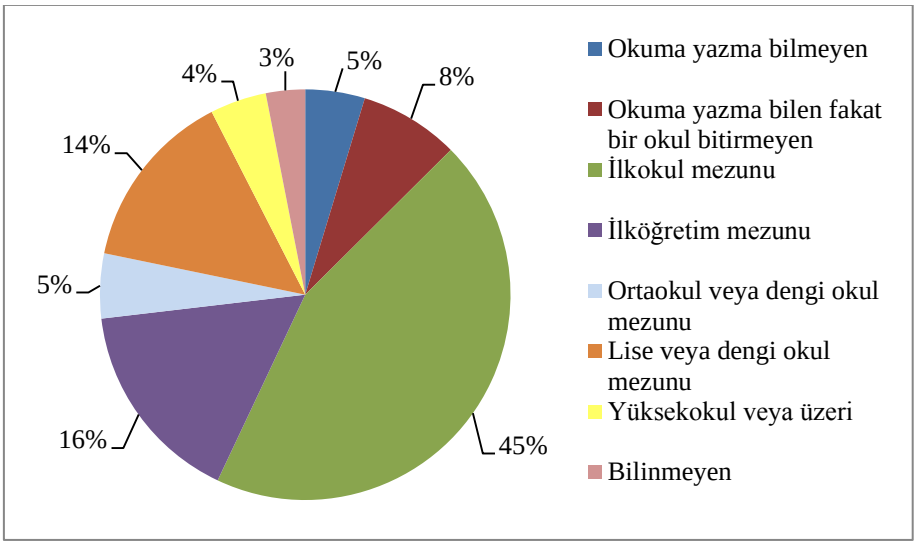
4.1.12 Demografik ve sosyo-ekonomik yapı

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK)'den elde edilen, 2011 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre, çalışma alanınında yaşayan nüfus toplam 2928 kişidir. İğneada çalışma alanının yıllara göre nüfus büyüklüklerine bakıldığında, 1990 yılından itibaren Türkiye'nin nüfus artış oranı ile paralel olarak, buradaki nüfusun değiştiği gözlenmektedir (Çizelge 4.11). Türkiye'nin nüfus artış oranı 1985 yılında 2.64 iken, 1990 yılında 2.29, 2000 yılında 2.0 ve 2010 yılında 1.60'tır.

Çizelge 4.11 : Yıllara göre nüfus büyüklükleri (TUIK).

Yerleşim Yeri	2010	2000	1990	1985
Avcılar	130	227	248	287
Beğendik	280	428	457	431
İğneada	1966	2215	2497	2156
Limanköy	404	687	440	385
Toplam kişi sayısı	2780	3557	3642	3259

2011 yılı verilerine göre, okuma yazma oranı Şekil 4.21'de verilmiştir. Buna göre bölgedeki nüfusun yarıya yakını ilkokul mezunudur.



Şekil 4.21 : Bitirilen eğitim düzeyine göre nüfusun dağılımı (2011).

Kırklareli'nin Karadeniz kıyılarında bulunan tek doğal liman Limanköy'dür ve bu sebeple İğneada deniz ulaşımı açısından önemli bir merkez konumundadır. İğneada limanı, 1972 yılında balıkçı barınağı olarak yapılarak hizmete girmiş, şu anda Liman Tesisleri, Denizcilik Müsteşarlığı'na bağlı olarak, İğneada Liman Başkanlığı

tarafından işletilmektedir. Liman, yılda 50.000 ton yük sevkiyatı yapılabilme kapasitesine sahiptir [Url-21].

Çalışma alanında yaşayanların geçim kaynağı ormancılık, hayvancılık ve pansiyon işletmeciliğidir. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan İğneada Longoz Ormanları Koruma Alanı Otlak Planı Raporu'na göre, tarım alanının kısıtlı olduğu çalışma bölgesinde, başlıca ürünler buğday, arpa ve mısırdır.

4.1.13 Alana yönelik tehditler

Doğasının güzelliği, el değmemiş bir alan olması, sahip olduğu sağlıklı ormanları ve su kaynakları, zengin tür çeşitliliği, ülkemizde nadir görülen ve birbirine bağlı olan farklı ekosistemleri bünyesinde barındırması yönleri ile eşsiz bir doğal alan olan İğneada, çeşitli tehdit ve tehlikeler altındadır.

Longoz ekosistemi, sürekli suya ihtiyacı olan başka bir deyişle, varlığını su ile devam ettirebilen bir yapıdadır. Bu ormanları besleyen su kaynaklarının, yerleşim alanlarının içme suyu temini, tarımsal sulama ve enerji üretimi için kullanılması, bu ormanların yaşam kaynağının kesilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca, son yıllarda gündemde olan İstanbul'a su temini projesi ve İğneada'dan geçmesi planlanan Bulgaristan karayolu projesi, suyun denize ulaşmasını engelleyerek, doğal sirkülâsyonunu bozacak bir girişim olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma alanının doğal dengesini bozacak diğer bir tehdit ise, lagün göllerinin çevresinde bulunan, yaban hayatının önemli besin ve barınma alanı olan sazlıkların, bilinçsizce ve ticari amaçlı kesilmesidir. Bu durum, hem ekosistem döngüsünün bozulmasına yol açmakta, hem gölden beslenen hayvanlara zarar vermekte, hem de burada yaşayan veya göç sırasında buraya uğrayan kuşları tedirgin etmektedir.

Alanda bulunan hayvan türlerinin çeşitliliği ve zenginliği, avcılık için çekici bir ortam oluşturmaktadır. Göllerin içindeki balıkların zamansız ve uygun olmayan bir şekilde avlanması, balık türlerinin azalmasına ve yok olmasına neden olmaktadır. Bunun yanında lagün gölleri ve çevrelerinde beslenen kuşlar ve göçmen kuşlar üzerinde de avlanma baskısı söz konusudur. Göçmen kuş türlerini ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olan türlerinin korunması için Kara Avcılığı Kanunu'na ve uluslararası anlaşmaların (Bern sözleşmesi ve Ramsar sözleşmesi) hükümlerine bağlı kalınması gerekmektedir.

Arazi kullanımı yıllara göre incelendiğinde İğneada yerleşim alanının Mert Gölü'ne doğru yaklaştığı gözlenmektedir. Bu durum, sulak alan ekosistemleri üzerindeki baskının artmasına neden olmakta ve zarar vermektedir. Ayrıca, uzun sahil şeridi ve güzel doğası nedeniyle bölgenin turizm potansiyelinin olması, bölgedeki ikinci konut talebini arttırmaktadır. Konut sayısının artışıyla birlikte su ihtiyacı da artmakla, açılan kuyulardan su çekilmekte, bu da taban suyunun azalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca kanalizasyon şebekesinin yetersiz olması nedeniyle, atık sular temiz sulara deşarj edilmekte, bu sebeple Mert ve Erikli gölleri risk altında bulunmaktadır.

Bölgeye gelen turist sayısının artması ve kıyı kumullarının yaz aylarında yoğun bir şekilde kullanılması, kumullar üzerinde bulunan bitki türlerini tehdit etmektedir. Bu bitkilerin çevresinde hiçbir önlem alınmaması ve öneminin kullanıcılar tarafından bilinmemesi, bu türleri yok olma tehlikesiyle karı karşıya bırakmaktadır.

İğneada'ya yönelik en büyük tehditlerden birisi de, Beğendik köyü sınırları içerisinde, 500000 m^2 orman arazi üzerinde yapılması planlanan Entegre Termik Santral projesidir. Proje alanı Bulgaristan sınırına 3.2 km, İğneada Longoz Ormanları Milli Parkı'na 6.5 km uzaklıktadır [Url-22]. Bu alanın tamamına yakını ormanlık arazi olup, santral kurmak için alandaki ağaçların tamamı kesilmesi öngörülmektedir. Ayrıca, santralde kullanılacak suyun denizden alınıp, kullanıldıktan sonra tekrar denize deşarj edilecek olması, deniz suyu sıcaklığının artışına neden olacaktır. Termik santralin ihtiyacı kömürün temini için İğneada'ya yapılmakta olan yeni liman, deniz trafiğini etkileyecek, deniz araçlarının atıkları burada deniz kirliliğine neden olacaktır. Özetle, buraya yapılması planlanan santral havayı, suyu ve toprağı ve buna bağlı olarak da, başta insanlar olmak üzere, burada yaşayan bütün canlıları olumsuz yönde etkileyecektir.

4.2 İğneada Arazi Kullanımı/Örtüsündeki Değişimin Tespit Edilmesi

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı, birlikte kullanılan ve farklı anlamlar taşıyan iki tanımdır. Arazi örtüsü, yeryüzünü kaplayan bitki örtüsü ve insanların gerçekleştirdiği yapıları ifade ederken, arazi kullanımı ise arazi parçası üzerindeki insan aktivitesi ve ekonomik faaliyet ile ilişkilidir. Arazi kullanımı/örrüsündeki değişimin tespit edilmesi için yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Anderson ve diğ., 1976; Raina ve diğ., 1993; Jensen, 2000; Cardille ve Foley, 2003; Oindo ve Skidmore, 2003;

Lobo ve diğ., 2004; Musaoğlu ve diğ., 2005; Muttitanon ve Tripati, 2005; Gao ve Yansui, 2008; Bektaş Balçık ve diğ., 2011c).

Bu tez çalışmasında arazi kullanımı/örtüsü değişiminin tespitinde, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Değişimin tespiti için, farklı tarihli görüntülerin sınıflandırılması esnasında karşılaşılan problemler nedeniyle bazı alanlar belirlenememiş, bu alanların ekran üzerinden sayısallaştırma yapılarak sınıflandırılmış görüntüye entegrasyonu ile değişim daha yüksek doğrulukla ortaya konmuştur.

4.2.1 Kullanılan veriler

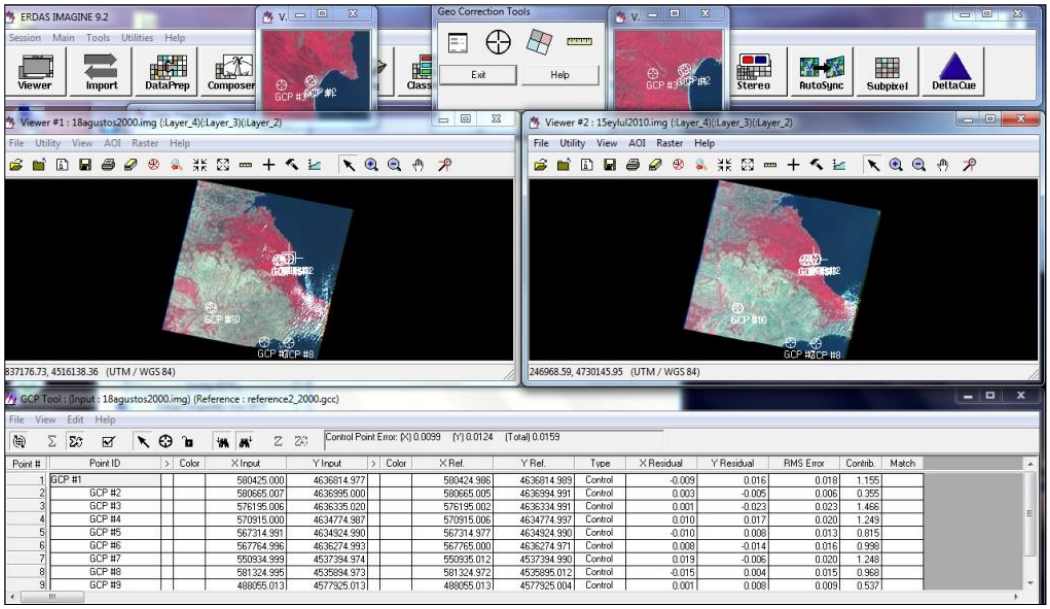
İğneada çalışma alanının, yıllara göre arazi örtüsü/kullanımındaki değişimleri belirlemek için, 07.09.1984, 07.08.1990, 18.08.2000 ve 15.09.2010 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 4.23). Landsat 5 TM görüntüsü 7 bantlı olup, 30 m.mekansal çözünürlüğe sahiptir. Bu bantlardan üç tanesi görünür bölgede (VNIR; 0.45-0.52 μm, 0.52-0.60 μm, 0.63-0.69 μm), bir tanesi yakın kızılötesi bölgede (NIR; 0.76-0.90 μm, 30 m), iki tanesi orta kızılötesi bölgede (SWIR; 1.55-1.75 μm ve 2.08-2.35 μm, 30 m) ve bir tanesi de termal kızılötesi bölgede (10.4-12.5 μm, 120 m) bulunmaktadır.

Ayrıca, 2003 tarihli Ikonos, 2009 tarihli Aster uydu görüntüleri ve Harita Genel Komutanlığı'ndan elde edilen 1972 ve 1993 yıllarına ait hava fotoğrafları ile arazi çalışması sırasında çekilen fotoğraflar ve 1/25.000 ölçekli Kırklareli İl Çevre Düzeni Planı referans veri olarak kullanılmıştır.

4.2.2 Görüntü önişleme

Çalışma alanına ait uydu görüntülerinin, aynı koordinat ve izdüşüm sistemine getirilmesi için, geometrik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki bağlantıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri 1. dereceden bir polinom olarak belirlenmiş ve bu eşitliklerin katsayıları En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Dönüşüm için toplam Karesel Ortalama Hata (RMSE) ∓0,5 piksel olarak belirlenmiş ve En Yakın Komşuluk Yöntemi ile yeniden örnekleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerde, atmosferik etkilerden dolayı oluşan etkileri azaltmak için, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemleri yapılmıştır.



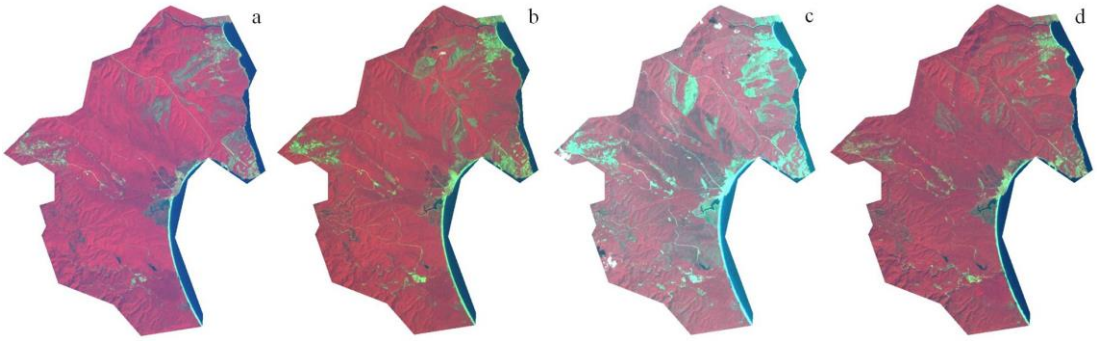
Şekil 4.22 : Geometrik düzeltme aşaması.

İlk olarak, 2.7 numaralı eşitlik kullanılarak, görüntüdeki piksel (DN) değerleri her bir bant için ayrı ayrı parlaklık (radyans) değerine dönüştürülmüş ve bu işlem sırasında, her bir görüntüye ait bilgi dosyalarında bulunan kazanç (gain) ve sapma (offset) değerleri kullanılmıştır. İşlemin ikinci adımında ise, elde edilen parlaklık değerleri 2.8'de verilen eşitlikle uydu yansıtma değerlerine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm ile atmosferik saçılım ve emilimin neden olduğu etkiler ve güneş aydınlatması ile Zenith açısından kaynaklanan farklılıklar düzeltilmiştir.

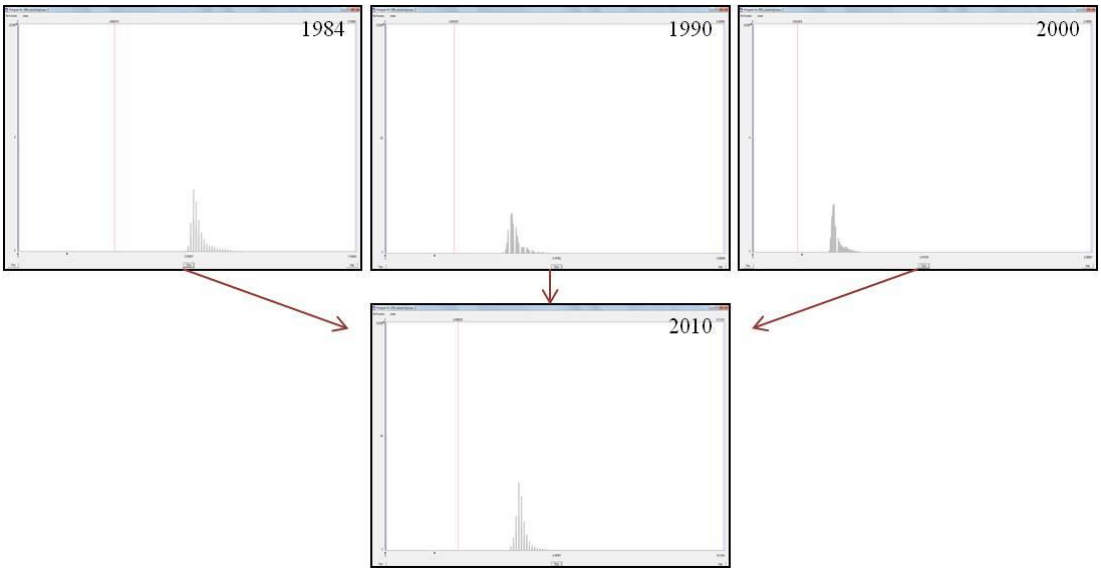
Görüntüdeki pusu çıkarmak ve Rayleigh saçılımından kaynaklanan etkiyi azaltmak için Chavez tarafından geliştirilen Koyu Nesne Çıkarılması (DOS) yöntemi uygulanmıştır. Görüntüdeki koyu renkli nesneler belirlenerek, yansıtım değerleri orjinal görüntüden çıkarılmıştır.

Değişim tespiti için kullanılacak görüntüler, farklı zamanlarda, farklı aydınlatma ve açılarla kaydedildiklerinden, parlaklık değerlerinde farklılıklar söz konusudur. Bu farklılığı ortadan kaldırmak için, 1984, 1990 ve 2000 yıllarına ait görüntülerin yansıtım değerlerinin dağılımı, Histogram Eşleştirme yöntemi kullanılarak, ayrı ayrı 2010 görüntüsü ile eşleştirilmiştir.

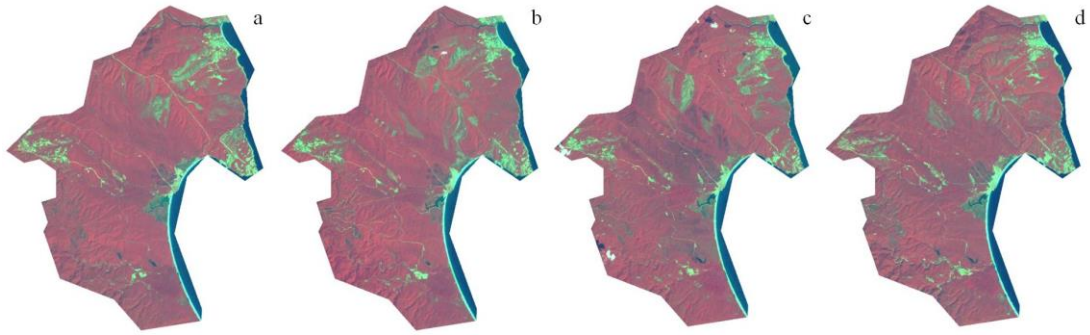
Şekil 4.24'te orijinal görüntülerin sahip olduğu histogram grafikleri verilmiştir. Orjinal görüntüler (Şekil 4.23) ile histogram eşleştirme işleminden sonraki durumları (Şekil 4.25) kaşılaştırıldığında, aralarındaki farklılık açıkça görülmektedir.



Şekil 4.23 : Landsat 5 TM görüntüleri a) 1984 b) 1990 c) 2000 d) 2010.



Şekil 4.24 : Histogram eşleştirme.



Şekil 4.25 : Histogramları eşleştirilmiş görüntüler a) 1984 b) 1990 c) 2000 d) 2010.

4.2.3 Uygun bant kombinasyonlarının belirlenmesi

Sınıflandırma işlemi öncesinde uygun bant kombinasyonlarının belirlenmesi, işlem sırasında düşük korelâsyonlu bantların kullanılması açısından önemlidir. Bu sebeple, kullanılan görüntülerin her biri için varyans-kovaryans analizi yapılmış ve bantlar arasındaki korelasyonlar hesaplanmış ve korelasyon matrisleri oluşturulmuştur.

Çizelge 4.12 : Uydu görüntüleri için bantların korelasyon katsayıları.

Yıl	Bant	1	2	3	4	5	7
1984	**1**	1,00000	0,97365	0,91150	0,76309	0,77951	0,76985
	2	0,97365	1,00000	0,96760	0,81538	0,86385	0,85516
	3	0,91150	0,96760	1,00000	0,78427	0,91816	0,93062
	4	0,76309	0,81538	0,78427	1,00000	0,83973	0,73477
	5	0,77951	0,86385	0,91816	0,83973	1,00000	0,96827
	7	0,76985	0,85516	0,93062	0,73477	0,96827	1,00000
1990	**1**	1,00000	0,84664	0,76321	0,78000	0,80441	0,73282
	2	0,84664	1,00000	0,97532	0,92668	0,86457	0,74990
	3	0,76321	0,97532	1,00000	0,93914	0,86123	0,74455
	4	0,78000	0,92668	0,93914	1,00000	0,95801	0,87066
	5	0,80441	0,86457	0,86123	0,95801	1,00000	0,96242
	7	0,73282	0,74990	0,74455	0,87066	0,96242	1,00000
2000	**1**	1,00000	0,81607	0,97588	0,85687	0,92010	0,77716
	2	0,81607	1,00000	0,87277	0,83256	0,82413	0,77950
	3	0,97588	0,87277	1,00000	0,83583	0,89152	0,76523
	4	0,85687	0,83256	0,83583	1,00000	0,96728	0,94923
	5	0,92010	0,82413	0,89152	0,96728	1,00000	0,88550
	7	0,77716	0,77950	0,76523	0,94923	0,88550	1,00000
2010	**1**	1,00000	0,96226	0,88568	0,75407	0,77313	0,77268
	2	0,96226	1,00000	0,95780	0,80266	0,85672	0,86325
	3	0,88568	0,95780	1,00000	0,77633	0,90572	0,93195
	4	0,75407	0,80266	0,77633	1,00000	0,85512	0,76400
	5	0,77313	0,85672	0,90572	0,85512	1,00000	0,96527
	7	0,77268	0,86325	0,93195	0,76400	0,96527	1,00000

Korelasyon katsayısı, iki değişkenin kovaryansının, değişkenlerin standart sapmalarının çarpımına bölünmesiyle elde edilir. Korelasyon katsayısının 1 olması değişkenler arasında tam bir ilişkinin olduğunun gösterirken, 0 (sıfır) olması değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığı anlamına gelmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre görüntülerde, 1-4, 1-7, 4-7, 2-7 kanal kombinasyonlarının düşük korelasyon gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

4.2.4 Sınıflandırma

Sınıflandırma aşamasında, çeşitli önişleme adımlarından geçirilmiş olan 1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait Landsat TM görüntüleri, iki farklı yöntemle sınıflandırılmıştır. Kullanılan bu yöntemler, kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma yöntemleridir.

4.2.4.1 Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma aşamasında, görüntüler Tekrarlı Veri Analizi, yani ISODATA algoritması ile önce 50 ve 100, son olarak da 250 spektral küme belirlenerek sınıflandırılmıştır (12 iterasyon). Bunun nedeni, az sınıf sayısı ile yakın spektral yansıtım değerlerine sahip nesnelerin ayırt edilememesi ve bu değerlerin alanın tanımı için yetersiz kalmasıdır. Görsel inceleme sonucunda, benzer kümeler birleştirilmiş ve çalışmanın amacına uygun spektral sınıfları gösteren tematik haritalar oluşturulmuştur (Bektaş Balçık ve diğ., 2011c). Belirlenen 8 spektral sınıf ve açıklamaları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

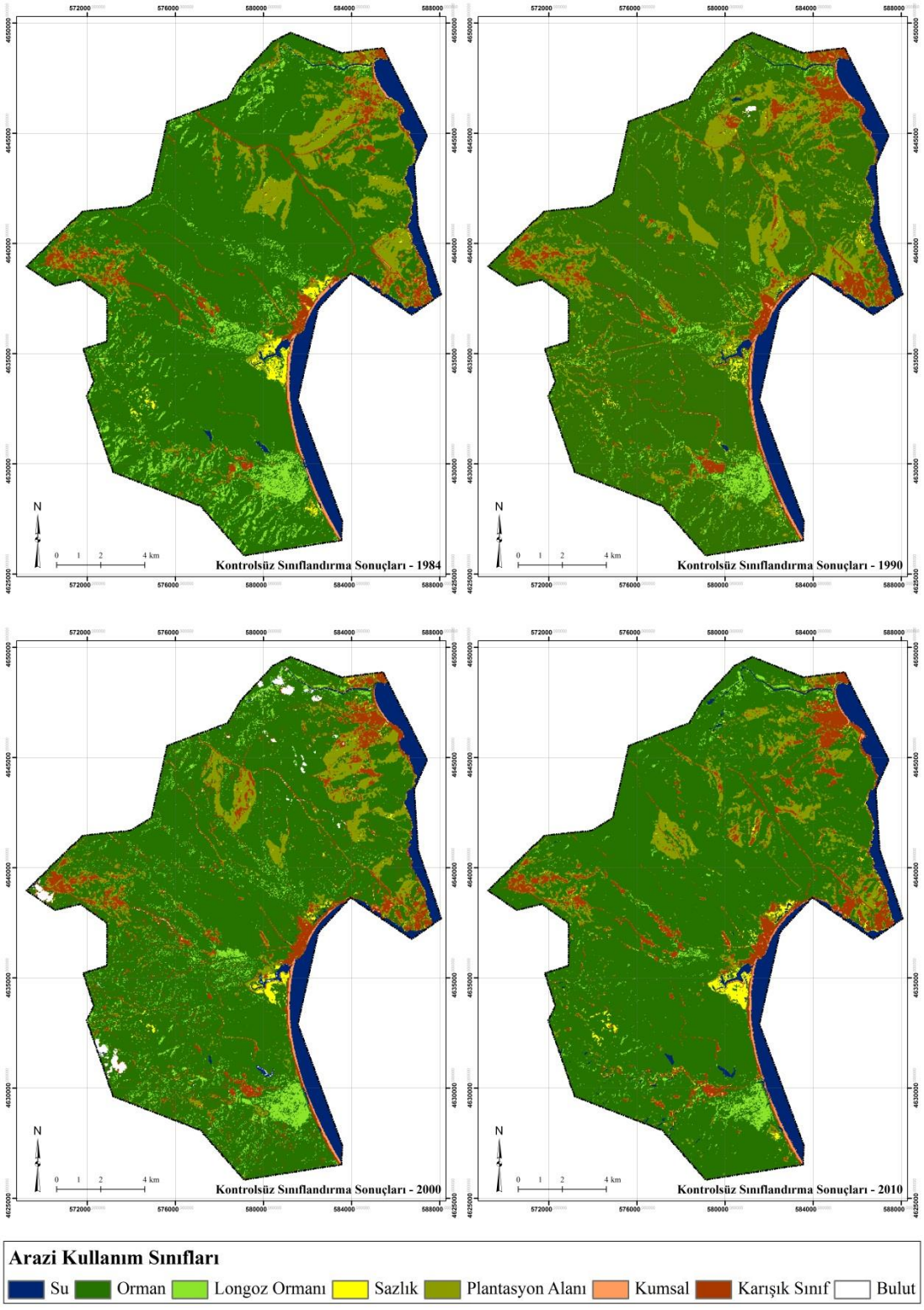
Çizelge 4.13 : Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar.

1.Su	: Deniz, göl ve dereleri içeren alanlar
2.Orman	: Karışık ağaçlardan oluşan ormanlar
3. Longoz ormanı	: Mevsimsel olarak su altında kalan su basar ormanı
4.Sazlık	: Göllerin çevresindeki sazlık ve bataklık alanlar
5.Plantasyon alanı	: Belirli aralıklarla tıraşlanıp, genç ağaç yetiştirilen alanlar
6.Kumsal	: Sahil kumullarının bulunduğu alanlar
7.Karışık sınıf	: Yerleşim alanları, yollar, tarım alanları ve açık alanlar
8.Bulut	: Bulut ve bulut gölgesi

Kontrolsüz sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde, 30 metre mekansal çözünürlüğe sahip Landsat TM görüntülerine ait sonuçların arazi örtüsü ile ilgili genel bir bilgi verdiği fakat sınıfların birbirinden tam olarak ayırt edilemediği görülmektedir. Şekil 4.26'da dört yıla ait kontrolsüz sınıflandırma sonuçlarının görüntüleri, Çizelge 4.14'te de alansal dağılımlar verilmiştir.

1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait görüntülerin sınıflandırma sonuçlarının ortak yönü, yerleşim alanları, yollar, tarım alanları ve açık alanlara ait piksellerin birbirine karışmasıdır. Bu nedenle, bu dört arazi kullanım sınıfı, tek bir sınıf altında (karışık sınıf) toplanmıştır. Karışık sınıfın içinde, yer yer ayırt edilebilmesine rağmen, kumsal alanları da bulunmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma ile su, orman alanları ve plantasyon alanları iyi bir şekilde ayırt edilebilmiştir. Longoz ormanları açısından değerlendirildiğinde, longozların en iyi 1984 yılı görüntüsünde tespit edildiği, bölgenin en sağlıklı longozu olarak nitelendirilen, Saka gölü longozunun bütün görüntülerde belirlenebildiği görülmektedir. Sazlık ve bataklık alanlarının ise 1984 ve 2010 yılı görüntülerinde ayırt edilirken, 1990 ve 2000 yıllarına ait görüntüntülerde yer yer orman alanlarıyla karıştığı tespit edilmiştir. Alan büyüklükleri incelendiğinde ise, çalışma bölgesinde orman alanlarının 1984 yılından 2010 yılına kadar geçen süre

içerisinde, arttığı görülmektedir. Bunun nedeni alanda yapılan ağaçlandırma çalışmaları olarak gösterilebilir. Longoz ormanlarının alansal olarak azalmış gibi görünmesinin nedeni ise, bu alanların, benzer yansıtımları nedeniyle orman alanları ile karışmasıdır.



Şekil 4.26 : ISODATA yöntemi ile sınıflandırılmış Landsat 5 TM görüntüleri.

Çizelge 4.14 : Kontrolsüz sınıflandırma sonucu alansal dağılım.

Sınıflar	1984 Alan (ha)	1990 Alan (ha)	2000 Alan (ha)	2010 Alan (ha)
Su	1335	1278	1337	1404
Orman	17259	17038	17258	18284
Longoz Ormanı	1345	732	1077	447
Sazlık	306	174	182	300
Plantasyon Alanı	2435	3113,0	1919	1812
Kumsal	157	146	109	125
Karışık	1154	1486	1883	1619
Bulut	0	24	226	0
Toplam	23991	23991	23991	23991

Yapılan sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu, hesaplanan genel doğruluk ve kappa değeri ile elde edilmiştir. 1984 görüntüsü için, genel doğruluk %86, kappa değeri 0.8191; 1990 görüntüsü için, genel doğruluk %90, kappa değeri 0.8546; 2000 görüntüsü için genel doğruluk % 88, kappa değeri 0.8542; 2010 görüntüsü için ise genel doğruluk % 89, kappa değeri ise 0.8721'dir. Bu değerler, sınıflandırma sonuçlarının kabul edilebilir doğrulukta yapıldığını ortaya koymakla birlikte, karışan alanların varlığı, bu sorunun çözülmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

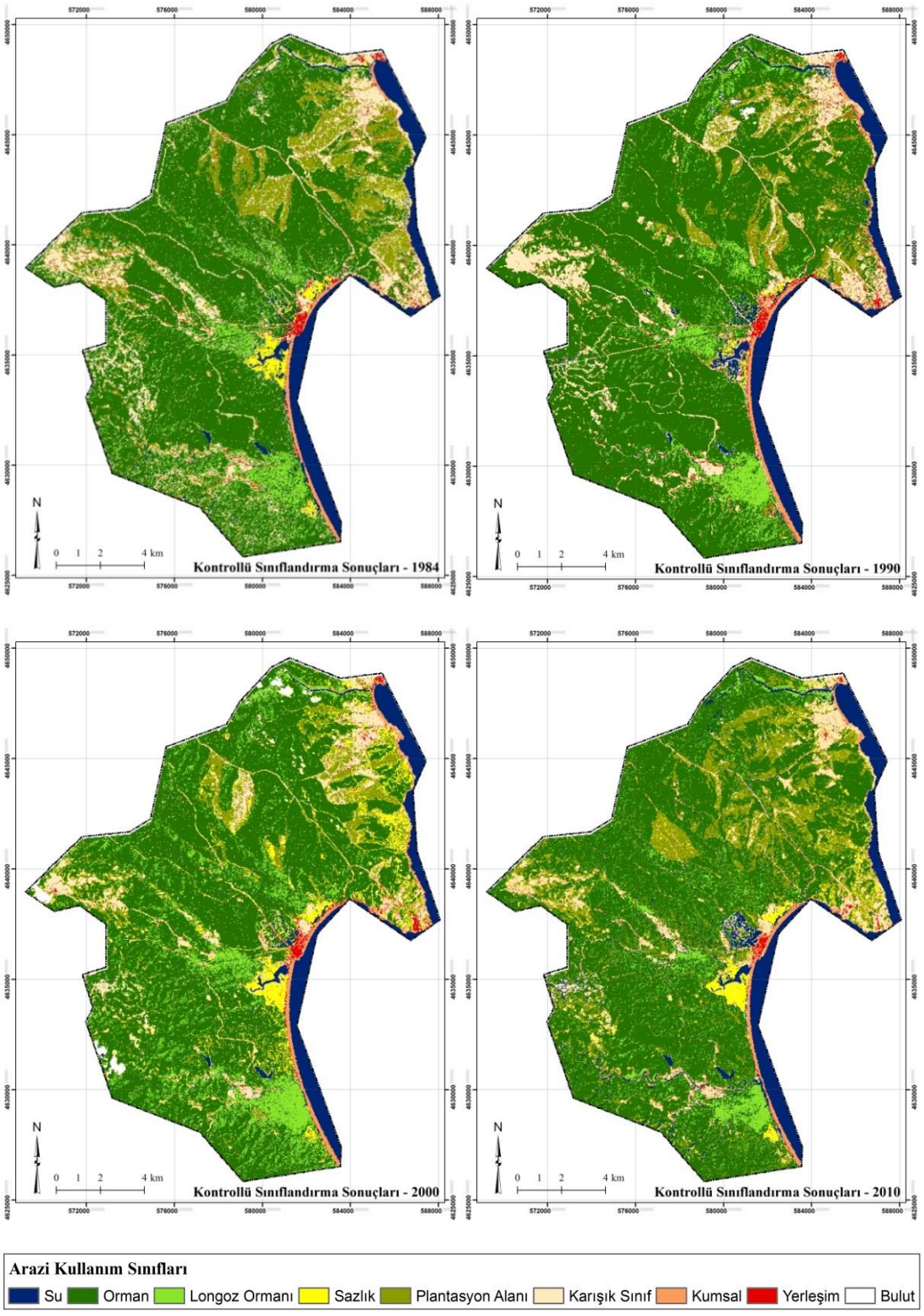
4.2.4.2 Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma aşamasında, yersel çalışmalar, hava fotoğrafları ve arazi fotoğraflarından da yararlanılarak, Landsat 5 TM görüntüleri üzerinden örnek bölgeler seçilmiş ve belirlenen alanların spektral özelliklerini tanımlayan, özellik dosyaları oluşturulmuştur. Görüntülerde, her bir sınıf için alınan örnek sayıları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15 : Özellik dosyası için alınan örnek sayıları.

Sınıflar	1984	1990	2000	2010
Su	140	233	226	202
Orman	108	61	74	78
Longoz Ormanı	20	16	20	16
Sazlık	17	14	15	16
Plantasyon Alanı	38	15	18	29
Açık Alan / Tarım alanı	134	47	49	44
Kumsal	15	18	11	20
Yerleşim / Yol	86	64	52	61
Bulut	-	5	15	-
Toplam	558	473	480	466

Sonraki aşamada, bu özellik dosyası kullanılarak, En Çok Benzerlik Yöntemi ile görüntüler kontrollü olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarına ait görüntüler Şekil 4.27'de görülmektedir. Sınıflandırma sonucuna göre arazi kullanım sınıflarının alansal büyüklükleri ise Çizelge 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.27 : Kontrollü sınıflandırılmış Landsat 5 TM görüntüleri.

Yapılan bu sınıflandırma sonucunda, kontrolsüz sınıflandırmada elde edilen sonuçlardan farklı olarak, yerleşim alanları kısmen de olsa tespit edilebilmiştir. Ancak, alansal veriler incelendiğinde, normal şartlarda olması gerekenin aksine, yerleşim alanlarında bir azalma tespit edilmiştir. Bu da kontrollü sınıflandırmada yerleşim alanlarının diğer sınıflardan tam olarak ayırt edilemediğinin bir göstergesidir. Yollar, bu yöntemle de tespit edilememiş, tarım alanları, açık alanlar ve yerleşim alanları ile karışmıştır. Ancak, en fazla tarım/açık alanlarla karıştığı için karışık sınıf kategorisine dâhil edilmiştir.

Çizelge 4.16 : Kontrollü sınıflandırma sonucu alansal dağılım.

Sınıflar	**1984 Alan (ha)**	**1990 Alan (ha)**	**2000 Alan (ha)**	**2010 Alan (ha)**
Su	1590	1551	1353	2079
Orman	13696	14945	14101	13125
Longoz Ormanı	1151	1525	2266	1394
Sazlık	404	131	1588	802
Plantasyon Alanı	2949	2219	1926	4224
Karışık Sınıf	3557	2710	1778	1663
Kumsal	247	364	496	624
Yerleşim	396	485	258	79
Bulut	0	61	226	0
Toplam	23991	23991	23991	23991

Longoz ormanlarının tespitinde, kontrolsüz sınıflandırma sonuçlarına göre, daha başarılı bir sonuç elde edilmiştir. Plantasyon alanlarına bakıldığında, bölgesel olarak tespit edildiği, fakat yer yer karışık sınıfa ait piksellerle karıştığı gözlenmiştir. 1984, 2000 ve 2010 yılllarına ait görüntülerde belirgin olarak tespit edilen sazlık alanların ise, 1990 yılına ait sınıflandırılmış görüntüde su alanları ile karıştığı görülmektedir.

4.2.5 Doğruluk analizi

Sınıflandırma işleminin doğruluğunun belirlenmesi için, sınıflandırılmış görüntü ile referans görüntüden birbirine karşılık gelen alanlardan elde edilen pikseller karşılaştırılmıştır. Farklı yıllara ait görüntüler için yapılan sınıflandırma işlemi sonrasında, elde edilen doğruluk değerinin belirlenmesi için, her bir kontrollü sınıflandırılmış görüntü üzerinden rastgelen pikseller seçilmiştir. Bu piksellerin karşılık geldiği arazi kullanım sınıfları, hava fotoğrafları ve arazi kullanım haritaları üzerinden belirlenerek, dâhil oldukları sınıfların doğruluğu hata matrisleri yardımıyla hesaplanmıştır. Çizelge 4.17'de doğruluk değerlendirmeleri verilmiştir.

En yüksek doğrulukla sınıflandırılmış olan görüntü, 1984 yılına aittir. Bu değerler genel olarak, bir kontrollü sınıflandırma işlemi için kabul edilebilir sonuçlardır.

Tez kapsamında, bu sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilen çıktılar, bölgenin arazi kullanımı ve örtüsünde meydana gelen değişiminin belirlenmesi amacıyla kullanılacaktır. Bu değişim daha sonraki aşamada, geleceğe yönelik olarak, alanın arazi kullanımının nasıl değişebileceğinin kurgulanmasında kullanılacak olan modelin girdi verisi niteliğindedir. Bu kapsamda, kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarında elde edilen doğruluklar yeterli olarak kabul edilememiştir. Bu nedenle, ekran üzerinden sayısallaştırma işlemi yapılarak doğruluk kalitesi arttırılmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4.17 : Doğruluk analizi.

Yıl	Sınıf	$\sum_{ref}$	$\sum_{snf}$	n	Ü.D. (%)	K.D. (%)
1984						
	Su	47	50	47	100,00	94,00
	Orman	61	50	50	81,97	100,00
	Longoz ormanı	19	25	19	100,00	76,00
	Sazlık	27	24	24	88,89	100,00
	Plantasyon alanı	24	25	19	79,17	76,00
	Karışık sınıf	25	25	18	72,00	72,00
	Kumsal	27	25	25	92,59	100,00
	Yerleşim	19	25	17	89,47	68,00
	Toplam	249	249	219		
	Genel doğruluk = % 87.95					
	Kappa = 0.8593					
1990						
	Su	22	25	22	100,00	88,00
	Orman	32	25	25	78,13	100,00
	Longoz ormanı	19	25	19	100,00	76,00
	Sazlık	28	25	23	82,14	92,00
	Plantasyon alanı	22	25	22	100,00	88,00
	Karışık sınıf	24	25	19	79,17	76,00
	Kumsal	31	25	23	74,19	92,00
	Yerleşim	24	25	18	75,00	72,00
	Bulut	8	10	8	100,00	80,00
	Toplam	210	210	179		
	Genel doğruluk = % 85,24					
	Kappa = 0.8329					

Çizelge 4.17 (devam) : Doğruluk analizi.

2000						
	Su	22	25	22	100,00	88,00
	Orman	61	50	47	77,05	94,00
	Longoz ormanı	20	25	17	85,00	68,00
	Sazlık	12	25	11	91,67	44,00
	Plantasyon alanı	36	25	24	66,67	96,00
	Karışık sınıf	22	25	19	86,36	76,00
	Kumsal	25	25	23	92,00	92,00
	Yerleşim	27	25	25	92,59	100,00
	Bulut	15	15	15	100,00	100,00
	Toplam	240	240	203		
	Genel doğruluk = % 84,58					
	Kappa = 0.8232					
2010						
	Su	21	25	21	100,00	84,00
	Orman	82	50	50	60,98	100,00
	Longoz ormanı	36	50	34	94,44	68,00
	Sazlık	13	25	12	92,31	48,00
	Plantasyon alanı	43	50	40	93,02	80,00
	Karışık sınıf	30	25	22	73,33	88,00
	Kumsal	20	25	19	95,00	76,00
	Yerleşim	25	25	24	96,00	96,00
	Toplam	275	275	222		
	Genel doğruluk = % 80,73					
	Kappa = 0.7753					

$\sum_{ref}$: Referans toplamı, $\sum_{snf}$: Sınıflandırılmış toplam, n: Doğru sınıflandırılan nokta sayısı, Ü.D.:Üretici doğruluğu, K.D.: Kullanıcı doğruluğu

4.2.6 Ekran üzerinden sayısallaştırma

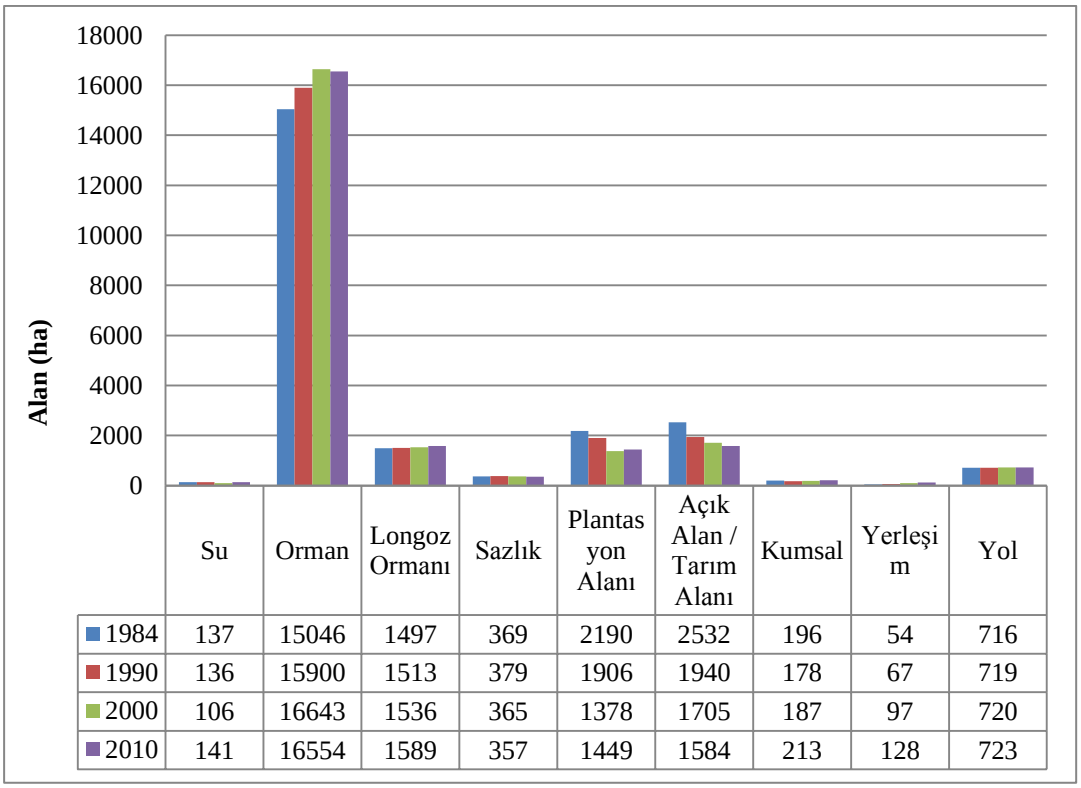
Değişim tespiti açısından, sınıflandırma sonuçlarının yeterli görülmemesi nedeniyle, sınıflandırılmış görüntüler üzerinde manuel düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem yapılırken, ekran ölçeğinin bütün görüntüler için aynı olması, nokta sıklıklarının eş olması ve sivri köşelerde nokta sıklıklarının arttırılması gibi teknik konulara dikkat edilmiştir. ArcGIS yazılımı yardımı ile görüntüler üzerinden arazi kullanım/örtüsü özellikleri, ekran üzerinden sayısallaştırılmış (*on-screen digitizing*) ve elde edilen veriler kontrollü sınıflandırma sonuçları ile birleştirilmiştir. Bu yöntem ile sınıflandırma sonrası karışan pikseller, ait oldukları sınıfa atanmış ve daha yüksek doğrulukta arazi kullanım haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.29). Bu işlem sonucunda,

su, orman, longoz ormanı, sazlık, plantasyon alanı, açık alan/tarım alanı, kumsal, yerleşim ve yol olmak üzere, dokuz arazi kullanım sınıfı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18 : Çalışma alanında arazi kullanım sınıfları.

Su	:	Deniz, göl ve dereleri içeren alanlar
Orman	:	Karışık ağaçlardan oluşan ormanlar
Longoz ormanı	:	Mevsimsel olarak su altında kalan su basar ormanı
Sazlık	:	Göllerin çevresindeki sazlık ve bataklık alanlar
Plantasyon alanı	:	Belirli aralıklarla tıraşlanıp, genç ağaç yetiştirilen alanlar
Açık alan/Tarım alanı	:	Üzerinde tarım yapılan alanlar ve hiçbir fonksiyon içermeyen boş alanlar
Kumsal	:	Sahil kumullarının bulunduğu alanlar
Yerleşim	:	Binaların bulunduğu, konut, ticaret, turizm vb. fonksiyonları içeren alanlar.
Yol	:	Alanda bulunan yollar

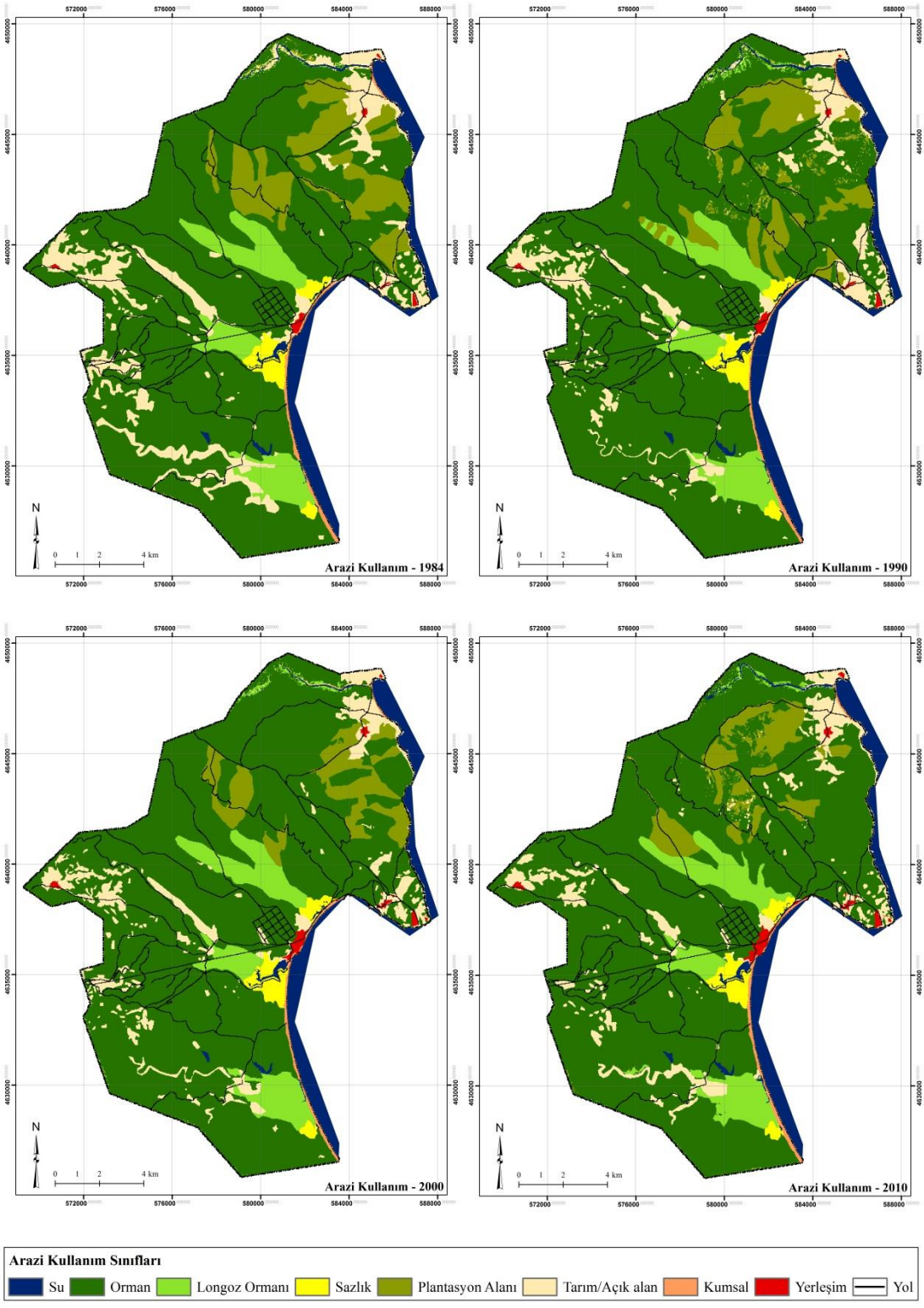
Tespit edilen arazi kullanım sınıfları ve açıklamaları Çizelge 4.18'de, bu sınıfların alansal büyüklükleri ise Şekil 4.28'de verilmiştir.



	Su	Orman	Longoz Ormanı	Sazlık	Plantasyon Alanı	Açık Alan / Tarım Alanı	Kumsal	Yerleşim	Yol
1984	137	15046	1497	369	2190	2532	196	54	716
1990	136	15900	1513	379	1906	1940	178	67	719
2000	106	16643	1536	365	1378	1705	187	97	720
2010	141	16554	1589	357	1449	1584	213	128	723

Şekil 4.28 : Yıllara göre arazi kullanım sınıflarının alansal dağılımı.

Elde edilen bütün haritaların konumsal doğruluklarının belirlenmesi için, doğruluk değerlendirmesi yapılmış, bu işlem sırasında çalışma bölgesine dağılmış, her bir sınıf için 10'ar adet kontrol noktası belirlenmiştir.



Şekil 4.29 : Arazi kullanım haritaları 1984, 1990, 2000 ve 2010.

Arazi kullanım haritalarının genel doğrulukları, 1984 yılı için % 92, 1990 yılı için % 97, 2000 yılı için % 98, 2010 yılı için ise % 97 olarak hesağlanmıştır. Kappa değerleri ise, 1984 yılı için 0.9125, 1990 yılı için 0.9625, 2000 yılı için 0.9750 ve 2010 yılı için 0.9625'dir.

4.2.7 Değişim tespiti

İğneada çalışma alanında arazi kullanımı/örtüsü değişiminin tespitinde, elde edilen 1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılmış, piksel düzeyinde karşılaştırma imkânı sunan "–den –e" (from-to) analizi ile görüntüler arasındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışmada önce sırasıyla, 1984 ile 1990 yıllarına ait görüntüler, 1990 ile 2000 yıllarına ait görüntüler, 2000 ile 2010 yıllarına ait görüntüler, en son olarak da 26 yıllık değişimi görebilmek amacıyla 1984 ile 2010 yıllarına ait görüntüler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işleminde, bir sınıftan diğer sınıfa dönüşen ve değişmeyen alanlar, değişim matrisi ve değişim görüntüsü ile gösterilmiştir.

Matriste, ana köşegen üzerinde yer alan sayılar değişmeyen alan büyüklüklerini, diğerleri ise değişen alanları temsil etmektedir. Matrisin son sütununda ise, her bir arazi kullanım sınıfının, belirtilen iki yıl arasındaki, değişim oranları yer almaktadır. Matriste arazi kullanım sınıfları rakamlarla temsil edilmiştir. Buna göre; 1:Su, 2:Orman, 3:Longoz ormanı, 4:Sazlık, 5:Plantasyon alanı, 6:Tarım alanı/Açık alan, 7:Kumsal, 8:Yerleşim, 9:Yol sınıflarıdır. ∑ ise toplam sembolüdür.

1984 yılı ile 1990 yılları arasındaki değişim matrisi Çizelge 4.19'da verilmiştir. Buna göre, bu yıllar arasında, su, plantasyon alanları, kumsal ve açık alan/tarım alanları azalmış, diğerleri ise artmıştır. 1984 yılından 1990 yılına kadar geçen 6 yıllık sürede oransal olarak en fazla değişim gösteren alanlar ise, tarım alanı/açık alanlar ve yerleşim alanlarıdır.

Çizelge 4.19 : Değişim matrisi (1984 - 1990).

Yıl	1984 (ha)										
1990 (ha)	*Arazi Örtüsü Sınıfları*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	∑	Değişim %
	1	**108,5**	9,2	1,5	9,2	0,4	6,6	0,5	0,0	0,0	135,8	-0,53
	2	10,5	**13448,7**	81,5	6,5	1467,5	848,3	6,8	0,0	29,8	15899,7	5,67
	3	2,1	102,9	**1305,0**	15,4	1,8	80,3	4,7	0,0	0,8	1512,9	1,05
	4	5,8	15,4	4,6	**331,2**	0,9	12,3	8,1	0,0	0,5	378,8	2,66
	5	0,9	1181,0	56,8	0,7	**616,1**	47,3	0,0	0,0	3,4	1906,3	-12,96
	6	3,2	258,5	46,3	3,6	99,0	**1513,6**	7,0	3,2	5,7	1940,0	-23,37
	7	3,1	1,8	0,5	2,2	0,0	3,6	**166,2**	0,2	0,7	178,3	-9,13
	8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	2,3	**50,5**	1,2	66,5	22,35
	9	2,4	28,6	0,9	0,3	4,3	7,2	0,5	0,5	**674,4**	719,1	0,36
	∑	136,5	15046,0	1497,2	369,0	2190,1	2531,6	196,2	54,4	716,5		

1:Su, 2:Orman, 3:Longoz ormanı, 4:Sazlık, 5:Plantasyon alanı, 6:Açık alan/Tarım alanı, 7:Kumsal, 8:Yerleşim, 9:Yol ∑: Toplam.

Matrise göre, açık alan/tarım alanlarında negatif bir değişim söz konusu iken, yerleşim alanlarında pozitif yönlü bir değişim yaşanmıştır. Yani, 1984 yılında açık alan/tarım alanı olan alanlar, 1990 yılında farklı fonksiyonlar kazanırken, 1984 yılında çeşitli fonksiyonlara sahip olan bazı alanlar ise 1990 yılında yerleşim alanlarına dönüşmüştür. Sayısal değerler incelendiğinde, açık alan/tarım alanlarının en çok orman alanlarına dönüştüğü belirlenmiştir. Longoz ormanları ve sazlıklarda ise dikkat çekici bir değişim olmamıştır.

Çizelge 4.20 : Değişim matrisi (1990 - 2000).

Yıl	1990 (ha)										Değişim %
2000 (ha)	*Arazi Örtüsü Sınıfları*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	∑	
	1	**78,4**	5,9	2,9	11,8	1,2	1,4	3,2	0,1	0,9	105,8	-22,13
	2	23,7	**14339,0**	129,3	10,7	1574,1	525,7	6,9	0,5	32,7	16642,5	4,67
	3	5,9	98,5	**1334,7**	8,7	74,3	12,4	0,8	0,0	1,3	1536,5	1,56
	4	10,5	12,7	3,9	**330,5**	1,4	4,1	0,9	0,0	1,4	365,3	-3,56
	5	1,7	1012,0	0,4	0,3	**223,2**	138,4	0,0	0,0	2,3	1378,2	-27,70
	6	7,8	395,2	40,1	10,6	27,3	**1212,9**	3,1	2,9	5,3	1705,1	-12,11
	7	7,6	3,2	0,5	4,1	0,5	11,6	**158,8**	0,1	0,5	186,8	4,80
	8	0,0	1,4	0,0	1,1	0,1	27,0	3,7	**62,6**	1,3	97,0	45,87
	9	0,3	31,9	1,3	1,0	4,2	6,5	1,0	0,5	**673,7**	720,2	0,15
	∑	135,8	15899,7	1512,9	378,8	1906,3	1940,0	178,3	66,5	719,1		

1:Su, 2:Orman, 3:Longoz ormanı, 4:Sazlık, 5:Plantasyon alanı, 6:Açık alan/Tarım alanı, 7:Kumsal, 8:Yerleşim, 9:Yol ∑: Toplam.

1990 yılından 2000 yılına kadar geçen süredeki değişimin belirlenmesi için oluşturulan değişim matrisine göre, su, plantasyon alanı ve tarım/açık alanlar azalmış, diğerleri artmıştır (Çizelge 4.20). Oransal olarak bakıldığında en büyük artış, yerleşim alanlarında olmuş, en çok açık alan/tarım alanları yerleşim alanlarına dönüşmüştür. En belirgin azalma ise sazlık ve su alanlarında meydana gelmiştir. Orman, longoz ormanları ve kumsal alanlarda ise, çok büyük değişimler yaşanmamıştır. Alansal olarak bakıldığında ise en büyük değişim orman alanlarında yaşanmış, 1012 ha'lık orman alanının plantasyon alanına dönüşmüştür.

Çizelge 4.21'de verilen 2000 ve 2010 yılları arasındaki değişimi gösteren matrise göre, en büyük değişim su ve yerleşim alanlarının artış oranıdır. Buna göre, 2000 görüntüsünde orman, sazlık ve plantasyon alanı olarak belirlenen alanların, 2010 yılında su alanlarına dönüştüğü görülmektedir. Ormana dönüşen alanlar ise, 2000 yılında longoz ormanı, tarım/açık alan ve plantasyon alanıdır.

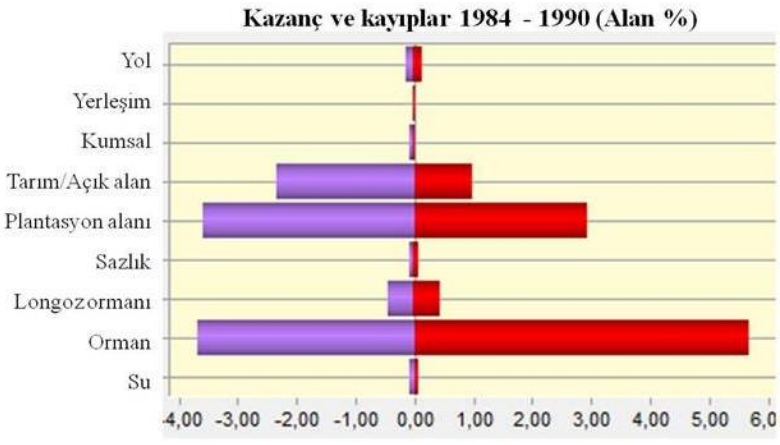
Çizelge 4.21 : Değişim matrisi (2000 – 2010).

Yıl	2000 (ha)										
2010 (ha)	*Arazi Örtüsü Sınıfları*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	∑	Değişim %
	1	**75,7**	28,3	10,4	11,4	1,1	8,7	5,5	0,0	0,4	141,4	33,72
	2	9,0	**14681,6**	107,3	11,8	1212,0	501,3	0,4	0,1	30,2	16553,6	-0,53
	3	2,1	197,9	**1346,3**	8,2	4,6	29,3	0,0	0,0	0,9	1589,3	3,44
	4	12,5	8,8	8,7	**318,7**	0,5	6,0	0,6	0,0	1,2	357,1	-2,24
	5	0,2	1332,5	42,4	1,4	**44,7**	22,5	0,2	0,0	4,8	1448,6	5,11
	6	1,4	334,3	15,6	3,5	111,3	**1098,7**	8,8	4,8	5,3	1583,7	-7,12
	7	4,7	15,2	4,8	8,5	0,7	8,3	**167,4**	1,8	1,4	212,7	13,82
	8	0,0	6,4	0,0	0,6	0,3	25,4	3,5	**89,5**	2,0	127,6	31,54
	9	0,2	37,6	1,1	1,3	2,9	4,9	0,5	0,9	674,2	723,4	0,44
	∑	105,8	16642,5	1536,5	365,3	1378,2	1705,1	186,8	97,0	720,2		

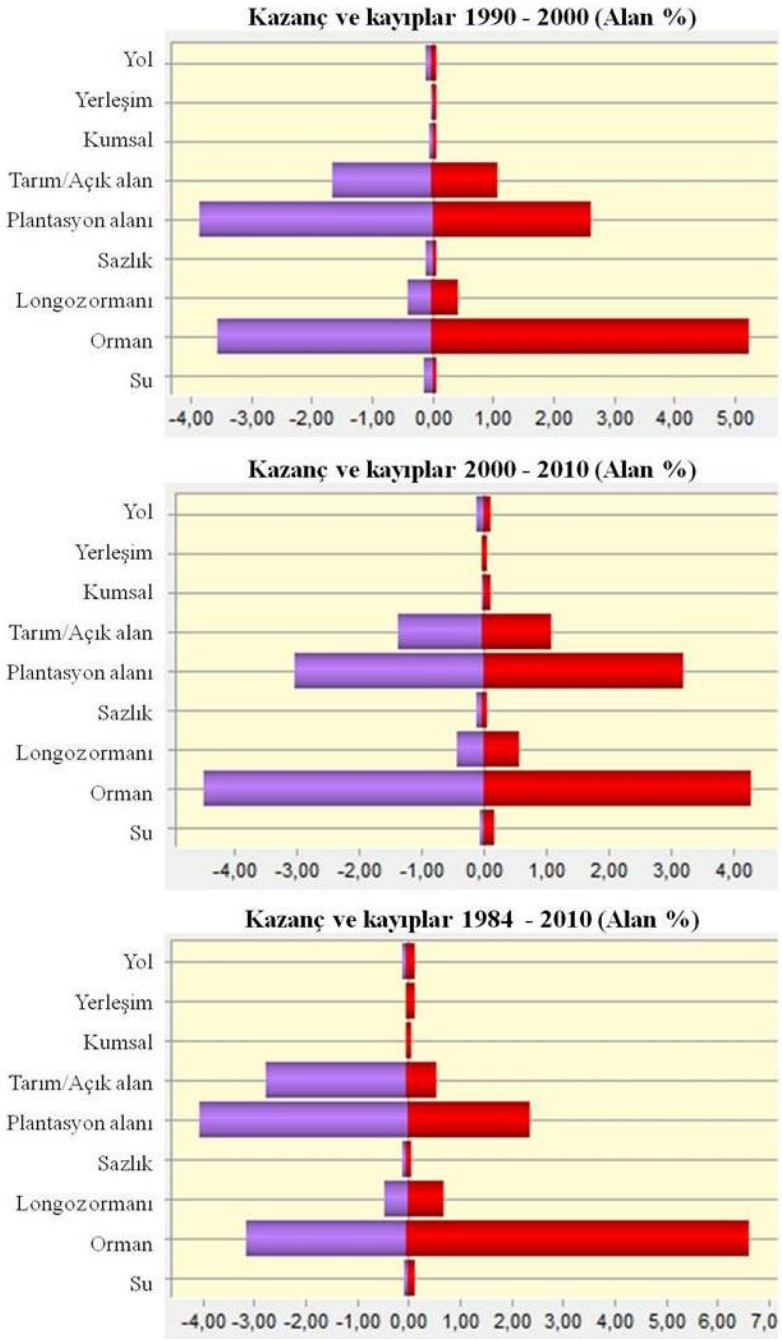
1:Su, 2:Orman, 3:Longoz ormanı, 4:Sazlık, 5:Plantasyon alanı, 6:Açık alan/Tarım alanı, 7:Kumsal, 8:Yerleşim, 9:Yol ∑: Toplam.

Değişim matrislerinin yanı sıra, arazi kullanımı sınıflarındaki değişimi görebilmek için, Idrisi Selva yazılımı kullanılarak kazanç-kayıp grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.30). 1984 – 2010 yılları arasındaki grafikler incelendiğinde genel olarak, yerleşim, yol ve orman alanlarının arttığı, tarım alanları/açık alanların ise azaldığı görülmektedir. Diğer arazi kullanım sınıflarında dikkate değer bir oranda değişme olmadığı, plantasyon alanlarının ise bazı dönemlerde artarken, bazı dönemlere azaldığı görülmektedir. Bu da orman alanlarının yenilenme dönemlerine bağlı olan bir değişimdir.

Hem değişim matrisi, hem de kazanç – kayıp grafikleri incelendiğinde, 1984 – 2010 yılları arasında, yerleşim alanlarının artarken, tarım alanı / açık alanlarının azaldığı, yani bu alanların yerleşim alanlarına dönüştüğünü söylemek mümkündür.

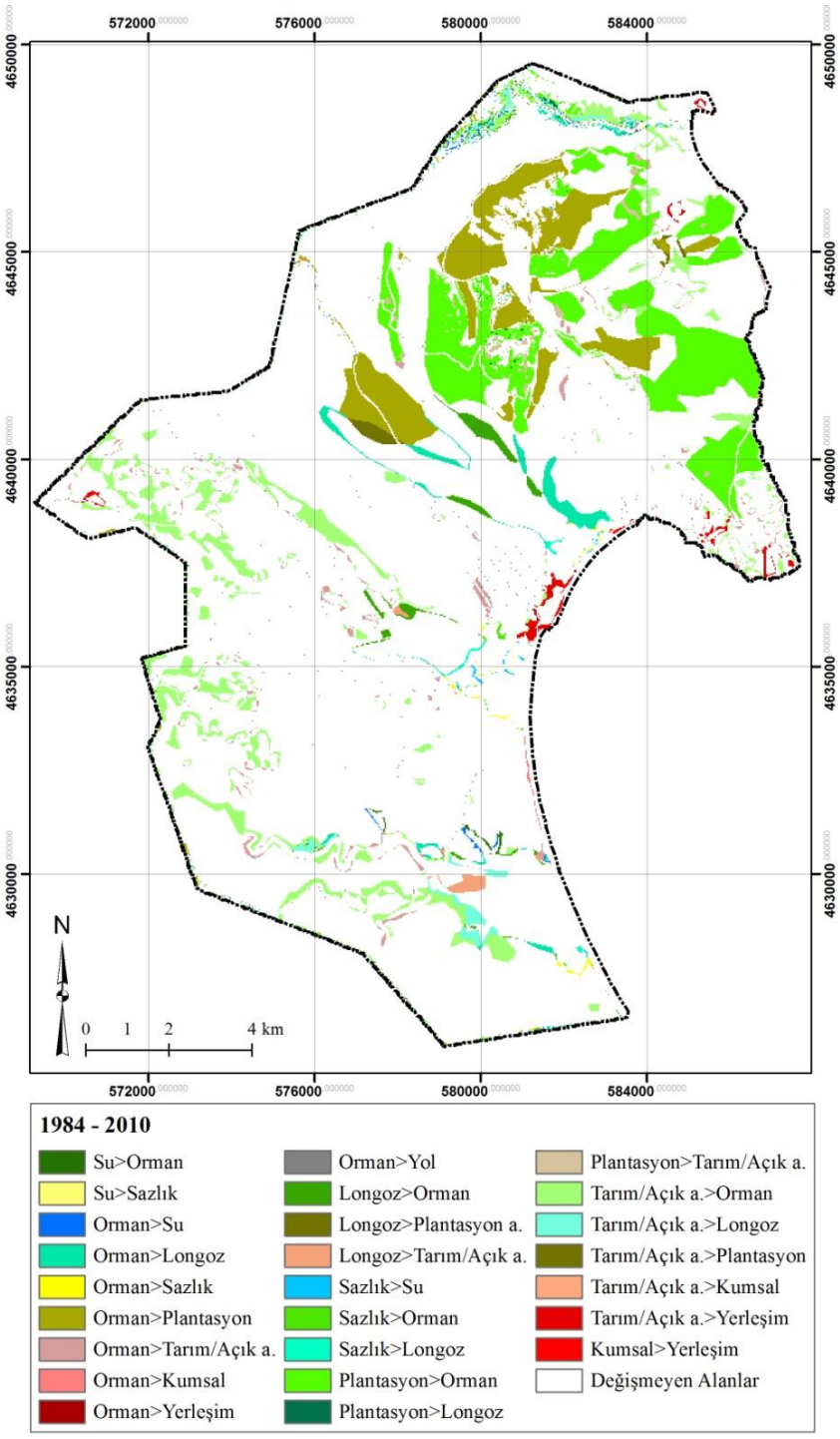


Şekil 4.30 : Arazi kullanım sınıflarında kazanç ve kayıplar (alan %).



Şekil 4.30 (devam) : Arazi kullanım sınıflarında kazanç ve kayıplar (alan %).

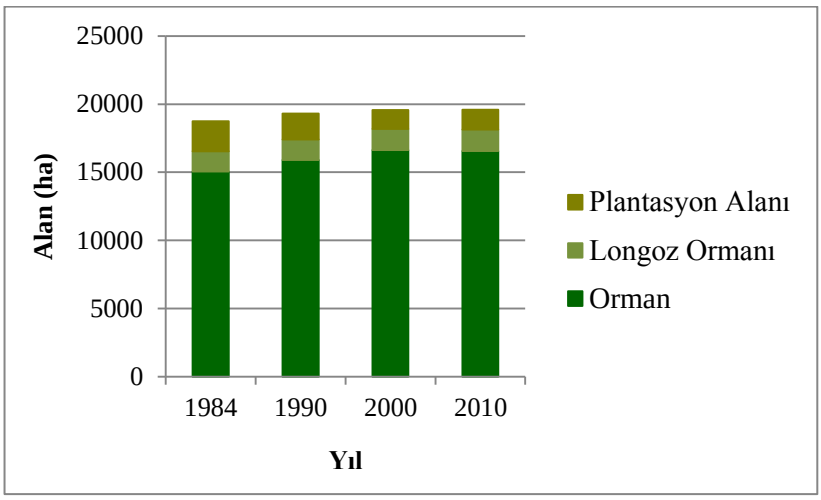
Şekil 4.31'de 1984 ile 2010 yılları arasında değişen alanlar görülmektedir. Görüntüde sadece birbirine dönüşen alanlar renklendirilmiş, değişmeyen alanlar beyaz renk ile gösterilmiştir. 26 yıllık süreçte, en büyük değişim çalışma alanının kuzeyinde gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, yeni ağaçların yetiştirildiği, plantasyon alanlarının sürekli olarak bu kısımda yer almasıdır. Belirli aralıklarla, yaşlı olduğu belirlenen alanlarda ağaçlar traşlanıp, yerine yenileri dikilmekte ve böylece ormanların gençleşmesi sağlanmaktadır.



Şekil 4.31 : Değişen ve değişmeyen alanlar (1984 – 2010).

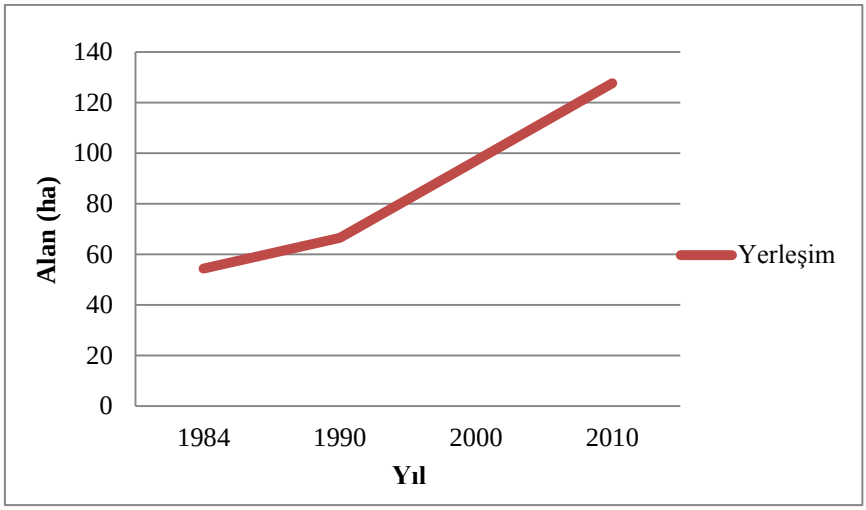
Plantasyon alanlarının yerlerinin ve kesim alanlarının zamanı Orman Genel Müdürlüğü tarafından belirlenmektedir ve bu alanların ormana dönüşeceği kesindir. Bu nedenle, çalışma alanının baskın arazi kullanım sınıfı olan, orman alanları değerlendirilirken, karışık orman alanları, longoz ormanları ve plantasyon alanlarının büyüklükleri birlikte ele alınmış ve yıllara göre büyüklükleri incelendiğinde, bölgenin orman varlığının arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.32).

Buna göre, 1984 yılında çalışma alanının % 82'si, 1990 yılında % 85'i, 2000 ve 2010 yıllarında ise % 86'sı orman alanıdır.



Şekil 4.32 : Yıllara göre orman alanlarının büyüklükleri.

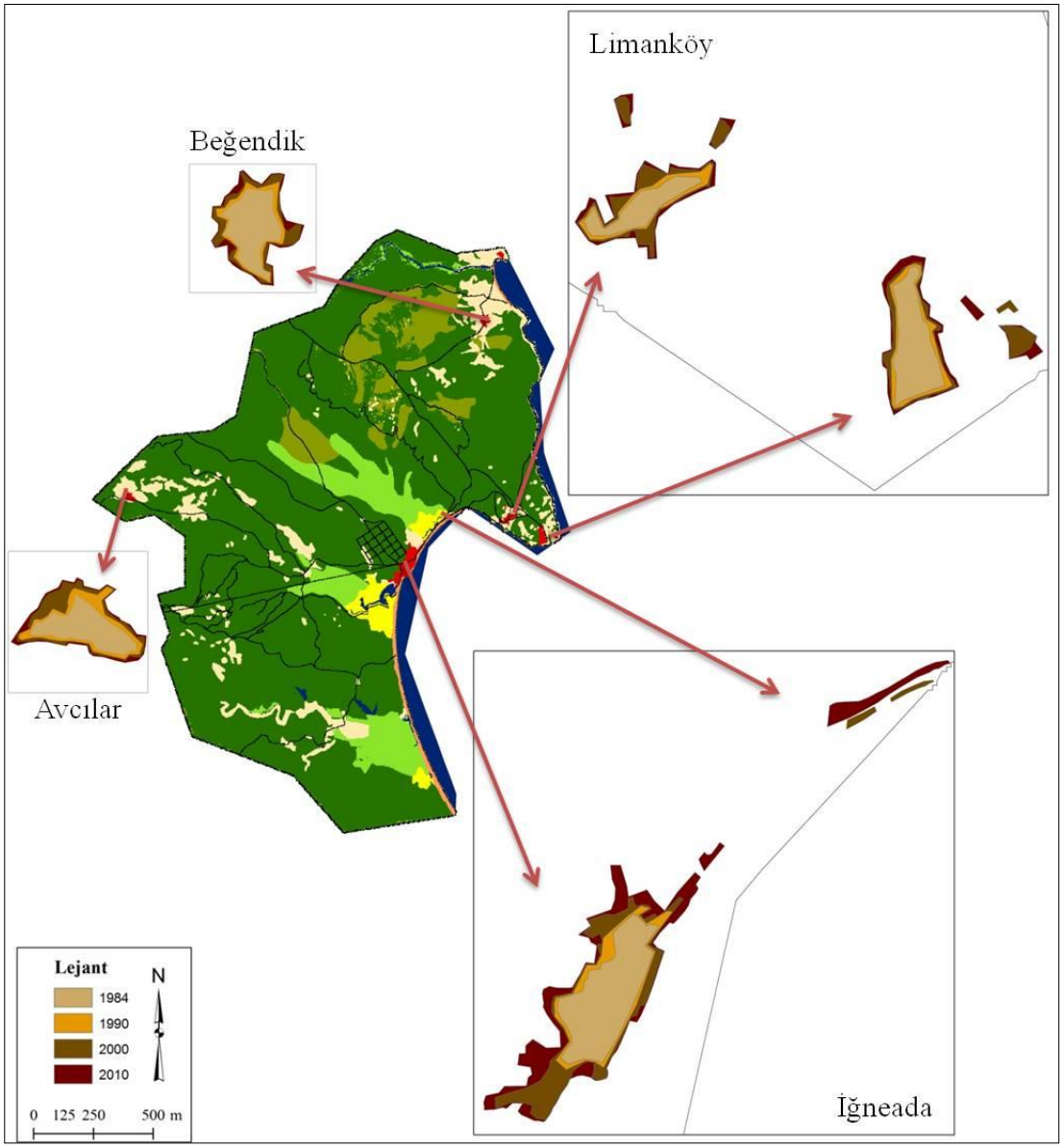
1984 yılından 2010 yılına kadar geçen 26 senelik süreçte, arazi kullanım sınıflarının kapladığı alanlar incelendiğinde, yerleşim alanlarının arttığı görülmektedir (Şekil 4.33). Bu artış, 1990 yılından itibaren azalma eğilimi gösteren, alanın nüfus grafiğine paralel olmayan bir durumdur ve alanın turizm potansiyelinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.33 : Yıllara göre yerleşim alanlarındaki artış.

Bu artış, 1990 yılından itibaren azalma eğilimi gösteren, alanın nüfus grafiğine paralel olmayan bir durumdur ve alanın turizm potansiyelinden kaynaklanmaktadır. Yaz mevsiminde nüfusu 10.000 kişiye ulaşan bölgede, özellikle Limanköy bölgesinde ikinci konut sahipliliği söz konusudur. Bu da alanın yerleşik nüfusunun azalması karşısında, konut alanının artışının başlıca nedenidir.

Bunun yanında, üzerinde herhangi bir bitki örtüsü veya fonksiyon barındırmayan açık alanlar ve tarım alanlarının varlığı azalma göstermiştir. Sazlık, su ve kumsalların ise, sürekli bir artma veya azalma eğiliminde olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.34 : Yıllara göre yerleşim alanlarındaki değişim.

4.3 Çalışma Alanının 2030 Yılı İçin Modellenmesi

Farklı yıllara ait arazi kullanım haritaları elde edilen ve yıllar içindeki değişimi tespit edilen çalışma alanı, üç farklı yöntemle 2030 yılı için modellenmiştir. Modelleme için 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılmıştır. 2030 yılının arazi kullanımı/örtüsünün tahmininde 1990 ile 2010 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılmış ve modellerin doğruluklarının saptanması için ise

1990 ile 2000 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılarak 2010 yılı tahmini yapılmıştır. Yapılan 2010 yılı arazi kullanımına yönelik tahminler, gerçek durumla karşılaştırlarak modellerin doğrulukları saptanmıştır.

Modelleme çalışmasında kullanılan ana metot Markov Zincirleri (Markov Chain) yöntemidir ve bütün modeller bu yöntemin üzerine kurulmuştur. Bunlar:

1. Stokastik Markov modeli
2. Hücresel özişleme tabanlı Markov modeli
3. Çok katmanlı algılayıcı ağ ile çalışan Markov modeli'dir.

4.3.1 Stokastik markov modeli

Bu modelde, stokastik süreçler ve Markov Zincirleri analiz teknikleri bir arada kullanılmış ve Stokastik Markov modeli ismi verilmiştir. Geçmişteki arazi örtüsü değişim eğiliminin bilinmesi gereken bu modelde, t_2 zamanındaki gelecek durum, kendisinden hemen önceki, t_1 durumuna göre tahmin edilir. Bu nedenle, gelecekteki durum geçmişteki duruma değil, şu anki duruma bağlıdır (Ahmed ve Ahmed, 2012). Yani, geçmiş ve gelecek birbirinden bağımsızdır (Eastman, 2009a).

Uygulamanın ilk adımında, farklı iki tarihe ait görüntüler kullanılarak geçiş olasılık matrisi (transition probability matrix) ve geçiş alanları matrisi (transition areas matrix) üretilmiştir.

Çizelge 4.22 : Geçiş olasılık matrisi (1990 – 2010).

Sınıflar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.6885	0.1412	0.0159	0.0762	0.0007	0.0411	0.0358	0.0000	0.0007
2	0.0015	0.9245	0.0104	0.0003	0.0446	0.0164	0.0007	0.0005	0.0011
3	0.0059	0.0780	0.8664	0.0039	0.0154	0.0266	0.0033	0.0000	0.0004
4	0.0230	0.0287	0.0178	0.8724	0.0007	0.0178	0.0280	0.0102	0.0012
5	0.0005	0.5684	0.0471	0.0004	0.3620	0.0200	0.0004	0.0001	0.0011
6	0.0034	0.3120	0.0077	0.0016	0.0118	0.6320	0.0070	0.0229	0.0016
7	0.0197	0.0030	0.0000	0.0045	0.0000	0.0156	0.9344	0.0207	0.0020
8	0.0041	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0014	0.9770	0.0054
9	0.0030	0.0240	0.0003	0.0011	0.0031	0.0045	0.0005	0.0028	0.9607

Not: Çizelgede; 1.Su 2.Orman 3.Longoz ormanı 4.Sazlık 5.Plantasyon alanı 6.Tarım alanı/Açık alan 7.Kumsal 8.Yerleşim 9.Yol.

1990 ve 2010 yıllarına ait veriler kullanılarak elde edilen geçiş olasılık matrisi Çizelge 4.22'de, geçiş alanları matrisi ise Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Geçiş olasılık matrisi her bir arazi örtüsünün bir diğerine geçiş olasılığını, geçiş alanları matrisi ise belirlenen bir zaman için bir arazi örtüsü tipinden diğer bir arazi örtüsü tipine geçmesi beklenen piksellerin sayısını ifade eden metin dosyasıdır. Bu dosyaların her ikisinde de satırlar mevcut durumdaki arazi örtüsü kategorilerini, sütunlar ise yeni arazi örtüsü kategorilerini temsil eder.

Çizelge 4.23 : Geçiş alanları matrisi (1990 – 2010).

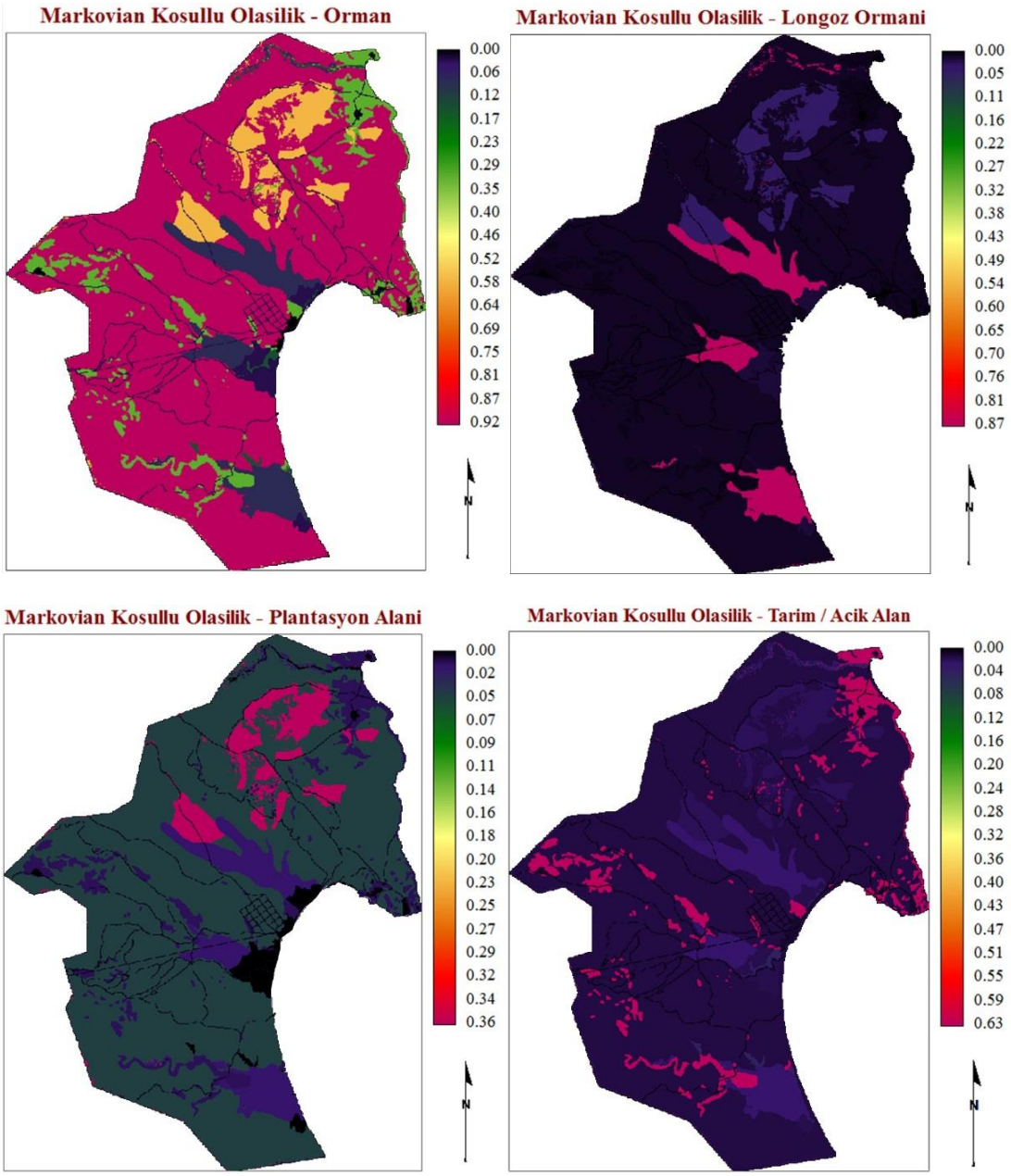
Sınıflar	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	1142	234	26	126	1	68	59	0	1
2	283	170038	1907	57	8208	3008	125	98	204
3	104	1378	15300	69	272	470	59	0	7
4	91	114	71	3462	3	71	111	41	5
5	8	9148	758	6	5827	322	6	2	18
6	60	5490	135	28	208	11122	123	403	28
7	47	7	0	11	0	37	2208	49	5
8	6	0	0	0	0	17	2	1385	8
9	24	191	2	9	25	36	4	22	7639

Not: Çizelgede; 1.Su 2.Orman 3.Longoz ormanı 4.Sazlık 5.Plantasyon alanı 6.Tarım alanı/Açık alan 7.Kumsal 8.Yerleşim 9.Yol.

Markov zincirleri analizi ile farklı iki zaman ait arazi kullanım verisinden elde edilen geçiş olasılık matrisinden yararlanılarak, koşullu olasılık görüntüleri *(conditional probability images*) elde edilmiştir (Şekil 4.35). Bu görüntüler, belirtilen süre sonunda her bir pikselin hangi arazi kullanım sınıfında bulunacağının olasılığını göstermektedir.

En yüksek Markovian koşullu olasılık değerlerine sahip olan arazi kullanım sınıfı yerleşim sınıfıdır ve bu değerler 0.96'ya kadar çıkmaktadır. Belirlenen bu değer, değişim analizinde en çok değişen alanlar olarak tespit edilen alanların, yerleşim alanları olması sonucunu doğrular niteliktedir. Diğer arazi kullanım sınıflarına ait değerler, su için 0.69'a, orman için 0.92'ye, longoz ormanı ve sazlık için 0.87'ye, plantasyon alanı için 0.36'ya, tarım alanı/açık alan için 0.63'e ve kumsal için 0.93'e kadar çıkmaktadır.

Bir sonraki adımda, her bir arazi kullanım sınıfı için oluşturulan koşullu olasılık görüntüleri bir araya getirilerek, tek bir olasılık görüntüsü elde edilmiştir. 2030 yılı için arazi kullanım/örtüsü sınıfları tahmini, Markov zincirleri analizi temel alınarak son 20 yıldaki değişimler (1990-2010) temel alınarak, sonraki 20 yıl için yapılmıştır. Bu tahmin, bir stokastik karar modeli ile gerçekleştirilmiştir (Eastman, 2009b).



Şekil 4.35 : Markovian koşullu olasılık görüntülerinden bazıları.

Stokastik seçim, her bir arazi kullanımı/örtüsü sınıfına ait koşullu olasılıkları toplayarak ve değerlendirerek stokastik arazi kullanım haritaları oluşturur. Buna göre, her arazi kullanım sınıfı, olasılıkların doğrusal bir rasgele dağılımına karşın, her piksel konumunda bulunabilirler. (Eastman, 2009a). Bu karar modeli, her bir örtü tipi için, her piksele 0.0 ile 1.0 arasında rasgele bir değer (random value) atar (Eastman, 2009b). Sonra, bu işlem her bir piksel için kümülatif olarak koşullu olasılıkları ekleyerek devam eder ve bu işlem her Markovian koşullu olasılık görüntüsü için tekrarlanır. Hesaplanan piksel değeri, belirlenen rasgele değeri aştığı zaman, o piksel için, gelecek zaman periyodunda arazi örtüsü tipinin ne olacağı

belirlenir (Eastman, 2009b). Çizelge 4.24'te bir stokastik mekanizmanın nasıl çalıştığı örneklenmiştir.

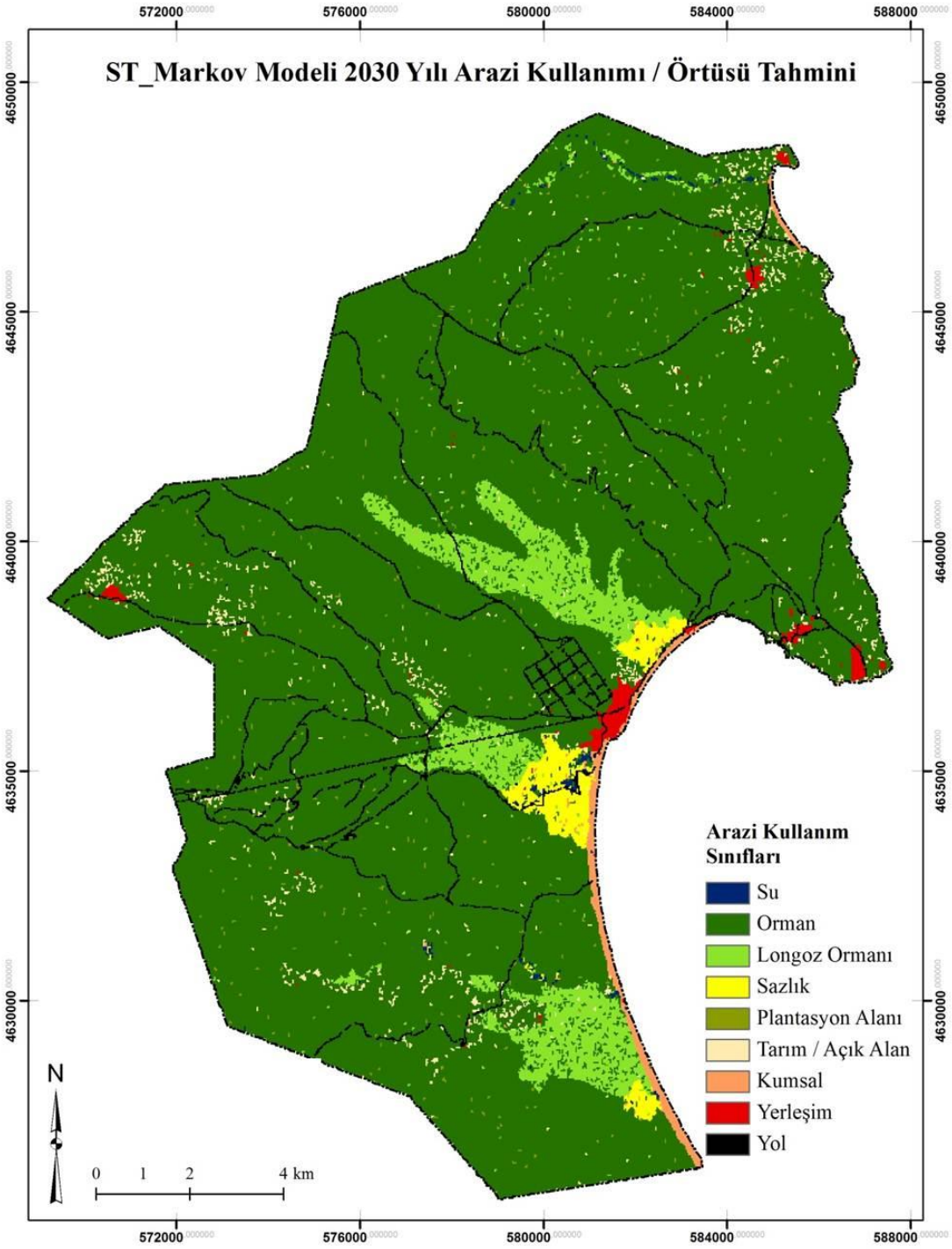
Çizelge 4.24 : Arazi kullanımı sınıfının belirlenmesinde stokastik süreç.

Bu senaryo için kabul edilen rasgele değer = 0.86 olsun.		
Arazi Kullanım/ Örtüsü sınıfı	**Koşullu Olasılık**	**Kümülatif Toplam**
Su	0.35	0.35
Konut	0.18	0.35 + 0.18 = 0.53
Sanayi	0.29	0.53 + 0.29 = 0.82
Tarım	0.12	0.82 + 0.12 = **0.94**
Yeşil Alan	0.06	0.94 + 0.06 = 1.00

Çizelge 4.24'te verilen örnekte kabul edilen rasgele değeri (0.86), kömülatif toplam sonuçlarına göre, geçen ilk değer 0.94 olduğundan, tahmin edilen arazi kullanım / örtüsü sınıfı, bu değerin denk geldiği, tarım sınıfıdır.

Stokastik Markov modeli ile 2030 yılı için tahmin edilen arazi kullanım haritası, 3×3 Mode filtresinden geçirilmiş ve daha net bir arazi kullanım haritası elde edilmiştir. Filtreden geçirilen 2030 yılı tahmin haritası ise Şekil 4.36'da verilmiştir.

Uygulanan stokastik Markov modeli ile elde edilen sonuçlara göre, 2030 yılı arazi kullanım alanlarının dağılımı, su 50 ha, orman 19483 ha, longoz ormanı 1340 ha, sazlık 341 ha, plantasyon alanı 133 ha, tarım/açık alan 322 ha, kumsal 217 ha, yerleşim 141 ha ve yol 711 ha şeklinde olacaktır.



Şekil 4.36 : Stokastik markov modeli arazi kullanım tahmin görüntüsü (2030).

4.3.2 Hücresel özişleme tabanlı markov modeli

Çalışma alanı için uygulanan ikinci model, hücresel özişleme tabanlı Markov modelidir. Bu model, Markov zincirleri, Hücresel özişleme (CA) ve Çok Kriterli Analiz (*Multi-Criteria Evaluation*) yöntemlerinin kombinasyonundan oluşmaktadır (IDRISI, Selva Help System, 2012).

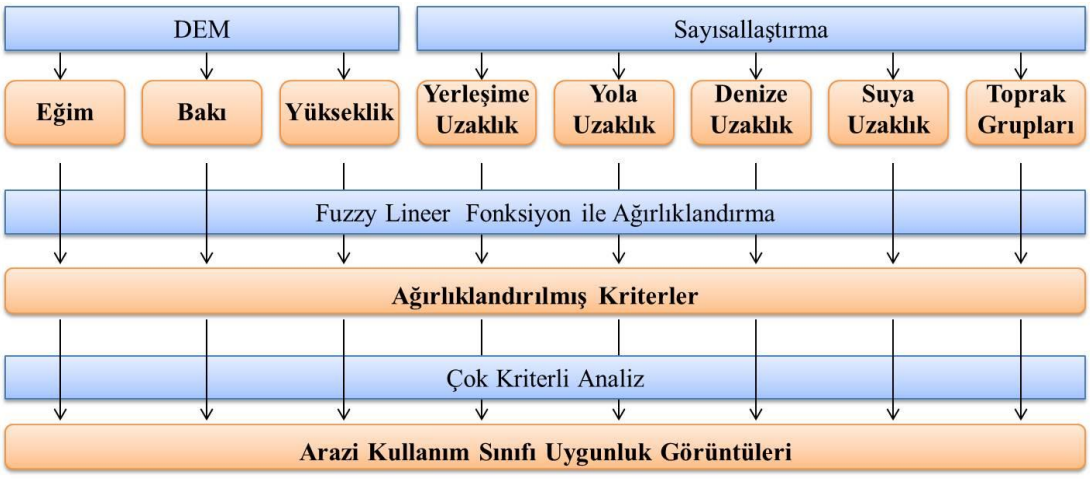
Hücresel özişleme tabanlı Markov modelinde tamin modeli oluşturulurken şu veriler kullanılmaktadır:

- Temel arazi kullanım haritası
- Markov zincirleri ile üretilen geçiş alanları matrisi
- Çok kriterli analiz yöntemi ile elde edilen arazi kullanım uygunluk haritası
- 5 × 5 komşuluk filtresi

2030 yılı için üretilecek tahmin modeli için kullanılacak temel arazi kullanım haritası, sınıflandırma ve sayısallaştırma işlemleri ile elde edilen, 2010 yılına ait arazi kullanım haritasıdır (Şekil 4.28).

Geçiş alanları matrisi, Stokastik Markov modelinin uygulanması aşamasında üretilmiş ve Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Arazi kullanımı için uygunluk analizi, çeşitli arazi kulanım türleri için, alanın yapısına ilişkin niteliklerin karşılaştırılması şeklinde yapılmaktadır (Beek, 1978; Dent ve Young, 1981; Akbulak, 2010). Bu nitelikler arazinin fiziksel özelliklerinin yanı sıra, çalışma alanına ilişkin sosyo-ekonomik, demografik ve çevresel veriler de olabilir. Belirlenen nitelikler birer kriter olarak ele alınmakta ve uygunluk analizinin yapılması sürecinde, Boolean yöntemi, Ağırlıklı doğrusal kombinasyon (*Weighted Linear Combination*), Sıralı ağırlıklı ortalama (*Ordered Weighted Average*) ve Bulanık mantık (*Fuzzy logic*) gibi yöntemlerle analiz edilmektedir. Analiz edilmiş bu kriterlere sonraki adımda, birbirlerine göre önemleri dikkate alınarak, uygunluk puanları verilmektedir.



Şekil 4.37 : Çok kriterli analiz.

Çalışma alanı için belirlenen kriterler, eğim, bakı, yükseklik, yerleşime uzaklık, denize uzaklık, yola uzaklık, suya (göllere) uzaklık ve toprak gruplarıdır. Bu kriterlerin her biri bulanık mantık yöntemi ile ağırlıklandırılmış, ağırlıklandırılan bu veriler kullanılarak Çok Kriterli Analiz (ÇKA) yöntemi ile her bir sınıf için uygunluk görüntüleri oluşturulmuştur. Bu uygunluk görüntülerinin her biri aynı ağırlıklı olarak kabul edilerek birleştirilmiştir. Uygunluk haritalarının elde edilmesi işlemi şematik olarak Şekil 4.37'de gösterilmektedir.

Sayısal yükseklik modelinden elde edilen eğim, bakı, yükseklik analizleri ve toprak yapısı, arazi kullanım sınıflarının yer seçiminde büyük önem taşımaktadır. Örneğin, eğimi % 40'ı aşan yerlerin yapılaşma için uygun olmaması, güney ve batı yönelişli alanların öncelikli olarak tercih edilmesi, çalışma alanındaki önemli yapılardan longoz ormanlarının yapısal özelliği nedeniyle düz ve düze yakın bölgelerde bulunması, alüvyal nitelikli toprakların yapılaşma için uygun olmaması fakat longoz ormanlarının temel karakteristiğini oluşturması, bu kriterlerin seçilmesindeki etkenlerdendir.

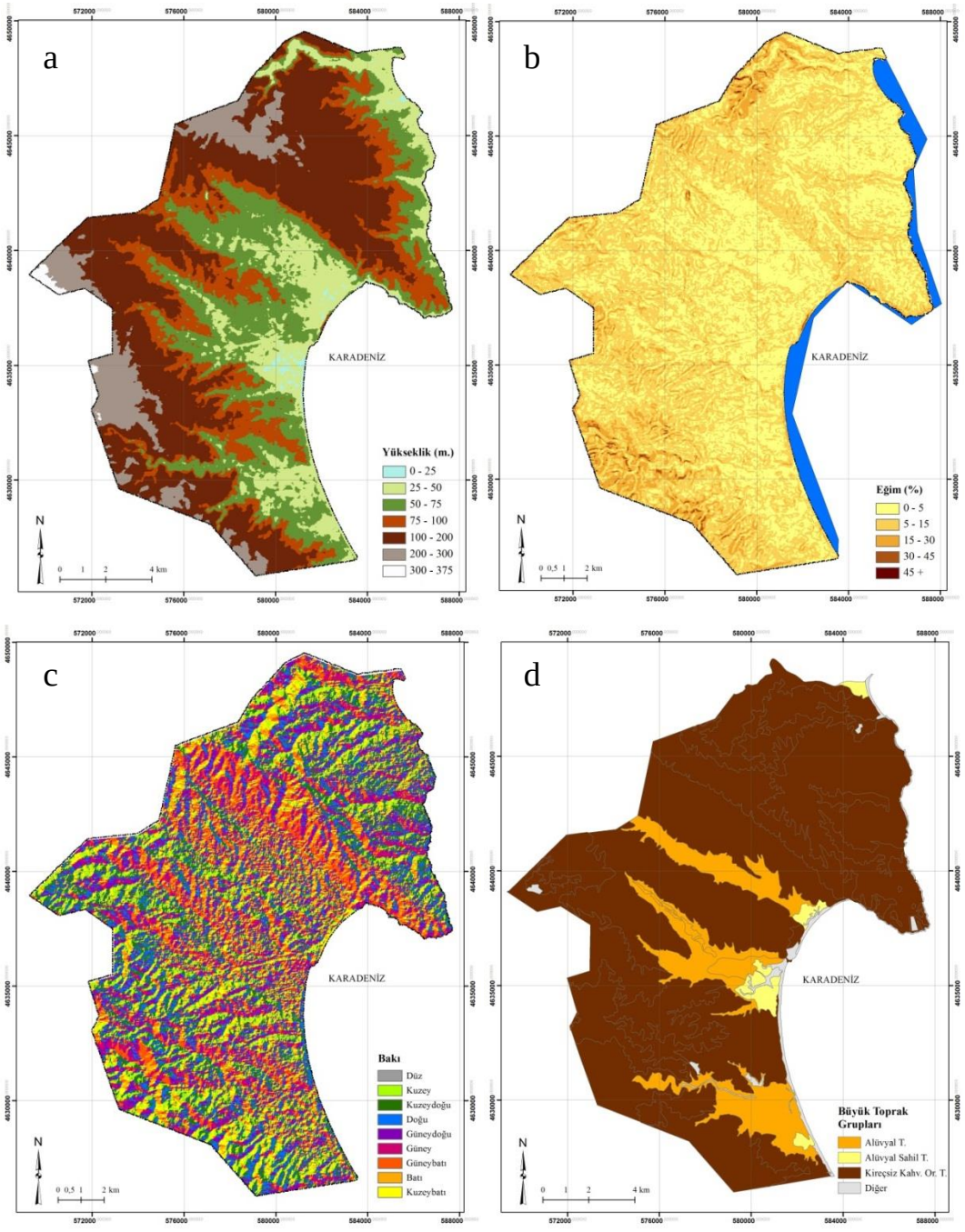
Modelin ana kriterleri olan bu analizler Bölüm 4.1'de ayrıntılı olarak verilmiş olup, Şekil 4.38'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.25 : Kriterlerin temel istatistikleri.

Faktörler	**Birim**	**Min.**	**Maks.**	**Ort.**	**Std. Sap.**
Yükseklik	Metre	0	375	108,45	59,33
Eğim	Yüzde	0	50,28	7,26	5,17
Yerleşime Uzaklık	Metre	0	10002,92	4145,54	2352,37
Yola Uzaklık	Metre	0	5469,96	1080,77	964,09
Denize Uzaklık	Metre	0	12577,12	4388,85	2866,42
Suya Uzaklık	Metre	0	11370,35	4559,63	2931,55
Bakı	Yüzde	Düz: %0.09, Kuzey: %13.5, K.Doğu:%15.57, Doğu:%14.87, G.Doğu:%14.26, Güney:%13.78, G.Batı:%10.63, Batı:%8.03, K.Batı:%9.20			

Çizelge 4.25'te bu kriterlerine ait, minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Alanda bulunan hakim coğrafi olgulardan, deniz, yollar, yerleşim merkezleri ve göller baz alınarak üretilen mesafe görüntüleri, değişim olasılığı üzerinde belirleyiciği ölçeklendirmektedir.

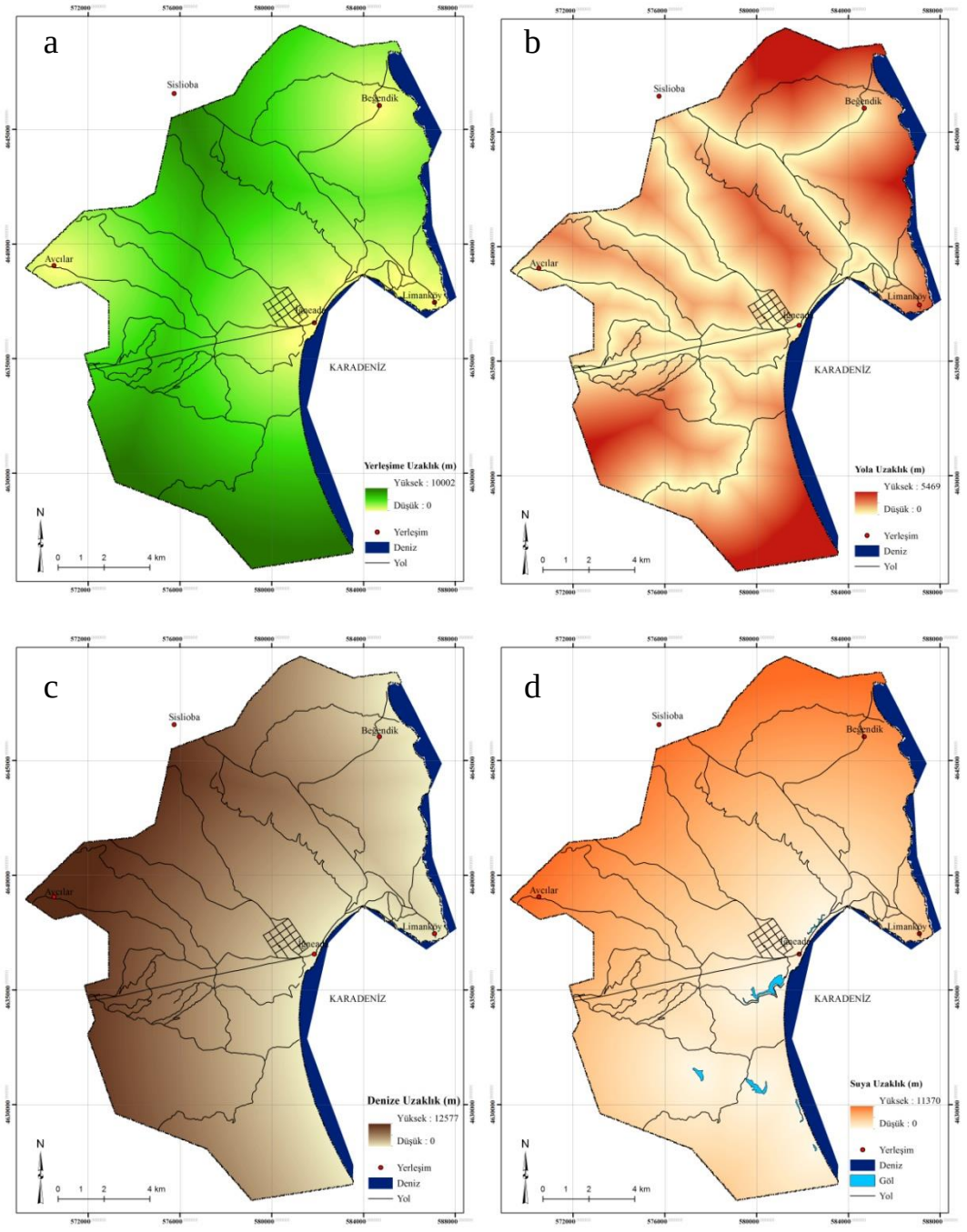


Şekil 4.38 : a) Yükseklik b) Eğim c) Bakı d) Büyük toprak grupları.

Modelde kullanılacak diğer kriterler ise uzaklık (mesafe) görüntüleridir. Bu görüntüler, arazi kullanım sınıflarına ait piksellerin konumlandırılması için önemlidir. Yerleşim alanlarına, yollara, denize ve suya olan mesafeleri gösteren haritalar öklidyen uzaklık ölçüsü (Euclidean distance) kullanılarak elde edilmiştir.

$$d(i,j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \cdots + (x_{ip} - x_{jp})^2} \qquad \textbf{(4.1)}$$

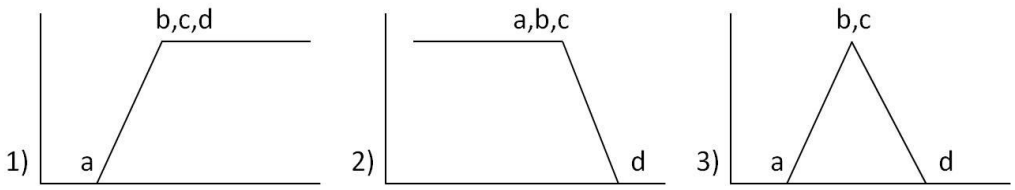
Eşitlik 4.1 kullanılarak elde edilen uzaklık görüntüleri Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.39 : a) Yerleşime uzaklık b) Yola uzaklık c) Denize uzaklık d) Suya uzaklık.

Sonraki adımda bu kriterler bulanık küme (fuzzy set) ve bulanık mantık (fuzzy logic) yaklaşımı kullanılarak ağrılıklandırılmıştır. Fuzzy yaklaşımında, her veri seti piksel bazında Sigmoidal, J-shaped, lineer (doğrusal) veya kullanıcı tanımlı fonksiyonlar yardımı ile değerlendirilirebilir. Bu çalışmada lineer fonsiyon kullanılmıştır.

Şekil 4.40'ta lineer fonksiyonların türevleri, dönüm noktaları ile birlikte verilmiştir (IDRISI Selva Help System, 2012).



Şekil 4.40 : Lineer üyelik fonsiyonları.

Lineer üyelik fonksiyonları tekdüze artan (monotonically increasing), tekdüze azalan (monotonically decreasing) ve simetrik üçgensel (symmetric triangular) olmak üzere farklı dağılımlara sahiptir.

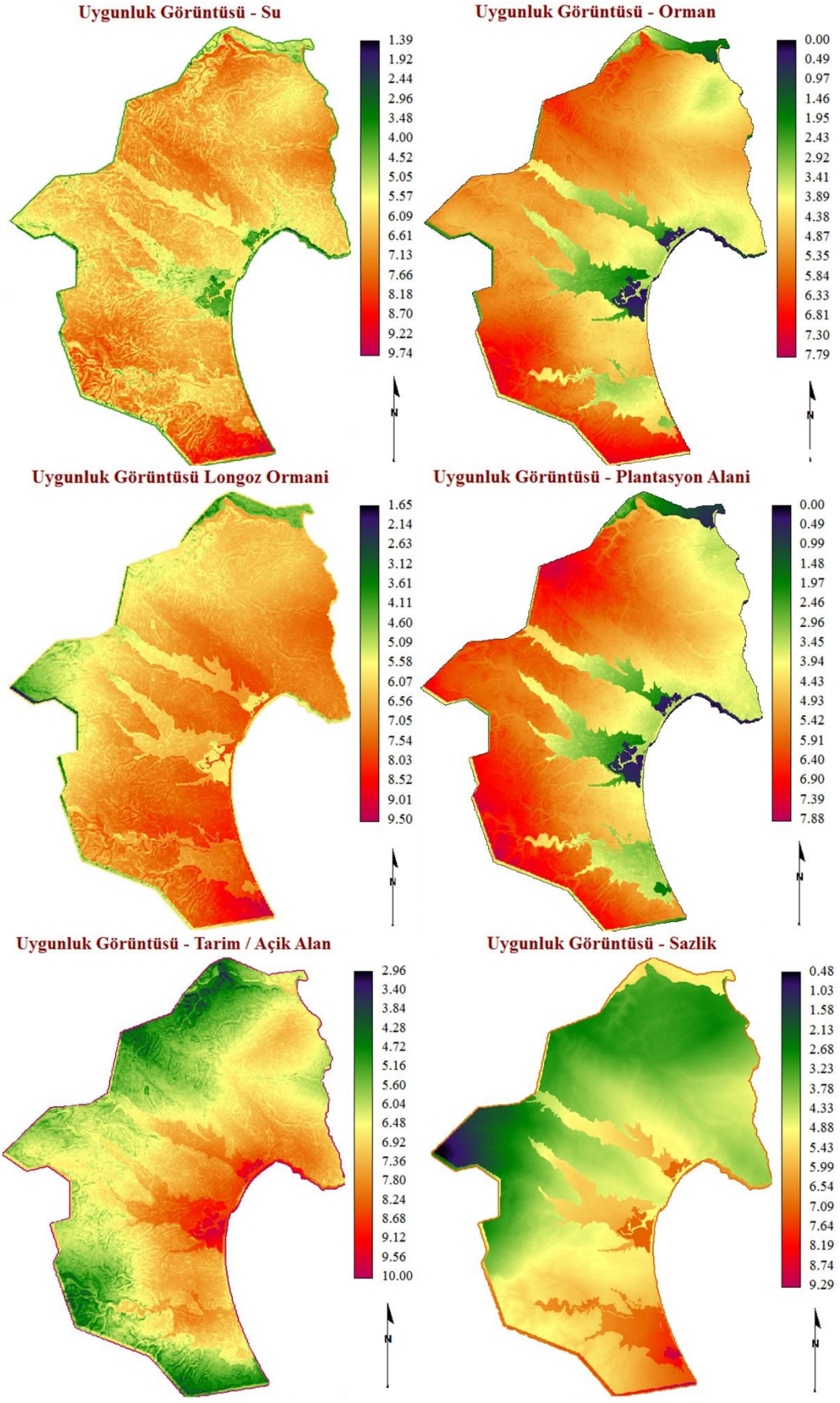
Böylece, lineer fonksiyon yardımıyla, değerleri 0 ile 255 arasında değişen piksellere (8bit'lik görüntü) 0 ile 1 arasında değişen birer üyelik derecesi verilmiştir.

Uygunluk görüntülerinin elde edilmesi için, fuzzy ile lineerleştirilen bu kriterlere her bir arazi kullanımı sınıfı ağırlık verilmiştir (Çizelge 4.26). Her bir sınıf için toplamı 10 olacak şekilde atanan ağırlıklar belirlenirken, her bir arazi kullanım sınıfının yıllara göre gelişimi analiz edilmiş ve değerlendirme yapılmıştır. Bu analizlere ilişkin tablolar Ek A'da verilmiştir.

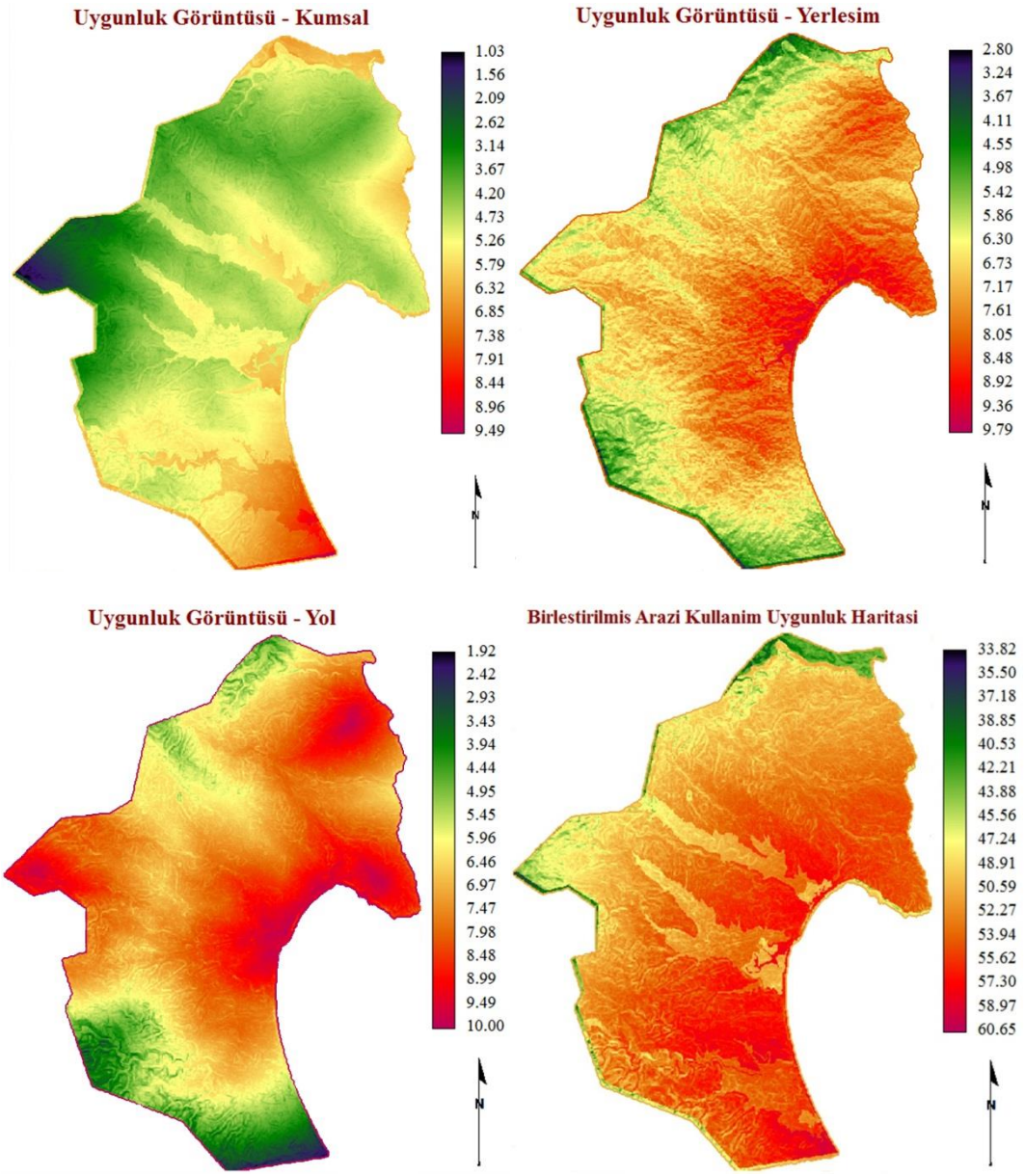
Çizelge 4.26 : ÇKA sınıf uygunlukları için kriterlerin etkileşim ve ağırlıkları.

	Eğim	**Yükseklik**	**Yerleşime Uzaklık**	**Yola Uzaklık**	**Denize Uzaklık**	**Bakı**	**Suya Uzaklık**	**Toprak Grupları**
Su	4t	0	2d	2d	0	0	0	2d
Orman	1d	1d	2d	2d	1d	0	0	3d
Longoz Ormanı	2t	1t	1d	1d	1t	0	2t	2d
Sazlık	0	1t	2d	1d	1t	0	3t	2t
Plantasyon Alanı	1d	2d	2d	0	2d	0	0	3d
Tarım/Açık Alan	2t	1t	2t	2t	0	0	2t	1t
Kumsal	1t	1t	2d	2d	2t	0	1t	1t
Yerleşim	1t	1t	2t	2t	1t	1d	1t	1d
Yol	2t	0	5t	3t	0	0	0	0

Çizelgedeki "d" kriterle arazi kullanım sınıfı arasındaki doğru orantılı etkileşimi, "t" ise ters orantılı etkileşimi ifade etmektedir. Belirlenen ağırlıklara göre her bir sınıf için uygunluk görüntüleri oluşturulmuştur. Bu görüntülere aynı zamanda "faktör görüntüler" de denmektedir. Faktör ağırlıkları, toplam çıkış değerinin belirlenmesinde, her bir faktörün göreceli önemini belirtmek için atanır (Eastman, 2009b).



Şekil 4.41 : Arazi kullanım sınıfları için uygunluk görüntüleri.

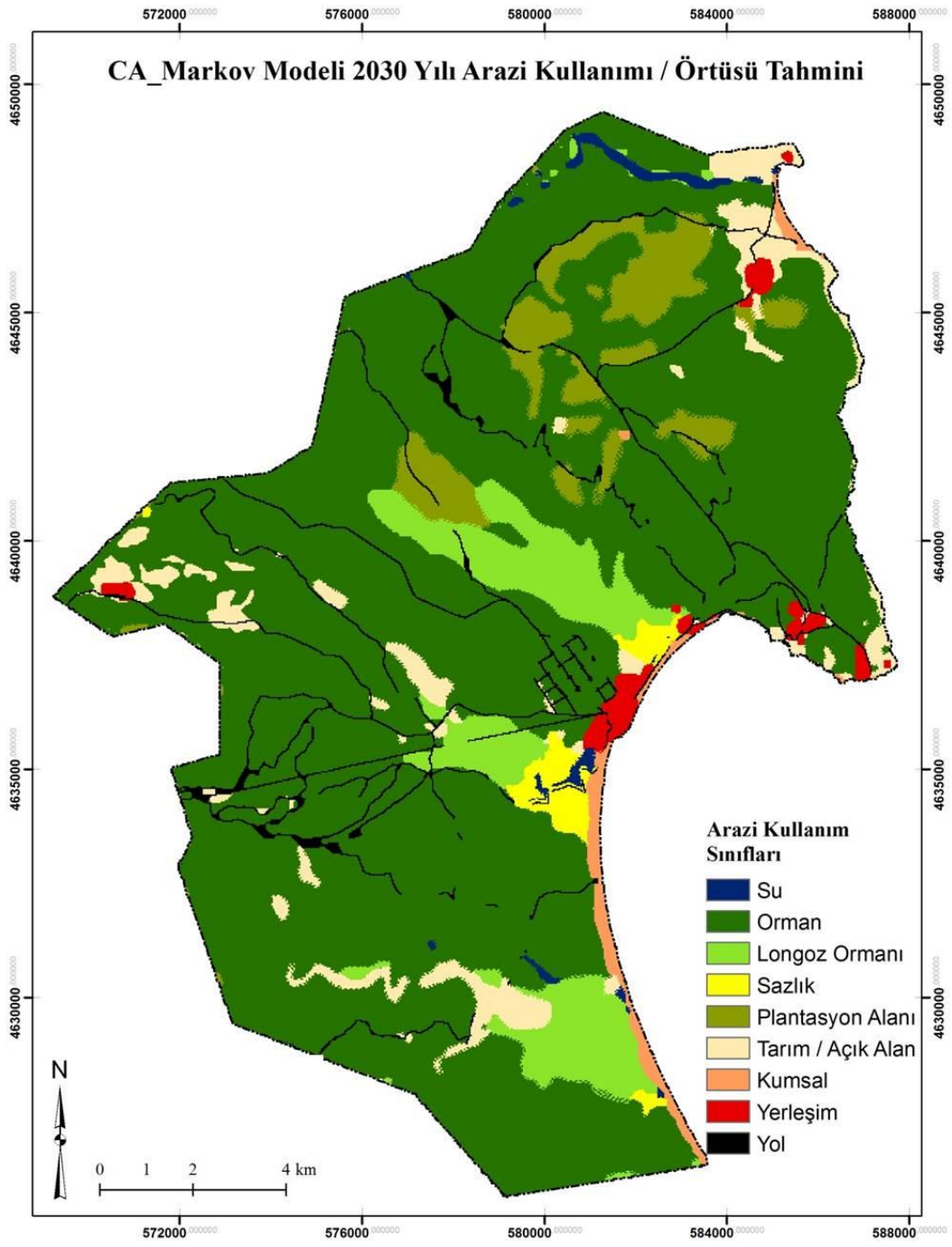


Şekil 4.41 (devam) : Arazi kullanım sınıfları için uygunluk görüntüleri.

Şekil 4.41'de arazi kullanım sınıflarına ait, çok kriterli analiz ile oluşturulan uygunluk görüntüleri (faktör görüntüler) verilmiştir. Arazi kullanımı tahmin modelinde her bir arazi kullanımı sınıfı birbiriyle aynı öneme sahip olduğundan, her bir faktör görüntüsü aynı ağırlıkta kabul edilerek, ağırlıklı doğrusal kombinasyon (Weighted Linear Combination) yöntemi ile çalışma alanı için birleştirilmiş arazi kullanım uygunluk haritası elde edilmiştir (Şekil 4.41).

Çok kriterli analiz ile elde edilen birleştirilmiş arazi kullanım uygunluk haritası, Markov geçiş alanları matrisi, 2010 yılına ait arazi kullanım haritası ve 5×5 komşuluk filtresi kullanılarak, hücresel özişleme (CA) tabanlı Markov modeli

uygulanmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen, çalışma alanına ait 2030 yılı arazi kullanımı tahmin haritası Şekil 4.42'de verilmiştir.



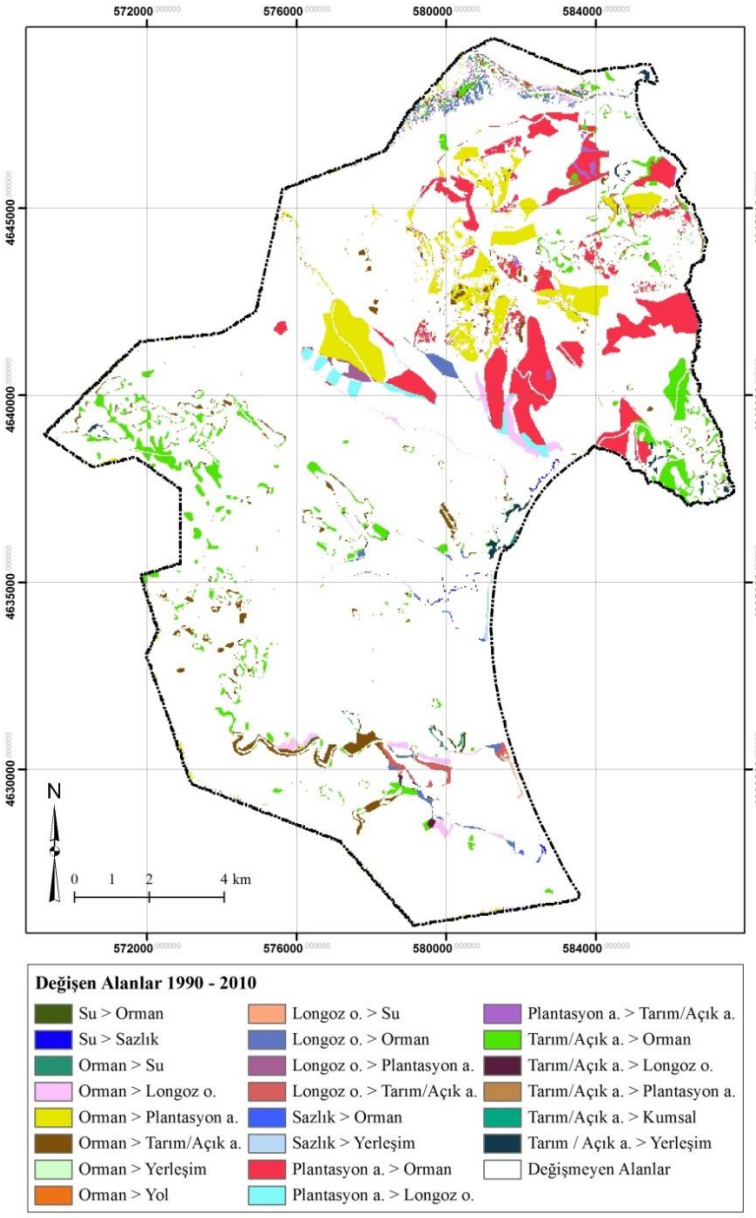
Şekil 4.42 : CA tabanlı markov modeli arazi kullanım tahmin görüntüsü (2030).

Hücresel otomat tabanlı Markov modeli ile elde edilen sonuçlara göre 2030 yılında, çalışma alanının 172 ha'ı su, 16884 ha'ı orman, 1703 ha'ı longoz ormanı, 312 ha'ı sazlık, 1254 ha'ı plantasyon alanı, 1145 ha'ı tarım/açık alan, 295 ha'ı kumsal, 269 ha'ı yerleşim ve 705 ha'ı yol sınıfından oluşacaktır.

4.3.3 Çok katmanlı algılayıcılı yapay sinir ağı ile çalışan markov modeli

Çok katmanlı algılayıcılar *(Multi-layer perceptron)* doğrusal olmayan problemlerin çözümünde en sık kullanılan yapay sinir ağı modellerinden bir tanesidir. Yapay sinir ağları ile çalışan bu modelde, Markov zincirleri ile geçiş olasılık ve geçiş alanları matrisi üretilmekte ve modelde kullanılmaktadır. Bu nedenle model, MLP_Markov olarak isimlendirilmiştir.

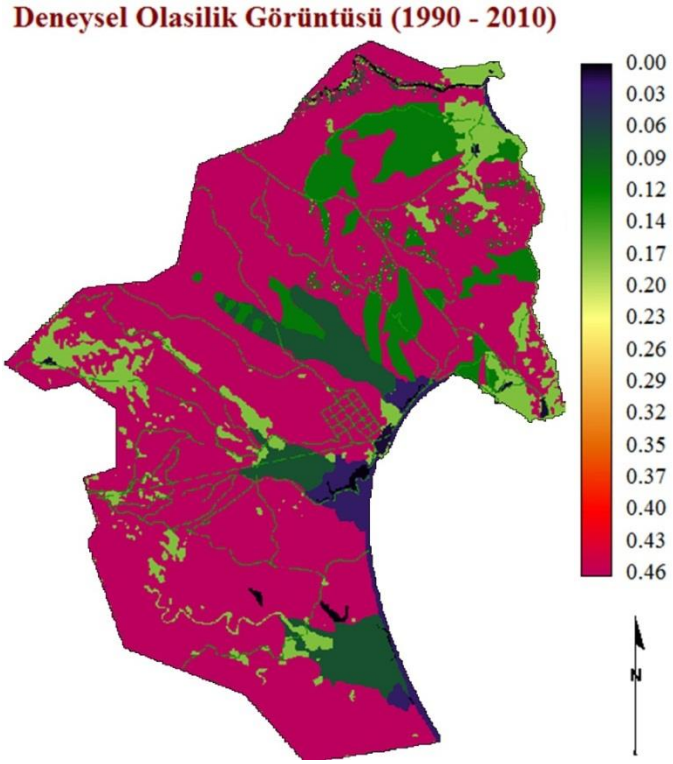
Modelin temel girdilerinden bir diğeri de geçmiş arazi kullanım değişimleridir. Bu nedenle 2030 yılı arazi kullanımı tahmini için kullanılan 1990 ve 2010 yılları arasında gerçekleşen arazi kullanımı/örtüsü değişim görüntüsü oluşturulmuştur.



Şekil 4.43 : Değişen alanlar 1990 – 2010.

Bu yıllar arasında arazi kullanımda meydana gelen en önemli değişimler, diğer arazi örtüsü tiplerinden yerleşim ve yollara dönen alanlar ile longoz ormanı, karışık orman ve sazlık sınıflarından diğer arazi örtüsü tiplerine dönüşen alanlardır. Bu modelde sadece, arazi kullanımının tahmini için belirleyici olduğu kabul edilen bazı geçişler kullanılacaktır. Bunlar Şekil 4.43'de verilmiştir.

MLP ile arazi kullanım tahmini yönteminde ikinci aşama, modelde kullanılacak tüm geçişler için temel görüntü üzerinden, değişimin deneysel olasılıklarının *(Empirical likelihood)* hesaplanmasıdır. Deneysel olasılık değerleri, analiz içindeki kategorik değişkenlerin birleştirilmesi amacıyla hesaplanır.



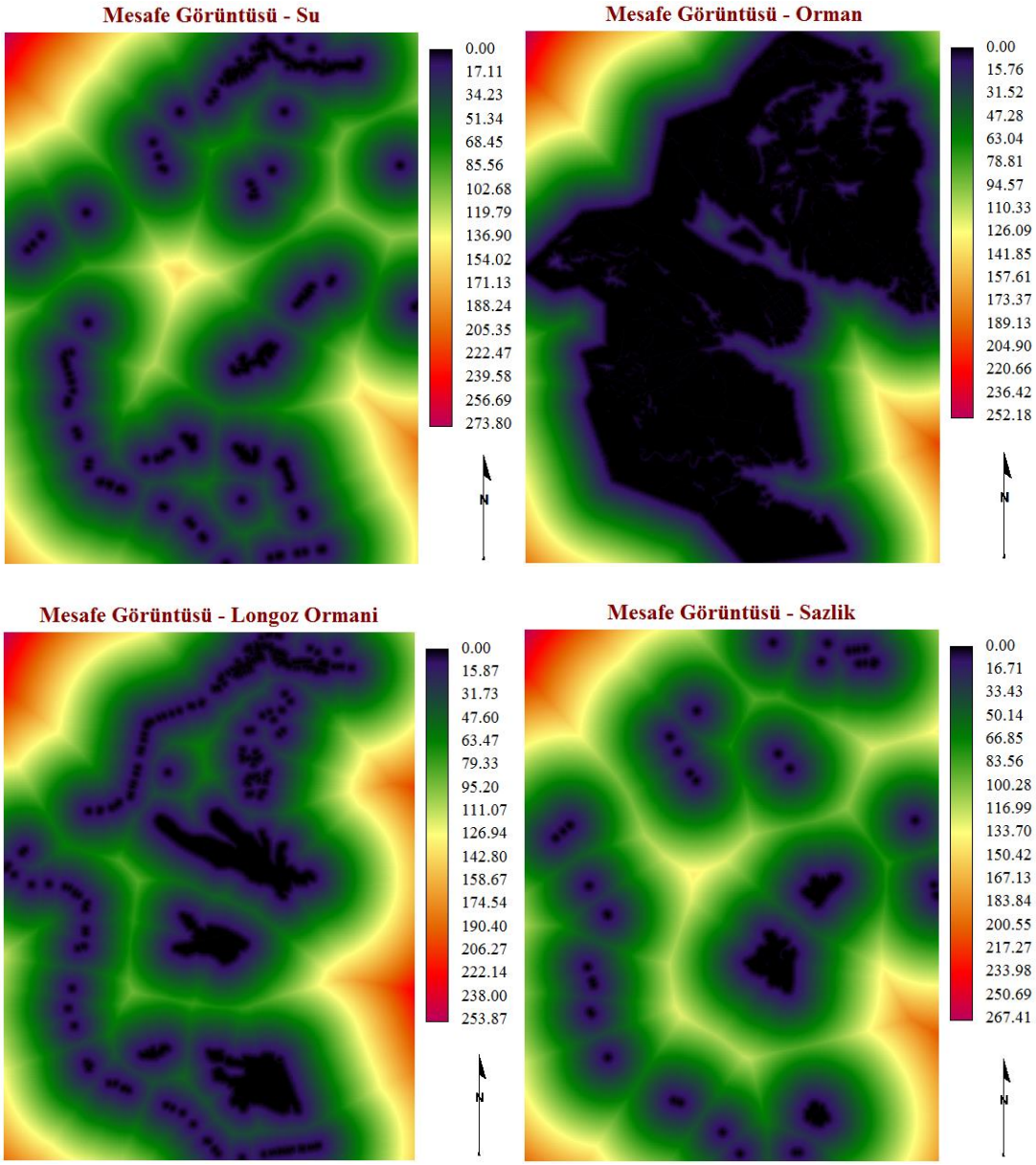
Şekil 4.44 : Deneysel olasılık görüntüsü (1990-2010).

Şekil 4.44'te 1990 – 2010 yıllarına ait geçiş alanları görüntüsü kullanılarak elde edilen deneysel olasılık görüntüsü yer almaktadır. Görüntü, bu geçiş alanları içinde gerçekleşen, arazi kullanımı/örtüsü türlerinin göreceli sıklığı saptanarak üretilmiştir. Lejanttaki numaralar, değişen alanlardaki olasılık yığılmalarını temsil etmektedir. Buna göre, görüntüdeki en yüksek değerler orman alanlarına denk gelmektedir ve en çok bu alanların değişeceği tahmin edilmektedir.

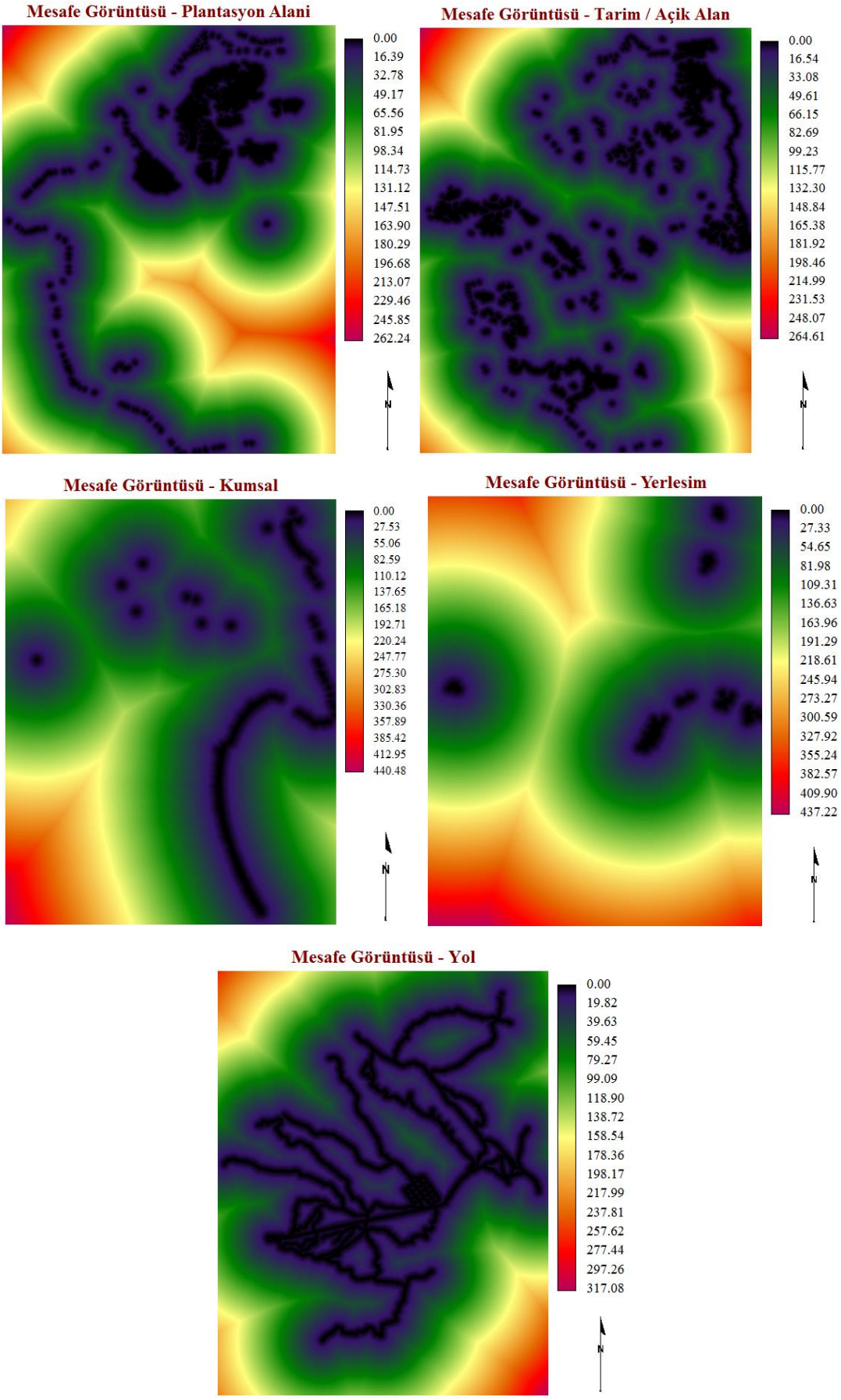
Elde edilen deneysel olasılık değerlerinden, her değişkenin potansiyel olarak açıklama güçlerini hesaplamak adına Kramer testi kullanılmıştır. Kramer testi,

gelecek arazi kullanımı tahmininde, nitel değişkenler için, arazi örtüsü dağılımını ana değişken kategorileri ile birlikte test eder.

Arazi kullanımı tahmini için MLP algılayıcı sinir ağını kullanmanın en büyük avantajı, tüm geçişleri aynı anda modellemenin mümkün olmasıdır (IDRISI Selva Help System, 2012). Çoklu geçişlerin modelenmesinde, arazi kullanımı/örtüsü tiplerinin birbirine geçişini gösteren geçiş potansiyeli haritaları, her bir geçiş ayrı ayrı modellenerek üretilmektedir.



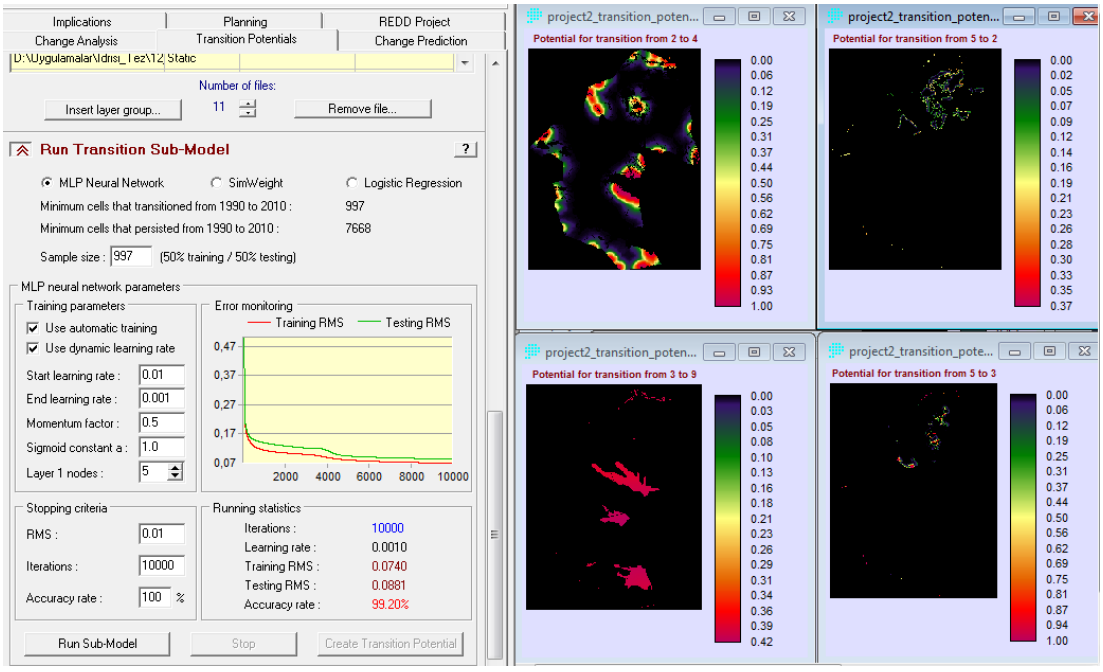
Şekil 4.45 : Mesafe görüntüleri (2010).



Şekil 4.45 (devam) : Mesafe görüntüleri.

Geçiş potansiyeli hesaplanırken, mevcut durumunda bir değişim (geçiş) olmayan arazi sınıflarına ait piksellerden örnek seçilerek eğitim sürecinde kullanılır. Bunun nedeni, mantıksal olarak bakıldığında, x arazi kullanım sınıfından y arazi kullanım sınıfına dönüşecek alanlar, mevcut durumda y arazi kullanım sınıfında olamayacağından, geçiş potansiyeli hesaplanırken, her bir arazi kullanım sınıfı için elde edilen uzaklık görüntüleri değişken olarak kullanılmıştır. Bu değişkenler Şekil 4.45'de verilmiştir.

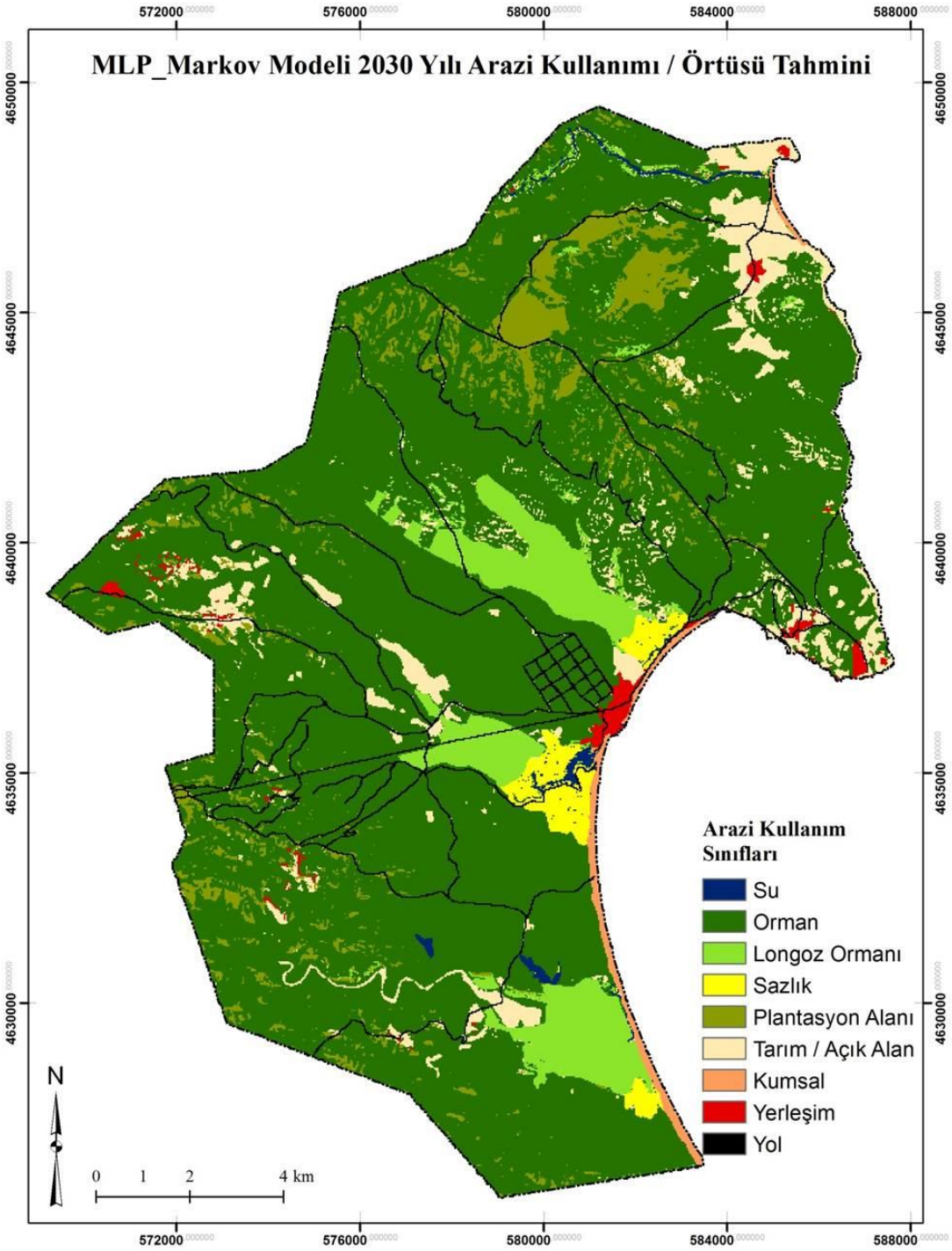
MLP sinir ağları kullanılarak, her bir geçiş için özel ağırlıklar hesaplanmıştır (Şekil 4.46). 1990 ile 2010 yılları arasında geçiş yapan minimum hücre sayısı 997, minimum sabit hücre sayısı 7668'dir. Belirlenen minimum iterasyon sayısı ise 10000'dir. Her bir geçiş için farklı doğruluk oranları hesaplanmakla birlikte, bu oran hiçbir geçiş için %96'nın altına düşmememiştir. Doğruluk oranları, kategori başına eğitilen ve test edilen pikseller için örnekleme özelliklerine dayandığından, son derece yüksektir (IDRISI Selva Help System, 2012).



Şekil 4.46 : MLP ile geçiş potansiyellerinin hesaplanması.

Bu yöntemle, çalışma alanı için 24 adet geçiş potansiyeli haritası üretilmiştir. Bu haritalar, her duruma ilişin olarak modellenen, her bir geçişin sahip olduğu potansiyelleri gösterir (Eastman, 2009b). Burada yüksek değerler, karşılık gelen arazi örtüsü tipi için yüksek üyelik derecesine sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Değişimin modellenmesinde tahmin prosedürü, çok amaçlı dağılım algoritmasını temel alır. Yani, her ana sınıf için ve bu ana sınıfa geçebilecek diğer sınıfların listesi oluşturularak, tüm geçişlere bakılır. Geçiş alanlarını miktarı ise, Markov zincirleri ile belirlenir. Son olarak, her bir ana sınıf için geçişler belirlenir ve bütün sınıflara ait veriler üst üste getirilerek tahmin görüntüsü elde edilir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 : MLP_Markov arazi kullanım tahmin görüntüsü (2030).

Çok katmanlı algılayıcılı ağ ile çalışan Markov modeli ile elde edilen 2030 yılı arazi kullnımı/örtüsü tahminine göre, su alanları 121 ha, orman alanı 16993 ha, longoz ormanı 1481 ha, sazlık 365 ha, plantasyon alanlaro 1309 ha, tarım alanı/ açık alanlar 1371 ha, kumsal 204 ha, yerleşim 177 ha ve yol 717 ha büyüklüğünde olacaktır.

Çizelge 4.27 : 2030 yılı arazi kullanım tahminlerine göre arazi kullanım/örtüsü.

	2010 Arazi Kullanım (ha)	**2030 ST_Markov (ha)**	**2030 CA_Markov (ha)**	**2030 MLP_Markov (ha)**
Su	141,41	49,5	171,72	120,78
Orman	16553,6	19482,6	16883,9	16993,1
Longoz Ormanı	1589,31	1340,28	1702,71	1480,68
Sazlık	357,12	341,46	312,12	365,22
Plantasyon Alanı	1448,55	132,57	1254,15	1309,32
Tarım/Açık Alan	1583,73	322,02	1144,53	1371,33
Kumsal	212,67	216,54	294,57	203,55
Yerleşim	127,62	141,48	268,92	176,76
Yol	723,4	710,96	704,79	716,67
Toplam	22737,41	22737,41	22737,41	22737,41

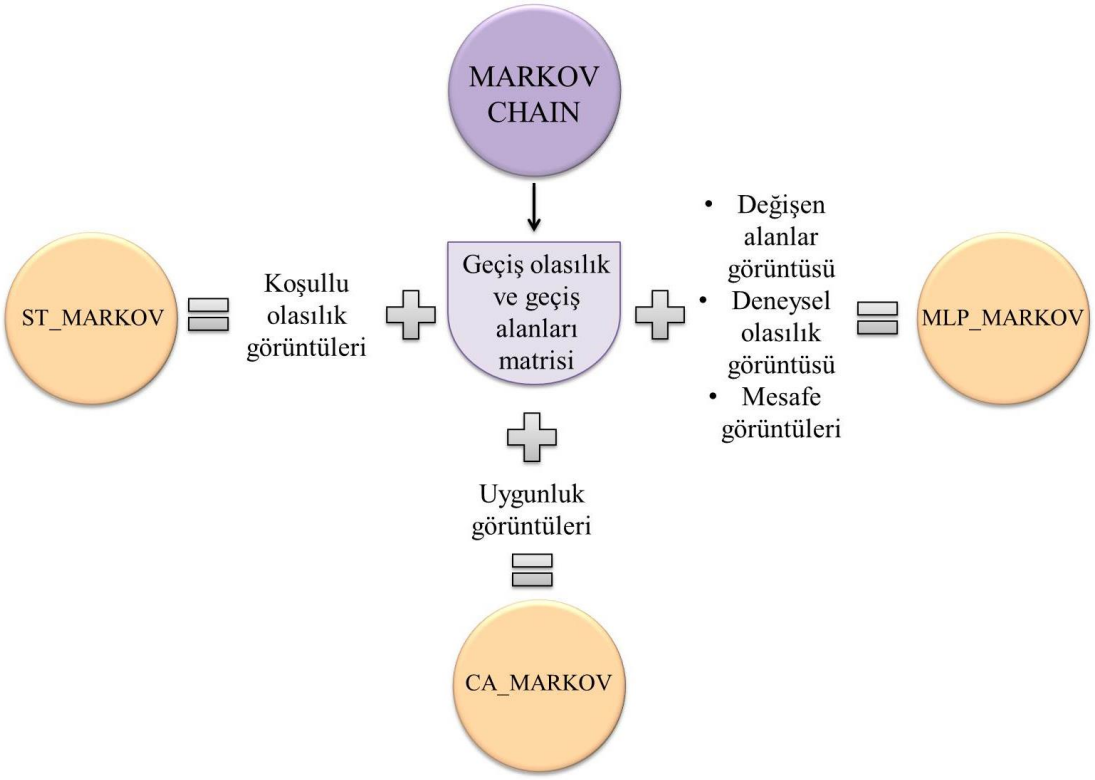
Farklı modeller kullanılarak oluşturulan 2030 yılı arazi kullanımı/örtüsü tahmin sonuçlarına göre alansal dağılımlar Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Buna göre, su alanlarının ST_Markov modeli tahmininde azalırken, diğer tahminlerde arttığı, orman alanlarının bütün tahminlerde arttığı, longoz ormanlarının CA_Markov modeli tahmininde artarken diğer tahminlerde azaldığı, sazlık alanlarının MLP_Markov dışındaki diğer model tahminlerinde azaldığı görülmektedir. Ayrıca, tarım/ açık alan ve plantasyon alanlarının ST_Markov modelinde çok fazla olmak üzere bütün modellerde azaldığı, kumsal alanlarında çok büyük bir değişiklik olmadığı, yerleşim alanlarının en büyük artış CA_Markov modelinde olmak üzere bütün tahminlerde arttığı ve yol alanlarının bütün tahminlere göre azaldığı görülmektedir.

4.3.4 Kullanılan modellerin doğruluklarının belirlenmesi

İğneada çalışma alanının arazi kullanım/örtüsünün 2030 yılı için tahmin edilmesi aşamasında, olasılık hesabına dayanan Stokastik Markov Modeli, Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli ve Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ İle Çalışan Markov Modeli olmak üzere, üç farklı metot kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların doğruluklarının belirlenmesi için ayrıca, her bir model ile 1990 ve 2000 görüntüleri kullanılarak 2010

yılı arazi örtüsü / kullanım tahminleri yapılmıştır. 2010 yılı için elde edilen sonuçlar, mevcut arazi kullanım haritası ile piksel bazında karşılaştırılmış ve bu alanının modellenmesinde kullanılan yöntemlerden hangisinin en uygun olduğu ortaya konmuştur.



Şekil 4.48 : Markov chain'e bağlı olarak üretilen modeller.

2010 yılı için yapılan arazi kullanımı/örtüsü tahmini için Markov zincirleri ile geçiş olasılık matrisi (Çizelge 4.28) ve geçiş alanları matrisi (Çizelge 4.29) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.28 : Geçiş olasılık matrisi (1990 – 2000).

Sınıflar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.5772	0.1743	0.0431	0.0775	0.0126	0.0577	0.0557	0.0000	0.0020
2	0.0004	0.9829	0.0062	0.0008	0.0636	0.0249	0.0002	0.0001	0.0018
3	0.0019	0.0855	0.8822	0.0026	0.0002	0.0265	0.0003	0.0000	0.0008
4	0.0311	0.0283	0.0230	0.8724	0.0007	0.0280	0.0109	0.0029	0.0026
5	0.0006	0.8257	0.0390	0.0008	0.1171	0.0143	0.0003	0.0000	0.0022
6	0.0007	0.2710	0.0064	0.0021	0.0713	0.6252	0.0060	0.0139	0.0033
7	0.0177	0.0389	0.0045	0.0050	0.0000	0.0172	0.8905	0.0207	0.0056
8	0.0014	0.0068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0433	0.0014	0.9405	0.0068
9	0.0013	0.0454	0.0018	0.0019	0.0031	0.0074	0.0006	0.0018	0.9368

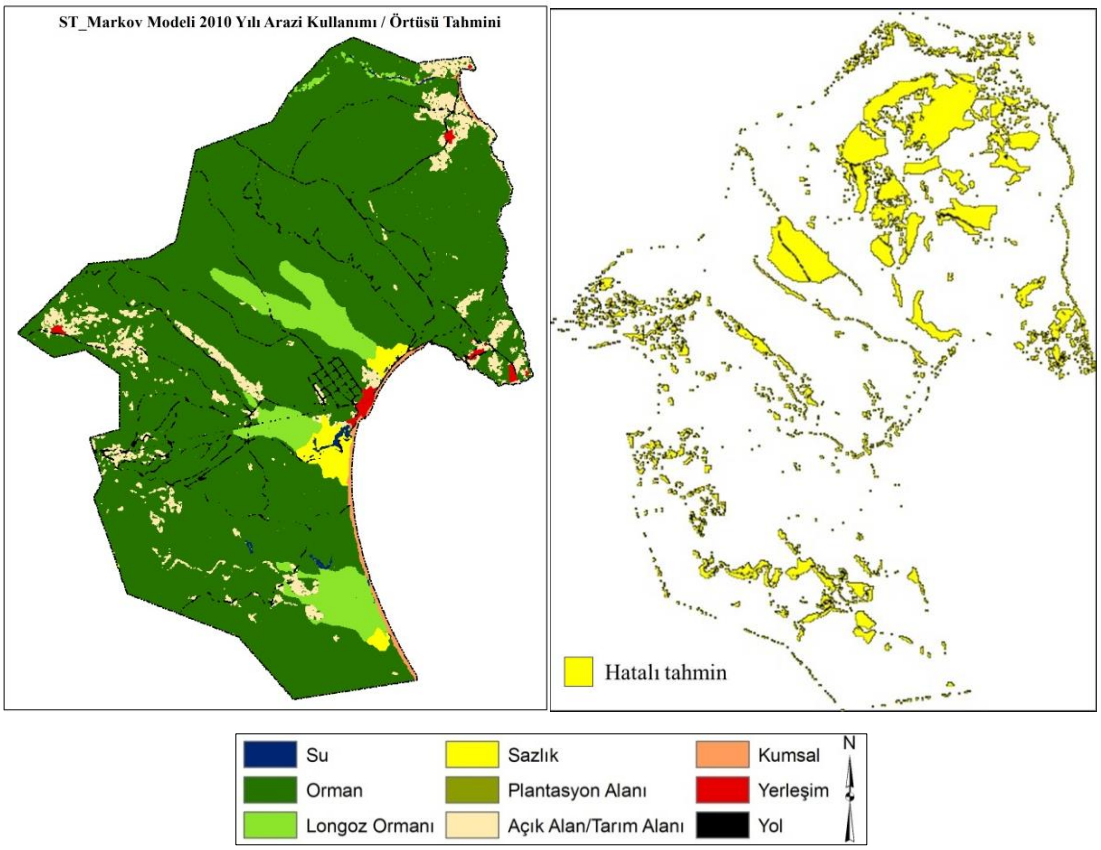
Not: Çizelgede; 1.Su 2.Orman 3.Longoz ormanı 4.Sazlık 5.Plantasyon alanı 6.Tarım alanı/Açık alan 7.Kumsal 8.Yerleşim 9.Yol.

Çizelge 4.29 : Geçiş alanları matrisi (1990 – 2000).

Sınıflar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	678	205	51	91	15	68	65	0	2
2	69	166820	1145	148	11771	4597	38	16	341
3	32	1459	15061	44	4	452	5	0	14
4	126	115	94	3541	3	114	44	12	11
5	9	12645	596	12	1793	219	4	1	34
6	14	5134	121	40	1352	11845	113	264	63
7	37	81	9	10	0	36	1849	43	12
8	1	7	0	0	0	47	1	1014	7
9	10	362	14	15	25	59	5	14	7470

Not: Çizelgede; 1.Su 2.Orman 3.Longoz ormanı 4.Sazlık 5.Plantasyon alanı 6.Tarım alanı/Açık alan 7.Kumsal 8.Yerleşim 9.Yol.

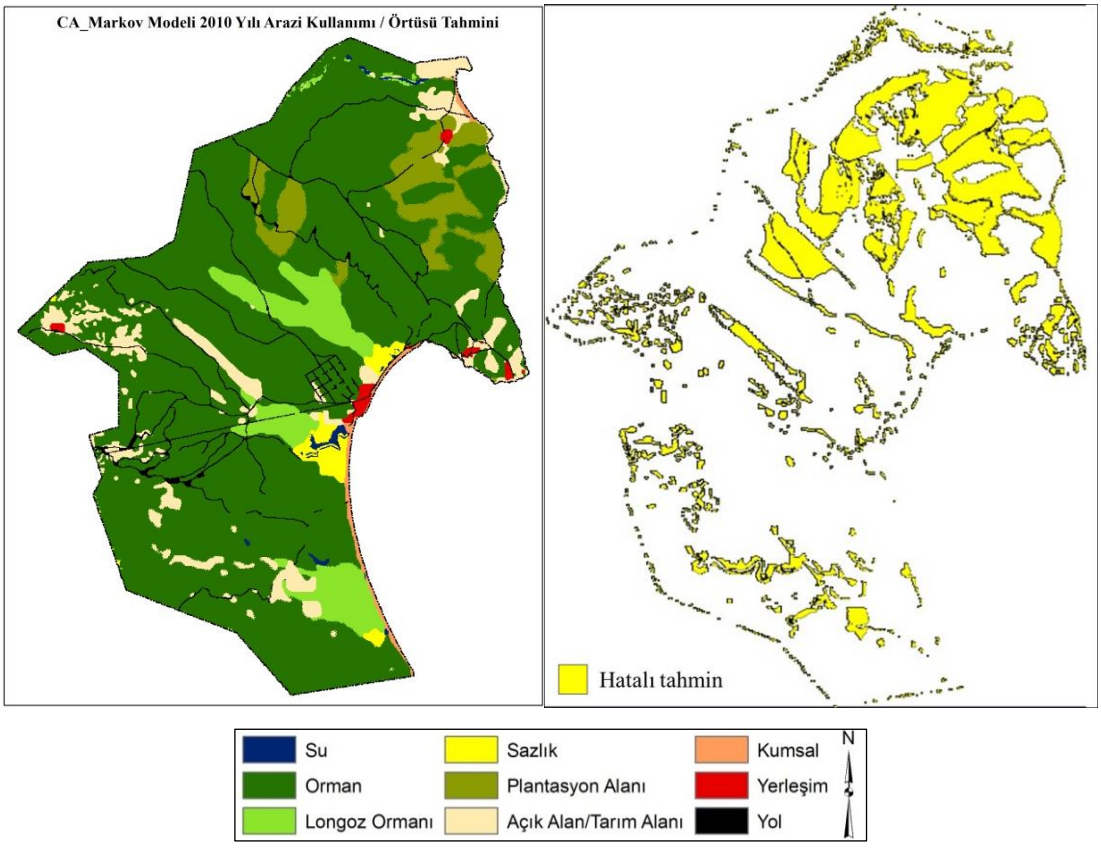
Geçiş olasılık matrisi ve geçiş alanları matrisi kullanılarak, ilk olarak stokastik Markov modeli uygulanmış ve koşullu olasılık görüntüleri elde edilmiştir. Daha sonra bu görüntüler kullanılarak 2010 yılı için tahmin görüntüsü oluşturulmuştur. Elde edilen görüntü 3*3 mode filtresinden geçirilerek net bir arazi kullanım haritası elde edilmiştir.



Şekil 4.49 : ST_Markov modelinin doğruluk değerlendirmesi.

Bu modelle, 2010 yılı için elde edilen arazi kullanım / örtüsü tahmin görüntüsü ile gerçek arazi kullanım haritası ile karşılaştırılmasıyla elde edilen hata görüntüsü Şekil 4.49'da verilmiştir. Bu model için hesaplanan doğruluk oranı % 93.5'tir.

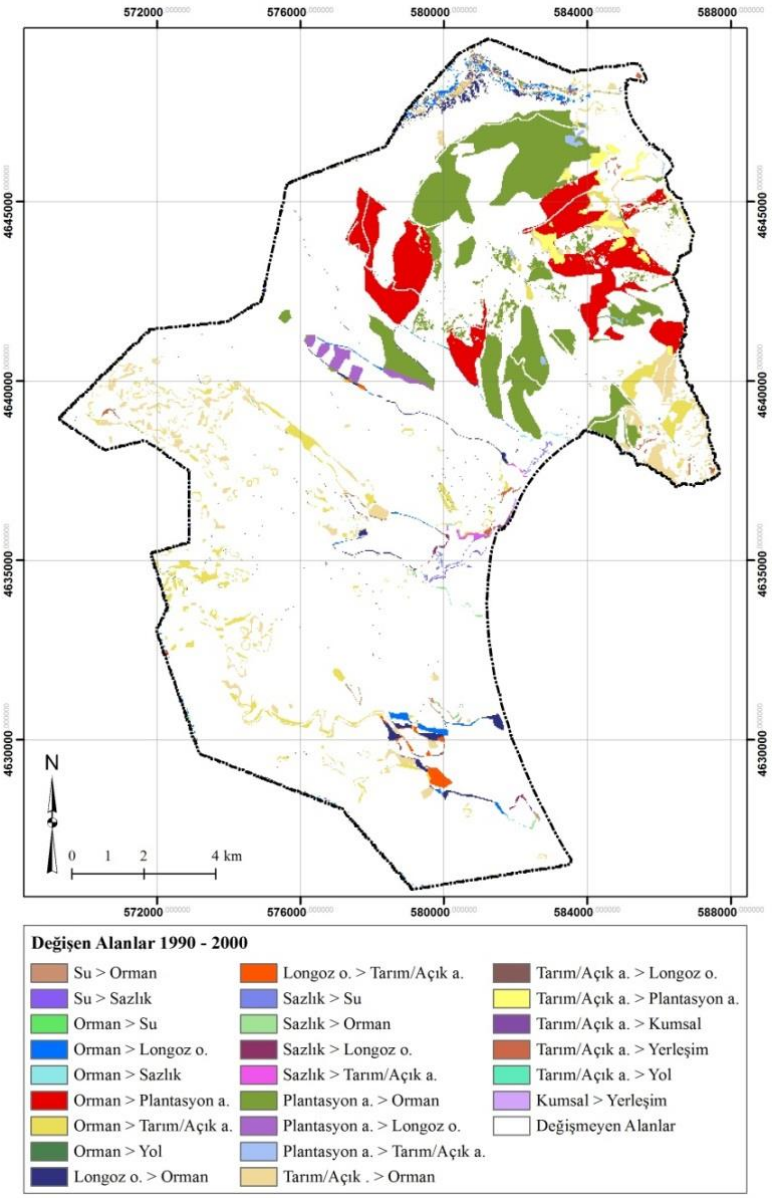
İkinci olarak, çok kriterli analiz yöntemi kullanılarak her bir arazi kullanım sınıfı için oluşturulan uygunluk haritaları, 2000 yılı arazi kullanım haritası ve geçiş olasılık matrisi kullanılarak hücresel özişleme tabanlı Markov modeli uygulanmıştır. Bu model kullanılarak oluşturulan 2010 yılına ait arazi kullanım/örtüsü tahmin görüntüsü ve mevcut arazi kullanım haritasının karşılaştırılması ile elde edilen hata görüntüsü Şekil 4.50'de verilmiştir. Bu model için elde edilen doğruluk oranı %98,9'dur.



Şekil 4.50 : CA_Markov modelinin doğruluk değerlendirmesi.

Son olarak, 2010 yılı için yapay sinir ağları kullanılarak, çok katmanlı algılayıcılı Markov modeli üretilmiştir. Model için, 1990 ile 2000 yılları arasında bir arazi kullanım sınıfından bir diğer sınıfa geçen alanlar belirlenmiş ve değişen alanlar görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 4.51). Alanın yapısal durumu için önemli olan 25 adet geçiş belirlenmiştir.

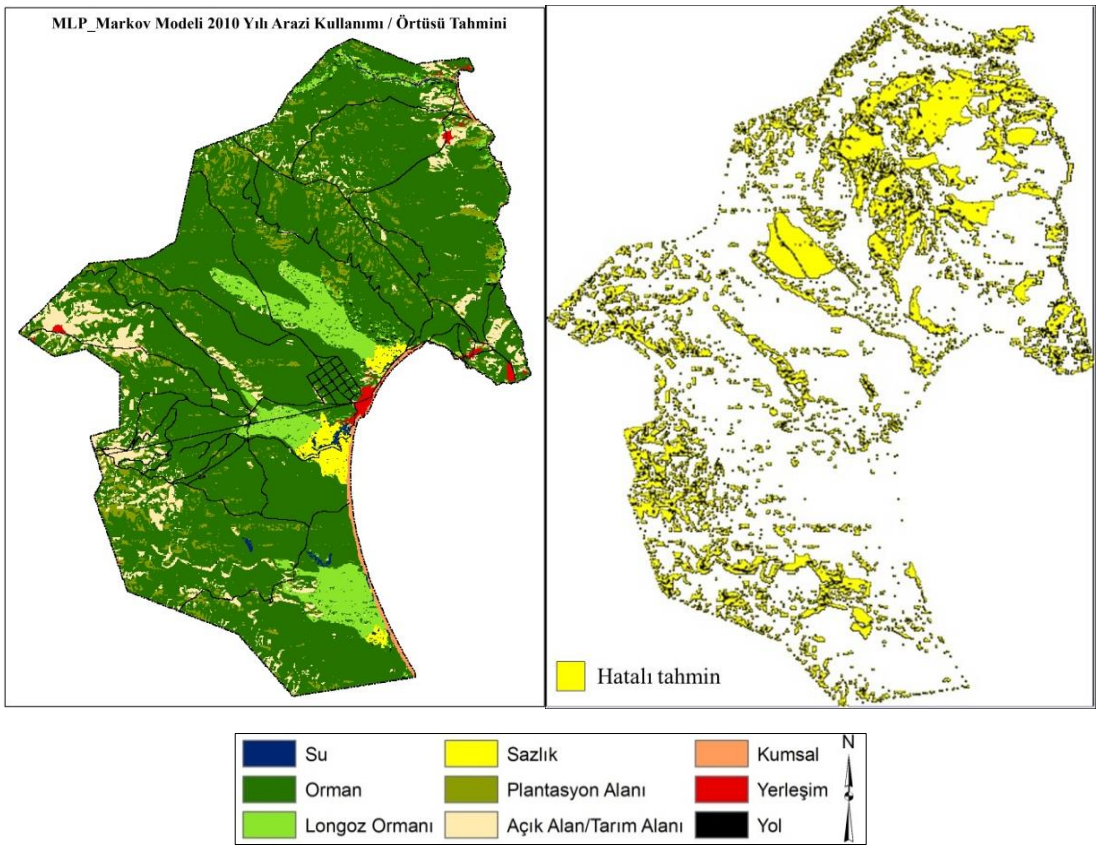
Belirlenen bu geçişler kullanılarak, 1990 yılına ait arazi kullanım haritası üzerinden değişimlere ait deneysel olasılıklar hesaplanmış ve olasılık görüntüsü elde edilmiştir.



Şekil 4.51 : Değişen alanlar 1990 – 2000.

Sonraki adımda, 2000 yılı arazi kullanım haritası kullanılarak, her sınıf için mesafe görüntüleri elde edilmiş, elde edilen bu görüntüler birer kriter olarak alınarak ve her değişim için geçiş potansiyelleri hesaplanmıştır. Son olarak, geçiş potansiyelleri ve geçiş matrisleri kullanılarak her bir sınıf için değişimler belirlenmiş ve bunlar birleştirilerek 2010 yılı için arazi kullanım / örtüsü tahmin modeli oluşturulmuştur.

Şekil 4.52'de MLP_Markov ile elde edilen tahmin görüntüsü ve 2010 yılına ait mevcut arazi kullanım haritası ile karşılaştırılması ile elde edilen hata görüntüsü verilmiştir. Modelin doğruluğu %89,6 olarak hesaplanmıştır.



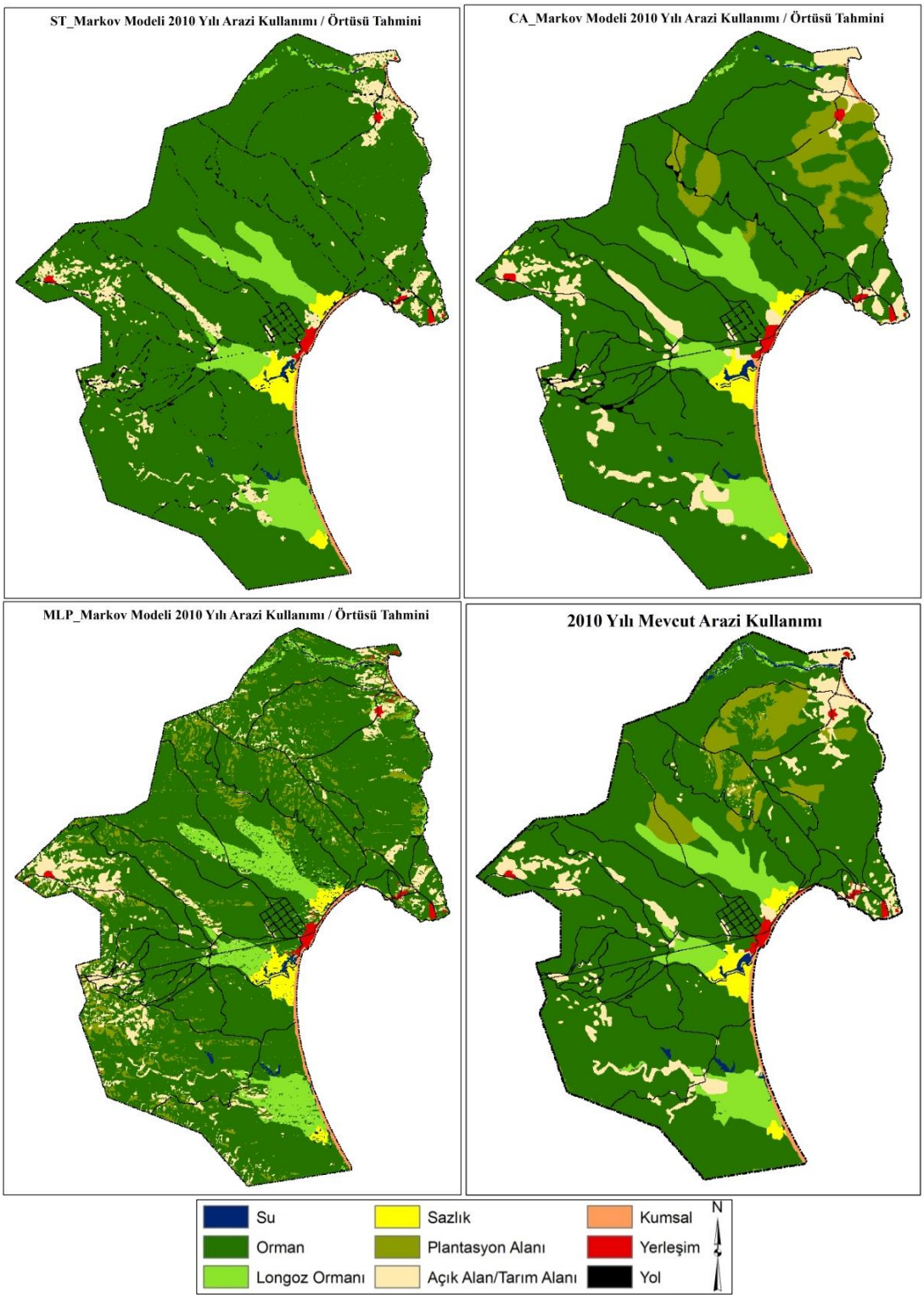
Şekil 4.52 : MLP_Markov modelinin doğruluk değerlendirmesi.

Modellerle elde edilen tahmin sonuçları, gerçek arazi kullanım dağılımları ile karşılaştırıldığında, bütün modellerde su, longoz ormanı, sazlık, plantasyon alanı, tarım/açık alan ve kumsalların mevcut alan büyüklüklerine göre daha az tahmin edildiği görülmektedir. Orman alanlarının ise bütün modellerde, olduğundan daha büyük miktarda olması öngörülmüştür.

Çizelge 4.30 : 2010 yılı tahminlerine göre arazi kullanımı/örtüsü (ha).

	2010 Arazi Kullanım	**2010 ST_Markov**	**2010 CA_Markov**	**2010 MLP_Markov**
Su	141,41	64,26	88,65	96,93
Orman	16553,60	18700,80	16813,30	16774,00
Longoz Ormanı	1589,31	1515,87	1539,18	1539,09
Sazlık	357,12	367,74	351,81	354,69
Plantasyon Alanı	1448,55	22,86	1346,67	1344,24
Tarım/Açık Alan	1583,73	1247,94	1571,94	1545,84
Kumsal	212,67	183,87	188,64	195,48
Yerleşim	127,62	103,59	121,32	127,26
Yol	723,40	530,48	715,90	759,88
Toplam (ha)	22737,41	22737,41	22737,41	22737,41

Su, orman, sazlık ve kumsal alanları için en yakın tahmin MLP_Markov yöntemi ile elde edilirken, bu model ile yerleşim alanları için neredeyse tam doğruluklu bir sonuç sağlanmıştır. Piksel bazında elde edilen yüksek doğruluk oranına rağmen, mekansal tahminde en yüksek isabeti sağlayan Stokastik Markov modeli ile gerçeğe en uzak tahminler elde edilmiştir.



Şekil 4.53 : 2010 yılı arazi kullanım tahmin görüntüleri ve arazi kullanım haritası.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekolojik yönden hassas alanların korunarak, devamlılığının sağlanması ve sınırlı olan kaynakların koruma-kullanma dengesinin sağlanarak sürdürülebilir duruma getirilmesi, gelecek nesiller açısından büyük önem taşımaktadır. İğneada Longoz Ormanları, dünyada nadir görülen bir ekosistem olması ve günümüze kadar bozulmadan ulaşabilmesi açısından önem taşımaktadır. 1978 yılından bu yana farklı statülerle korunan İğneada için, bugün nükleer santral, termik santral, liman, Bulgaristan karayolu, İstanbul'a su getirmek gibi farklı projeler gündemdedir.

İğneada koruma alanı ve çevresinin günümüze kadar geçirdiği değişimlerin belirlenmesi, bu alan için geleceğe yönelik kararlar alınması açısından önemlidir. Bu nedenle tez kapsamında,1984 yılından 2010 yılına kadar geçen sürede alanın arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişim uydu görüntüleri ve uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmiştir. 1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait Landsat 5 TM uydu görüntüleri elde edilerek, önce çeşitli ön işleme adımlarından geçirilmiş, sonra da kontrolsüz ve kontrollü olarak sınıflandırılmıştır. Her iki sınıflandırma sonucunun, genel doğruluk ve kappa katsayısı hesaplanarak doğruluk analizleri yapılmıştır.

Kontrolsüz sınıflandırma sonucunda % 86 ile % 90 arasında değişen genel doğruluk oranları ile 0.8191 ile 0.8721 arasında değişen kappa değerleri, kontrollü sınıflandırma sonucunda ise % 80 ile % 88 arasında değişen genel doğruluk oranları ile 0.7753 ile 0.8795 arasında değişen kappa değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu doğruluk değerleri daha sonra yapılacak modelleme çalışması için yeterli bulunmamış, sınıflandırmalar sonucunda tam olarak ayırt edilemeyen arazi kullanım sınıfları, ekran üzerinden sayısallaştırılmıştır. Elde edilen bu veriler, sınıflandırma sonuçlarıyla birleştirilerek her yıla ait arazi kullanım haritaları elde edilmiştir. Bu haritalar ile her on yıllık periyot için ve 1984 ile 2010 yılları arasında arazi kullanım/örtüsü değişimi, değişim matrisleri ve değişim haritaları ile tespit edilmiştir.

Yapılan değişim tespiti çalışması sonucunda, 1984 yılından 2010 yılına kadar geçen 26 yıllık süreçte en büyük değişim yerleşim alanlarında yaşanmıştır. Yerleşim alanlarının büyüklüğü 1984 yılında 54,36 hektar iken, 2010 yılında 127,62 hektara

çıkmıştır. Yerleşim alanlarındaki % 135 civarındaki bu büyüme, 1990' lı yıllardan itibaren azalan nüfus karşısında beklenmeyen bir durumdur. Ne var ki, alanın turizm potansiyeli ve yaz aylarında 10.000'e ulaşan nüfus sayısı, özellikle İğneada ve Limanköy'de yazlık konutların yapılmasına neden olmuştur. Yani çalışma alanındaki yerleşim alanlarının artmasının başlıca nedeni turizm ve yaz nüfusudur.

Diğer bir önemli değişim tarım alanı/açık alanlarda yaşanmıştır. Bu değişim % 37 oranında olup, negatif yönlüdür. Azalan tarım alanları/açık alanlar daha çok orman, longoz ormanı ve yerleşim alanlarına dönüşmüştür. Plantasyon alanları, orman alanlarını gençleştirmek amacıyla, belirli dönemlerde traşlanarak genç ağaç dikilen alanlardır ve bu amaca uygun olarak incelenen dönemde, plantasyon alanlarının orman alanlarına dönüştüğü gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, elde edilen arazi kullanım verileri temel alınarak alanın arazi kullanımının 2030 yılında nasıl olacağının tahmini için modelleme çalışması yapılmıştır. Bu bağlamda, arazi kullanım biçimleri için yapılan çalışmalarda 1960'lı yıllardan beri çok sık kullanılan, Markov Chain yöntemi seçilmiş ve bu yöntem temel alınarak üç farklı model uygulanmıştır.

Bunlardan ilki raslantısal bakış açısıyla çalışan stokastik Markov Modeli, ikincisi hücresel özişleme tabanlı Markov Modeli ve sonuncusu ise yapay sinir ağları ile çalışan çok katmanlı algılayıcı ağ ile çalıştırılan Markov Modeli'dir.

Modelleme işleminin ilk aşamasında, 1990 ve 2010 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılarak, geçiş olasılık matrisi ve geçiş alanları matrisi elde edilmiştir. Uygulanan bütün modellere girdi olan bu matrisler, her bir arazi örtüsü tipinden bir diğerine geçiş olasılığını ifade etmektedir.

Stokastik Markov modeli için, geçiş olasılık matrisi kullanılarak her bir arazi kullanım sınıfı için koşullu olasılık görüntüleri elde edilmiş ve bu görüntüler bir araya getirilerek çalışma alanı için bir adet olasılık görüntüsü elde edilmiştir. Stokastik karar modeli yardımıyla bu olasılık görüntüsü, her bir piksel için değerlendirilerek model oluşturulmuş ve bu model, 3×3 mod filtresinden geçirilerek 2030 yılına ait arazi kullanım tahmin görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2030 yılında, orman, kumsal ve yerleşim alanları artarken, diğer arazi kullanım sınıflarının büyüklükleri azalmaktadır. Özellikle su, tarım alanı/ açık alan ve plantasyon alanlarında dikkate değer azalmalar gözükmektedir.

İkinci olarak literatürde sıklıkla karşımıza çıkan ve arazi kullanım tahminlerinde kullanılan Hücresel Otomat Tabanlı Markov modeli kullanılmıştır. Bu modelin temel girdileri, 2030 yılı için üzerinden tahmin üretilecek temel arazi kullanım haritası (2010), geçiş alanları matrisi, uygunluk haritaları ve 5×5 komşuluk filtresidir. Modelin girdisi olan uygunluk haritalarının elde edilmesi için, arazi kullanım sınıflarının yer seçimine etki edecek faktörler belirlenmiştir. Bu faktörler, eğim, yükseklik, bakı, toprak grupları, yerleşime uzaklık, yola uzaklık, denize ve göllere uzaklıktır. Eğim, bakı ve yükseklik haritaları, AsterDEM görüntüsünden elde edilmiş, büyük toprak grupları haritası ise Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın web sitesinden elde alınarak sayısallaştırılmıştır. Uzaklık haritaları, 2010 yılına ait arazi kullanım verileri kullanılarak öklidyen uzaklık ölçüsü ile elde edilmiştir. Daha sonra bu faktörler her bir arazi kullanım sınıfı için çok kriterli analiz yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmış ve uygunluk haritaları elde edilmiştir. Uygulanan bu model sonucunda, 2030 yılında sazlık, plantasyon alanı, tarım/açık alan ve yolların azalırken, su, orman, longoz ormanı, kumsal ve yerleşim alanlarının artacağı öngörülmektedir.

Son olarak yapay sinir ağlarının en yaygın modellerinden biri olan Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ (MLP) Modeli, Markov Chain ile birlikte kullanılarak 2030 yılı için arazi kullanım tahmini yapılmıştır. Modelin temel girdisi geçmişteki arazi kullanım sınıflarının değişimidir. Bu nedenle 1990 ile 2010 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılarak değişen alanların gösterildiği değişim haritası oluşturulmuştur. Daha sonra bu geçişler için 2010 yılına ait arazi kullanım haritası üzerinden değişimin deneysel olasılıkları hesaplanmıştır. Çok katmanlı algılayıcı ağ, bütün geçişleri aynı anda modelleyebilme yeteneğine sahiptir. Bu geçişlerin modellenmesinde geçiş potansiyeli haritaları kullanılmaktadır. Geçiş potansiyeli haritalarının üretilmesinde, en önemli kriterler olan her bir arazi kullanım sınıfına olan uzaklıkların belirlendiği haritalar (suya uzaklık, orman alanlarına uzaklık vb.) ve yükseklik ve eğim bilgilerini içeren AsterDEM kullanılmıştır. MLP sinir ağları ile her bir geçiş için ağırlıklar hesaplanmış ve 24 adet geçiş potansiyeli haritası üretilmiştir. Son olarak üretilen bu haritalar ve Markov analizi ile elde edilen geçiş alanları matrisi kullanılarak 2030 yılı için arazi kullanım tahmini elde edilmiştir. Bu model sonuçlarına bakıldığında, 2030 yılında su, longoz ormanı, plantasyon alanları,

tarım/açık alan ve kumsal alanlarının azalacağı, orman, sazlık ve yerleşim alanlarının ise artacağı öngörülmektedir.

Oluşturulan bu modellerin doğruluklarının belirlenmesi, alan için en doğru sonuçların hangi model ile elde edildiğinin kararının verilmesi açısından önem taşımaktadır ve doğruluk analizi bu çalışmanın en önemli adımlarından bir tanesidir. Doğruluk tespiti için, 1990 ve 2000 yıllarına ait arazi kullanım haritaları ve bu yıllara ait geçiş alanları ve geçiş olasılık matrisleri kullanılarak 2010 yılı için arazi kullanım tahmini yapılmıştır. Her bir model için elde edilen sonuçlar, 2010 yılına ait arazi kullanım haritası ile karşılaştırılmış, doğru tahmin edilen ve edilemeyen pikselleri gösteren haritalar oluşturulmuştur. Buna göre, piksel bazında bakıldığında, stokastik markov modeli (ST_Markov) ile % 93.5, hücresel özişleme tabanlı markov modeli (CA_Markov) ile % 98.9, çok katmanlı algılayıcı ağ ile markov modeli (MLP_Markov) ile % 89.6 oranında doğruluk sağlanmıştır. Ancak alansal büyüklükler incelendiğinde (Çizelge 4.30), en isabetli tahminin CA_ Markov modeli ile birlikte MLP_Markov modeliyle elde edildiği görülmektedir.

Çalışma alanı için kullanılan modellerle elde edilen tahminlere ait doğruluk oranları oldukça yüksektir. Ancak uygulanan ilk model olan ST_Markov modeli, bu alan için yüksek doğrulukta arazi kullanımı tahmini elde edilmesini sağlamakla birlikte, sadece geçmiş yıllarda arazi örtüsünde meydana gelen değişimlere göre hesaplanan olasılıkları kullanması nedeniyle basit ve kısıtlı bir yöntemdir. CA_Markov ve MLP_Markov modellerinde ise, arazi kullanım tahminleri, arazi kullanımına etki eden faktörler göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Bu nedenle, ST_Markov modeli ile kıyaslandığında, bu iki modelin çok etmenli ve dinamik bir yapıya sahip kentsel alanlarda kullanılması, daha verimli olacaktır.

Bu modellerle elde edilen 2030 yılı arazi örtüsü/arazi kullanım sonuçlarına göre, su, plantasyon alanı, tarım alanları/açık alanlar ve yol alanları azalırken, orman ve yerleşim alanlarının artacağı öngörülmektedir.

Tez kapsamında yapılan uygulamanın temel kısıtı kullanılan ana materyal, Landsat 5 TM uydu görüntüleridir. Uygulanan çeşitli yöntemlere rağmen, çalışma alanı istenilen doğrulukta sınıflandırılamamıştır. Sonuç olarak, Landsat uydusundan elde edilen görüntülerin mekânsal çözünürlüğünün bu alanın arazi kullanım verilerinin

elde edilmesi için yeterli olmadığı, daha yüksek çözünürlüklü görüntülerle uygulama yapılmasının uygun olacağı açıkça görülmektedir.

Doğal kaynakların en verimli şekilde kullanılması ve sürdürülebilir bir çevre için, ekonomik, sosyal, demografik ve çevresel açıdan dengeli bir gelişme sağlanması zorunludur. Doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesi, verimlerinin azalması ve bozulması dünya açısından büyük bir problemdir. Sahip olunan kaynakların korunması, sonunun getirilmeden kullanılabilmesi ve gelecekteki kuşaklara aktarılabilmesinin önşartı, gelişmeyi doğru yönlendiren akılcı kararlardır. Arazi kullanımındaki değişimlerin tespit edilmesi ve bu değişimlerin sürekli takip edilmesi, çalışma bölgeleri için alınacak kararlar açısından önemlidir.

Yüksek öneme sahip alanların geçmişiyle geleceği arasında köprü kurmaya olanak sağlayan, güncel ve/veya klasik yöntemlerle elde edilmiş verilerin Uzaktan Algılama ve CBS entegre sistemleri içinde ele alınması karar verme ve planlama süreci için yüksek doğruluk ve hız sağlayacaktır. Ayrıca, gelecek için öngörülerin yapılmasını sağlayan, çalışma alanlarının karakteristiğine uygun tahmin modellerinin kullanılması da mevcut gelişim durumunda veya çeşitli senaryoların gerçekleşmesi durumunda yaşama alanlarımızın nasıl şekilleneceğinin kestirimi açısından karar vericiler ve toplum için önemli bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abuelgasim, A. A., Ross, W., Gopal, S. ve Woodcock, C. (1999). Change detection using adaptive fuzzy neural networks: Environmental damage assessment after the Gulf War. *Remote Sensing and Environment.* 70(2), 208-223.

Ahmed, B. Ve Ahmed, R. (2012). Modeling urban land cover growth Dynamics using multi-temporal satellite images: A case study of Dhaka, Bangladesh. *ISPRS International Journal of Geo-Information.* 1, 3-31. doi: 10.3390/ijgi1010003.

Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*. 7(2), 557-576.

Akgün, A. ve Bulut, F. (2007). GIS-based landslide susceptibility for Arsin-Yomra (Trabzon, North Turkey) region. *Environmental Geology.* 51(8), 1377-1387.

Alberti, M. ve Waddell, P. (2000). An Integrated Urban Development and Ecological Simulation Model. *Integrated Assessment*. 1, 225-227. http://www.odot.state.or.us/tddtpau/papers/P2T2.4.2fnl.pdf.

Alkheder, S. ve Jie S. (2005). Urban Growth Simulation - A Case Study of Indianapolis, Indiana GIS 2005 Conference. March 9-10, Indianapolis, IN.

Allen, P. M. (1970). Cities and regions as evolutionary, complex systems. *Geographical Systems.* 4(1), 103-130.

Allen P. M. (1997). *Cities and regions as self-organizing systems*. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers.

Almeida, C. M., Batty, M., Monteiro, A. M. V., Camara, G., Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C. Ve Pennachin, C. L. (2003). Stochastic cellular automata modeling of urban land use Dynamics: empirical development and estimation. *Computers, Environment and Urban Systems.* 27, 481-509.

Alonso, W. (1964a). *Location and Land Use.* Cambridge, MA: Harward University Press.

Alonso, W. (1964b). The form of cities in developing countries. *Regional Science.* 13(1), 165-173. doi: 10.1111/j.1435-5597.1964.tb01284.x.

Alparslan, E., Dönertaş, A. S. ve Yüce, H. (2004). Bolu ili kent dokusunun uydu görüntülerinden analizi. *URSI-Türkiye Bilimsel Kongresi Ulusal Genel Kurul Toplantısı.* Ankara, 8-10 Eylül.

Anderson, J. R., Hardy, E. H., Roach, J. T. ve Whirmer, R. E. (1976). *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensing Data.* Washington DC: US Government Printing Office.

Anselin, L. ve Getis, A. (1992). Spatial statistical analysis and geographical information systems. *The Annals of Regional Science.* 26(1), 19-33.

Aronoff, S. (1982). Classification accuracy: A user approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 48(8), 1299-1307.

Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa: WDL.

Aspinall, R. J. (2006). Editorial. *Journal of Land Use Science*. 1(1), 1-4. doi:10.1080/17474230600743987

Aspinall, R. J. ve Hill, M. J. (Eds.). (2008). *Land Use Change: Science, Policy And Management.* Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Atalık, G. (1974). *Şehir Planlaması Kavramlaşması -Sistem Görüşü, Gelişme Şartları Ve Matematiksel Tekniklerin Sosyal Bilimlere Uygulanması Bakımından*- İstanbul: Çağlayan Basımevi.

Ayazlı, E. (2011). *Ulaşım ağlarının etkisiyle kentsel yayılmanın simülasyon modeli: 3. Boğaz Köprüsü örneği,* (doktora tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi

Ayhan, E., Karslı, F. ve Tunç, E. (2003). Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflandırma ve analiz. *Harita Dergisi.* 30, 32-46.

Bal, H. (1999). *Kent Sosyolojisi.* Ankara: Turhan Kitapevi.

Balık, S. (1985). Trakya bölgesi içsu balıklarının bugünkü durumu ve taksonomik revizyonu. *Doğa A2.*9(2), 147-160.

Balık Şanlı, F., Bektaş Balçık, F. ve Göksel, Ç. (2008). Defining temporal spatial patterns of mega city İstanbul to see the impacts of increasing population. *Environmental Monitoring and Assessment.* 146(1-3), 267-275.

Battram, A. (1999). *Karmaşıklıkta Yol Almak* (Çeviri: Z. Dicleli). İstanbul: Türk Henkel Dergisi Yayınları.

Batty, M. (1976). *Urban Modelling: Algorithms, Calibrations, Predictions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Batty, M. (1994). A chronicle of scientific planning: The Anglo-American modeling experience. *Journal of the American Planning Association.* 60(1), 7-12.

Batty, M. (1995). New ways of looking at cities. *Nature.* 377, 574.

Batty, M. (1997). Cellular automata and urban from a primer. *Journal of the American Planning Association.* 63(2), 266-274.

Batty, M. (2005) *Cities and Complexity.* Cambridge, Massachusetts, London: MIT Press.

Batty, M. (2007). *City and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-based Models, and Fractals.* Cambridge: The MIT Press.

Batty M. ve Howes, D. (2001). Predicting temporal patterns in urban development from remote imagery. J. P. Donnay, M. J. Barnsley, P. A. Longley

(Eds.). *Remote Sensing and Urban Analysis* içinde (s.185-204). New York: Taylor & Francis Group.

Batty, M. ve Longley, P. (1994). *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function.* London: Academic Press.

Batty, M. ve Xie, Y. C. (1994). From cells to cities. *Environment and Planning B.* 21, 31-48.

Batur, E. ve Maktav, D. (2012). Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile taşkın alanların belirlenmesi: Meriç nehri örneği. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi.* 5(3), 47-54.

Beek, K. J. (1978). *Land Evaluation for Agricultural Development: Some Explorations of Land-use Systems Analysis with Particular Reference to Latin America.* The Netherlands: ILRI Publication.

Bektaş, F. (2003). *Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi entegrasyonu Gökçeada ve Bozcaada örneği,* (yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Bektaş, F. ve Göksel, Ç. (2005). Remote sensing and GIS integration for land cover analysis,a case study: Bozcaada Island. *Water Science and Technology.* 51(11), 239-244.

Bektaş Balçık, F., Göksel, Ç., Bozkaya, A. G., Doğru, A. Ö., Uluğtekin, N. N. ve Sözen, S. (2011a). Ecosystem monitoring using digital change detection method; example of İğneada wetland forest. *Open Water Symposium and Workshops at UNESCO-IHE*. Delft, Netherlands, 18-19 April. (Extended Abstracts).

Bektaş Balçık, F., Göksel, Ç., Eşbah Tunçay, H., Bozkaya, A. G., Doğru, A. Ö., Uluğtekin, N. N. ve Sözen, S. (2011b). Performance of Different Vegetation Indices for Igneada Flooded Forest Mapping. *16th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region*. Ioannina – Greece, 24-27 September. (in CD).

Bektaş Balçık, F., Bozkaya, A. G., Göksel, Ç., Doğru, A. Ö., Uluğtekin, N. N. ve Sözen, S. (2011c). İğneada Arazi Örtüsü ve Kullanımı Değişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*. 106(3), 70-74.

Bektaş Balçık, F., ve Göksel, Ç. (2009). Spot 5 ve farklı görüntü birleştirme algoritmaları. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.* Ankara, 11-15 Mayıs.

Bell, E. J. (1974). Markov analysis of land use change: an application of stochastic processes to remotely sensed data. *Socio-Economic Planning Science.* 8(60), 311–316.

Benders, R. M. J. (1996). *Interactive simulation of electricity demand and production,* (doktora tezi). Netherlands: Universiteit of Groningen.

Berberoğlu, S., Alphan, H. ve Yılmaz, K. T. (2003). A remote sensing approach for detecting agricultural encroachment on the Eastern Mediterranean coastal dunes of Turkey. *Turkish Journal of Agricultural Forestry.*27, 135-144.

Bishop, C. M. (1995). *Neural Networks For Pattern Recognition*. Oxford: Oxford University Press.

Bourne, L. S. (1971). Physical adjustment processes and land use succession: a review and central city example. *Economic Geography.* 47(1), 1–15.

Brooks, S. (1998). A Markov Chain Monte Carlo method and its application. *The Statistician.* 47, 69-100.

Briassoulis, H. (1999). *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches.* West Virginia, USA: West Virginia University, Regional Research Institute.

Burgess, E. W. (1925). The growth of the city. R. E. Park ve E. W. Burgess (Eds.), *The City* içinde (s.50-53). Chicago: The University of Chicago Press.

Burghes, D. ve Wood, A. (1980). *Mathematical Models in the Social, Management, and Life Sciences.* UK: Halsted Press.

Burks, A. W. (Ed.) (1966). *Theory of self-reproducing automata [by] John von Neumann*. Urbana: University of Illinois Press.

Burrough, P. A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment*, New York: Clarendon Press.

Cameron, L. ve Larsen-Freeman, D. (2007). Complex systems and applied linguistics. *International Journal of Applied Linguistics.* 17(2), 226-240.

Campbell, J. B. (1996). *Introduction to Remote Sensing.* (2. Baskı). New York: The Guilford Press.

Campbell, J. B. (1993). Evaluation of the dark-object subtraction technique for adjustment of multispectral remote-sensing data. *SPIE, DigitalImage Processing and Visual Communications Technologies in the Earth and Atmospheric Sciences II.* 1819, 176-187. doi: 10.1117/12.142198.

Campbell, J. B. ve Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing*. (5. Baskı). New York: The Guilford Press.

Card, D. H. (1982). Using known map category marginal frequencies to improve estimates of thematic map accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 48(3), 431-439.

Cardille, A. ve Foley, J. A. (2003). Agricultural land-use change in Brazillian Amazonia between 1980 and 1995: Evidence from integrated satellite and census data. *Remote Sensing of Environment.* 87(4), 551-562.

Carmona, A. ve Nahuelhual, L. (2012). Combining land transitions and trajectories assessing forest cover change. *Applied Geography.* 32(2012), 914-915. doi:10.1016/j.apgeog.2011.09.006.

Carter, H. (1995). *The Study of Urban Geography.* (4. Baskı). London: Arnold.

Cecchini, A. (1996). Approaching generalized urban Automata with help! on line (AUGH). E. Besussi ve A. Cecchini (Eds.). *Artificial Worlds and Urban Studies* içinde, (s. 231-248). Venice: DAEST.

Chander, G., Haque, M. O., Micijevic, E. ve Barsi, J. A. (2010). A procedure for radiometric recalibration of Landsat 5 TM reflective-band data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.* 48(1), 556-574.

Chander, G. ve Markham B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibrations procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.* 41(11), 2674-2677.

Chander, G., Markham B. ve Barsi, J. A. (2007). Revised Landsat-5 Thematic Mapper radiometric calibration. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 44, 490-494.

Chander, G., Markham B. ve Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environments.* 113(7), 893-903.

Chang-qing, K., Xiao-mei, L. ve Shen, C. (2005). Urban land use change of Guangzhou, South China, using multiple temporal satellite images. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS.25, 29 Temmuz. doi:10.1109/IGARSS.2005.1525443.

Chavez, JR. P. S. (1989). Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images. *PhotogrammetricEngineering and Remote Sensing.* 55(9), 1285-1294.

Chavez, JR. P. S. (1996). Image based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 62(9), 1025-1036.

Chavez, JR. P. S. (1998). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment.* 24(3), 459-479.

Chavez, P. S. ve MacKinnon, D. J. (1994). Automatic change detection of vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensed images. *PhotogrammetricEngineering and Remote Sensing.* 60(5), 571-583.

Cheng, J. (2003). *Modelling Spatial & Temporal Urban Growth*, (doktora tezi). Utrecht: Utrecht Üniversitesi, Coğrafya Bilimleri Fakültesi.

Chisholm, M. (1967). General systems theory and geography. *Transactions of The Institute of British Geographers.* 42, 45-52.

Chorley, R. J. ve Haggett, P. (Eds.). (1967). Models in geography.London: Methuen. *Progress in Human Geography.* 30(1)-2006, 107-113.

Christaller, W. (1966). *Central Places in Southern Germany.*(Çeviri: C.W.Baskin. Orijinal: Almanca, 1933). Englewoods Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Clarke, K. C. ve Gaydos, L. J. (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.* 12(7), 699-714.

Clarke, K. C., Hoppen, S. ve Gaydos, L. (1997). A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay

area. *Environment and Planning B: Planning and Design.* 24(2), 247-261. doi:10.1068/b240247

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

Collins, L. (1975). *An Introduction to Markov Chain Analysis.* London: Headley Ltd. The Invicta Press.

Congalton, R. G. (1991). A review assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing and Environment.* 37(1), 35-46.

Congalton, R. G. ve Green, K. (1993). A practical look at the sources of comfusion in error matrix generation. *PhotogrammetricEngineering and Remote Sensing.* 59(5), 641-644.

Coppin, P. R. ve Bauer, M. E. (1996). Change detection in forest ecosystems with remote sensing digital imagery. *Remote Sensing Reviews.* 13(3-4), 207-234.

Congalton, R. G. ve Green, K. (2009). *Assessing The Accuracy Of Remotely Sensed Data: Principles And Practices.* Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Coppin, P., Lambin, E., Inge, J. ve Muys, B. (2002). Proceedings of the First International Workshop on Analysis of multi-temporal remote sensing images. Vol.2, University or Trento, Italy. 13-14 September 2001. eds. L. Baizzone ve P. Smits, World Scientific, N.J.

Couclelis, H. (1997). From cellular automata to urban models: New principles for model development and implementation. *Environment and Planning B.* 24(2), 165-174.

Cracknell, A. ve Hayes, L. (1991). *Introduction to Remote Sensing.* London: Taylor & Francis Group.

Crooks, A. T. Ve Heppenstall, A. J. (2012). Introduction to agent-based modelling. A. J. Heppenstall, A. T. Croocks, L. M. See ve M. Batty (Eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems* içinde (s. 85-105). New York: Springer.

Çetin, E. (2012). *Yapay Zeka Uygulamaları: Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma.* Ankara: Seçkin Yayınevi.

Davalo, E. ve Naim, P. (1991). *Neural Networks.* United Kingdom: Macmillan Education, Limited.

Davidson, D., Theocharopoulos, S. ve Bloksma, R. (1994). A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. *International Journal of Geographical Information Systems.* 8(4), 369-384.

Davis, B. E. (2009). *GIS: A Visual Approach*. (2. Baskı). Canada: OnWord Press.

Davis, B. E. (2001). GIS: *A Visual Approach.* (1. Baskı). Canada: Onword Press.

Deer, J. P. (1995). Digital change detection techniques: Civilian and military applications, information technology division. *Defence Science and Technology Organization, Australia.*

Demirayak, F. (2002). Biyolojik çeşitlilik - Doğa koruma ve sürdürülebilir kalkınma. *Tübitak Vizyon 2023 Projesi Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli*. Ankara.

Dent, D. L. ve Young, A. (1981). *Soil Survey and Land Evaluation.* (3. Baskı). London: George Allen & Unwin.

DiGregorio, H., Festa, D., Gattuso, D., Rongo, R., Spataro, W., Spezzano, G. ve Vitetta, A. (1996). Cellular Automata for freeway traffic simulation. E. Besussi ve A. Cecchini (Eds.). *Artificial Wolrds and Urban Studies* içinde, (s. 365-392). Venice: DAEST.

Diappi, L. Bolchim, P. ve Buscema, M. (2004). Improved understanding of urban sprawl using neural networks. J. P. Van Leeuwen ve H. J. P. Timmermans (Eds.), *Recent Advances in Design and decision System in Architecture and Urban Planning* içinde. (s. 33-49). Netherlands: Kluwer Academic Press.

Dicken, P. ve Lloyd, P. E. (1990). *Location in Spaces: Theoretical Perspectives in Economic Geography.*(3. Baskı). New York: Harper Collins.

Dimyati, M., Mizuno, K. Kobayashi, S. ve Kitamura, T. (1996). An analysis of land use/cover change using the combination of MSS Landsat and land use map-a case study in Yogyakarta, Indonesia. *International Journal of Remote Sensing*. 17(5), 931-944.

Drewett, J. R. (1969). A stochastic model of the land conversion process. *Regional Studies.* 3, 269–280.

Duerr, W. A., Teeguarden, D. E., Christiansen, N. B. ve Guttenberg, S. (Eds.). (1979). *Forest Resource Management: Decision Making Principles and Cases.* Philadelphia, USA: W. B. Saunders.

Dunn, J. C. (1974). A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact WII-seperated clusters. *Journal of Cybernetics.* 3(3), 33-57.

Duran, C. (2007). Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Doa Dergisi (Journal of DOA)*. 13, 45-67.

Eastman, J. R. (1995). *IDRISI for Windows*. User's guide, Version 1.0. Clark University, Worcester, MA, USA.

Eastman, J. R., Mckendry, J. E. (1995). *Change and time series analysis: Explorations in Geographic Information Systems.* United Nations Institute for Training and Research, Geneva. 1, 6-34.

Eastman, J. R. (2009a). *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing* (Manual Version 16.02). USA: Clark University.

Eastman, J. R. (2009b). *IDRISI Taiga Tutorial* (Manual Version 16.02). USA: Clark University.

Eaton, B. C. ve Lipsey, R. G. (1982). An economic theory of central places. *The Economic Journal.* 92(365), 56-72.

Ebesek, Ş. ve Yaman, H. (2012). Proje yönetiminde karmaşıklık yaklaşımı, yeniden bakış. *Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi.* İzmir, İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü. 13-16 Eylül.

Ekstrand, S. (1994). Assessment of forest damage with Landsat TM: Correction for varying forest stand characteristics. *Remote Sensing Environment.* 47(3), 291-302.

Elachi, C. ve Zly, J. V. (2006). *Introduction To The Physics And Techniques Of Remote Sensing.* (2. Baskı). USA: John Wiley and Sons Inc.

Ehlers, M., Jadkowski, M. A., Howard, R. R. ve Brostuen, D. E. (1990). Application of SPOT data for regional growth analysis and local planning. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 56(2), 175-180.

Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları.* İstanbul: Seçkin Yayıncılık.

Engelen, G., White, R. ve Uljee, I. (1997). Integrated constrained cellular qutomata models, GIS decision support tools for urban planning and policy-making. H. Timmermans. (Eds.), *Decision Support Systems in Urban Planning* içinde (s. 95-117). London: E & FN SPON.

Epstein, J. M. (1999). Agent-based computational models and generative social science. *Complexity.* 4(5), 41-60. doi: 10.1002/(SICI)1099-0526

ERDAS Inc. (1997). *ERDAS field guide.* Atlanta, Georgia, USA.

Erkut, G. (1990). *Bölge Planlamada Sistem Simülasyonu Trakya Alt Bölgesinde Bir Deneme.* İstanbul: İTÜ Mimarlık Fakültesi.

Essletzbichler, J. (2011). Locating Location Models. A. Leyshon, R. Lee, L. Mcdoweell, P. Sunley (Eds.), *The Sage Handbook of Economic Geography* içinde (s.23-38). Sage Publications Ltd. doi:10.1080/00343404.2012.691234.

Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks*. New Jersey: Prentice Hall.

Fischer, M. M. ve Nijkamp, P. (1992). Geographical information systems and spatial analysis. *The Annals of Regional Science.* 26(1), 3-17.

Ficher, M. M., Scholten, H. J. ve Unwin, D. (1996). *Spatial Analytical Perspectives on GIS.* London: Taylor & Francis Group.

Fichera, C. R., Modica, G. ve Pollino, M. (2012). Land cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics. *European Journal of Remote Rensing.* 45, 1-18. doi: 10.5721/EuJRS20124501

Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing and Environment.* 80(1), 185-201.

Fotheringham, A. S. ve Rogerson, P. A. (1994). *Spatial Analysis and GIS.* London: Taylor & Francis Group.

Franklin, S. ve Graesser, A. (1996). Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. *Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages.* Springer-Verlag

Fredkin, E. (1991). Digital mechanics: An informational process based on reversible universal cellular automata. H. Gutowitz (Eds.), *Cellular Automata, Theory and Experiment* içinde (s. 254-270). Cambridge, Mass: MIT Press.

Fujita, M. (1990). *Urban Economic Theory: Land Use and City Size.* Cambridge: Cambridge University Press.

Fung, T. ve Ledrew, E. F. (1987). Application of Principal Component Analysis for multitemporal change detection. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 53(12), 1649-1658.

Galbraith, R. L. ve Clatworthy, N. J. (1990). Beyond standard models: Meeting the challenge of modelling. *Educational Studies in Mathematics.* 21(2), 137-163.

Gamba, P. ve Harold, M. (Eds.). (2009). *Global Mapping Of Human Settlement: Experiences, Datasets, And Prospects*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Gamerman, D. (1997). *Markov Chain Monte Carlo: Stochastic Simulation for Bayesian Inference.* Boca Raton, FL: CRC Press.

Gao, J. ve Yansui, L. (2008). Mapping of land degradation from space: A comparative study of LandsatETM+ and Aster data international. *Journal of Remote Sensing.* 29(14), 4029-4043.

Gardner, M. (1970). Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitare game "life". *Scientific American.* 223(4), 120-123.

Garner, B. J. (1966). Models of urban geography and settlement location. R. J. Chorley ve P. Haggett (Eds.), *Models in Geography* içinde (s. 303-360). London: Methuen & Co. Ltd.

Gasiewski, A. J. (1993). Calibration and applications of polarization-correlating radiometers. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques.* 41(5), 767-773.

Gilks, W. R., Richardson, S. ve Spiegelhalter, D. J. (Eds.). (1966). *Markov Chain Monte Carlo in Practice*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall.

Gimblett, R. H., Ball, G. L. ve Guisse, A. W. (1994). Autonomous rule generation and assessment for complex spatial modeling. *L andscape and Urban Planning.* 30, 13-16.

Gintis, H. (2009*). Game Theory Evolving: A Problem-Centered Introduction to Modeling Strategic Interaction* (2. Baskı). Princeton: Princeton University Press.

Gleick, J. (1987). *Chaos: Making a New Sciences.* New York, USA: Penguin Books.

Gonzales, R. C. ve Woods, R. E. (2008). *Digital Image Processing.* (3. Baskı). New Jersey: Pearson Education.

Goodchild, M. F., Haining, R ve Wise, S. (1992). Integrating GIS and spatial data analysis: Problems and possibilities. *International Journal of Geographical Information Systems.* 6(5), 407-423.

Goslee, S. C. (2011). Analyzing remote sensing data in R: the Landsat package. *Journal of Statistical Softare.* 43(4), 1-25.

Gök, T. (1978). *KentlerdeArazi Kullanım Kararlarını Belirleyen Etmenler: Ankara Örneğine Sistemci Bir Yaklaşım,* (doktora tezi). Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi.

Göksel, Ç. (1998). Monitoring of a water basin area in İstanbul using remote sensing data. *Water Science and Management.* 38(11), 209-216.

Green, K., Kempka, D. ve Lackey, L. (1994). Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.*60(3), 331-337.

Grimmett, G. ve Stirzaker, D. (1992). *Probability and Random Processes*. (2. Baskı). Oxford, England: Oxford University Press

Guan, Q., Wang, L. Ve Clarke, K. C. (2005). An artificial-neutal-network-based, constrained CA model for simulating urban growth. *Cartography and Gegraphic Information Science.* 32(4), 369-380.

Güher, H. (1999). Mert, Erikli, Hamam, Pedina Gölleri'nin (İğneada/Kırklareli) cladocera ve Copepoda (Crustacea) türleri üzerine taksonomik bir çalışma. *Turkish Journal of Zoology*. 23(1), 47-53.

Haines-Young, R. H. (1989). Modelling geographical knowledge. W. Macmillian (Eds.), *Remodeling Geography* içinde (s.22-39). Oxford: Basil Blackwell.

Haines-Young, R. H. ve Petch, J. R. (1987). Physical geography: its nature and methods. *Earth Surface Processes and Landforms.*12(4), 443. doi:10.1002/esp.3290120413**.**

Hall, G., Wang, F. ve Subaryono, G. (1992). Comparison of Boolean and fuzzy classification methods in land suitability analysis by using Geographical Information Systems. *Environment amd Planning A.* 24(4), 497-516.

Hand, C. (2005). Simple cellular Automata on a spreadsheet. Computers in Higher Education Economics Review. Vol.17. http://www.economicsnetwork.ac.uk/cheer/ch17/hand.htm

Harary, F. (1994). *Graph Theory*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Haris, C. D. ve Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*. 242, 7-17.

Harris, P. M. ve Ventura, S. J. (1995). The integration of geographic data with remotely sensed imagery to improve classification in an urban area. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 61(8), 993-998.

Haykin, S. (1994). *Neural Networks.* New Jersey: Macmillian Collage Printing Company.

Helmer, E. H. ve Ruefenacht, B. (2005). Cloud-free satellite image mosaic with regression trees and histogram matching. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 71(9), 1079-1089.

Hepcan, Ş. ve Güney A. (1996). Koruma alanlarında yeni yönetim kategorileri ve önemi. *Ekoloji - Çevre Dergisi*. 20, 6-8.

Heylighen, F. (2009). Complexity and self-organization. M. J. Bates ve M. N. Maack (Eds.), *Encyclopedia of Library and Information Sciences* (3. Baskı) içinde. London: Taylor & Francis Group. doi: 10.1081/E-ELIS3-120043869.

Hillier B. ve Hanson J. (1984), *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press.

Howard, R. A. (1971). *Dynamic probabilistic systems. Volume II: Semi-Markov and decision processes*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Hoyt, H. (1939). *The Structure and Growth of Residental Neighborhoods in American Cities.* Washington, D. C.: Federal Housing Adminstration.

Huguenin, R. L., Karaska, M. A., Blaricom, D. V. Ve Jensen, J. R. (1997). Subpixel classification of bald cypress and tupelo gum trees in Thematic Mapper imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 63(6), 717-725.

IDRISI, Selva Help System (2012). Version 17.00. USA: Clark University.

Iltanen, S. (2012). Cellular automata in urban spatial modelling. A. J. Heppenstall, A. T. Croocks, L. M. See ve M. Batty (Eds.), *Agent-Based Models of* Geographical Systems içinde (s. 85-105). New York: Springer.

Itami, R.M. (1994). Simulating spatial dynamics: cellular automata theory. *Landscape and Urban Planning*. 30(1-2), 24–47.

İğneada Flora ve Vejetasyonu Raporu. (2005). T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Biyoçeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetim Projesi.

İğneada Longoz Ormanları Bitkileri. (2007). T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynak Yöntemi Projesi. Bitkileri Resimli Tanıma Kılavuzu.

İğneada Yönetim Planı. (2007). T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynak Yöntemi Projesi. İğneada Koruma Alanı Planlama ve Yönetimi Danışmanlık Hizmetleri.

Jahan, S. (1986). The determination of stability and similarity of Markovian land use change processes: a theoretical and empirical analysis. *Socio-Economic Planning Science* 20(4), 243–251.

Jain, M. (2009). *GIS and Remote Sensing Techniques: A Case Study of a Developing Urban Center*. New Delhi: Himansu Publications.

Janssen, M. A. (1994). Atmospheric remote sensing by microwave radiometry. *International Journal of Climatology*. 14(9), 1062-1063. doi: 10.1002/joc.3370140912.

Janssen, L. V. ve Vander Wel, F. J. M. (1994). Accuracy assessment of satellite derived land cover data: A review. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 60(4), 419-425.

Jantz, C. A., Goetz, S. J., Donato, D. ve Claggett, P. (2010). Designing and implementing a regional urban modeling system using the Sleuth cellular urban model. *Computers, Environment and Urban Systems.* 34(1), 1-16.

Jantz, C. A., Goetz, S. J. ve Shelley, M. K. (2003). Using the Sleuth urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarious on urban landuse in the Baltimore – Washington metropoliten area. *Environmental and Planning B: Planning and Design.* 30, 251-271.

Jeffers, J. N. R. (1978). *An Introduction to Systems Analysis, With Ecological Applications.* London: Edward Arnold Press.

Jensen, J. R. (2000). *Remote Sensing of The Environment: An Earth Resource Perspective.* Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Jensen, J. R. (1996). *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*. (2. Baskı). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Jensen, J. R., Ramsat, E. W., Mackey, H. E., Christensen, E. J. ve Sharitz, R. P. (1987). Inland wetland change detection using aircraft MSS data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 53(5), 521-529.

Jensen, R. R., Gatrell, J. D. ve McLean, D. (Eds.). (2007). *Geo-Spatial Technologies In Urban Environments: Policy, Practice, And Pixels*. (2. Baskı). New York: Springer.

Johnson, A., Pettersson, C. B. ve Fulton, J. L. (1992). *Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and Standards.* Philadelphia: ASTM International.

Kallenberg, O. (1997). *Foundations of Modern Probability*. New York: Springer-Verlag.

Kaya, M. ve Kurtonur, C. (1994). Mert ve Erikli gölleri (Kırklareli/İğneada) kuş (aves) türleri. *XII.Ulusal Biyoloji Kongresi, Zooloji Seksiyonu Bildiri Kitabı.*. 4, 252-258. Edirne, 6-8 Temmuz.

Kaya, Ş., İnce, C. D., ve Şahin, M. (2002). Uydu görüntülerinin çözünürlüğe bağlı geometrik doğruluğunun GPS ve harita koordinatları kullanılarak analizi. *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu.* Konya, 16-18 Ekim.

Keleş, R. (1972). *Şehirciliğin kuramsal temelleri.* Ankara: A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları. No:332.

Kemeny, J. G ve Snell, J. L. (1976). *Finite Markov Chains.* New York: Springer-Verlag.

Khoi, D. D. Ve Murayama, Y. (2011). Modeling deforestation using a neural network-Markov model. Murayama, Y. Ve Thapa, R. (Eds.), *Spatial analysis and Modeling in Geographical Transformation Process* içinde (s.169-190). New York: Springer.

Kırklareli İl Çevre Durum Raporu (2009). Kırklareli Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.

Kilbridge, M. D., O'Block, R. P. ve Teplitz, P. V. (1970). *Urban Analysis.* Boston: Harvard University.

Kirtland, D., Gaydos, L., Clarke, K., De Cola, L., Acevedo, W. ve Bell, C. (1994). An analysis of transformations in the San Francisco Bay/Sacramento area. *World Resource Review.* 6(2), 206-217.

Klir, G. L. ve Yuan, B. (1995). *Fuzzy Set and Fuzzy Logic. Theory and Applications.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Koç, A. ve Yener, H. (2001). Uzaktan algılama verileriyle İstanbul çevresi ormanlarının alansal ve yapısal değişikliklerinin saptanması. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi.* A 51(2), 17-36.

Koçak, K. (2000). Kaos ve atmosfer. *Tübitak Bilim ve Teknik.* 391, 94-97. http://web.itu.edu.tr/~kkocak/kaos.html

Kohonen, T. (2001*). Self-Organizing Maps*. Berlin:Springer.

Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A. ve Scholten, H. J. (2007*). Modeling Land-Use Change*. The Netherlands: Springer.

Koruyan, K., Tecim, V. ve Onargan, T. (2007). Coğrafi bilgi sistemleri ile Batı Anadolu mermer, doğal taş ve işletmelerinin analizi. *6. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı.* 1,189-200. İzmir, Şubat.

Krogh, A. (2008). What are artificial neural networks? *Nature Biotechnology.* 26(2), 195-197.

Lambin, E.F. ve Strahler, A. H. (1994). Change-vector analysis: A tool to detect and categorize land-cover change processes using high temporal-resolution satellite data. *Remote Sensing and Environment.* 48, 231-244.

Li, X. ve Yeh, G. O. (2000). Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *International Journal of Geographical Information Science*. 14(2), 131-152. doi:10.1080/136588100240886

Liang, S. (2004). *Quantitative Remote Sensing Of Land Surfaces.* New Jersey, USA: John Wiley and Sons.

Liang, S., Fang, H., Chen, M. (2001). Atmospheric correction of Landsat ETM + land surface imagery – Part I: Methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.* 39(11), 2490 – 2498.

Liang, S., Fang, H., Morisette, J. T., Chen, M., Shuney, C. J., Walthall, C. L. ve Daughtry, C. S. T. (2002). Atmospheric correction of Landsat ETM + land surface imagery: Part II: Validation and applications. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.* 40(12), 2736-2746.

Lillesand, T. M. ve Kiefer, R. W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation.* (6. Baskı). New York: John Wiley and Sons Inc.

Lin, H., Lu, K. S., Espey, M. ve Allen J. (2005). Modeling urban sprawl and land use change in coastal area – A neural network approach. *American Agricultural Economics Association Annual Meeting Providence*. Rhode Island, 24-27 Temmuz. http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19364/1/sp05li06.pdf

Liu, J. G. ve Mason, P. J. (2009). *Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing.* New York: Wiley-Blackwell.

Liu, J. G., Zhong, W. ve Jiao, L. (2010). A multiagent evolutionary algorithm for combinatorial optimization problems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics.* 40(1), 229-240. doi:10.1109/TSMCB.2009.2025775.

Liu, Y. (2009). *Modelling Urban Development With Geographical Information Systems And Cellular Automata.* Boca Raton FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Lobo, A., Legenre, P., Rebollar, J., Carreras, J. ve Ninot J. (2004). Land cover classifications at a regional scale in Iberia: Separability in a multi-temporal and multispectral data set of satellite images. *International Journal of Remote Sensing.* 25(1), 205-213.

Lowry, I. S. (1965). A short course in model design. *Journal of American Institute of Planners.* 31, 158-166.

Lu, D., Mausel, P., Brondızıo, E. ve Moran, E. (2002). Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research. *International Journal of Remote Sensing*. 23(13), 2651-2671.

Ma, Z., Hart, M. M. Ve Redmond, R. L. (2001). Mapping vegetation across large geographic areas: Integration of remote sensing and GIS to classify multisource data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 67(3), 295-307.

Macal, C. M. ve North, M. J. (2010). Tutorial on agent-based modeling and simulation. *Journal of Simulation.* 4(3), 151-162.

Makse, H. A., Andrade, J. S. ve Batty, M. (1998). Modelling urban growth patterns with correlated percolation. *Physics Review E.* 58(6), 7054-7062.

Mandelbrot, B. (1983. *The Fractal Geometry of Nature.* New York: W. H. Freeman and Company.

Maracchi, G., Perarnaud, V. ve Kleshenko, A. D. (2000). Applications of Geographical Information Systems and remote sensing in agrometeorology. *Agricultural and Forest Meteorology.* 103(1-2): 119-136.

Markham, B. L. ve Barker, J. L. (1986). Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric re-flectance and at-satellite temperatures. *EOSAT Landsat Technical Notes*. 1, 3-8.

Mather, P. M. (1987). *Computer Processing of Remotely Sensed Images – An Introduction*. New York: John Wiley and Sons.

Mather, P. M. (2004). *Computer Processing Of Remotely-Sensed Images*. (3. Baskı). England: John Wiley & Sons Ltd.

Matthews, R. B., Gilbert, N. G., Roach, A., Polhill, J. G., ve Gotts, N. M. (2007). Agent-based land-use models: A review of applications. *Landscape Ecology*. 22(10), 1447–1459.

Meaille, R. ve Wald, L. (1990). Using Geographic Information System and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth. *International Journal of Geographic Information Systems.* 4(4), 445-456.

Meyer, W. B. ve Turner II, B. L. (Eds.). (1994). *Changes In Land Use And Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.

Millington, J. D. A., Demeritt, D. ve Romeo-Calcerrada, R. (2011). Participatory evaluation of agent-based land-use models. *Journal of Land Use Science.* 6(2-3), 195-210.

Mohammed, M. Y. (2006). Artificial neural network model tol assess the impacts of land development on the river flow. *The II. International Conference on Water Resources & Arid Environment*. King Saud University, Riyadh. 26-29 Kasım.

Moral, R. (1975). Vegetation clustering by means of ISODATA: Revision by multiple discriminant analysis. *Vegetatio.* 29(3), 179-190.

Moran, S. B., Weinstein, S. E., Edmonds, H. N., Smith, J. N., Kelly, R. P., Pilson, M. E. Q. ve Harrison, W. G. (2003). Does 234h/238U disequilibrium provide an accurate record of the export flux of particulate organic carbon from the upper ocean? *Limnology and Oceanography*. 48(3), 1018-1029.

Muller, M. R. Ve Middleton, J. (1994). A markov model of land-use change Dynamics in teh Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*. 9(2), 151-157.

Mundia, C. N. ve Aniya, M. (2005). Analysis of land use changes and urban expansion of Nairobi city using remote sensing and Geographical Information Systems. *International Journal of Remote Sensing*. 26(13), 2831-2849.

Murayama, Y. ve Thapa, R. B. (Eds.). (2011). *Spatial Analysis And Modeling In Geographical Transformation Process, GIS-Based Applications*. New York, Springer.

Musaoğlu, N., Şeker, D. Z., Kabdaşlı, S., Kaya, Ş. ve Duran, Z. (2004). Using remote sensing and GIS for the assessment of visual attributes: A case study of the south coastal zone of Turkey. *Frensenius Environmental Bulletin.* 13(9), 854-859.

Musaoğlu, N., Tanık, A. ve Kocabaş, V. (2005). Identification of land-cover changes through image processing and associated impacts on water reservoir conditions. *Environmental Management.* 35(2), 220-230.

Muttitanon W. ve Tripathi, N. K. (2005). Land use/land cover changes in teh coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat 5 TM data. *International Journal of Remote Sensing.* 26(11), 2311-2323.

Nagel, K., Rasmussen, S. ve Barett, C. (1997). Network traffic as a self-organized critical phenomenon. F. Schweitzer ve H. Haken (Eds.). *Self-Organization of Complex Structures: from Individual to Collective Dynamics,* (s. 579-592). London: Gordon and Breach.

Nechyba, T. J. ve Walsh, R. P. (2004). Urban sprawl. *The Journal of Economic Perspectives.* 18(4), 177-200.

Niss, M. (1989). Aims and scope of applications and modelling in mathematics curricula. W. Blum, J. S. Berry, R. Biehler, I. Huntlet, G. Kaiser-Messmer, L. Profke (Eds.), *Applications and Modelling in Learning and Teaching Mathematics.* Chichester: Ellis Horword.

Nyegers, T. L. (1995). Geographical information system support for urban/regional transportation analysis. S. Hanson (Eds.), *The Geography of Urban Transportation* içinde (s.240-268). New York: Guildford.

Odum, H. T. (1975). Macroscopic minimodels for balance of man and nature. B. C. Patten (Eds.), *In Systems Analysis and Simulation in Ecology* (4.Baskı) içinde, (s.250-280). New York: Academic Press.

Oindo, B. O. ve Skidmore A. K. (2003). Mapping habitat and biological diversity in the Maasai Mara ecosystem. *International Journal of Remote Sensing.* 24(5), 1053-1069.

Openshaw, S. (1994). A concept-rich approach to spatial analysis: Theory generation and scientific discovery in GIS using massively parallel computing. M. F. Worboys (Eds.), *Innovations in GIS I* içinde (s.123-138). London: Tylor & Francis.

Openshaw, S. ve Openshaw, C. (1997). *Artificial Intelligence in Geography.* New York: John Wiley.

Oruç, M., **Marangoz, A. M. ve Karakış, S.** (2007). Pan-sharp Landsat 7 ETM+ görüntüsü kullanılarak piksel-tabanlı ve nesne-tabanlı sınıflandırma yaklaşımlarının karşılaştırılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.* Ankara, 2-6 Nisan.

O'Sullivan, D. ve Torrens, P. M. (2000). Cellular models of urban systems. S. Bandini ve T. Worsch (Eds.), *Theoretical and Practical Issues on Cellular Automata* içinde (s. 108-117), London: Springer – Verlag.

Önalan, Ö. (2011). *Stokastik Süreçler.* İstanbul: Avcıol Basım Yayın.

Özdemir, H. (2008). Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde CBS-UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu. *DSİ XI. Bölge Müdürlüğü, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı*. 131-143, Edirne.

Özkarakoç, Y. (1973). *Kent planlamasında modeller: Dinamik bir konutsal alanlar-planlama tasarlama modeli,* (doktora tezi). İstanbul: İTÜ Mimarlık Fakültesi.

Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları.* İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Öztemel, E. (2006). Yapay sinir ağları. T. Ören, T. Üney ve R. Çölkesen (Eds.), *Türkiye Bilişim Ansiklopedisi* içinde (s. 926-931), İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Özyavuz, M. (2008). *Yıldız Dağları'nın İğneada – Demirköy arasında yer alan bölümünün biyosfer rezervi olarak planlanması,* (doktora tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi.

Özyavuz, M. (2011). Determination of temporal changes in lakes Mert and Erikli using remote sensing and Geographic Information Systems. *Journal of Coastal Research*. 27 (1), 174-182.

Packard, N. H. ve Wolfram, S. (1985). Two-dimensional cellular automata. *Journal of Statistical Physics.* 38(5-6), 901-946.

Papoulis, A. (1984). Brownian Movement and Markoff Processes. A. Papoulis (Eds.), *Probability, Random Variables and Stochastic Processes* (2. Baskı) içinde (s.515-553). New York: McGraw-Hill

Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J. Ve Deadman, P. (2003). Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: *A review. Annals of the Association of American Geographers.* 93(2), 314-337.

Patterson, D. W. (1996). *Artificial Neural Networks*. New York: Prenctice Hall.

Pavlov, D. ve Dimitrov, M. (2002). A syntaxonomic analysis of the floodplain forests in the maintained reserves "Dolna Topchiya" and "Balabana". *Hayka 3A TOPATA (Forest Science).* 1, 3-9.

Phadke, D. N. (2006). *Geographic Information Systems (GIS) in Library and Information Services.* New Delhi: Concept Publishing Company.

Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A. ve Manik, G. A. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A land transformation model. *Computers, Environment and Urban Systems*. 26(6), 553-575.

Preston, R. E. (2009). Walter Christaller's research on regional and rural development planning during World War II. *Papers in Metropolitan Studies.* METAR 52/2009. Berlin: Freie Universitat.

Portugali, J. (2006). *Complex Artificial Environments: Simulation, Cognition and VR in the Study and Planning Cities.* Berlin: Springer.

Prigogine, I. ve Stengers, I. (1984). *Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature.* London: Flamingo.

Radke, R. J., Andra, S., Al-Kofahi, O. ve Roysam, B. (2005). Image change detection algorithms: A systematic survey. *IEEE Transaction on Image Processing.* 14(3), 294-307.

Raina, P., Joshi, D. C. ve Kolarkar, A. S. (1993). Mapping of soil degradation by using remote sensing on alluvial plain, Rajasthan, India. *Arid Soil Research and Rehabilitaion.* 7, 145-161.

Richards, J. A. (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction.* (3. Baskı). Verlag Berlin Heidelberg: Springer.

Richards, J. A. (2005). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction.* (4. Baskı). Verlag Berlin Heidelberg: Springer.

Richards, J. A. ve Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis* .(4. Baskı). Verlag Berlin Heidelberg: Springer.

Rindfuss, R. R., Walsh, S. J, Turner II, B. L., Fox, J. ve Mishra, V. (2004). Developing a science of land change: Challenges and methodological

issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America.* 101(39), 13976-13981.

doi:10.1073/pnas.0401545101.

Robinson, V. B. (1978). Information theory and sequences of land use: an application. *The Professional Geographer*. 30(2), 174–179.

Robinson, D. T., Brown, D. G., Parker, D.C., Schreinemachers, P., Janssen, M. A., Huigen, M., Wittmer, H., Gotts, N., Promburom, P., Irwin, E., Berger, T., Gatzweiler, F. ve Barnaud, C. (2007). Comparison of empirical methods for building agent-based models in land use science. *Journal of Land Use Science*. 2(1),31-55.

Rodwin, L. (1950). The theory of residental growth and structure. *Apprasial Journal.* 18, 295-329.

Rogan, J., Miller, J., Stow, D., Franklin, J., Levien, L. ve Fischer, C. (2003). Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 69(7), 793-804.

Rossi, R., Gastaldi, M. ve Gecchele, G. (2012). Comparison of fuzzy-based and AHP methods in sustainability evaluation: a case of traffic pollution-reducing policies. *European Transport Research Review.* Published online. doi: 10.1007/s12544-012-0086-5

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. ve Williams, R. J. (1986). Learning internal representation by error propagation. D. E. Rumelhart ve J. L. McClelland (Eds.), *Parallel Distributed Processing* içinde. (s. 318-362). Cambridge: MIT Press.

Sabri, S., Ludin, M. M. ve Ho, C. S. (2011). Conceptual design for an integrated geosimulation and analytical network process (ANP) in gentrification appraisal. J. Stillwell ve M. Berkin (Eds.), *Applied Spatial Analysis and Policy* içinde [5(3), 253-271]. Netherlands: Springer. doi:10.1007/s12061-011-9069-5

Samat, N. (2000). *Ageographic information system and cellular automata spatial model of urban development for Penang State, Malaysia*. (doktora tezi). Leeds: School of Geography, University of Leeds.

Sasaki, Y. ve Box, P. (2003). Agentbased verification of von Thünen's location theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation.* 6(2). http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/9.html

Seçmen, Ö. ve Leblebici, E. (1991). Aquatic flora of thtace (Turkey). *Willdenowia.* 20(1/2), 53-66.

Schowengert, R. A. (2007). *Remote Sensing: Models And Methods For Image Processing.* (3. Baskı). Burlington, MA: Elsevier.

Schroeder, T. A., Cohen, W. B., Song, C., Canty, M. J. ve Yang, Z. (2006). Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in Western Oregon. *Remote Sensing of Environment.* 103(1), 16-26.

Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing.* 10(6), 989-1003.

Skidmore, A. (Eds.). (2002). *Environmental Modelling With GIS And Remote Sensing*. London: Taylor & Francis Group.

Small, C. ve Miller, R. B. (1999). Monitoring the Urban Environment from space. *The International Symposium on Digital Earth*. Beijing, Kasım.

Smits, P. C., Dellepiane, S. G. ve Schowengertdt, R. A. (1999). Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: A review and proposal for a cost-based approach. *International Journal of Remote Sensing.* 20(8), 1461-1486.

Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K., Lenney, M. P. ve Macomber, S. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data when and how to correct atmospheric effects. *Remote Sensing of Environment.* 75(2), 230-244.

Spanner, M. A., Pierce, L. L., Peterson, D. L. ve Running, S. W. (1990). Remote sensing of temperate coniferous forest leaf area index: the influence of canopy closure, understory vegetation and background reflectance. *International Journal of Remote Sensing.* 11(1), 95-111.

Star, J. ve Estes, J. E. (1990). *Geographic Information Systems: An Introduction*. Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.

Stefanoff, B. (1921). *Notes on the vegetation of Western Thrace.* Annuaire de l'Université de Sofia Faculté de Physique-Mathématique XV-XVI.

Stewart, W. J. (1995). *Introduction to the Numerical Solution of Markov Chains.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Stirzaker, D. (2005). *Stochastic Processes and Models.* Oxford: Oxford University Press.

Stojanoff, N. (1928). The forest Longoz along Kamchiya River and the Longozes an plant formation. *Gorski Pregled.* 7(8), 1-26.

Story, M. ve Congalton, R. G. (1986). Accuracy assessment: A user perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 52(3), 397-399.

Stow, D. A., Tinney L. R. ve Estes J. E. (1980). Deriving Land Use/Land Cover Change Statistics from Landsat: A Study of Prime Agricultural Land. *Proceedings of the 14th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. 2(1),227-238. San Jose, Costa Rica, April.

Sui, D. Z. (1998). GIS-based urban modelling: practices, problems, and prospects. *International Journal of Geographical Information Sciences.* 12(7), 651-671.

Teillet, P. M. (1986). Image correction for radiometric effects in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing.* 7(12), 1637-1651.

Teillet, P. M. ve Fedosejevs, G. (1995). On the dark target approach to atmospheric correction of remotely sensed data. *Canadian Journal of Remote Sensing.* 21(4), 374-387.

Theobald, D. M. ve Hobbs, N. T. (1998). Forecasting rural land-use change: a comparison of regression and spatial transition-based models. *Geographical and Environmental Modeling.* 2(1), 65-82.

Thome, K. J. (2002). Ground-look radiometric calibration approaches for remote sensing imagers in the solar reflective. ISPRS Comission I Symposium, Integrated Remote Sensing at the Global Regional and Local Scale. 10-15 November, Denver, CO, USA.

Thome, K. J., Biggar, S. F., Gellman, D. I., ve Slater, P. N. (1994). Absolute radiometric calibration of Landsat-5 Thematic Mapper and spaceborne thermal emission and reflection radiometer. In *Proceedings of the 1994 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '94).* California Institute of Technology, Pasadena, California, 8-12 August.

Thome, K. J., **Markham, B., Barker, J., Slater, P. ve Biggar, S.** (1997). Radiometric calibration of Landsat. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 63(7), 835-858.

Tiwari, D. P. (2003). Remote sensing and GISfor efficient urban planning in India. *Map Asia Conference*. Dew Delhi, 21-28 Ocak. http://www.gisdevelopment.net/Application/urban/overview/pdf/ma03032.pdf

Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat (2008). T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.

Torrens, P. M. (2000). How cellular models of urban systems work. *CASA, Centre for Advanced Spatial Analysis Working Paper Series*, Paper 28, Uiversity College London.

Torrens, P. M. (2003). Automata-based models of urban systems. P. Longley ve M. Batty (Eds.), *Advanced Spatial Analysis* içinde (s. 61-79). Redlands: ESRI Press.

Torrens, P. M. (2009). Cellular automata. R. Kitchin ve N. Thrift (Eds.), *International Encyclopedia of Human Geography* içinde (s. 1-4). London: Elsevier.

Torrens, P. M. (2011). Calibrating and validating cellular automata models of urbanization. X. Yang (Eds.), *Urban Remote Sensing: Monitoring, synthesis and modeling in urban environment* içinde (s. 335-345). Chichester: John Wiley and Sons.

Tou, J. T. ve Gonzales, R. C. (1974). *Pattern recognition principles.* Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.

Treitz, P. M., Howard, P. J. ve Gong P. (1992). Application of satellite and GIS Technologies for land-cover and land-use mapping at the rural-urban fringe: A case study. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 58(4), 439-448.

Turner II, B. L., Clark, W. C., Kates, R. W., Richards, J. F., Mathews, J. T. ve Meyer, W. B. (Eds.). (1990). *The Earth As Transformed By Human*

Action: Global And Regional Changes In The Biosphere Over The Past 300 Years. Cambridge: Cambridge University Press.

Turner, B.L. II and W.B. Mayer. (1994). *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.

Türe, C. (2001). A description of the vegetation mosaic of the forests of Yirce and Muratdere (Bilecik-Bursa, Turkey) by satellite remote sensing. *Turkish Journal of Botany, Tübitak.* 24, 47-66.

Ulam, S. M. (1976). *Adventures of a Mathematician.* New York: Charles Scribner's Sons.

Vardar, A., Eker, B. Ve Durgut, M. R. (2005). Rüzgar enerjisi açısından Trakya Yöresi yüzey pürüzlülük haritası. *3e Electrotech Aylık Enerji, Elektrik, Elektrik Teknolojileri Dergisi.* 129(3), 116-120.

Von Thünen, J. H. (1966). *von Thünen's Isolated State.* (Çeviri:C. M. Wartenberg. Eds.:P. Hall. Orijinal: Almanca, 1826). Oxford: Pergamon Press.

Ward, D., Phinn, S. R. ve Murray, A. T. (2000). Monitoring growth in rapidly urbanizing areas using remotely sensed data. *Professional Geographer.* 52(3), 371-386. doi:10.1111/0033-0124.00232

Warner, B. ve Misra, M. (1996). Understanding neural networks as a stat,st,cal tools. *The American Statistician.* 50(4), 284-293.

Warner, T. A., Nellis, M. D. Ve Foody, G. M. (Eds.). (2009). *The SAGE Handbook of Remote Sensing.* London: SAGE Publications Ltd.

Weisner, C. ve Cowen, D. J. (1997). Modeling urban dynamics with artificial neural networks and GIS. *Proceedings, Auto Carto*. 13(5), 66-75.

Weisstein, E. W. (2012). *"Markov Chain."* From MathWorld-A Wolfram Web Source. http://mathworld.wolfram.com/MarkovChain.html. Alındığı tarih: 20.09.2012.

Weng, Q. (2002). Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management.* 64(3), 273-284.

Weng, Q. (2010). Urban environmental studies. B. Warf (Eds.). *Encyclopedia of Geography* içinde, (s. 2927-2933). Thousand Oaks, CA: Sage Reference.

Westmoreland, S. ve Stow, D. A. (1992). Category identification of changed land-use polygons in an integrated image processing / Geographic Information System. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 58(11), 1593-1599.

Wheeler, J. O., Muller, P. O., Thrall, G. I. ve Kik, T. J. (1998). *Economic Geography.* New York: John Wiley & Sons.

White, R. ve Engelen, G. (1993). Cellular automata and fractal urban form: A cellular modelling approach to the evolution of land-use patterns: A cellular automata approach. *Environment and Planning A.* 25(8), 175-199.

White, R. ve Engelen, G. (1997). Cellular automatas the basis of integrated dynamic regional modelling. *Environment and Planning B.* 24(2), 235-246.

White, R. ve Engelen, G. (2000). High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, Environment and Urban Systems.* 24, 383-400.

Wilson, A. G. (1981). *Catastrophe Theory and Bifurcation: Applications to Urban and Regional Systems.* London: Croom Helm.

Wilson, J. S., Clay, M., Martin, E., Stuckey, D. ve Vedder-Risch, K. (2003). Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. *Remote Sensing of Environment.* 86(3), 303-321.

Wolfram, S. (1984). Cellular automata as models of complexity. *Nature.* 311, 419-424.

Wooldridge, M. ve Jennings, N. R. (Ed.). (2005). Intelligent Agents --- Theories, Architectures, and Languages. Volume 890 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer-Verlag.

Wu, F. (1998). Simulating urban encroachment on rural land with fuzzy-logic-controlled cellular automata in a geographical information systems. *Journal of Environmental Management.* 53(4), 293-308.

Wu. F. (2002). Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural-urban land conversions. International *Journal of Geographic Information Science*. 16(8), 795-818.

Xu, Q., Wang, W., Pu, Y. ve Zhong, H. (2012). Unsupervised change detection based on iterative histogram matching and bayesian decision of thresholding. *5. International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization.* Harbin, 23-26 Haziran. doi:10.1109/CSO.2012.90

Yan, Y., Yang, S., Wang, D. ve Wang, D. (2010). Agent based evolutionary dynamic optimization. *Agent-Based Evolutionary Search.* 5, 97-116. doi: 10.1007/978-3-642-13425-8_5.

Yang, X. ve Lo, C. P. (2000). Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 66(8), 967-980.

Yang, Z., Zhang, W., Wang, W. ve Xu, Q. (2011). Change detection based on iterative invariant area histogram matching. *Geoinfarmatics, 19th International Conference*. Shangai, 24-26 Haziran.

doi:10.1109/GeoInformatics.2011.5981108.

Yeh, A. G. O. ve Li, X. (1997). An integrated remote sensing-GIS approach in the monitoring and evaluation of rapid urban growth for sustainable development in the Pearl River Delta, China. *International Planning Studies.* 2(2), 193-210. doi: 10.1080/13563479708721678

Yeh, A. G. O. ve Li, X. (2002). Urban simulation using neural networks and cellular automata for land use planning. Commission IV Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. Ottowa, 9-12 July.

Yeh, A. G. O. ve Li, X. (2003). Simulation of development alternatives using neural Networks, cellular automata, and GIS for urban planning. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 69(9), 1043-1052.

Yeh, A. G. O. ve Li, X. (2006). Error and uncertainties in urban cellular automata. *Computers, Environment, and Urban Systems.* 30(1), 10-28.

Yener, H., Koç., A. ve Çoban, H. O. (2006). Uzaktan algılama verilerinde sınıflandırma doğruluğunun belirlenmesi yöntemleri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi.* Seri B, 56(2), 71-88.

Yörükan, A. (1968). *Şehir Sosyolojisinin Teorik Temelleri.* Ankara: İmar ve İskan Bakanlığı Yayınları.

Yüksek, A. G., Bircan, H., Zontul, M. ve Kaynar, O. (2007). Sivas ilinde yapay sinir ağları ile hava kalitesi modelinin oluşturulması üzerine bir uygulama. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 8(1), 97-112.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*. 8, 338-353.

Zadeh, L. A. (1971). Towards a theory of fuzzy systems. R. E. Kalman and N. DeClaris (Eds.), Aspects of Network and Systems Theory içinde. Winston: Holt Rinehart.

Zadeh, L. A. (1975a). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences, Part I.* 8(3): 199–249.

Zadeh, L. A. (1975b). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences, Part II*. 8(4): 301–57.

Zadeh, L. A. (1975c). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences, Part III.* 9(1): 43–80.

Zhang, X. F., Sun, Q., ve Li, J. (2009). Optimal band selection for high dimensional remote sensing data using genetic algorithm. X. F. Zhang, J. Li, G. Liu, ve X. Yang (Eds.). Second International Conference on Earth Observation for Global Changes. Proceedings of the SPIE. 7471, 62. doi: 10.1117/12.847907

Zimmermann, H. J. (1985). *Fuzzy set theory and its applications.* Dordrecht, Netherlands: Kluwer-Nijhoff Publishing.

Zimmermann, H. J. (1987). *Fuzzy sets, decision making, and expert systems*. Boston: Kluwer Academic.

Zimmermann, H. J. (1991). *Fuzzy set theory and its applications*. (2. Baskı). London: Kluwer Academic.

Url-1<*http://teacherweb.ftl.pinecrest.edu/snyderd/MWH/AP/APGeographers.htm*>, alındığı tarih: 18.09.2012.

Url-2<*http://study.abingdon.org.uk/geography/new/AS/AS_settlement/*>, alındığı tarih: 18.09.2012.

Url-3<*http://study.abingdon.org.uk/geography/new/AS/AS_settlement/*>, alındığı tarih: 19.09.2012.

Url-4<*http://study.abingdon.org.uk/geography/new/AS/AS_settlement/*>, alındığı tarih: 19.09.2012.

Url-5<*http://gwydir.demon.co.uk/jo/numbers/interest/i.htm*>, alındığı tarih: 20.09.2012.

Url-6 <*http://members.comu.edu.tr/iturkyilmaz/BM229Dersler/ders09.pdf*>, alındığı tarih: 01.12.2012.

Url-7<*http://users.ics.aalto.fi/ahonkela/dippa/node41.html*>, alındığı tarih: 30.11.2012.

Url-8<*http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Uzakliklar/illerAras Mesafe .aspx* >, alındığı tarih: 20.10.2011.

Url-9<*http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/DepremHaritalari.aspx*>, alındığı tarih: 11.11.2012.

Url-10<*http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m =KIRKLARELI*>, alındığı tarih: 12.11.2012.

Url-11<*http://www.panoramio.com/photo/4804135*>, alındığı tarih: 13.11.2012.

Url-12<*http://www.panoramio.com/photo/4804254*>, alındığı tarih: 13.11.2012.

Url-13<*http://www.milliparklar.gov.tr/mp/igneadalongozormanlari/sayfa3.htm*>, alındığı tarih: 16.11.2012.

Url-14<*http://www.longozukoru.org/longoz/detay/Kumul-Bitkileri/24/16/0*>,alındığı tarih: 18.11.2012.

Url-15<*http://bolge1.ormansu.gov.tr/1bolge/AnaSayfa/igneadamp/igneadampflora .aspx? sflang =tr*>, alındığı tarih: 18.11.2012.

Url-16< *http://www.longozukoru.org/longoz/detay/Memeliler/16/9/0*>, alındığı tarih: 18.11.2012.

Url-17<*http://www.igneada.bel.tr/i5.html* >, alındığı tarih: 18.11.2012.

Url-18<*http://www.demirkoyhem.gov.tr/yerel/fauna.asp*>, alındığı tarih: 19.11.2012.

Url-19<*http://bolge1.ormansu.gov.tr/1bolge/AnaSayfa/igneadamp/igneada ptanitim.aspx?sflang=tr*>, alındığı tarih: 19.11.2012.

Url-20<*http://www.thegef.org/gef/project_list*>, alındığı tarih: 19.11.2012.

Url-21<*http://www.igneada.bel.tr/i3.html* >, alındığı tarih: 10.11.2012.

Url-22<*http://www.longozukoru.org/termik-santral/detay/Genel-Bilgi/51/51/0*>, alındığı tarih: 15.11.2012

Url-23<*http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch6en/conc6en/vonthunen.html.*>, alındığı tarih: 20.09.2012

Url-24<*http://www.stephenwolfram.com/publications/articles/ca/*>, alındığı tarih: 25.09.2012.

Url-25<*http://www.tugem.gov.tr/*>, alındığı tarih: 25.09.2012.

EKLER

EK A: Çizelgeler

Çizelge A.1 : Yerleşim - topoğrafya ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yükseklik (m)	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25 - 50	19,36	35,61	23,88	35,90	42,03	39,81	55,35	43,37
50 - 75	23,93	44,02	27,59	41,48	37,98	35,98	42,63	33,40
75 - 100	5,94	10,93	6,85	10,30	14,04	13,30	16,23	12,72
100 - 125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,34	1,17	0,92
125 - 150	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150 - 175	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175 - 200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
200 - 225	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
225 - 250	2,78	5,11	5,40	8,12	6,84	6,48	7,20	5,64
250 - 275	2,35	4,32	2,70	4,06	4,14	3,92	4,86	3,81
275 - 300	0,00	0,00	0,09	0,14	0,18	0,17	0,18	0,14
300 - 325	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
325 - 350	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
350 - 375	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge A.2 : Yerleşim - arazi eğimi ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Eğim %	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 5	22,44	41,28	26,72	40,17	41,82	43,10	50,54	39,60
5 10	24,41	44,90	30,05	45,18	41,63	42,91	56,17	44,01
10 15	6,61	12,16	8,03	12,07	10,56	10,88	13,53	10,60
15 - 20	0,72	1,32	1,44	2,17	2,02	2,08	3,69	2,89
20 - 25	0,18	0,33	0,27	0,41	0,54	0,56	1,17	0,92
25 - 30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,37	0,90	0,71
30 - 35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	1,26	0,99
35 - 40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,14
40 +	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,14

Çizelge A.3 : Yerleşim - bakı ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yön	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
Düz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kuzey	8,47	15,58	11,25	15,01	12,86	13,25	14,96	11,72
Kuzeydoğu	6,07	11,17	8,73	11,64	10,32	10,64	11,13	8,72
Doğu	5,58	10,26	8,55	11,40	10,16	10,47	12,92	10,12
Güneydoğu	3,67	6,75	5,67	7,56	11,75	12,11	17,48	13,70
Güney	8,23	15,14	10,17	13,57	15,74	16,22	21,75	17,04
Güneybatı	10,91	20,07	14,58	19,45	16,34	16,84	19,72	15,45
Batı	7,19	13,23	7,65	10,20	9,15	9,43	13,71	10,74
Kuzeybatı	4,24	7,80	8,37	11,16	10,70	11,03	15,95	12,50

Çizelge A.4 : Yerleşim - denize uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Denize Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	0,09	0,16	0,27	0,41	1,44	1,48	7,75	6,07
100-250	16,66	30,65	17,87	26,87	26,29	27,10	32,55	25,51
250-500	22,45	41,30	25,88	38,91	35,81	36,91	45,96	36,01
500-1000	3,98	7,32	6,68	10,04	12,99	13,39	18,09	14,17
1000-1500	6,05	11,13	7,62	11,46	9,33	9,62	10,59	8,30
1500-2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,34
2000-2500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2500-3000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3000-3500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3500+	5,13	9,44	8,19	12,31	11,16	11,50	12,24	9,59

Çizelge A.5 : Yerleşim - suya uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Suya Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	1,67	1,31
100-250	0,00	0,00	0,00	0,00	4,41	4,55	7,26	5,69
250-500	0,27	0,50	1,26	1,89	4,50	4,64	12,24	9,59
500-1000	24,67	45,38	26,62	40,02	34,54	35,60	41,94	32,86
1000-1500	3,67	6,75	4,23	6,36	4,48	4,62	5,31	4,16
1500-2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000-2500	1,07	1,97	2,16	3,25	2,82	2,91	3,78	2,96
2500-3000	4,15	7,63	4,29	6,45	9,04	9,32	11,42	8,95
3000-3500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,64	0,81	0,63
3500+	20,53	37,77	27,95	42,02	36,52	37,64	43,19	33,84

Çizelge A.6 : Yerleşim - yola uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yola Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	19,67	36,18	33,61	50,53	35,64	36,73	46,53	36,46
100-250	20,45	37,62	22,38	33,65	33,39	34,42	52,83	41,40
250-500	14,24	26,20	10,52	15,82	27,99	28,85	28,26	22,14
500-1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1000-1500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1500-2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000-2500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2500-3000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3000-3500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3500+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge A.7 : Longoz ormanı - topoğrafya ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yükseklik (m)	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,02	0,36	0,02
25 - 50	747,99	49,96	752,94	49,77	771,75	50,23	830,07	52,23
50 - 75	732,96	48,96	715,14	47,27	731,61	47,62	728,28	45,82
75 - 100	8,82	0,59	21,51	1,42	11,52	0,75	14,58	0,92
100 - 125	0,99	0,07	9,54	0,63	2,34	0,15	2,88	0,18
125 - 150	0,27	0,02	6,75	0,45	3,42	0,22	3,60	0,23
150 - 175	0,63	0,04	3,42	0,23	2,70	0,18	2,07	0,13
175 - 200	0,36	0,02	0,45	0,03	2,34	0,15	2,16	0,14
200 - 225	2,61	0,17	1,17	0,08	5,31	0,35	2,34	0,15
225 - 250	1,44	0,10	1,44	0,10	2,88	0,19	1,98	0,12
250 - 275	0,54	0,04	0,27	0,02	1,35	0,09	0,54	0,03
275 - 300	0,45	0,03	0,09	0,01	0,63	0,04	0,09	0,01
300 - 325	0,00	0,00	0,18	0,01	0,09	0,01	0,18	0,01
325 - 350	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,01	0,18	0,01
350 - 375	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge A.8 : Longoz ormanı - arazi eğimi ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Eğim %	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 5	951,39	63,55	942,03	62,27	965,61	62,85	992,88	62,47
5 10	438,84	29,31	430,29	28,44	448,38	29,18	469,62	29,55
10 15	87,30	5,83	95,85	6,34	87,21	5,68	99,45	6,26
15 - 20	16,02	1,07	27,09	1,79	21,15	1,38	18,45	1,16
20 - 25	2,61	0,17	11,70	0,77	8,19	0,53	6,12	0,39
25 - 30	0,45	0,03	3,78	0,25	3,78	0,25	2,07	0,13
30 - 35	0,27	0,02	1,53	0,10	1,44	0,09	0,72	0,05
35 - 40	0,00	0,00	0,45	0,03	0,45	0,03	0,00	0,00
40 +	0,18	0,01	0,18	0,01	0,27	0,02	0,00	0,00

Çizelge A.9 : Longoz ormanı - bakı ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yön	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
Düz	23,40	1,56	23,40	1,55	23,85	1,55	24,21	1,52
Kuzey	204,12	13,63	203,04	13,42	199,08	12,96	211,86	13,33
Kuzeydoğu	221,67	14,81	214,65	14,19	220,95	14,38	227,43	14,31
Doğu	192,06	12,83	195,66	12,93	200,52	13,05	206,64	13,00
Güneydoğu	193,23	12,91	195,12	12,90	200,88	13,07	203,58	12,81
Güney	197,55	13,20	198,81	13,14	207,72	13,52	215,28	13,55
Güneybatı	149,94	10,02	153,27	10,13	159,57	10,39	163,35	10,28
Batı	148,77	9,94	150,57	9,95	155,43	10,12	162,45	10,22
Kuzeybatı	166,32	11,11	178,38	11,79	168,48	10,97	174,51	10,98

Çizelge A.10 : Longoz ormanı - denize uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Denize Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	0,81	0,05	0,99	0,07	0,63	0,04	0,00	0,00
100-250	29,25	1,95	38,25	2,53	30,33	1,97	24,30	1,53
250-500	57,69	3,85	60,21	3,98	58,50	3,81	56,43	3,55
500-1000	135,81	9,07	142,56	9,42	140,85	9,17	162,81	10,24
1000-1500	150,93	10,08	156,69	10,36	164,43	10,70	180,45	11,35
1500-2000	172,89	11,55	180,54	11,93	186,93	12,17	197,10	12,40
2000-2500	182,52	12,19	189,36	12,52	163,71	10,65	202,32	12,73
2500-3000	159,75	10,67	164,52	10,87	156,69	10,20	173,70	10,93
3000-3500	149,49	9,99	135,27	8,94	126,27	8,22	134,10	8,44
3500+	457,92	30,59	444,51	29,38	508,14	33,07	458,10	28,82

Çizelge A.11 : Longoz ormanı - suya uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Suya Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	19,62	1,31	20,52	1,36	20,61	1,34	16,11	1,01
100-250	36,99	2,47	41,76	2,76	43,92	2,86	41,49	2,61
250-500	121,32	8,10	123,39	8,16	128,07	8,34	138,06	8,69
500-1000	297,81	19,89	310,14	20,50	303,75	19,77	311,40	19,59
1000-1500	222,93	14,89	247,77	16,38	221,40	14,41	251,10	15,80
1500-2000	148,41	9,91	149,58	9,89	127,53	8,30	176,76	11,12
2000-2500	110,97	7,41	92,79	6,13	88,11	5,73	109,08	6,86
2500-3000	99,81	6,67	78,93	5,22	80,46	5,24	88,02	5,54
3000-3500	94,41	6,31	79,56	5,26	81,00	5,27	79,74	5,02
3500+	344,79	23,03	368,46	24,35	441,63	28,74	377,55	23,76

Çizelge A.12 : Longoz ormanı - yola uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yola Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	88,38	5,90	87,66	5,79	80,28	5,22	77,13	4,85
100-250	169,02	11,29	162,09	10,71	157,14	10,23	154,26	9,71
250-500	195,75	13,08	163,35	10,80	179,37	11,67	170,64	10,74
500-1000	276,93	18,50	264,87	17,51	306,09	19,92	331,65	20,87
1000-1500	294,84	19,69	312,30	20,64	298,44	19,42	342,63	21,56
1500-2000	254,07	16,97	245,70	16,24	238,95	15,55	249,93	15,73
2000-2500	112,50	7,51	119,34	7,89	114,48	7,45	116,37	7,32
2500-3000	67,41	4,50	78,93	5,22	85,50	5,56	80,19	5,05
3000-3500	31,14	2,08	46,98	3,11	49,50	3,22	38,70	2,44
3500+	7,02	0,47	31,59	2,09	26,73	1,74	27,81	1,75

Çizelge A.13 : Longoz ormanı - yerleşime uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yerleşime Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100-250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,04
250-500	0,00	0,00	0,36	0,02	0,00	0,00	10,53	0,66
500-1000	18,18	1,21	25,38	1,68	23,22	1,51	41,67	2,62
1000-1500	80,37	5,37	84,60	5,59	87,39	5,69	99,36	6,25
1500-2000	129,15	8,63	126,00	8,33	128,16	8,34	146,88	9,24
2000-2500	138,69	9,26	125,91	8,32	131,76	8,58	144,27	9,08
2500-3000	148,95	9,95	128,61	8,50	129,69	8,44	137,25	8,64
3000-3500	136,98	9,15	129,06	8,53	123,75	8,05	127,89	8,05
3500+	844,74	56,43	892,98	59,02	912,51	59,39	880,83	55,42

Çizelge A.14 : Orman - topoğrafya ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yükseklik (m)	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 25	2,70	0,02	3,15	0,02	2,97	0,02	2,88	0,02
25 - 50	888,21	5,90	856,71	5,39	1.009,98	6,07	1.063,62	6,43
50 - 75	3.066,39	20,38	3.332,07	20,96	3.461,22	20,79	3.468,33	20,95
75 - 100	3.145,41	20,91	3.369,24	21,19	3.456,27	20,76	3.520,98	21,27
100 - 125	2.333,07	15,51	2.468,97	15,53	2.520,45	15,14	2.600,82	15,71
125 - 150	1.756,53	11,67	1.827,81	11,50	1.917,99	11,52	1.850,31	11,18
150 - 175	1.267,74	8,43	1.331,73	8,38	1.431,72	8,60	1.323,90	8,00
175 - 200	951,30	6,32	1.025,55	6,45	1.118,70	6,72	1.017,54	6,15
200 - 225	783,09	5,20	745,74	4,69	830,70	4,99	764,19	4,62
225 - 250	462,96	3,08	481,23	3,03	480,60	2,89	483,12	2,92
250 - 275	221,94	1,48	268,38	1,69	244,80	1,47	270,81	1,64
275 - 300	87,84	0,58	107,01	0,67	91,17	0,55	106,56	0,64
300 - 325	41,49	0,28	43,92	0,28	41,40	0,25	43,20	0,26
325 - 350	27,63	0,18	28,44	0,18	27,18	0,16	27,63	0,17
350 - 375	9,72	0,06	9,72	0,06	9,90	0,06	9,72	0,06

Çizelge A.15 : Orman - arazi eğimi ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Eğim %	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 5	5438,43	36,15	5862,24	36,87	6074,91	36,50	6267,24	37,86
5 10	5516,10	36,66	5863,41	36,88	6186,69	37,17	6035,85	36,46
10 15	2363,76	15,71	2435,04	15,32	2569,68	15,44	2475,18	14,95
15 - 20	955,80	6,35	963,27	6,06	1006,38	6,05	986,58	5,96
20 - 25	455,85	3,03	456,75	2,87	476,10	2,86	467,46	2,82
25 - 30	199,71	1,33	199,44	1,25	206,19	1,24	202,95	1,23
30 - 35	83,70	0,56	85,05	0,53	87,57	0,53	84,87	0,51
35 - 40	24,21	0,16	26,91	0,17	27,81	0,17	25,56	0,15
40 +	8,46	0,06	7,56	0,05	9,72	0,06	7,92	0,05

Çizelge A.16 : Orman - bakı ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yön	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
Düz	148,77	0,99	158,13	0,99	166,32	1,00	166,32	1,00
Kuzey	1925,37	12,80	2042,46	12,85	2137,68	12,84	2076,21	12,54
Kuzeydoğu	2352,60	15,64	2506,95	15,77	2602,53	15,64	2609,91	15,77
Doğu	2237,31	14,87	2363,58	14,87	2461,32	14,79	2477,61	14,97
Güneydoğu	2098,17	13,95	2260,08	14,21	2352,42	14,13	2393,46	14,46
Güney	2010,69	13,36	2175,30	13,68	2229,66	13,40	2274,57	13,74
Güneybatı	1580,76	10,51	1655,37	10,41	1768,50	10,62	1726,83	10,43
Batı	1255,50	8,34	1256,76	7,90	1360,80	8,18	1303,47	7,87
Kuzeybatı	1436,85	9,55	1481,04	9,31	1565,82	9,41	1525,23	9,21

Çizelge A.17 : Orman - denize uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Denize Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	37,17	0,25	37,08	0,23	50,22	0,30	42,39	0,26
100-250	163,44	1,09	160,02	1,01	202,05	1,21	218,97	1,32
250-500	311,31	2,07	303,57	1,91	338,22	2,03	427,32	2,58
500-1000	757,62	5,04	768,60	4,83	814,32	4,89	932,49	5,63
1000-1500	755,01	5,02	874,17	5,50	880,38	5,29	954,72	5,77
1500-2000	752,13	5,00	787,14	4,95	840,96	5,05	895,05	5,41
2000-2500	779,67	5,18	789,84	4,97	867,69	5,21	919,17	5,55
2500-3000	855,09	5,68	847,35	5,33	978,39	5,88	959,58	5,80
3000-3500	920,61	6,12	882,45	5,55	1001,07	6,01	943,38	5,70
3500+	9713,97	64,56	10449,45	65,72	10671,75	64,11	10260,54	61,98

Çizelge A.18 : Orman - suya uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Suya Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	46,17	0,31	45,72	0,29	52,11	0,31	47,34	0,29
100-250	106,56	0,71	104,40	0,66	104,04	0,63	101,61	0,61
250-500	256,32	1,70	274,95	1,73	279,00	1,68	243,00	1,47
500-1000	874,80	5,81	871,29	5,48	889,56	5,34	854,46	5,16
1000-1500	1097,73	7,30	1096,38	6,90	1154,79	6,94	1107,54	6,69
1500-2000	1073,16	7,13	1078,92	6,79	1184,94	7,12	1157,94	7,00
2000-2500	1048,05	6,97	958,05	6,03	1118,61	6,72	1082,79	6,54
2500-3000	1034,55	6,88	1014,48	6,38	1095,21	6,58	1120,41	6,77
3000-3500	981,99	6,53	1033,29	6,50	1031,04	6,19	1137,96	6,87
3500+	8526,69	56,67	9422,19	59,26	9735,75	58,49	9700,56	58,60

Çizelge A.19 : Orman - yola uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yola Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	1152,72	7,66	1163,61	7,32	1201,68	7,22	1194,93	7,22
100-250	1712,88	11,38	1768,59	11,12	1790,82	10,76	1776,42	10,73
250-500	2518,74	16,74	2668,86	16,79	2682,63	16,12	2636,73	15,93
500-1000	3655,53	24,30	3917,97	24,64	4160,43	24,99	4026,60	24,32
1000-1500	2195,91	14,59	2314,53	14,56	2456,73	14,76	2474,82	14,95
1500-2000	1332,81	8,86	1474,38	9,27	1573,83	9,46	1581,66	9,55
2000-2500	941,76	6,26	1008,99	6,35	1084,86	6,52	1144,89	6,92
2500-3000	636,57	4,23	644,76	4,06	711,00	4,27	743,67	4,49
3000-3500	378,54	2,52	398,97	2,51	406,08	2,44	417,42	2,52
3500+	520,56	3,46	539,01	3,39	576,99	3,47	556,47	3,36

Çizelge A.20 : Orman - yerleşime uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yerleşime Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	42,30	0,28	47,97	0,30	54,00	0,32	49,32	0,30
100-250	95,85	0,64	78,66	0,49	106,74	0,64	112,68	0,68
250-500	233,19	1,55	218,43	1,37	240,84	1,45	279,63	1,69
500-1000	549,00	3,65	581,31	3,66	648,54	3,90	708,66	4,28
1000-1500	500,67	3,33	574,02	3,61	630,09	3,79	709,11	4,28
1500-2000	706,32	4,69	701,1	4,41	867,33	5,21	849,33	5,13
2000-2500	902,34	6,00	885,06	5,57	1022,76	6,14	1037,52	6,27
2500-3000	1097,55	7,29	1112,85	7,00	1194,93	7,18	1236,51	7,47
3000-3500	1143,00	7,60	1221,93	7,69	1306,35	7,85	1342,44	8,11
3500+	9775,80	64,97	10478,34	65,90	10573,47	63,52	10228,41	61,79

Çizelge A.21 : Tarım alanı / açık alan - topoğrafya ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yükseklik (m)	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 25	19,80	0,78	19,98	1,03	17,64	1,03	18,36	1,16
25 - 50	615,96	24,33	501,39	25,84	445,77	26,14	439,83	27,77
50 - 75	639,54	25,26	447,84	23,08	412,47	24,19	402,84	25,44
75 - 100	348,21	13,75	311,40	16,05	247,14	14,49	228,33	14,42
100 - 125	103,32	4,08	79,47	4,10	57,33	3,36	42,66	2,69
125 - 150	132,66	5,24	108,18	5,58	70,11	4,11	83,43	5,27
150 - 175	148,95	5,88	133,74	6,89	111,51	6,54	110,79	7,00
175 - 200	182,34	7,20	135,99	7,01	111,69	6,55	106,56	6,73
200 - 225	124,02	4,90	83,25	4,29	77,13	4,52	54,00	3,41
225 - 250	102,69	4,06	70,65	3,64	71,64	4,20	57,42	3,63
250 - 275	80,19	3,17	35,82	1,85	53,28	3,12	28,80	1,82
275 - 300	29,43	1,16	10,98	0,57	25,92	1,52	9,81	0,62
300 - 325	3,51	0,14	1,08	0,06	3,24	0,19	0,90	0,06
325 - 350	0,81	0,03	0,09	0,00	0,18	0,01	0,00	0,00
350 - 375	0,18	0,01	0,18	0,01	0,09	0,01	0,00	0,00

Çizelge A.22 : Tarım alanı / açık alan - arazi eğimi ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Eğim %	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0 - 5	1121,85	44,31	910,62	46,96	811,08	47,57	748,08	47,24
5 10	963,54	38,06	723,69	37,32	645,75	37,87	591,75	37,36
10 15	287,10	11,34	195,93	10,10	171,99	10,09	161,19	10,18
15 - 20	97,38	3,85	70,56	3,64	53,28	3,12	53,37	3,37
20 - 25	37,44	1,48	24,39	1,26	16,20	0,95	18,09	1,14
25 - 30	14,04	0,55	9,09	0,47	5,31	0,31	6,30	0,40
30 - 35	5,67	0,22	2,79	0,14	1,44	0,08	2,34	0,15
35 - 40	3,87	0,15	0,90	0,05	0,09	0,01	2,07	0,13
40 +	0,72	0,03	1,07	0,06	0,00	0,00	0,54	0,03

Çizelge A.23 : Tarım alanı / açık alan - bakı ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yön	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
Düz	28,89	1,14	23,85	1,23	19,71	1,16	19,44	1,23
Kuzey	327,69	12,94	235,89	12,16	214,20	12,56	200,52	12,66
Kuzeydoğu	405,09	16,00	311,67	16,07	287,73	16,87	256,23	16,18
Doğu	379,80	15,00	291,24	15,01	271,53	15,92	253,26	15,99
Güneydoğu	393,66	15,55	300,15	15,47	266,13	15,61	250,92	15,84
Güney	377,82	14,92	281,70	14,52	236,16	13,85	225,36	14,23
Güneybatı	255,60	10,10	204,48	10,54	166,50	9,76	150,84	9,52
Batı	162,18	6,41	139,95	7,21	108,54	6,37	100,08	6,32
Kuzeybatı	200,88	7,93	151,11	7,79	134,64	7,90	127,08	8,02

Çizelge A.24 : Tarım alanı / açık alan - denize uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Denize Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	87,66	3,46	93,96	4,84	66,24	3,88	84,69	5,35
100-250	111,96	4,42	113,04	5,83	76,95	4,51	82,98	5,24
250-500	164,43	6,50	180,45	9,30	140,40	8,23	122,76	7,75
500-1000	232,38	9,18	276,75	14,27	227,25	13,33	175,95	11,11
1000-1500	134,73	5,32	133,83	6,90	136,35	8,00	108,63	6,86
1500-2000	142,56	5,63	98,01	5,05	83,61	4,90	105,84	6,68
2000-2500	116,73	4,61	63,99	3,30	71,19	4,18	69,57	4,39
2500-3000	95,04	3,75	44,73	2,31	36,72	2,15	34,56	2,18
3000-3500	72,27	2,85	74,34	3,83	32,94	1,93	60,57	3,82
3500+	1373,85	54,27	860,94	44,38	833,49	48,88	738,18	46,61

Çizelge A.25 : Tarım alanı / açık alan - suya uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Suya Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	5,13	0,20	0,99	0,05	4,41	0,26	3,96	0,25
100-250	19,62	0,78	9,18	0,47	13,77	0,81	11,79	0,74
250-500	55,62	2,20	27,81	1,43	32,40	1,90	46,35	2,93
500-1000	113,85	4,50	89,82	4,63	88,11	5,17	105,30	6,65
1000-1500	109,08	4,31	48,42	2,50	57,24	3,36	66,33	4,19
1500-2000	165,51	6,54	58,41	3,01	73,89	4,33	48,24	3,05
2000-2500	105,66	4,17	82,53	4,25	56,25	3,30	69,39	4,38
2500-3000	144,18	5,70	137,25	7,07	126,36	7,41	106,38	6,72
3000-3500	117,36	4,64	131,76	6,79	128,70	7,55	82,08	5,18
3500+	1695,60	66,98	1353,87	69,79	1124,01	65,92	1043,91	65,91

Çizelge A.26 : Tarım alanı / açık alan - yola uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yola Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	88,38	5,90	87,66	5,79	80,28	5,22	77,13	4,85
100-250	169,02	11,29	162,09	10,71	157,14	10,23	154,26	9,71
250-500	195,75	13,08	163,35	10,80	179,37	11,67	170,64	10,74
500-1000	276,93	18,50	264,87	17,51	306,09	19,92	331,65	20,87
1000-1500	294,84	19,69	312,39	20,65	298,44	19,42	342,63	21,56
1500-2000	254,07	16,97	245,70	16,24	238,95	15,55	249,93	15,73
2000-2500	112,50	7,51	119,34	7,89	114,48	7,45	116,37	7,32
2500-3000	67,41	4,50	78,93	5,22	85,50	5,56	80,19	5,05
3000-3500	31,14	2,08	46,98	3,11	49,50	3,22	38,70	2,44
3500+	7,02	0,47	31,59	2,09	26,73	1,74	27,81	1,75

Çizelge A.27 : Tarım alanı / açık alan - yerleşime uzaklık ilişkisi.

	1984		1990		2000		2010	
Yerleşime Uzaklık	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**	**Alan (ha)**	**Yüzde**
0-100	161,01	6,36	136,80	7,05	104,67	6,14	88,56	5,26
100-250	117,00	4,62	128,61	6,63	92,25	5,41	103,59	6,16
250-500	162,36	6,41	184,41	9,51	156,15	9,16	134,46	7,99
500-1000	245,16	9,68	231,84	11,95	210,15	12,32	189,09	11,24
1000-1500	208,08	8,22	227,43	11,72	189,45	11,11	158,22	9,40
1500-2000	105,66	4,17	126,18	6,50	71,37	4,19	70,20	4,17
2000-2500	235,17	9,29	207,63	10,70	149,04	8,74	163,80	9,73
2500-3000	126,18	4,98	112,14	5,78	81,54	4,78	70,29	4,18
3000-3500	84,51	3,34	69,03	3,56	72,72	4,26	59,13	3,51
3500+	1086,48	42,92	515,97	26,60	577,8	33,89	645,39	38,35

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Aliye Gonca BOZKAYA

Doğum Yeri ve Tarihi: Istanbul, 1985

E-Posta: gonca_bozkaya@yahoo.com

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

- Eylül 2011 – Devam ediyor. TÜBITAK Araştırma Projesi, 110Y015 İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi, İTÜ Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Yürütücü: Doç Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY. (Proje Asistanı).

- Mayıs 2010 – Devam ediyor. EnviroGRIDS Projesi, Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı, Building Capacity for a Black Sea Basin Observation and Assessment System Supporting Sustainable Development (Project Founded by the European Commission Under the Seven Framework Programme - Collaborative project for specific cooperation actions (SICA) / ENV Call 2 / FP7-ENV-2008-1. Türkiye Proje Grubu. Yönetici: Prof. Dr. Seval SÖZEN ve Doç.Dr. Çiğdem GÖKSEL, İTÜ-2008-2012. (Yüksek Lisans Öğrencisi).

- Nisan 2010 – Kasım 2010. Panel Mimarlık Mühendislik Ltd. Şti. (Şehir Plancısı).

- **Eşdeğer Satınalma Ödülü.** Bursa Büyükşehir Belediyesi Orhangazi Meydanı ve Çevresi Kentsel Tasarım Proje Yarışması, 2012. Ekip Başı: Y. Çağatay SEÇKİN. (Yardımcı).

- **En İyi Poster Ödülü.** Bektaş Balçık F., **Bozkaya A. G.,** Göksel Ç., Doğru A. Ö., Uluğtekin N.N. ve Sözen S., *"İğneada Arazi Örtüsü ve Kullanımı Değişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi"*. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 31 Ekim – 4 Kasım 2011 Antalya, Türkiye.

Yayın Listesi:

- Bektaş Balçık F., **Bozkaya A. G.,** Göksel Ç., Doğru A. Ö., Uluğtekin N.N. ve Sözen S., *"İğneada Arazi Örtüsü ve Kullanımı Değişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi"*. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 106- 3, Yıl: 2011, Sf: 70-74. (31 Ekim – 4 Kasım

2011 Antalya'da yapılan TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi'nde poster olarak sunulmuş ve seçilerek makale olarak yayınlanmıştır.

- Bektas Balcik F., Goksel C., Esbah Tuncay H., **Bozkaya A.G.**, Dogru A.O., Ulugtekin N., Sozen S., *"Performance of Different Vegetation Indices for Igneada Flooded Forest Mapping"*. 16th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region. 24-27 September 2011, Ioannina - Greece, in CD.

- Bektas Balcik F., Goksel C., **Bozkaya A.G.**, Dogru A. O., Ulugtekin N., Sozen S., *"Ecosystem monitoring using digital change detection method; example of İğneada wetland forest".* Open Water Symposium and Workshops at UNESCO-IHE, pp. 94-95, 18-19 April 2011, Delft, Netherlands, Extended Abstracts.