

**AFYONKARAHİSAR ŞEHİR GELİŞİMİ SİMÜLASYONU**

**YÜKSEK LİSANS**

**Mustafa Mutlu UYSAL**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL**

**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**Temmuz, 2014**

Bu tez çalışması 12.FEN.BİL.30 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AFYONKARAHİSAR ŞEHİR GELİŞİMİ SİMÜLASYONU**

**Mustafa Mutlu UYSAL**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL**

**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**Temmuz, 2014**

## TEZ ONAY SAYFASI

Mustafa Mutlu UYSAL tarafından hazırlanan “Uydu Görüntüleri Yardımıyla Afyonkarahisar Şehir Gelişimi ve Simülasyonu ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 23/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : (Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL)

**Başkan** : Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Abdullah VARLIK  
Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. Yılmaz YALÇIN  
Enstitü Müdürü

**ÖZET**  
Yüksek Lisans Tezi

AFYONKARAHİSAR ŞEHİR GELİŞİMİ SİMÜLASYONU

Mustafa Mutlu UYSAL  
Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL

Dünya nüfusunun hızla artması ve doğal kaynaklar üzerinde yanlış arazi kullanım uygulamaları küresel bir sorun haline gelmiştir. Ülkelerin ekonomik gelişmelerinin temeli doğal kaynaklarının kullanımı ile doğrudan ilgilidir. Ayrıca doğal kaynaklar dinamik (değişken) özelliktedirler ve bu yüzden sürekli izlenilmeleri gerekmektedir.

Geçmişe dönük verilerle yapılan analizlerin yanı sıra kentlerin gelecekteki büyümelerini çevresel şartlara göre yönlendirebilmek ve kontrol altına alabilmek yararlı olacaktır. Bu çalışmada piksel tabanlı bir kent büyüme modeli olan SLEUTH kullanılmıştır.

Bu çalışmanın ana amacı; hücresel bir otomasyon modeli olan SLEUTH modeli ile Afyonkarahisar kent büyümesi değişiminin 2030 yılına kadarki simülasyonunun gerçekleştirilmesidir. Bu amaçla iki farklı büyüme senaryosu geliştirilmiştir: (1) Mevcut büyüme senaryosu, çevresel öneme sahip alanlarda yüksek koruma öngörmezken; (2) kontrollü büyüme senaryosu ile tarım, orman, mera vb. alanlar yüksek koruma altına alınmaktadır.

Çalışmanın sonucu olarak, mevcut büyüme senaryosu ile kent gelişimi 2011'den 2030'a kadar 3115 hektar artacağı, bu artış ile Mera alanlarının 2300 ha'nın yok olacağı görülmektedir. Kontrollü büyüme senaryosu ile 2000 ha doğal alanın kentleşmeden korunabileceği, şehrin sosyal ve ekonomik olarak öneme sahip doğal kaynaklar üzerinde yanlış arazi kullanımlarının önüne geçilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel Modelleme, SLEUTH Model, Simülasyon, Uzaktan Algılama

**2014, IX + 56 sayfa**

**ABSTRACT**  
M.Sc Thesis

URBAN GROWTH SIMULATION OF AFYONKARAHISAR

Mustafa Mutlu UYSAL

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geodesy and Photogrammetry

**Supervisor:** Assist. Prof. Dr. Murat UYSAL

Rapid growth in world population and incorrect land-use practices on natural resources has become a global problem. The basis of countries' economic development is directly related to the use of natural resources. In addition, natural resources have dynamic (variable) properties; therefore, they should constantly be monitored. Remote sensing has been an essential tool for the analysis of land management, environmental modeling, variable analysis, etc. In addition to retrospective data analysis of cities, to be able to direct future growth based on environmental conditions and to bring under control will be useful without a doubt. Therefore, a pixel-based urban growth model, SLEUTH, has been used in this study.

The main objective of this study shows the simulation of the change in urban growth of Afyonkarahisar until 2030 with SLEUTH model, a cellular automation model. For this purpose, two different growth scenarios have been developed: (1) The current growth does not provide for high conservation in areas which are environmentally significant, (2) whereas areas like Agriculture, Forestry, Rangeland are put under protection with controlled growth.

As a result of the study, with the current growth scenario, urban development from 2011 to 2030 will increase by 3115 hectares, and it is seen that 2300 hectares of pasture areas will be destroyed with this increase. It is found that 2000 ha of natural areas can be protected from urbanization and the wrong land use of the city's natural resources having social and economic importance can be avoided with the controlled growth scenario.

**Key Words:** Urban Modelling; SLEUTH Model; Simulation; Remote Sensing

**2014, IX + 56 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolay tezdanişmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL 'a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan OĞUZ 'a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolay aileme teşekkür ederim.

Mustafa Mutlu UYSAL  
AFYONKARAHİSAR, 2014

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	2
2.1 Uzaktan Algılama.....	2
2.1.1 Verinin Elde Edilmesi.....	3
2.1.2 Verinin İşlenmesi.....	3
2.1.3 Uzaktan Algılamanın Kullanım Alanları.....	3
2.1.4 Uzaktan Algılamada Çözünürlük.....	5
2.1.5 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme.....	5
2.1.5.1 Ön İşlemler.....	5
2.1.5.2 Görüntü İyileştirme.....	6
2.1.5.3 Görüntü Dönüşümleri.....	6
2.1.5.4 Sınıflandırma.....	7
2.1.5.5 Veri Birleştirme ve CBS Entegrasyonu.....	7
2.2 Sınıflandırma.....	7
2.2.1 Pixel Tabanlı Sınıflandırma.....	9
2.2.1.1 Kontrolsüz Sınıflandırma.....	10
2.2.1.2 Kontrollü Sınıflandırma.....	11
2.2.1.3 Sınıflandırma Doğruluğunun Değerlendirilmesi.....	13
2.3 Kentleşmenin İzlenmesinde Uzaktan Algılamanın Rolü ve Kentsel Modelleme.....	14
2.3.1 Kentsel Arazi Kullanımı.....	15
2.3.2 Kentleşmenin izlenmesinde Uzaktan Algılamanın Rolü.....	15
2.3.3 Kent Modelleme.....	16
2.3.3.1 Hücresel Otomat.....	17
2.3.3.2 HO Tabanlı Simülasyon Yazılımları.....	19
2.4 Önceki Çalışmalar.....	22

3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1 Çalışma Alanı.....	24
3.2 Afyonkarahisar şehir gelişimi.....	26
3.3 Kullanılan Veriler.....	29
3.3.1 Uydu Görüntüleri.....	29
3.3.2 Sayısal Yükseklik Modeli.....	29
3.3.3 Yol Verisi.....	30
3.3.4 Harici Bölge Haritası.....	30
3.4 Yöntem.....	31
3.4.1 SLEUTH.....	31
3.4.2 Model İçin Oluşturulan Girdi Verileri.....	34
3.4.3 Kalibrasyon.....	42
4.BULGULAR.....	45
4.1 Kontrol.....	49
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	52
6.KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	56



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

$\mu\text{m}$	Mikrometre
c	Işığın Sürati( $3 \times 10^8$ m/s)
V	Frekans (saniyedeki devir)
$\lambda$	Dalga Uzunluğu
nm	Nanometre

### Kısaltmalar

---

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
UA	Uzaktan Algılama
CA	Cellular Automata
DEM	Sayısal Yükseklik Modeli
DTM	Sayısal Arazi Modeli
ISODATA	Tekrarlı veri Analizi Yöntemi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
LCD	Land Cover Deltatron
UGM	Urban Growth Model
TM	Tematic Mapper
ETM	Enhanced Tematic Mapper
UTM	Universal Transversal Mercator
AK/AÖ	Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü
USGS	Amerika Ulusal Jeoloji Servisi
RGB	Red, Green, Blue
UV	Ultraviyole
SLEUTH	Slope, Landuse, Excluded, Urban, Transportation, Hillshade

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1 Uzaktan Algılamanın Temel Bileşenleri.....	2
Şekil 2.2 Kontrolsüz Sınıflandırma.....	10
Şekil 2.3 Kontrollü Sınıflandırma.....	11
Şekil 2.4 Hayat Oyunu.....	19
Şekil 2.5 Cygwin ile Çalıştırılmış SLEUTH Arayüzü.....	22
Şekil 3.1 Afyonkarahisar Çalışma Alanı.....	26
Şekil 3.2 Afyonkarahisar Şehir Gelişimi.....	27
Şekil 3.3 Afyonkarahisar Kent Gelişim Grafiği.....	28
Şekil 3.4 Afyonkarahisar Nüfus Artış Grafiği.....	29
Şekil 3.5 SLEUTH İşleyiş şeması.....	32
Şekil 3.6 SLEUTH modeli büyüme kuralları.....	33
Şekil 3.7 Kendi kendini değiştiren kurallar etkisinde büyüme modelleri.....	34
Şekil 3.8 Afyonkarahisar 1987 yılı AK/AÖ katmanı.....	35
Şekil 3.9 Afyonkarahisar 2011 yılı AK/AÖ katmanı.....	36
Şekil 3.10 Afyonkarahisar Kent katmanları.....	38
Şekil 3.11 Afyonkarahisar Kent gelişimi.....	38
Şekil 3.12 Afyonkarahisar yol katmanları.....	39
Şekil 3.13 Sayısal yükseklik modeli.....	39
Şekil 3.14 Afyonkarahisar eğim katmanı.....	40
Şekil 3.15 Afyonkarahisar gölgeleme katmanı.....	40
Şekil 3.16 Mevcut Büyüme Harici bölgesi.....	41

<b>Şekil 3.17</b> Kontrolü büyüme harici bölgesi.....	41
<b>Şekil 3.18</b> Tahmin aşamasında kullanılacak parametre değerleri .....	45
<b>Şekil 4.1</b> Mevcut büyüme tahmin sonuçları.....	46
<b>Şekil 4.2</b> Kontrollü büyüme tahmin sonuçları.....	47
<b>Şekil 4.3</b> Mevcut ve Korumalı senaryo sınıflarının alansal grafiği.....	47
<b>Şekil 4.4</b> Mevcut ve Korumalı senaryoların kent alanı değişim grafiği.....	48
<b>Şekil 4.5 / a)</b> Modelin oluşturduğu 2013 senaryosu.....	49
<b>Şekil 4.5 / b)</b> Afyonkarahisar 2013 Arazi kullanımı.....	49
<b>Şekil 4.6</b> Mevcut büyüme senaryosu ile simülasyon için üretilen veriler.....	50
<b>Şekil 4.7</b> Korumalı büyüme senaryosu ile simülasyon için üretilen veriler.....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 2.1</b> Kentsel Modeller ve İşlevsellikleri.....	17
<b>Çizelge 2.2</b> SLEUTH Büyüme Kuralları.....	21
<b>Çizelge 3.1</b> Kullanılan veri katmanları.....	30
<b>Çizelge 3.2</b> Afyonkarahisar 1987 yılı AK/AÖ doğruluk analizi.....	37
<b>Çizelge 3.3</b> Afyonkarahisar 2011 yılı AK/AÖ doğruluk analizi.....	37
<b>Çizelge 3.4</b> Harici bölge katmanlarının aldığı değerler.....	42
<b>Çizelge 3.5</b> SLEUTH modelinin uyum iyiliğini değerlendirmede kullanılan metrikler.....	43

## 1. GİRİŞ

Yaşadığımız bilgi çağında, uydu teknolojisi artık vazgeçilmez bir olgu olup birçok alanda insanlığa hizmet vermektedir. Gelişmekte olan bu teknoloji ile birlikte uzaktan algılama bilimi de hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. Bu bilim dalı jeoloji, ormancılık, endüstri, tıp, hidroloji, kimya, tarım, şehircilik gibi disiplinlerin yanı sıra askeri ve sivil amaçlı olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Son yıllarda kentleşmelerin, doğal kaynakların ve arazi kullanımındaki değişikliklerin izlenmesinde uzaktan algılama bilimi kaçınılmaz bir çözüm olmuştur. (Maktav D. ve Sunar F.1991; Sesören, A.1999)

Dünya nüfusunun hızla artması, doğal kaynaklar üzerindeki yanlış kullanımlar, potansiyel arazi kullanım çelişkileri birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin gündemindeki sorunlardır. Kırsal alanlardan kentlere yapılan göçler, kentlerin büyümesine ve genişlemesine yol açmıştır. Geçtiğimiz son iki yüzyılda dünya nüfusu sadece 6 kat artmasına rağmen, kent nüfusu 100 katından fazla artmıştır. (Stalker, 2000)

Kentlerin düzensiz genişlemesi, genellikle kullanılabilir verimli tarım veya orman alanlarının yok olmasına sebep olmuştur. Bazen de insanların barınma, beslenme, ulaşım ve dinlenme gibi temel fonksiyonlarını sağlıklı bir şekilde sağlamak amacıyla zorunlu arazi kullanımı değişiklikleri yapılmaktadır. Tüm bu sorunların aşılabilmesi için yerel yöneticilerin tüm kent bilgilerine sağlıklı bir şekilde hakim olmaları gerekmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS), dinamik modelleme bir kent simülasyon aracı olarak kent plancıları ve yöneticileri arasında son yıllarda hızlı bir şekilde popülerlik kazanmıştır. Hüresel robota (cellular automata) dayalı kent büyüme modelleri tüm dinamik modeller içinde kent uygulamalarına bağlı olarak teknolojik gelişimi açısından belki de en etkileyici olanlarıdır. Bu çalışmada Afyonkarahisar mücavir alan sınırlarındaki kent büyümesinin değişiminin gelecekteki (2030 yılına kadar ki) durumu SLEUTH modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Kent büyümesinin çevreye etkisinin değerlendirilmesi ve karışık kent sistemlerinin dinamiklerini anlamak, modelleme ve simülasyon gibi gelişmiş metot ve teknikleri gerektirmektedir. Günümüze kadar kent geometrisi, kentler arası gelişmişlik ilişkisi, ekonomik fonksiyonlar gibi çeşitli teorilere dayalı birçok analitik ve statik kent büyüme modelleri geliştirilmiştir. Buna rağmen bu

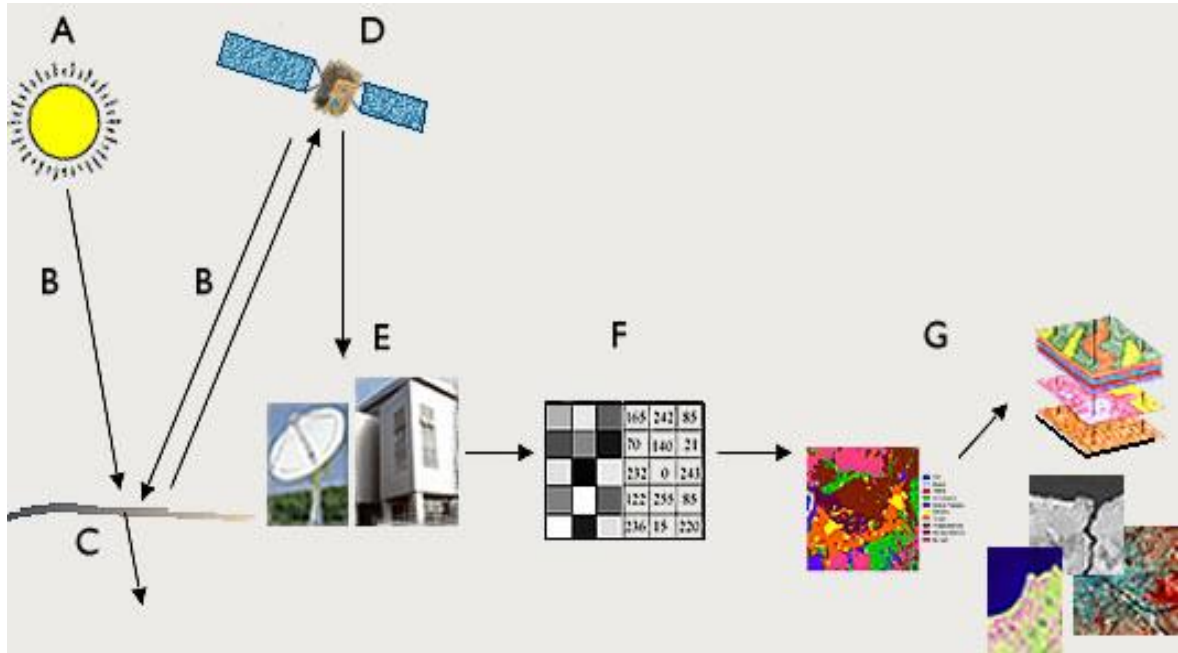
modeller gelecekteki kent büyümesini tahmin etmek yerine sadece kent büyümesini ve bununla ilgili patenleri açıklamaktadır. Kent büyümesinin konumsal/uzamsal sonuçlarını anlayabilmek için, dinamik bir modelleme yaklaşımı tercih edilmelidir (Meaille ve Ward, 1990; Grossman ve Eberhardt, 1993; Batty ve Longley, 1994).

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

### 2.1 Uzaktan Algılama

Uzaktan Algılama, arada fiziksel bir temas olmaksızın, algılayıcı sistemleri kullanarak yeryüzü hakkında bilgi edinme bilimidir. Uzaktan Algılama teknolojileri yer yüzeyinden yansıyan ve yayılan enerjinin algılanması, kaydedilmesi, elde edilen materyalin bilgi çıkarmak üzere işlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılır (Uzuzam, 2007).

Uzaktan algılamanın 7 temel bileşeni ve işlem akışı aşağıdaki Şekil 2.1de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Uzaktan Algılamanın Temel Bileşenleri (Uzuzam, 2007).

Uzaktan Algılama işlem akışı iki temel aşamadan oluşur. Bunlar "Veri Elde Etme" ve "Veri İşleme" aşamalarıdır.

### 2.1.1 Verinin Elde Edilmesi:

- A. Enerji Kaynağı:** Hedefe bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak hedefi aydınlatır veya hedefe elektromanyetik enerji gönderir. Optik uydular için enerji kaynağı güneştir, ancak radar uyduları kendi enerji kaynaklarını üzerlerinde taşır ve elektromanyetik enerji üreterek hedefe yollarlar.
- B. Işınım ve Atmosfer:** Enerji, kaynağından çıkarak hedefe yol alırken atmosfer ortamından geçer ve bu yol boyunca bazı etkileşimlere maruz kalır.
- C. Hedef ile Etkileşim:** Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalga, hedefe ulaştığında hem ışınım hem de hedef özelliklerine bağlı olarak farklı etkileşimler oluşur.
- D. Enerjinin Algılayıcı Tarafından Kayıt Edilmesi:** Algılayıcı hedef tarafından yayılan ve saçılan enerjiyi algılar ve buna ilişkin veri kayıt edilir.
- E. Verinin İletimi, Alınması ve İşlenmesi:** Hedeften toplanan enerji miktarına ait veri algılayıcı tarafından kayıt edildikten sonra, görüntüye dönüştürülmek ve işlenmek üzere bir uydu yer istasyonuna gönderilir.

### 2.1.2 Verinin İşlenmesi:

- F. Yorumlama ve Analiz:** Görüntü görsel, dijital ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlar elde edilecek veriye sahip olunur.
- G. Uygulama:** İşlenmiş veriden bilgi çıkarılır, bazı sonuçlara ulaşılır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, başka veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılabilir.

### 2.1.3 Uzaktan Algılamanın Kullanım Alanları

#### Ormancılık

Orman bitki örtüsünün haritalanması ve sınıflandırılması, ağaçlandırma araştırma ve çalışmaları, orman kaynakları envanterinin belirlenmesi, ağaç hastalıklarının belirlenmesi ve böceklenmelerini gözetleme ve önleme, ormansızlaşma ve çölleşme

izleme ve araştırmaları, kereste üretimi tahmini ve planlaması, orman yangını izleme, orman yönetimi gibi uygulamaları kapsamaktadır.

### **Hidroloji**

Su kaynakları yönetimi, su kalitesi analizleri, deniz, göl ve akarsu kirliliği inceleme, sel-taşkın haritalaması ve izleme, kıyı bilimleri araştırmaları, deniz yüzeyi rüzgar ve dalga araştırmaları, deniz yüzeyi sıcaklık dağılımı belirleme çalışmalarını, kar dağılımını ve miktarını belirleme ve erime miktarı tespiti, buzul erimesi ve buzul hareketi gözetleme, gemi atıkları izleme, okyanus bilimleri araştırmaları gibi uygulamaları kapsamaktadır.

### **Jeoloji**

Jeolojik yapı araştırmaları ve haritalama, çizgisellik ve kırıkların tanımlanması, yüzey şekli analizi, fluvial, delta veya kıyı yüzey şekillerinin analizi, topografya çalışmalarını, jeotermal araştırmalar, deprem araştırmaları, volkanik araştırma çalışmalarını ve izleme, maden ve yeryüzü kaynaklarının aranması gibi uygulamaları kapsamaktadır.

### **Meteoroloji**

Atmosferik içerik gözlemi, bulut ve su buharı içeriği izleme, ozon tabakası yoğunluk ve dağılımı gözlemi, hava kirliliği izleme ve araştırmaları, hava tahmini, fırtına, kasırga tahmini ve gözlemi, genel atmosfer döngüsü ile ilgili çalışmalar, iklimsel değişim araştırmaları, küresel ısınma gibi uygulamaları kapsamaktadır.

### **Tarım**

Ürün tipini ayırma, ürün gelişimi izleme, yıllık ürün tayini, ürün hasar tespiti (hastalık, böceklenme vb.), toprak nemi ve türünü belirleme ve sınıflandırma, tarım faaliyetleri organizasyonu gibi uygulamaları kapsamaktadır.

### **Askeri Uygulamalar**

İstihbarat ve keşif, stratejik bölgeleri izleme, komuta kontrol karar mekanizmalarına bilgi sağlamak, arama kurtarma (helikopter, uçak, gemi kazaları), acil durum müdahale gibi uygulamaları kapsamaktadır.

### **Diğer Bazı Uygulamalar**

Çeşitli haritalama uygulamaları, şehircilik ve arazi kullanım uygulamaları, afet yönetimi, gemi izleme ve navigasyon, balıkçılık, interferometri, arkeoloji, uzay bilimleri araştırmaları gibi uygulamaları kapsamaktadır.



## 2.1.4 Uzaktan Algılamada Çözünürlük

Çözünürlük bir görüntüleme sisteminde kayıt edilen detayların ayırt edilebilirlik ölçüsüdür. Uydu Görüntüleri için 4 farklı çözünürlük tanımlanmaktadır:

- **Spektral Çözünürlük** (algılayıcının duyarlı olduğu elektromanyetik dalga boyları aralığını ifade etmektedir)
- **Uzaysal Çözünürlük** (algılayıcını algılayabileceği en küçük özellik ya da herhangi bir pikselin yeryüzünde temsil ettiği alan)
- **Radyometrik Çözünürlük** (ayırt edilebilir en küçük radyant enerji miktarı)
- **Zamansal Çözünürlük** (veri toplama frekansı olarak açıklanabilir, özellikle değişim analizleri için kullanılır.)

## 2.1.5 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme

Uzaktan algılamada uygulanan görüntü işleme metotları ön işlemler, görüntü iyileştirme, görüntü zenginleştirme, sınıflandırma ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine entegre etme olarak sınıflandırılabilir. Ön işlemler görüntüyü belirli bir koordinat sistemine oturtmaya yarayan geometrik düzeltme ve algılanan görüntüde objeyi temsil etmeyen yansımaların giderilmesini amaçlayan radyometrik düzeltme adımlarını içerir. Görüntü iyileştirme görüntünün daha iyi yorumlanmasını sağlar. Görüntü zenginleştirme işlemi görüntüdeki belirli detayların ön plana çıkarılmasını sağlayan filtreleme işlemlerini içerir. En son sınıflandırma işlemi ile de objeleri temsil eden yansıma aralıkları görüntüde belirlenir.

### 2.1.5.1 Ön İşlemler

#### Geometrik Düzeltme

Geometrik düzeltme, ham görüntüdeki geometrik bozulma etkilerinin giderilmesi ve görüntünün yer kontrol noktaları kullanılarak tanımlı bir coğrafi koordinat sistemine oturtulması işlemidir. Düzeltilecek görüntüdeki nokta koordinatları yer kontrol noktalarının koordinatları ile tanımlanırken (enlem, boylam gibi) yapılan işleme rektifikasyon, bu işlem iki görüntünün aynı noktalarını eşleştirme ya da bir görüntüyü diğerine göre düzeltme şeklinde yapılıyor ise geometrik kayıt denilmektedir.

## **Radyometrik Düzeltme**

Radyometrik düzeltmeye 3 tür hata nedeni ile ihtiyaç duyulabilir:

- Algılayıcı kaynaklı (line drops)
- Güneş geliş açısından veya topografyadan kaynaklanan gölge etkisi
- Atmosferik şartlardan kaynaklanan hatalar: Sis ve bulut örnek olarak verilebilir. Hedefin önünde yer alarak, yeryüzüne ait veriye sağlıklı bir şekilde ulaşmayı engellemektedirler.

Kayıp hatlar normal olarak hattın altında ya da üstündeki değerlerle yada her ikisinin ortalaması yeni bir hatla düzeltilir. Radyometrik düzeltmenin gerçekleştirilmesi bazı filtreleme yöntemleri ile de yapılabilmektedir.

### **2.1.5.2 Görüntü İyileştirme**

Görüntü iyileştirme görüntünün daha iyi anlaşılması için yapılan bazı görüntüsel düzeltmelerdir. Piksel değerleri ile oynanabilmesi dijital görüntülerin avantajlarından biridir.

Lineer Kontrast İyileştirme ve Non-Linear iyileştirme görüntü iyileştirme çeşitleridir.

Görüntüler pek çok histogram işlemleri ve filtreleme metotları ile zenginleştirilebilir.

Bir görüntünün belli dağılıma sahip yansıma değerleri üzerinde işlemler yapılarak görüntüde istenen özellikler daha belirgin hale getirilebilir.

Filtre kullanılarak görüntü zenginleştirilmesi de görüntü işleme fonksiyonlarının bir diğer çeşididir. Uzaysal filtreler bir görüntüdeki bazı nesnelere belirginleştirmek ya da bastırmak amacıyla kullanılırlar.

Alçak geçiren bir filtre büyük, benzer tonda homojen alanları belirginleştirmek ve çok küçük detayları azaltarak sadeleştirmek üzere kullanılır. Yüksek geçiren filtreler ise küçük detayları keskinleştirmek ve mümkün olduğu kadar çok detayı ortaya çıkarmak için kullanılır. Doğrusal filtreler veya kenar sağlama filtreleri, yolları ve alan sınırları gibi çizgisel yapıları vurgulamak için kullanılmaktadırlar.

### **2.1.5.3 Görüntü Dönüşümleri**

Görüntü dönüşümleri, genellikle iki veya daha fazla görüntüden yararlanılarak ilgilenilen özelliklerin daha fazla ortaya çıktığı yeni bir görüntünün oluşturulması

işlemdir. Temel görüntü dönüşümleri görüntüye uygulanan basit aritmetik işlemlerdir. Örneğin, görüntü çıkarma işlemi genellikle farklı tarihlerde alınmış olan görüntülerin arasındaki farklılıkları bulmak için yapılan bir uygulamadır. Görüntü bölme veya orantılama işlemleri de sıkça kullanılan dönüşümlerdir.

#### **2.1.5.4 Sınıflandırma**

Sık kullanılan sınıflandırma prosedürleri kullanılan yöntemlere göre iki ana kısma ayrılabilir: Kontrollü Sınıflandırma ve Kontrolsüz Sınıflandırma.

**Kontrolsüz Sınıflandırma:** Öncelikle spektral kümeler belirlenir. Bu tamamen yansıma değerlerine dayalı sayısal bir işlem olarak yapılır. Daha sonra bu kümeler sınıf oluşturmak üzere kullanılır.

**Kontrollü Sınıflandırma:** Kontrollü Sınıflandırma işleminde, analist görüntüde bilgi sahibi olduğu homojen örnek alanları tanımlar ve bu alanlar bilgisayar sınıflandırma algoritmasında eğitim alanları olarak temel alınarak sınıflandırma işlemi yapılır.

Sınıflandırma işlemleri 3. Bölümde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

#### **2.1.5.5 Veri Birleştirme ve CBS Entegrasyonu**

Uzaktan algılamada kullanılan veriler birçok coğrafi referanslı veri ile birlikte entegre edilerek çeşitli katmanlar üzerinde çalışmanın verdiği kolaylık ve avantajla Coğrafi Bilgi Sistemlerine altlık olarak kullanılabilir.

Veri entegrasyonuna Sayısal Yükseklik Modeli ve Sayısal Arazi Modeli örnek verilebilir. DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) ve DTM (Sayısal Arazi Modeli), yükseklik verisinin üzerine uzaktan algılama görüntüsünün giydirilmesi ile elde edilen 3 boyutlu perspektif görüntülerdir. DEM'lerden yararlanılarak oluşturulan modeller ve simülasyonlar pek çok alanda kullanılmaktadır.

## **2.2 Sınıflandırma**

Sınıflandırma görüntü yorumlama tekniklerinin kullanılarak görüntü üzerindeki homojen piksel gruplarının ilgilenilen yeryüzü özellikleri ve yeryüzü kullanım özelliklerine ayrılması şeklinde tanımlanabilir. (Chandra ve Ghosh, 2007) Dijital görüntü sınıflandırmada ise, kullanıcı görüntü üzerindeki sayısal numaralarla (digital numbers) gösterilen spektral bilgiyi kullanarak çeşitli bantlar üzerinde spektral

özelliklere göre pikselleri sınıflandırır. Bu tip sınıflandırmaya spektral doku tanımlamada denebilir. Burada amaç görüntü üzerindeki tüm pikselleri çeşitli sınıflara ya da temalara atamaktır. Sınıflandırma sonucunda oluşan haritada her piksel kendine mahsus bir özelliğe atanmış bir şekilde orijinal görüntünün tematik haritası elde edilmiş olur.

Sınıflar hakkında söz ederken “bilgi sınıfları” ve “spektral sınıflar” terimlerini birbirinden ayırmak gerekir. Değişik tarla türleri, orman türleri, kaya türleri gibi kullanıcının görüntü üzerinde ayırmaya çalıştığı değişik ilgi kategorilerine bilgi sınıfları denir. Spektral sınıflar ise, aynı yansıtım değerlerine sahip piksellerin bir arada bulunduğu sınıflardır. Sınıflandırmada temel amaç spektral sınıflar ile bilgi sınıflarını eşleştirmektir. Burada hangi birkaç spektral sınıf aynı bilgi sınıfını temsil edebilir ya da bazı spektral sınıflar herhangi bir bilgi sınıfının özelliğini göstermeyebilir, bu noktada sınıflandırmayı yapan kişi hangi sınıfın hangi bilgi sınıfına ait olduğuna karar vermesi gerekir (James, 2002).

Sınıflandırma yöntemlerini iki alt başlıkta toplamak gerekirse;

- Piksel tabanlı sınıflandırma

1. Kontrollü Sınıflandırma
2. Kontrolsüz Sınıflandırma

- Nesne tabanlı sınıflandırma

U.S. Geological Survey’in sınıflandırma için tanımladığı birinci derece örnek sınıflar,

- Kentsel yada yapılı arazi (urban or built-up land)
- Tarım arazisi (agricultural land)
- Çiftlik arazisi (range land)
- Ormanlık arazi (forest land)
- Su (water)
- Islak arazi (wetland)
- Çorak arazi (barren land)
- Tundra (tundra)

- Sürekli kar ve buz (perennial snow and ice)

Daha sonra 1. Derece bu sınıflar daha alt derecedeki 2., 3., vs sınıf seviyelerine ayrılarak sınıf hiyerarşisi oluşturulur (Chandra ve Ghosh, 2007).

### **2.2.1 Piksel Tabanlı Sınırlandırma**

Görüntü objelerden yansıyan enerjinin algılanması ile oluşur. Dolayısı ile görüntüdeki bant sayısı objelerin birbirinden ayırılmasını kolaylaştırır. Her obje elektromanyetik spektrumun farklı alanlarında değişik yansıma yapar. Böylelikle sınıflandırma işleminde tüm bantlarla çalışılarak objelerin ayrılması (segmentasyonu) kolaylaşır. Uzaktan algılama ile elde edilmiş görüntüler yeryüzüne ait çeşitli türde bilgi içermektedir. Bu bilgi yeryüzünden yansıyan ya da yayılan enerjinin elektromanyetik spektrumun belli aralıklarında ölçülerek bantlara kaydedilmesi yoluyla toplanır. Her bir bantta o bandın duyarlı olduğu spektral aralığa ait yansıma değerleri bulunur. Uydu görüntülerinin içerdiği bu veriler ham haldedir, karmaşık görünen bu verilerden bilgi elde edebilmek için çeşitli analizler ve yorumlama teknikleri kullanmak gerekir.

Nesnelerin konumları ve dışsal nedenler, aynı nesnelerin farklı yansıtma değerleri vermesine neden olur. Bu sebeple aynı nesnelere ait yansıma değerleri gruplandırılır. Sınıflandırma olarak tanımlanan bu aşama, uzaktan algılama veri setinin içerdiği spektral sınıfları çeşitli istatistiksel yöntemler ile belli kategorilere ayırma işlemidir. Görüntü sınıflandırma kurallarının ana hedefi; alanı kapsayan sınıflar ve konulara göre bütün pikselleri ayırtmaktır. Sınıflandırmayı sağlamak için, normalde çok bantlı görüntüler kullanılmaktadır. Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek konular şu şekilde sıralanabilir;

- Algılayıcı, algılama zamanı ve spektral bantların amaca uygun olarak seçimi
- Yeryüzü özelliklerini ortaya koyabilecek kontrol alanlarının seçimi
- Amaca yönelik sınıflandırma algoritmalarının seçimi
- Belirlenen bu özelliklerin tüm görüntüye uygulanması ve sonuç görüntülerinde doğruluk analizlerinin yapılması.

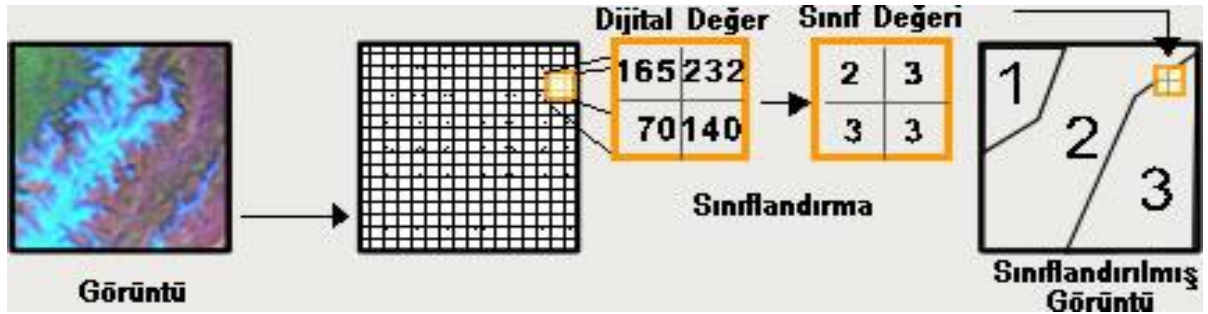
Sınıflandırmaların sonucunda ise, iki tip hataya rastlanmaktadır. Bunlar;

- Pksellerin yer alması gerekenden farklı bir sınıfa atanması. (error of comission)
- Pksellerin uygun bir sınıfa atanamamasıdır. (error of omission)

Bu sebeplerden dolayı, sınıflandırmayı yapmadan önce, amaca en uygun bant kombinasyonu seçilmesi ve yukarıda bahsedilen iki hatayı en aza indirecek olan sınıflandırma yönteminin belirlenmesi gerekmektedir.

### 2.2.1.1 Kontrolsüz Sınıflandırma

Bu yöntem; pksellerin, kullanıcı müdahalesi olmadan algoritmalar yardımı ile otomatik olarak kümelendirilmesi temeline dayanmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan *ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analyses Technique) . Tekrarlı veri Analizi Yöntemi* dır. Bu yöntem, tekrarlı olarak tüm sınıflandırmayı gerçekleştirme ve uygulanan her iterasyon sonrasında yeniden istatistik hesaplamasını temel alır. Self Organizing ise, minimum girdi ile kümelerin oluşturulmasıdır (Bayram, 2006).



Şekil 2.2 Kontrolsüz Sınıflandırma (Bayram, 2006).

Bu yöntem karar kuralı olarak, minimum uzaklığı kullanır. Pkseller, görüntünün sol üst köşesinden başlanarak soldan sağa ve satır satır analiz edilir. Aday piksel ile her bir küme ortalaması arasında spektral uzaklık hesaplanır ve en yakın küme atanır. Öncelikle istenilen sınıf sayısı kadar oluşturulan kümenin ortalaması hesaplanır ve her

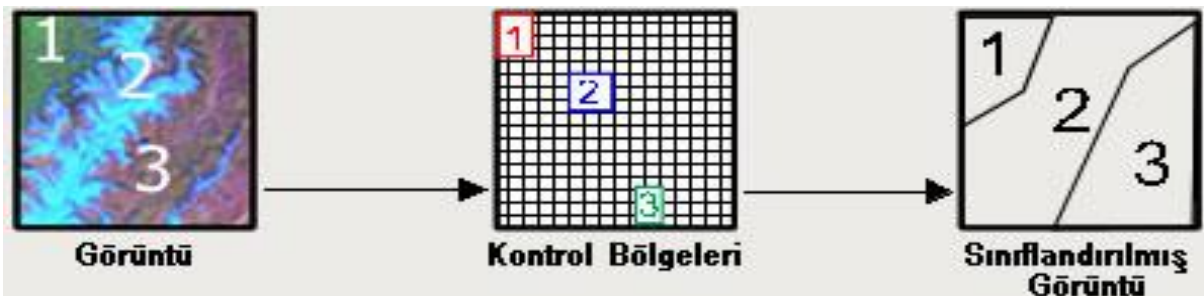
iterasyondan sonra, her bir kümenin yeni ortalaması hesaplanılarak, bu ortalamalar bir sonraki iterasyon kümelerinin tanımlanmasında kullanılır.

Kontrolsüz sınıflandırma; görüntüdeki veri tanımlanamadığında başvurulan yöntemdir. Bu yöntemde, arazi örtüsü tipini bilinmesine gerek yoktur, öncelikle sınıf sayıları belirlenir (bu aralığın geniş tutulması faydalıdır). Ayrıca, veri bandı değerleri yardımı ile benzer piksellerin otomatik olarak bulunması temel alınmaktadır. Tanımlanan bu pikseller sembol, değer ya da etiketlere atanır, gerektiğinde de aynı tip sınıflarla birleştirilir.

Kontrolsüz sınıflandırma sonucundan elde edilen sınıflar, spektral sınıflardır ve spektral sınıfların özellikleri başlangıçtaki bilinmemektedir. Analizi yapan kişi; sınıflandırılmış görüntüyü, spektral sınıfların değer bilgilerine ulaşabilmek için başka bir referans bilgiyle (harita ya da görüntü gibi) kıyaslama yapması gerekmektedir.

#### 2.2.1.2. Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma yönteminde, çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnek bölgeler (test alanlar) kullanılarak, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulur. Kontrol alanlarının örneklendiği özellik dosyalarının görüntü verilerine uygulanması ile her bir görüntü elemanı (piksel), hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır. Bu sınıflandırma işleminde; Paralelyüz, En yakın uzaklık ve en yüksek olasılık sınıflandırma yöntemi olarak üç yaklaşım kullanılmaktadır (Bayram, 2006).



Şekil 2.3 Kontrollü Sınıflandırma (Bayram, 2006).

**Paralelyüz sınıflandırma**, kontrol (örnekleme) verilerinin spektral bileşenlerinin histogramlarının incelenmesine dayalı çok basit bir kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Aynı zamanda bir sınıflandırma analistinden en az bilgiyi gerektiren yöntemdir. Tanımlanan her sınıf için, kullanılan her bandın minimum ve maksimum piksel değerleri kullanılmaktadır. Uygulanan karar kuralı, her bilinmeyen piksel, özellik değeri ile ilgili olduğu paralelyüz içine atanır. Bu yöntem, uygulaması hızlı ve kolay olmasına rağmen; her bir örnekleme veri seti için özelliklerin yalnızca minimum ve maksimum değerleri kullanılması nedeniyle, gerçek spektral sınıfların iyi temsil edilememesine yol açmaktadır. Diğer bir sakınca ise, sınıf üyeliklerinin öncül olasılıklarının dikkate alınmamasıdır.

**En küçük uzaklık sınıflandırma**, örnekleme bölgelerine ait örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman, kovaryans bilgilerini kullanmayan yalnızca spektral sınıfların ortalama vektörlerinin kullanılmasına dayanan sınıflandırma yöntemidir. Böyle bir durumda kısıtlı örnekten ortalama değerler kovaryanslara nazaran daha doğru tahmin edilebilir. Örnekleme verilerinden sınıf ortalamaları belirlenir, sınıflandırmada bir piksel en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır. Bu yöntemde kovaryans verilerinin kullanılmaması nedeniyle sınıf modelleri spektral anlamda simetriktir. Bu nedenle bazı sınıflar iyi modellenmeyebilir. Ancak örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman en küçük uzaklık yöntemi, en büyük benzerlik yönteminden daha doğru sonuçlar verir.

**En büyük benzerlik sınıflandırma yöntemi**, uzaktan algılamada görüntü sınıflandırması için en çok kullanılan ve bilinen kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntem sınıflar için eş olasılık eğrilerinin tanımlanmasına ve sınıflandırılacak piksellerin üyelik olasılığı en yüksek olan sınıfa atanması ilkesine dayanır. En büyük benzerlik sınıflandırma yönteminin etkinliği, her spektral sınıf için ortalama vektör ile kovaryans matrisin doğru biçimde tahmin edilmesine bağlı olmaktadır. Bu koşul ise, sınıfların her biri için yeterli miktarda örnekleme verisinin (pikseller) bulunabilmesine bağlıdır. Örnekleme bölgesine ait yeterli miktarda veri bulunmadığı zaman yani sınıfların olasılık dağılımlarını doğru bir şekilde tahmin edebilecek özellikte veri olmadığı zaman arzulanan sınıflandırma doğruluklarına ulaşamaz (Oruç, 2003).



### 2.2.1.3 Sınıflandırma Doğruluğunun Değerlendirilmesi

Bir sınıflandırma işlemi, hata tahmini ya da başka bir güvenilirlik ölçütü (confidence measure) olmadan sonuçlanmış sayılmaz. Hata tahmini, sınıflandırmanın bir parçasıdır, ancak sınıflandırma işlemi dışında kendine has yöntemlerle yapılır. Sınıflandırılmış görüntünün doğruluğu, referans veriyle olan uyuşumuna-referans veriyi sağlamasına bağlıdır.

Birçok yöntemin kullanıldığı, sınıflandırma doğruluğunun değerlendirilmesi işleminde iki veri kümesine ait (sınıflandırılmış görüntü - referans veri) hata matrisi gerekmektedir. Bunun için sınıflandırılmış görüntü aynen denetim alanı duyarlığında belirlenen kontrol alanları ile karşılaştırılır.

#### **Hata Matrisi (Confusion Matris)**

Sınıflandırma hatalarının analizinin en tipik yapısı sınıflandırma hata matrisleridir. Bu matrisler, Confusion matrix ya da olasılık tablosu (contingency table) olarak tanımlanır. Bu tablonun, satırlar ve sütunlarla gösterilen sınıflandırma sonuçlarında; satırlar sınıf verilerini, sütunlar da örnek noktaya dayalı yer gerçeklerini ifade eder.

Sonuçlarda iki tip hataya rastlanmaktadır. Bunlar;

1- Piksellerin yer alması gerekenden farklı bir sınıfa atanması. (error of comission)

2- Piksellerin uygun bir sınıfa atanamamasıdır. (error of omission)

Sınıflandırılmış görüntünün doğruluğu hesaplanırken; toplam doğrular (diagonal matrisin elemanları), hata matrisindeki tüm piksellere bölünerek bulunur. Bir sınıfa ait doğru piksellerin sayısı, bulunduğu satır üzerindeki tüm piksellere (sınıf içinde bulunan tüm piksellere) bölünürse; sonuç doğruluk *kullanıcı doğruluğu (users accuracy)* olarak tanımlanır ve *commision error* ölçütüdür. Ve sınıflandırılmış pikselin, yer gerçeklerini hangi olasılıkta ifade ettiğini gösterir. Diğer taraftan, sınıf içerisindeki tüm piksellerin sayısı, bulunduğu sütun içerisindeki tüm piksellerin sayısına bölünürse (o sınıfa ait referans verideki piksel sayısı) sonuç bize *üretici hassasiyetini (producers accuracy)* verir.

Bu da referans datadaki, sınıflandırmanın doğruluğudur ve *omission error* ölçütüdür.

commision error = 1 - users accuracy (kullanıcı hassasiyeti)

omission error = 1 - producers accuracy (üretici hassasiyeti)

### **Kappa Katsayısı**

Cohen (1960) tarafından bulunan KAPPA, uzaktan algılama görüntülerinden yararlanılarak tespit edilen, yüzey örtüsü ve yüzey kullanımı bilgilerinin doğruluk değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu ölçümde, matris içerisindeki yalnız diyagonal elemanlar değil, tüm elemanlar kullanılmaktadır.

Bu hata matrisinin sütunları referans verileri, satırları ise sınıflandırılmış görüntüyü temsil etmektedir. Hata matrisi Kappa katsayısı ile istatistik olarak analiz edilmektedir. 0 ile 1 arasında değişen bu katsayı, hata matrisinin satır ve sütun toplamları ile köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanmaktadır Test piksellerinin sayısının her bir sınıf için en az 50 adet olması önerilmektedir.

### **2.3 Kentleşmenin İzlenmesinde Uzaktan Algılamanın Rolü Ve Kentsel Modelleme**

Fiziksel anlamda kentleşme bazı yoğunluk ve büyüklük değerlerinden başlayarak nüfusun alansal yayılması ve yığılması olarak tanımlanabilir. Sosyal anlamda ise kent kültürü olarak tanımlanan bir dizi değer yargısı, davranış ve eğilimin yayılmasıdır. Kentleşme kısaca kentsel nüfus toplanma ve kentsel karakteristiklere sahip olma süreci olarak ifade edilebilir. Bu süreç birtakım bileşenlerden oluşur. Demografik yapı yani nüfusun doğal veya göç yolu ile artışı bu süreci etkileyen önemli faktörlerdendir. Aynı şekilde ekonomik yapının, sektörel dönüşümün, fiziksel çevre ve yaşam koşullarındaki değişimin ve bunlara ek olarak yönetsel örgütlenme sürecinin kentleşme sürecindeki etkisi büyüktür.

Kent planlama, kentlerin doğal çevre, sosyo-ekonomik çevre ve yapılaşmış çevre verilerinin değerlendirilmesi ile, kentin tarihsel gelişme sürecinde kazanmış olduğu kimliği de koruyarak geleceğe yönelik kestirimidir. Kent planlamada amaç toplumsal sorunlara çözüm arama ve gereksinimleri karşılamadır. Dolayısıyla, kent planlama toplumsal, dinamik ve geleceğe dönük bir karar verme sürecidir.

### **2.3.1 Kentsel Arazi Kullanımı**

Kentsel planlar, dengeli ve sağlıklı kentleşme için gerekli olan planlardır. Bu planlar hazırlanırken, bölge arazisinin hangi tür kullanımlara daha uygun olduğunu belirlemek amacıyla bölgesel bir arazi kullanım çalışmasının yapılması gerekir. Bununla birlikte plansız gelişen bölgelerin halihazır durumlarının tespiti ve hangi amaçlar için bu arazilerin kullanıldığının belirlenmesi gerekir. Arazi kullanımında analiz edilecek sınıflar o bölgenin fiziksel yapısı ve karakteristik dokusu göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bu sınıflar, tarım, sanayi, konut, orman, su havzaları, ulaşım ve diğer hizmet alanlarından oluşur. Arazi kullanımının değişimine etki eden en önemli faktör olarak kırsal kesimden kentlere olan göçler gösterilebilir. Bu göçler kentlerde yığılma ve yayılmaya neden olmakla birlikte sektörler arası dengelerin de bozulmasına neden olmuştur.

### **2.3.2 Kentleşmenin İzlenmesinde Uzaktan Algılamannın Rolü**

Kontrolsüz ve plansız gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan sorunların kontrol altına alınabilmesi ve zamana bağlı olarak kent gelişmesinin izlenebilmesi günümüzde ancak uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılmasına bağlıdır. Kentsel gelişimlerin izlenmesinde, uydu teknolojilerindeki son gelişmeler uydu verilerinin önemini artırmıştır.

Ülkemizde görülen hızlı kentleşme sürecinde yerel yönetimler, kentleşen nüfusun kent ve kamu hizmetlerini karşılayabilmesi bir yana, oluşumları geriden izlemek zorunda kalmıştır. Plansız gelişmelerin arttığı bu dönemde, yerel yönetimlerin planlama boyutunda yetersiz kalmasının temelinde klasik yöntemlerle yapılan veri toplama ve sunumu sürecinin uzun sürmesi yatmaktadır. Oysa uzaysal çalışmalardaki verilere ulaşma hızının, klasik yöntemlerle elde edilen verilere ulaşma hızından kat kat üstün olduğu göze çarpmaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri sayesinde geniş alanlarda, ekonomik, kullanışlı ve hızlı veri alımı sağlanmaktadır. Çok zamanlı uydu verilerinin analizi ile birlikte kentsel değişimin izlenmesi daha kolay hale gelmiştir. Kentsel değişimin izlenmesi ile ilgili uygulamalarda ayrıntılı bilgi elde etmek amacıyla yüksek

çözünürlüklü uydu verileri önem kazanır. Arazi kullanımı analizlerinde detaylı bilgi elde edebilmek için uzaysal çözünürlüğü yüksek veriler kullanılır. Aynı şekilde, farklı arazi kullanım sınıfları arasında bir ayırım yapabilmek için çok spektrumlu veri gereklidir. Kısaca daha sağlıklı bir sınıflandırma yapabilmek için spektral çözünürlük önemlidir. Kent sorunlarının çözümlenmesinde, hizmetlerden en uygun verimi alabilme açısından geçmişe ait verilerin ve bununla birlikte güncel verilerin, gerektiğinde birbiriyle ilişkilendirilerek modern anlamda bir kent yapılabilir. Bu anlamda uzaktan algılamanın önemi büyüktür. Farklı tarihlerde elde edilmiş çok spektrumlu, yani elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde elde edilmiş uydu verileri, yersel verilerle birlikte kullanıldığında belirli bir zaman periyodu içerisindeki arazi kullanımı değişimlerinin analizinde kullanılır.

### **2.3.3 Kent Modelleme**

Kentlerin düzensiz genişlemesi, genellikle kullanılabilir verimli tarım veya orman alanlarının yok olmasına sebep olmuştur. Bazen de insanların barınma, beslenme, ulaşım ve dinlenme gibi temel fonksiyonlarını sağlıklı bir şekilde sağlamak amacıyla zorunlu arazi kullanımı değişiklikleri yapılmaktadır. Tüm bu sorunların aşılabilmesi için yerel yöneticilerin tüm kent bilgilerine sağlıklı bir şekilde hakim olmaları gerekmektedir. Kent büyüme modellemesi karar destek aracının bir parçası olarak algılanabilmektedir. Bunun nedeni ise şehir plancılarının modelleme yardımı ile önceden yapılmış planların ne gibi sonuçlar doğurabileceğinin görebilmelerine yardımcı olmalarıdır. Çevresel etki değerlendirmesi (ÇED) açısından da kent büyümesinin modellenmesi kamu kuruluşları ve sanayi içinde önemlidir. Modelleme kent büyümesinin tahmini ve analizi için gerekli bir araçtır (Silva ve Clarke, 2002). Esas itibarıyla, model gerçek yaşam sisteminin basitleştirilmiş bir temsildir. Kentlerin ve onların hareketlerinin karmaşıklığını anlayabilmek hem çevreye hem de topluma fayda sağlamaktadır. Coğrafi bilginin planlamaya ani olarak dahil edilmesi modelleme ve simülasyon sayesinde olmuştur (Birkin ve ark., 1996, Scholten ve Stillwell, 1990; Stillwell ve ark., 1999).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS), dinamik modelleme bir kent simülasyon aracı olarak kent plancıları ve yöneticileri arasında son yıllarda hızlı bir şekilde popülerlik

kazanmıştır. Günümüzde birçok kentsel gelişim ve modelleme yaklaşımı geliştirilmiştir ve bunlardan sadece bazıları akademik çalışmalar için ücretsiz olarak kullanıcılarla paylaşılmaktadır. LUCAS, Markov, SLEUTH, Smart Growth Index, UPLAN ve UrbanSim bu ücretsiz modeller arasındadır. Şekil 2.4 'de kentsel modeller ve işlevsellik tipleri görülmektedir (Oğuz H., 2004, Akın A, Berberoğlu S., 2012).

**Çizelge 2.1** Kentsel Modeller ve İşlevsellikleri.

Model	Yersel Etkileşim	CBS(Planlama gerekli)	CBS (Kalibrasyon)	Diğer
Commutiy Viz		x		
CUF I		x		
CUF II			x	
CURBA			x	
DELTA				x
DRAM/EMPAL	x			
GSM		x		
INDEX		x		
IRPUD	x			
LTM				x
LUCAS			x	
Markov				x
MEPLAN	x			
METROSIM	x			
SAM-IM		x		
SLEUTH				x
Smart Growth Index		x		
Smart Places		x		
TRANUS	x			
Ugrow				x
UPLAN		x		
Urbansim	x			
What If		x		

### 2.3.3.1 Hücresel Otomat (Celluar Automata)

Otomat kavramı, 1930'lu yıllarda bilgisayarların temel çalışma ilkelerini ortaya koyan Alan M. Turing adına atfedilen, Evrensel Turing Makinesi ile ortaya çıkmıştır. Daha sonrasında Johnvon Neumann ve Stanislaw Ulam Hücresel Otomasyon'u keşfetmiştir. 1970 yılında John Horton Conway "Hayat Oyunu (Game of Life)" adını verdiği ve en çok bilinen HO'yı geliştirmiştir. Hücresel otomata (CA.) çok sayıda homojen etkileşimli çalışmada, olayların veya tanımlanan konuların hücreler şeklinde bölünmesi

ve her bir hücrenin, yanındaki diğer hücrelerin durumuna bağlı olarak gelecekteki durumunun belirlenmesinde kullanılan bir işletim sistemi ve bir geri dönüşüm mekanizmasıdır. Günümüzde hücresel otomata, fizik, kimya ve biyolojiden uçak ve gemi dizaynındaki hesaplanabilir sivil dinamiklerine, filozofi ve sosyolojiden, coğrafya ya ve şehir planlamaya kadar birçok bilim ve teknolojiye önemli bir modelleme ve simülasyon aracı olarak kullanılmaktadır. Hücresel otomata, geleneksel tek merkezli şehirlerin, post-modern çağda (Bilgi çağı) çok merkezli olarak planlanmasına da olanak tanımaktadır (Wu, 1998).

### **Hücresel Otomatın (C.A.) Çalışma Prensipleri**

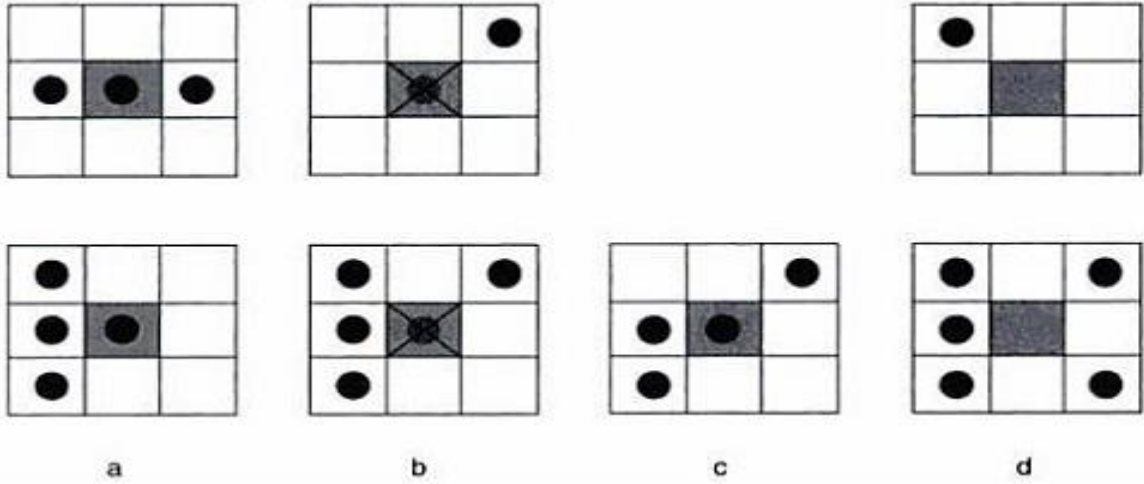
Bir hücresel otomata aşağıdaki temel özelliklerle karakterize edilir:

- Düzenli hücre kafeslerinden oluşur,
- Gelişim zaman etaplarında meydana gelir,
- Her hücre bir durumla karakterize edilir,
- Her hücre, sadece hücrenin durumuna ve sonlu komşu hücre sayısına bağlı olan aynı kurala göre gelişir,
- Komşuluk ilişkisi lokal ve birbirine benzerdir.

Hayat oyununun evreni, sonsuz ve iki boyutlu gridin oluşturduğu ölü veya diri hücrelerdir.

Her hücre yatay, dikey veya çapraz olmak üzere bitişik olan sekiz komşusuyla doğrudan etkileşim içindedir. Model içindeki bir hücre, komşu olduğu bu sekiz hücreden bilgi alarak durumunu belirlemektedir. Herhangi bir hücre için, her zaman adımında aşağıdaki değişikliklerden biri gerçekleşmektedir (Benenson ve Torrens, 2004):

- Bir canlı hücrenin, iki ya da üç canlı komşusu varsa değişmeden bir sonraki nesle kalır (Şekil 2.5- 1a).
- Bir canlı hücrenin, üçten daha fazla canlı komşusu varsa "kalabalıklaşma nedeniyle" ölür (Şekil 2.5-1b ve 2d).
- Bir canlı hücrenin, ikiden daha az canlı komşusu varsa "yalnızlık nedeniyle" ölür (Şekil 2.5- 1b ve 2d).
- Bir ölü hücrenin tam olarak üç canlı komşusu varsa canlanır (Şekil 2.5- 1c).



Şekil 2.4 Hayat Oyunu ( Benenson ve Torrens, 2004).

### 2.3.3.2 HO Tabanlı Simülasyon Yazılımları

#### Metronamica

RIKS (Research Institute Knowledge Systems) tarafından geliştirilen Metronamica yazılımı aynı şirket tarafından üretilen Geonamica yazılımı içinde yer almaktadır. MOLAND projesi kapsamında birçok Avrupa kentinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Engelen vd., 2002; Fricke ve Wolff, 2002).

#### DUEM

Xie tarafından 1994-1996 yıllarında geliştirilmiş DUEM (Dynamic Urban Evolutionary Modeling) sonradan birçok çalışmada kullanılmıştır DUEM modeline göre; herhangi bir  $t$  anında tüm kentsel aktiviteler, başlangıç (initiating), olgunlaşma (mature) ve çökme (declining) olmak üzere üçe ayrılmaktadır.  $t$  anında çökme durumunda olan hücreler bir sonraki  $t+1$  zamanında yok olmaktadır, başlangıç durumunda olan hücreler büyümeyi oluşturan bütün aktivitelerin bir yorumudur, olgunlaşma durumunda olan hücreler ise yeni büyüme durumu yaratmamaktadır (Batty, 2007).

Duem HO modelinde model parametreleri mesafe, yön, yoğunluk ve dönüşüm olmak üzere dört tanedir. Her bir arazi kullanım kategorisi için ayrı ayrı tanımlanan parametreler, bir kentsel sistem içinde yer alan tüm öğelerin başlangıç, olgunlaşma ve çöküş dönemleri için hesaplanmaktadır. Gelişme, komşu hücrelerin içerisindeki

aktiviteden olan mesafeye göre konumlanmaktadır, bir başka deyişle mevcut gelişmeye olan uzaklık yeni bir gelişmenin oluşmasını önleyici bir rol oynar.

Yön parametresi, kentsel sistemin gelişme yönünün tanımlandığı parametredir. Komşu hücreler içinde aynı veya farklı arazi kullanımlarının gelişmeyi engelleyici kısıtlamaları vardır. Bu durum yoğunluk parametresi ile belirlenmektedir. Yoğunluk; doğrusal, sıçramalı, güçlü ve gamma olabilir. Son olarak, bir arazi kullanımından bir başka arazi kullanımının üretilmesi dönüşüm parametresi ile sağlanmaktadır (Batty, 2007).

### **SLEUTH**

SLEUTH Modeli (eski adıyla Clarke Cellular Automaton Kent Büyüme Modeli) Kaliforniya Üniversitesindeki (Santa Barbara) Professor Keith C. Clarke tarafından, Amerika Ulusal Jeoloji Servisi (USGS) ve Amerika Ulusal Bilim Derneğinin (NSF) destekleriyle geliştirilmiş bir modeldir. SLEUTH modeli dünyada birçok bölgede (küçük kasabadan metropol şehirlere kadar) uygulanmıştır (Washington DC., San Francisco, New York, Detroit, Chicago, Houston, Albuquerque, Hollanda, Portekiz, Tayland, Tayvan, Iran, Güney Amerika, Afrika, Türkiye ve Avustralya). SLEUTH modeli C programlama dilinde yazılmış hücresel otomasyon (cellular automaton) modelidir yani mekânsal /uzamsal (spatial) büyüme iki boyutlu grid üzerinde modellenmektedir ve yalnızca Unix ile Linux işletim sisteminde çalışmaktadır. Microsoft Windows işletim sisteminde çalıştırabilmek için ise lisansı ücretsiz olan Cygwin (Linux simülatörü) sayesinde çalıştırılabilmektedir. Bu çalışmada SLEUTH modeli Microsoft Windows XP Pro işletim sisteminde Cygwin kurulduktan sonra bu sistem üzerinden modellenme yapılmıştır. Model kent/kent olmayan (urban/non-urban) dinamikleri ile birlikte kent/arazi kullanımı (urban/landuse) dinamiklerini modelleyebilme tekniğine sahiptir. Bu iki teknik, ana model altında 2 alt-modelin: kent büyüme modelinin (Urban Growth Model) ve arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi modelinin (Landcover Deltatron yada LCD) oluşmasına olanak sağlamıştır. SLEUTH modeli aynı kalibrasyon rutinini her iki alt-model içinde kullanmaktadır. Eğer sadece kent büyümesi analiz edilecek ise LCD, model tarafından aktif hale getirilmezken, kent büyümesinin yanında arazi kullanımı da analiz edilecek ise her iki alt-model de aktif hale getirilmektedir. SLEUTH, bir dizi önceden tanımlanmış büyüme kuralları ile tanımlanmış olup, bu büyüme kuralları hücrelere tek tek uygulanır. Kent olma olasılığı olan hücreler model tarafından rastgele seçilir ve büyüme kuralları hücrelerin ve komşu



olan hücrelerin olmadığını, eğimlerinin ne olduğunu ve yola yakınlığını göz önüne alır. SLEUTH ismi, modeli çalıştırmak için gerekli veri katmanlarının (input data) baş harflerinden meydana gelmektedir:

**S**lope (eğim),

**L**anduse (arazi kullanımı),

**E**xcluded layer (büyümeden hariç tutulan bölge),

**U**rban (kent),

**T**ransportation (ana yollar), ve

**H**illshade (gölgeleme).

SLEUTH modeli olasılıklı (probabilistic) bir model olup Monte Carlo programını kullanarak birçok büyüme simülasyonu üretmektedir. Model iki genel aşamadan oluşmaktadır: Kalibrasyon (calibration) ve tahmin (prediction/forecasting). Kalibrasyon kısmında model geçmişteki büyüme eğilimini tekrarlaması için eğitilmekte (training), ve tahmin kısmında ise bu geçmişteki büyümenin ileriki yıllara uygulamasını yapmaktadır. Bu model kullanılarak farklı büyüme planlarının etkilerini veya arazi kullanımı değişimi senaryolarının etkilerini test etmek için birçok farklı tahminler geliştirilebilmektedir.

Program "grow" komutu ile çalıştırılmakta, gerekli parametreler senaryo dosyasında yapılan değişiklikler ile tanımlanmaktadır.

**Çizelge 2.2** SLEUTH büyüme kuralları.

Büyüme Kuralları	Büyüme Katsayıları
Doğal	Saçılım, Eğim
Yeni Yayılma Merkezleri	Ortaya Çıkma, Eğim
Çeper	Yayılm, Eğim
Yol Etkisi	Ortaya Çıkma, Eğim, Yol Etkisi, Saçılım

```
cs: ~/SLEUTH3.0beta_p01_linux/Output/demo200_test
driver.c          memory_obj.o     transition_obj.o
driver.h          output.c         ugm_defines.h
driver.o          output.h         ugm_macros.h
gdif_obj.c       output.o         ugm_typedefs.h
gdif_obj.h       pgrid_obj.c     utilities.c
gdif_obj.o       pgrid_obj.h     utilities.h
globals.h        pgrid_obj.o     utilities.o
grid_obj.c       proc_obj.c      ugrid_obj.c
grid_obj.h       proc_obj.h      ugrid_obj.h
grid_obj.o       proc_obj.o      ugrid_obj.o
grow             random.c

@Bercument ~/SLEUTH3.0beta_p01_linux
$ cd Scenarios/

@Bercument ~/SLEUTH3.0beta_p01_linux/Scenarios
$ ~/SLEUTH3.0beta_p01_linux/grow.exe test scenario.deno200_test

*****
*****
**                                     **
**                               SLEUTH **
**          (URBAN GROWTH MODEL)      **
**              Beta Version 3.0      **
**          Release Date: December 4, 2000 **
**                                     **
** Notice: This is a beta version. It has been formally released **
** by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) and should **
** not be construed to represent Agency policy. This model is being **
** circulated for comments on its technical merit and potential for **
** policy implications. **
**                                     **
** The U.S. Environmental Protection Agency through its Office **
** of Research and Development Interagency Agreement #D14930148-01-2 **
** with the United States Geological Survey partially funded and **
** collaborated in the model described here. Implementation and **
** redesign of the model code was conducted under contract #68W78055 **
** to Lockheed Martin Technical Services. The model has not been **
** subjected to Agency review. Mention of trade names or **
** commercial products does not constitute an endorsement or **
** recommendation for use. **
**                                     **
** Contributors: **
**                                     **
*****
*****
```

Şekil 2.5 Cygwin ile çalıştırılmış SLEUTH ara yüzü.

## 2.4 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

CA tabanlı şehir gelişimi modelleri, şehir uygulamalarına bağlı teknolojik gelişimler göz önüne alınırsa, geliştirilen diğer modeller arasında en etki gruptur. Bir CA modeli, dört temel bileşenden oluşur: hücreler, durumlar, komşular ve geçiş kuralları. Hücre, durumun en küçük karesel birimidir. Hücrenin durumu, geçiş kuralları uygulandığı zaman, komşu hücrenin durumuna göre değişecektir. CA modellerin avantajları arasında, esnek yapıları, karmaşık şehir sistemleri için oldukça açık olmaları ve uzaktan algılanmış veriler ve CBS' ne olan uygunluğu sayılabilir (Torrens, 2000). CA modellerinin yapısını geliştirmek için özellikle geçiş kuralları, olasılık ifadeleri, kendi kendini değiştirme özelliği (self-modification) ve stokastik (olasılıklı) içermeler için çok fazla çalışma yapılmıştır. (Torrens ve O'Sullivan, 2001).

Bu yenilikçi teknolojik ilerlemelerden dolayı son zamanlarda yapılan çalışmalarda hücrenel modelleme, kentsel gelişim tahminlerinde güvenilir bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Batty ve Xie, 1994a; Couclelis, 1997; White ve Engelen, 1997; Clarke ve Gaydos, 1998; Wu ve Webster, 1998; L ve Yeh, 2000; Sui ve Zeng, 2001; Silva ve Clarke, 2002; Yang ve Lo, 2003).

Silva ve Clarke (2009), kentsel gelişimin modellenmesinde kompleks sistem teorilerini ve CA yöntemini kullanmıştır. CA-SLEUTH kentsel gelişim modeli Portekiz’de iki ayrı metropol alanında uygulanmıştır. Çalışma alanının karakteristiklerini öğrenmek amacıyla geçmişi kullanarak karşılaştırmalı analizler yapmış ve gelecek senaryolar için lokal karakteristiklerin modele nasıl dahil edilmesini konusunda araştırmalar yapılmıştır. Her iki çalışma SLEUTH’ un kendini değiştirme kurallarının gelişen kentsel formları oluşturmada önemini vurgulamıştır. Bu özellik aynı zamanda kentsel sosyal sistemlerin anlaşılmasına da yardımcı olmaktadır.

Oğuz (2004), Amerika’nın en hızlı büyüyen metropollerinden biri olan Houston’da gelecek kentsel gelişimleri simüle etmek için SLEUTH modeli kullanmıştır. (2002–2030). Model 1974–2002yılları arasında uzaktan algılanmış veri setleri yardımıyla kalibre edilmiştir. Veri seti 1974, 1984, 1992, 2002 yıllarına ait dört geçmiş kentsel yayılım görüntüsü, 1992, 2002yıllarına ait arazi kullanım haritası, 1974, 1984, 1990, 2002, 2025 yıllarına ait ulaşım ağı, eğim katmanı, yamaç görüntüsü ve bir adet karma katmanından oluşmaktadır. Geleceğe ait büyüme paternleri kalibrasyon aşamasında elde edilen büyüme katsayılarına göre elde edilmiştir. Modeli başarılı bir şekilde kalibre ettikten sonra 2002 ve 2030 yılı için tahminde bulunulmuştur. 2002 yılı için tahmin haritası oluşturulmasının nedeni mevcut 2002 görüntüsü ile kıyaslama yapabilmektir.

Şevik (2006), SLEUTH modeli kullanarak Antalya’daki kentsel gelişimi modellemiştir. Kentsel büyüme tahmini, 1987, 1996 ve 2002 yıllarının Landsat TM ve ETM görüntüleri ve 1992 hava fotoğraflarından elde edilen eğilimlere dayandırılmaktadır. Kentsel büyüme, uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve hava fotoğraflarının görsel değerlendirilmesi ile elde edilmiştir. Model kalibrasyonu, difüzyon, üreme ve yayılma, eğim ve yol katsayılarını içeren beş büyüme kontrol parametreleri için en uygun olan değerleri elde etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Antalya'daki büyüme eğilimi, yol gelişmesini ve çevresel korumayı göz önünde bulundurarak simüle edilmiştir. Simülasyon periyodu olan 23yıl boyunca, 2025 yılına kadar kentsel alanlarda 9824 hektarlık bir artış elde edilmiştir.

Tanrıöver (2011) , doktora tezi olarak yaptığı çalışmada (1) mevcut eğilimler, (2) ekolojik uygunluk gelişimi,(3) yönetim eğilimlerini dikkate alan üç farklı politika altında, Adana Kentin de büyüme politikalarının potansiyel etkilerini değerlendirebilmek için farklı alan kullanımı ve arazi yönetim kararlarını betimleyebilme yeteneğinde olan bir model önermektedir.

SLEUTH ve Markov Chain sırasıyla % 75 ve % 72 Kappa değerleri ile en doğru sonucu üreten modeller olmuştur. Lojistik regresyon ve YSA % 66 Kappa değeri ile en az doğrulukta sonuç üretmiştir. Farklı modellerin kendine özgü metrikleri ve avantajları vardır. Bununla birlikte SLEUTH yöntemi Adana Kenti kentsel gelişimdeki değişkenliği en doğru şekilde yakalayan model olarak tespit edilmiştir.

Yıldırım ve Kılıç (2006), 'Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Afyonkarahisar' ın Şehrsel Gelişiminin İzlenmesi' adlı çalışmalarında Afyonkarahisar ölçeğinde, 1987 ve 2000 yıllarına Landsat uydu görüntüleri analiz edilerek, şehir alanlarının gelişiminin izlenmesinin uzakta algılama teknikleri ile ortaya konmaya çalışılmıştır. 13 yıllık dönemde şehir arazi kullanım dokusunun hızlı bir şekilde değiştiği görülmüştür. Şehrin alanı genişlemeye başlamış ve yeni yerleşim alanlarına ihtiyaç olmuştur. Bu ihtiyacın daha çok mera olarak kullanılan alanların yerleşim alanına dönüşmesiyle karşılandığı tespit edilmiştir.

Şehir yer şekillerinin ve ulaşım ağının etkisi ile de daha çok batı, kuzey ve doğu yönlerinde gelişme gösterdiği sonucuna varılmıştır.

### **3. MATERİYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Çalışma Alanı**

Afyonkarahisar Akdeniz, Ege ve İç Anadolu bölgeleri arasında geçiş niteliği taşıyan bir ildir. Yüzölçümü 14.570 km<sup>2</sup> olan Afyonkarahisar İl'inin büyük bir bölümü Ege Bölgesinin iç batı olarak adlandırılan kesiminde bulunmaktadır. Afyonkarahisar doğuda Konya, batıda Uşak, kuzeybatıda Kütahya, güneybatıda Denizli, güneyde Burdur, güneydoğuda Isparta ve kuzeyde Eskişehir illeri ile komşudur. Denizden yüksekliği 1034 m. olup, 37° 45 ve 39° 17 kuzey enlemleri, 29° 40 ve 31° 43 doğu boylamları

üzerinde yer almaktadır. Afyonkarahisar İli arazisinin % 47,5'ni dağlar, % 32,6' sını plâtolar ve %19,9' unu ovalar oluşturmaktadır. Önemli merkezleri birbirine bağlayan kara ve demiryolları Afyonkarahisar'dan geçmektedir. Bu özellikleri sebebiyle Afyonkarahisar, yolların kesiştiği, bölgelerin birbirine bağlandığı bir merkez konumundadır (Afyonkarahisar Bld.).

Afyonkarahisar ilinde geçim kaynağı genel olarak tarım ve hayvancılığa dayanır. Sulu tarımın yapıldığı yerlerde sebze üretimi hâkimdir. Diğer yandan iklim şartlarına ve toprak özelliklerine göre tahıl üretimi de çok miktarda yapılmaktadır. Bunun yanında haşhaş, şekerpancarı, patates, ayçiçeği gibi endüstri bitkileri de yetiştirilir.

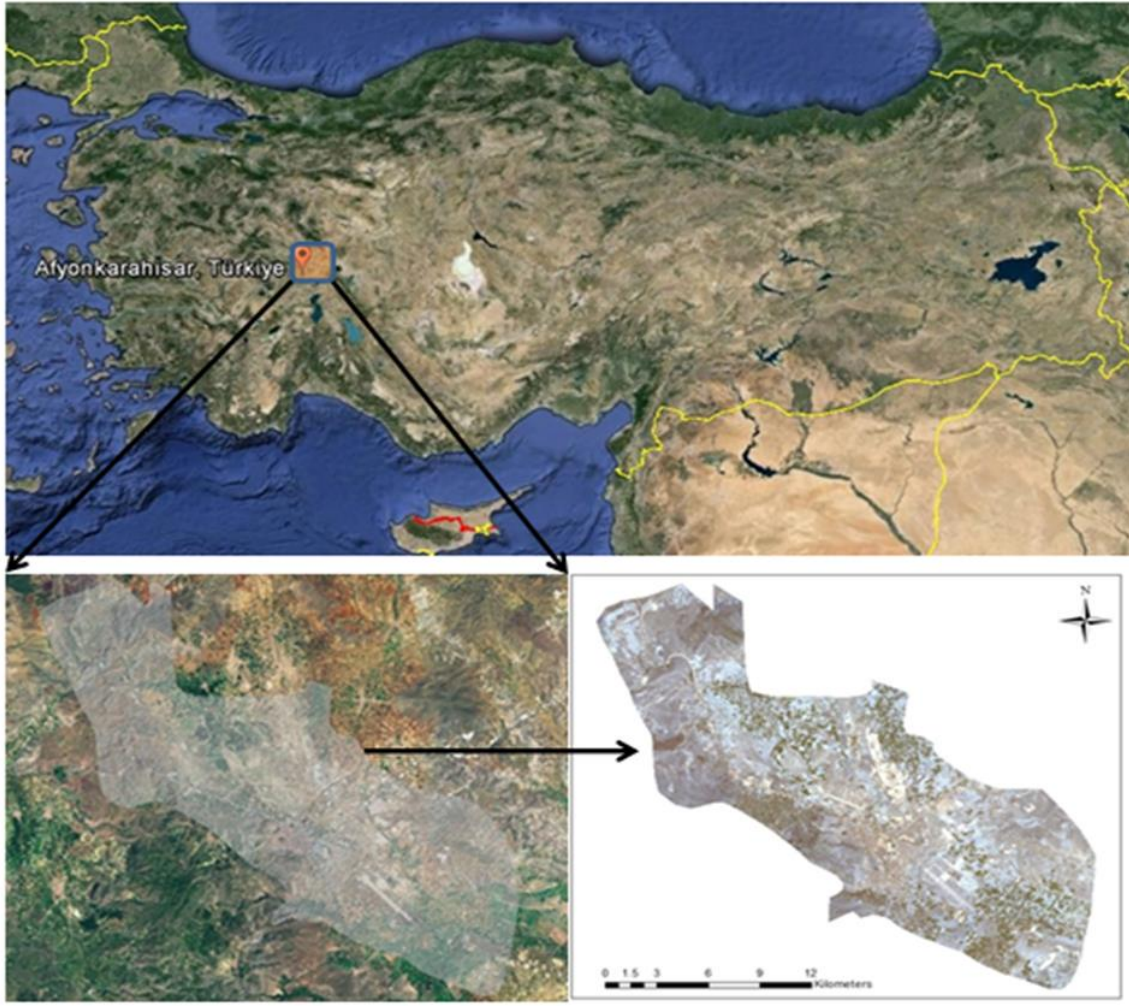
Geleneksel hayvancılığın azaldığı ve buna karşılık modern hayvancılığın artmaya başladığı Afyonkarahisar'da et ve et ürünleri üretimi gelişme göstermiştir. Besi hayvancılığı kapalı mekânlarda ve hemen her ilçede olmak üzere, merkez ve çevresinde yoğun bir biçimde yapılmaktadır. Tavukçuluk ve buna dayalı yumurta üretimi fazla miktarda yapılmaktadır. Yumurta borsası Afyonkarahisar'da belirlenmektedir. Hayvancılık alanında Afyonkarahisar, komşu illere göre daha yüksek bir potansiyele sahiptir. Süt sığırcılığı, küçük ve büyük baş hayvancılık, arıcılık ve tavukçuluk yapılmaktadır (Afyonkarahisar Bld.).

Afyonkarahisar sanayii yapısına baktığımızda, kamu ve özel sektöre ait kuruluşların sayısal dağılımı şu şekildedir : 335 mermer tesisi, 125 gıda tesisi, 30 toprak tesisi, 13 yem ve katkı tesisi, 5 ambalaj tesisi, 4 dokuma tesisi, 8 orman ürünleri tesisi ve 29 diğer tesisler (Afyonkarahisar Bld.).

Ayrıca Termal Turizm yatırımlarının da hızlanması, İl ekonomisinin sektörel düzeyde çeşitlenmesine ve zenginleşmesine katkı sağlamaktadır. Turizm Bakanlığı tarafından Turizm Merkezi ilân edilmiş 4 adet Turizm Merkezi vardır.

Gazlı göl Termal Turizm Merkezi, Sandıklı-Hüdaî Termal Turizm Merkezi, Ömer-Gecek Termal Turizm Merkezi, Bolvadin-Heybeli Termal Turizm Merkezi (Afyonkarahisar Bld.).

Çalışma alanı olarak Afyonkarahisar Belediyesinden temin edilen, mücavir alan sınırını kapsayan 29858 hektarlık bir alan belirlenmiştir (Şekil 3.1). Çalışma alanı içerisindeki rakım 943m-1445m arasında ve alanının %80'lik kısmı %0-%25'lik eğim aralığındadır.



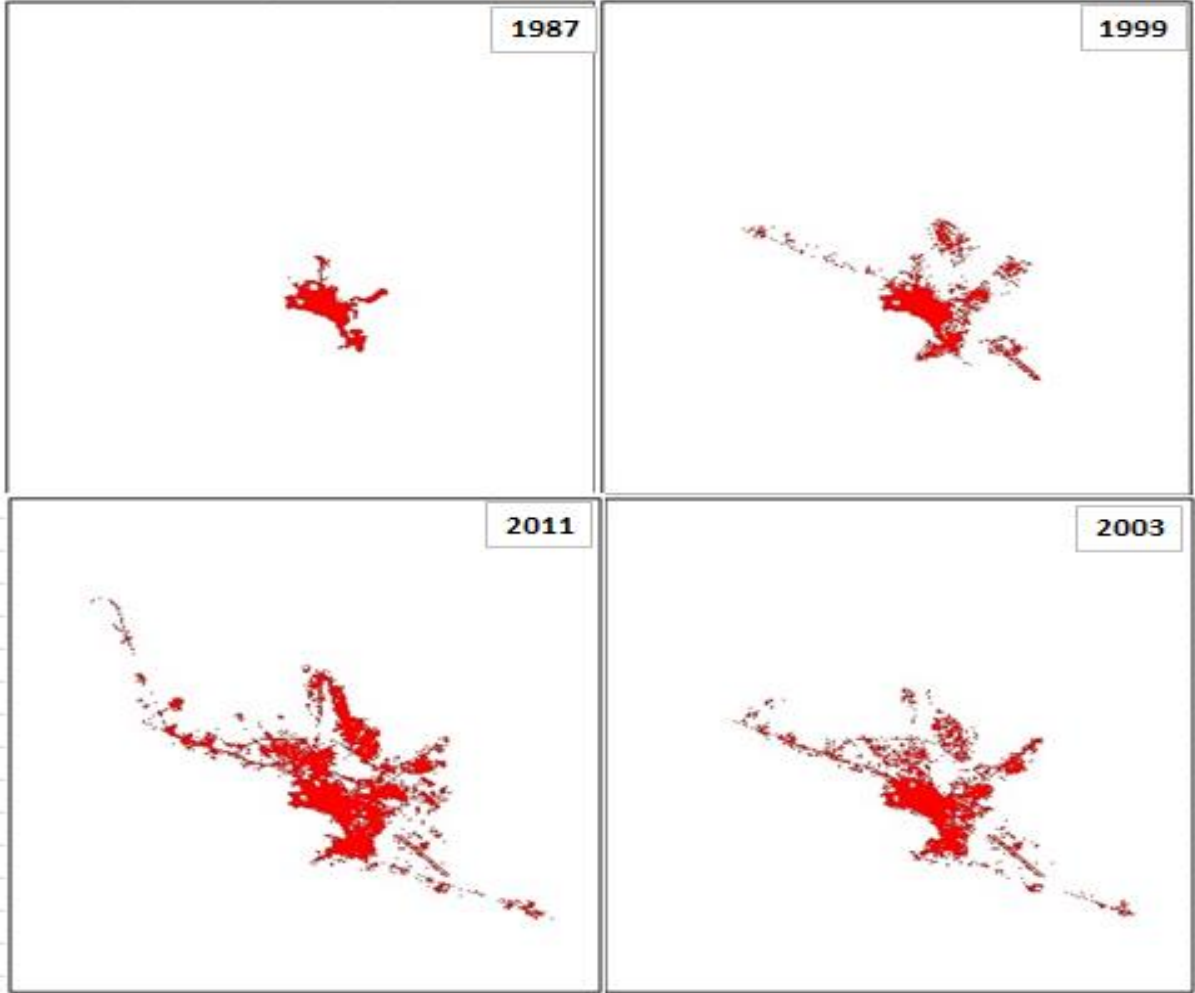
Şekil 3.1 Afyonkarahisar Lokasyon Haritası (Çalışma Alanı).

### 3.2 Afyonkarahisar Şehir Gelişimi

Mücadir alan sınırı kullanılarak çalışma alanı Landsat uydu görüntülerinden tek tek kesilmiştir. 1987, 1999, 2003 ve 2011 yıllarına ait görüntüler ERDAS Imagine programında hem kontrolsüz (unsupervised) hem de kontrollü (supervised) sınıflandırma yapılmış çalışmada kullanmak için kontrollü sınıflandırma verileri tercih edilmiştir. Sınıflandırma öncesi tüm uydu görüntülerinden termal bant (6. bant) çıkarılmıştır. Sınıflandırmaya 1, 2, 3, 4, 5, ve 7. bantlar dahil edilmiştir. Kent, Tarım, Orman, Mera ve Diğerleri olmak üzere sınıflandırma 5 alan üzerinden yapılmıştır. 1987 ve 2011 yıllarına ait görüntüler arazi kullanımı olarak sınıflandırılmış, 1999 ve 2003 yıllarına ait görüntülerden ise ileride modelde kullanmak üzere sadece kent katmanları çıkarılmıştır. 1987 ve 2011 yılları arasındaki mevcut şehir gelişimini tespit edebilmek

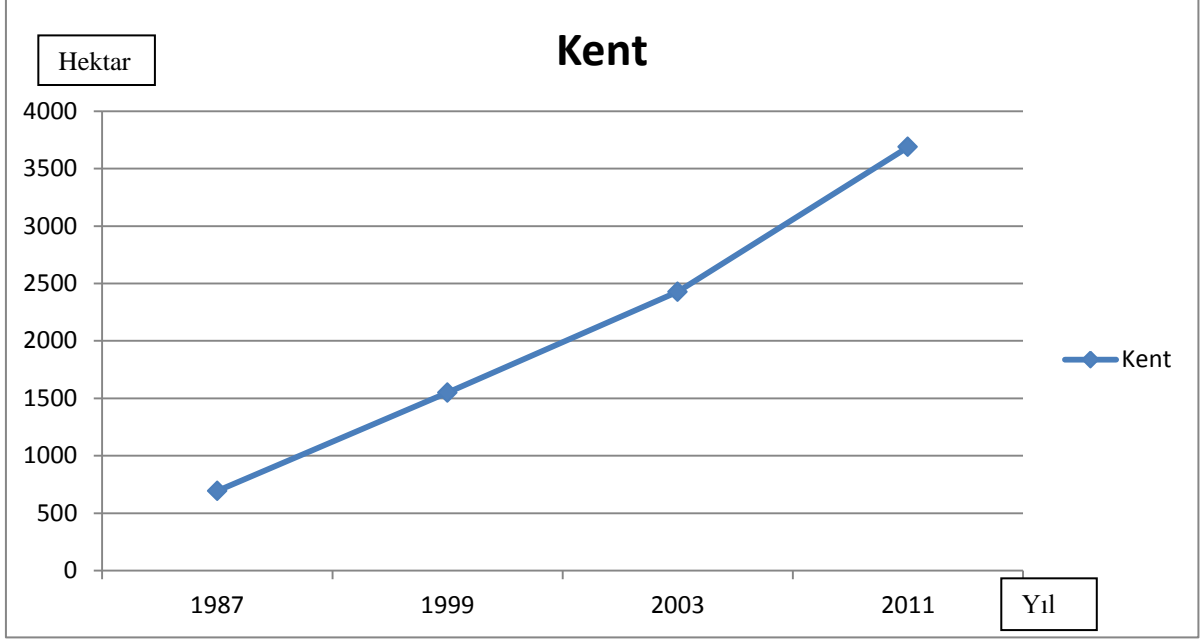
için kullanılan görüntüler piksel tabanlı sınıflandırma olan kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılıp kent katmanları çıkarılarak analiz edilmiştir.

Sınıflandırma sonucu elde edilen kent katmanları ve şehir gelişim grafiği Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 Afyonkarahisar Şehir Gelişimi.

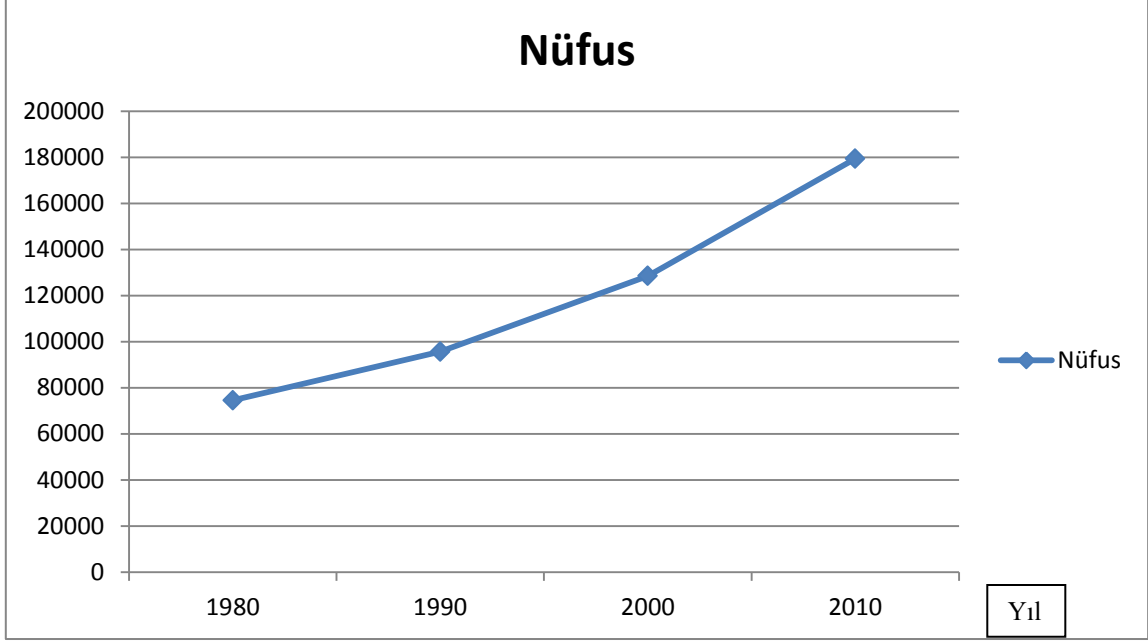




Şekil 3.3 Afyonkarahisar Kent Gelişim Grafiği.

Şekillerde de görüldüğü gibi Afyonkarahisar'daki kent alanı 1987 yılında yaklaşık 700 ha da iken 2011 yılında yaklaşık 3700 ha'a ulaşmıştır. 24 yıllık süreçte Afyonkarahisar'ın kent alanı 3000 ha artmıştır. Çalışmanın bu aşamasında uydu görüntüleri kullanarak kontrollü sınıflandırma yöntemi ile 1987 yılından 2011 yılına kadar ki süreçte Afyonkarahisar kent merkezindeki şehir gelişimi tespit edilmiştir. Bundan sonraki aşamada kentin mevcut gelişim eğilimleri bir kent modelleme yazılımı ile eğitilerek parametreler oluşturulacak ve kentin gelecekteki (2030) durumu ve gelişimi hakkında simülasyon oluşturulacaktır.





**Şekil 3.4** Afyonkarahisar Nüfus Artışı.

Afyonkarahisar nüfusu; tarım, hayvancılık, mermer sanayi ve termal turizmin gelişmesi köyden kente göç ve doğal nüfus artışıyla beraber hızla artmaktadır (Şekil 3.4).

### 3.3 Kullanılan Veriler

#### 3.3.1 Uydu Görüntüleri (urban-landuse/landcover)

Bu çalışmada 4 adet Landsat Uydu Görüntüsü kullanılmıştır. Bunlar:

- 10.08.1987 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü (Path/Row: 178/33)
- 19.08.1999 tarihli Landsat 7 ETM uydu görüntüsü (Path/Row: 178/33)
- 06.08.2003 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü (Path/Row: 178/33)
- 28.08.2011 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü (Path/Row: 178/33)

Bu görüntülerden SLEUTH modellemeye kullanmak üzere 4 adet kent katmanı ve iki adet arazi kullanımı/arazi örtüsü (1987, 2011) katmanları elde edilmiştir.

#### 3.3.2 Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)

Afyonkarahisar il merkezini içine alan Aster uydusu DEM (NW 38,30) verisi kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli (DEM) verisinden eğim (slope) ve gölgeleme

(hillshade) haritaları oluşturulmuştur. Eğim (yüzdellik) katmanı ise azami yüzdellik eğim değeri üzerindeki alanlarda kentleşmenin meydana gelmesini engellemek için kullanılmıştır. Bu çalışmada azami eğim değeri olarak %25 alınmıştır. Gölgeleme katmanı DEM verisinden elde edilmiş olup, sadece model sonuçlarının görüntülenmesinde kullanılmıştır.

### 3.3.3 Yol verisi (Transportation)

- 1987 yılına ait büyük/önemli yolları gösteren ulaşım verisi
- 1999 yılına ait büyük/önemli yolları gösteren ulaşım verisi
- 2003 yılına ait büyük/önemli yolları gösteren ulaşım verisi
- 2011 yılına ait büyük/önemli yolları gösteren ulaşım verisi

Bu yol haritaları 1987, 1999, 2003 ve 2011 Landsat uydu görüntülerinden sayısallaştırılarak elde edilmiştir

### 3.3.4 Harici Bölge Haritası (Excluded Layer)

Harici bölge katmanı kent büyümesinin istenmediği bölgeleri göstermektedir:

Bu haritada Afyonkarahisar kentindeki doğal alanlar göz önüne alınarak büyümeden hariç tutulacak park, kent ormanı, mezarlık gibi bölgeler belirtilmiştir. Bu büyümeden hariç tutulan bölgeler kendi aralarında sayısal bir değer (0 – 100) verilerek o bölgenin ne derece büyümeden korunacağı belirtilmiştir. Örneğin, 100 değeri kesinlikle kentsel büyümeden hariç tutulması (%100 koruma) gerektiğini gösterirken. 50 ise o bölgenin %50 korunması gerektiğini göstermektedir.

**Çizelge 3.1** Kullanılan Veri Katmanları.

Katman Adı	Katman Sayısı	Yıl	Kaynak
Eğim (Slope)	1		DEM
AK/AÖ(Landuse/Landcover)	2	1987, 2011	Landsat
Harici Bölge (Excluded Layer)	2		Landsat
Kent (Urban)	4	1987, 1999, 2003, 2011	Landsat
Yol (Transportation)	4	1987, 1999, 2003, 2011	Sayısallaştırma
Gölgeleme (Hillshade)	1		DEM

Tüm bu veri katmanları (input data) birbirleri ile karşılaştırılacağı için aynı projeksiyonda (UTM 36N), aynı çözünürlükte (30m), ve aynı boyutlarda (937x865)

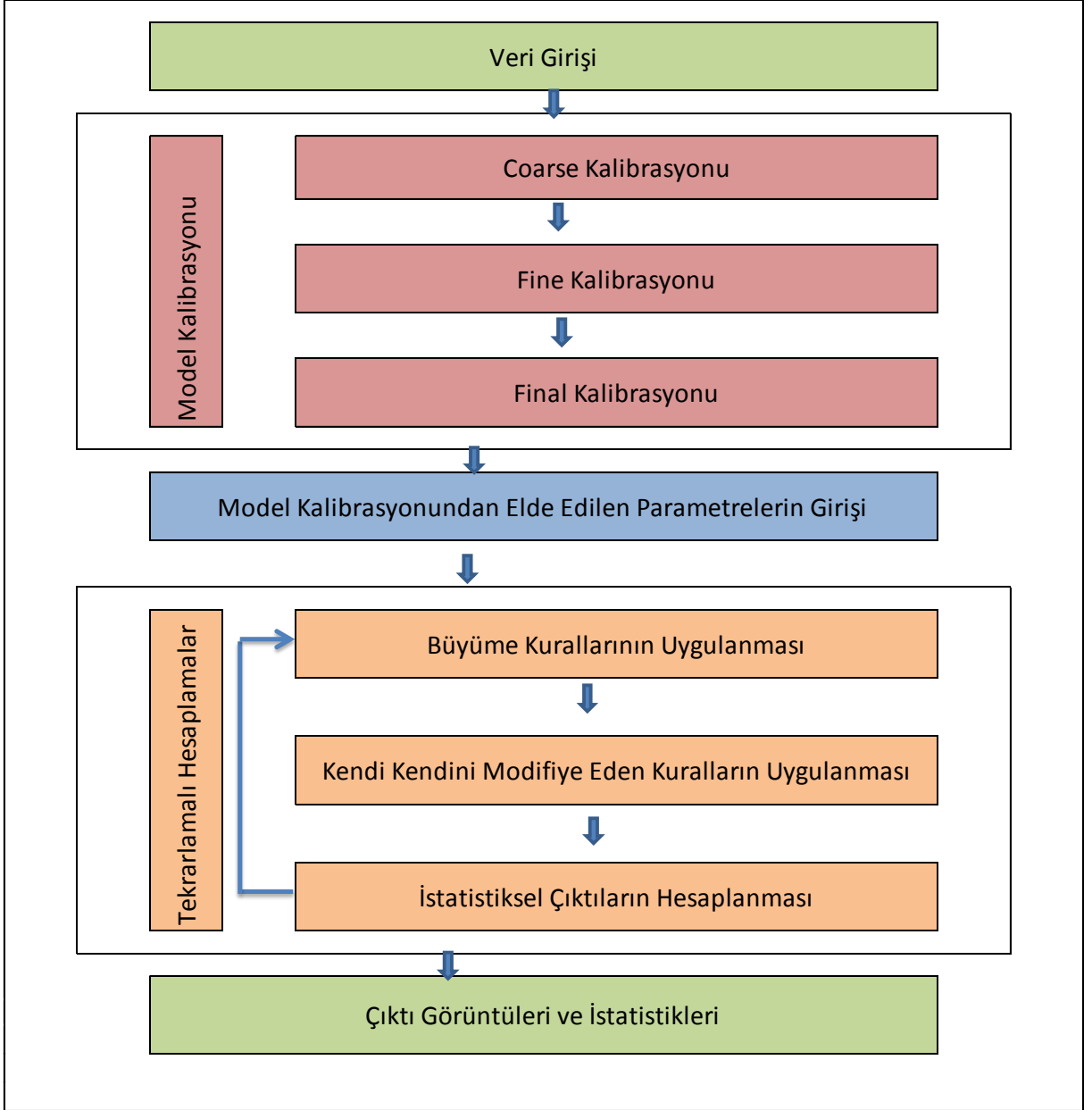
olması gerekmektedir. Bu verilerin işlenmesinde ise ERDAS Imagine ve ESRI ArcGIS yazılımları kullanılmıştır.

### **3.4 YÖNTEM**

Bu Projede çalışma alanı olarak belirlenen Afyonkarahisar mücavir alanına ait geçmiş yılların (1987,1999,2003,2011) Landsat uydu görüntüleri kontrollü olarak sınıflandırılmış geçmişten günümüze kent gelişimi tespit edilmiştir. İkinci aşama olarak tespit edilen büyüme doğrultusunda geleceğe dair senaryolar oluşturulmuştur. Bu Tahminler için piksel tabanlı bir kent büyüme modeli olan SLEUTH kullanılmıştır.

#### **3.4.1 SLEUTH**

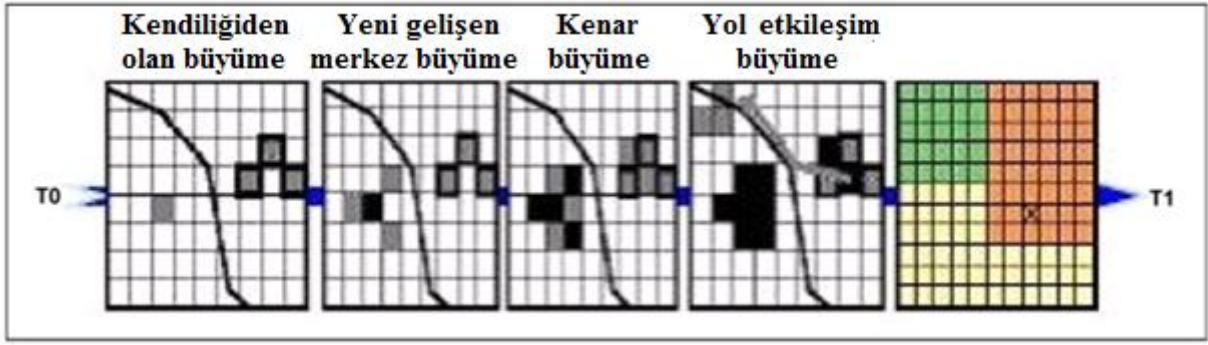
SLEUTH; USGS ve California Üniversitesi Santa Barbara, Coğrafya Bölümü'nün beraber gerçekleştirdiği, kentsel dinamiklerin simülasyon modellerinin yaratılmasının amaçlandığı Gigalopolis projesi kapsamında hücresel otomasyon tabanlı çalışan SLEUTH yazılımı kullanılmıştır. SLEUTH, modelde kullanılan girdi verilerinin; Slope (eğim), Land Cover (arazi örtüsü), Exclusion (kentleşme olmayacak alanlar), Urbanization (kentleşme), Transportation (ulaşım) ve görselleştirme amaçlı Hillshade (gölgeli rölyef) baş harflerinden oluşmaktadır (Gigalopolis). İlk uygulamalara San Francisco, Chicago, Washington-Baltimore, Sioux Fall ve California gibi ABD kentlerinde başlanmış, daha sonra, Avrupa, Güney Afrika, Çin ve Türkiye'de çalışmalara devam edilmiştir. (Silva ve Clarke 2002; Şevik, 2006; Watkiss, 2008; Xibao vd., 2006; Xi vd. 2009; Wu vd. 2009; Oğuz,2009). "Clarke Urban Growth Model" (UGM) den türetilmiş bir çalışma olan SLEUTH, kentse l büyümeyi göstermek için, haritalar ve Land Cover Deltatron (LCD) modeli kullanır. Unix tabanlı çalışan program Windows işletim sisteminde kullanılmak istenirse, Cy gwin isimli bir aracı yazılım kullanmak gerekmektedir.



Şekil 3.5 Sleuth işleyiş şeması.

SLEUTH modeli bir dizi başlangıç koşulları ile başlar. Daha sonra bir dizi büyüme kuralları kent büyümesini simüle etmek için veriler üzerine uygulanır. Bu büyüme kuralları şöyledir (Şekil 3.6):

- 1) Kendiliğinden olan büyüme (Spontaneous Growth)
- 2) Yeni gelişen merkez büyüme (New Spreading Center Growth)
- 3) Kenar Büyüme (Edge Growth)
- 4) Yol Etkileşim Büyüme (Road-influenced Growth)



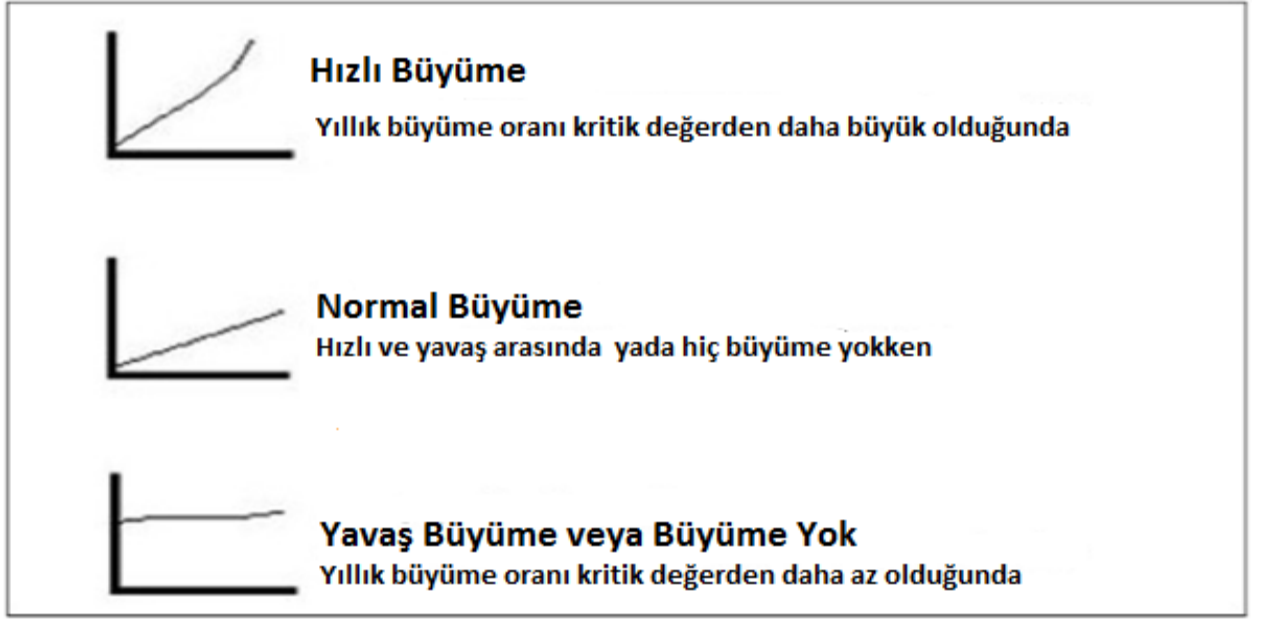
Şekil 3.6 SLEUTH modeli büyüme kuralları (Gigalopolis, 2014).

Bu büyüme kurallarının (growth rules) nasıl uygulandığı ise aşağıdaki büyüme kontrol parametrelerine (growth control parameters) bağlıdır:

- 1) Difüzyon parametresi (Diffusion coefficient)
- 2) Üreme (Doğma) parametresi (Breed Coefficient)
- 3) Yayılma parametresi (Spread Coefficient)
- 4) Eğim parametresi (Slope Coefficient)
- 5) Yol önemliliği parametresi (Road-gravity Coefficient)

Bilindiği gibi kent büyümesi lineer değildir. Büyüme bazı zaman diliminde çok artıp bazen yavaşlamış olabilir. Kent ve bölge ekonomisine bağlı olarak ani artış ve duraklama gibi dalgalanmalar olabilmektedir. Bu nedenle SLEUTH modeli bu dalgalanmaları göz önüne alarak ikinci kademe büyüme kuralları, kendi-kendini değiştiren (self-modification rules) kuralları kullanmaktadır. Bu kendi-kendini değiştiren kurallar sadece anormal derecede yüksek veya anormal derecede düşük büyüme oranlarında (growth rate) harekete geçirilir.

Büyüme oranları (growth rate) kent olmuş yeni pikseller ile toplam mevcut kent alanı karşılaştırılarak hesaplanmaktadır. Model tarafından kritik derecede yüksek ve kritik derecede düşük büyüme limitleri difüzyon, üreme ve yayılma parametrelerinin yüksek ya da düşük çıkmasına sebep olur. Bu parametrelerin yüksek çıkması kentleşmenin daha da hızla büyümesini, tersi ise Şekil 3.7 de görüldüğü gibi büyümenin yavaşlamasına sebep olur.



**Şekil 3.7** Kendi-kendini değiştiren kurallar (self modifying growth rules) etkisinde büyüme modelleri.

### 3.4.2 Model İçin Oluşturulan Girdi Verileri

SLEUTH modelinin çalışabilmesi için tüm veri katmanlarının gri tonlamalı (grayscale) 8-bit GIF formatında olması gerekmektedir. Bu yüzden tüm veri katmanları aynı projeksiyona (UTM 37N), aynı çözünürlüğe (30m), ve aynı boyuta (937x865) getirildikten sonra ArcGIS yardımıyla gri tonlamalı GIF formatına dönüştürülmüştür. SLEUTH modeli ile geleceğe dönük kent büyümesinin ve arazi kullanımı/razi örtüsü değişiminin tahminini yapabilmek için;

- 2 adet arazi kullanımı/razi örtüsü katmanı,
- 4 adet kent dokusu katmanı,
- En az 2 adet yol katmanı,
- Harici bölge,
- Yüzelik eğim ve
- Gölgeleme katmanları gerekmektedir.

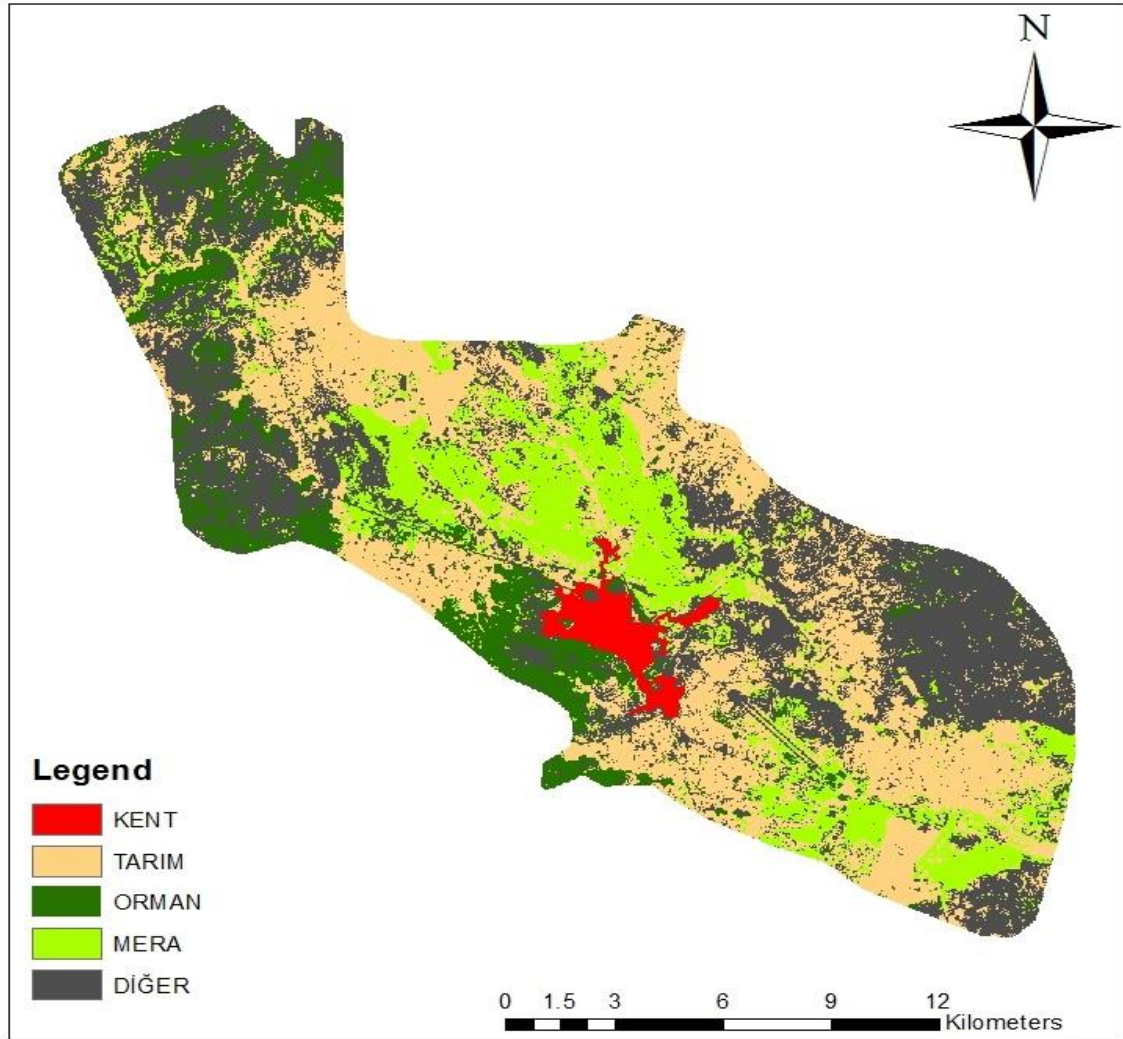
Bu çalışmada 2 adet arazi kullanımı/razi örtüsü katmanı (1987 ve 2011), 4 adet kent dokusu katmanı (1987, 1999, 2003, 2011), 4 adet yol katmanı (1987, 1999, 2003, 2011), 2 adet harici bölge ve birer tane yüzelik eğim, gölgeleme katmanları kullanılmıştır.

Sınıflandırma öncesi tüm uydu görüntülerinden termal bant (6. bant) çıkarılmıştır.

Sınıflandırmaya 1, 2, 3, 4, 5, ve 7. bantlar dahil edilmiştir.

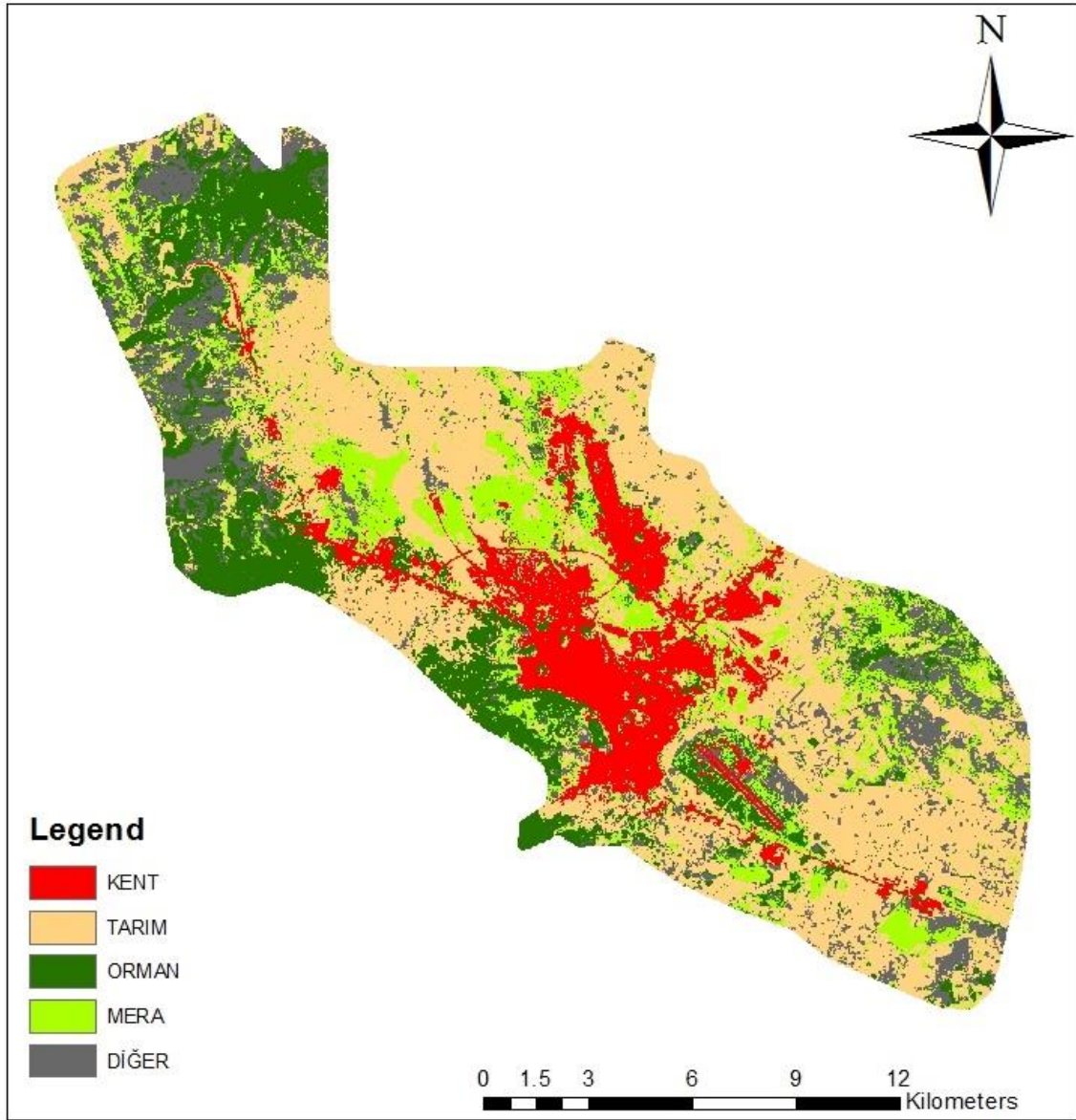
Mücavir alan sınırı kullanılarak çalışma alanı Landsat uydu görüntülerinden tek tek kesilmiştir. 1987 ve 2011 yıllarına ait görüntüler ERDAS Imagine programında hem kontrolsüz (unsupervised) hem de kontrollü (supervised) sınıflandırma yapılmış çalışmada kullanmak için kontrollü sınıflandırma verileri tercih edilmiştir ve çalışma alanı şu 5 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 3.8):

- 1- Kent
- 2- Tarım
- 3- Orman
- 4- Mera
- 5- Diğerleri.



Şekil 3.8. Afyonkarahisar 1987 yılı Arazi kullanımı / Arazi örtüsü katmanı (kontrollü sınıflandırma).





**Şekil 3.9** Afyonkarahisar 2011 yılı Arazi Kullanımı / Arazi örtüsü katmanı (kontrollü sınıflandırma).

1987 ve 2011 yıllarına ait görüntüler kontrollü Sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmış Arazi kullanım/Arazi örtüsü katmanları üretilmiştir. Sınıflandırmanın doğruluğunun belirlenmesinde en çok kullanılan yöntem hata matrisi (error yada confusion matrix) kabul edilmektedir (Chambell 1996; Foody 2002; Inan 2004). Bu doğruluk analizi sonucunda 1987 ve 2011 arazi kullanımı/arazi örtüsü katmanları için üretici (producers), kullanıcı (users), genel sınıflandırma ve kappa doğrulukları hesaplanmıştır (Çizelge 3.2 ve 3.3).



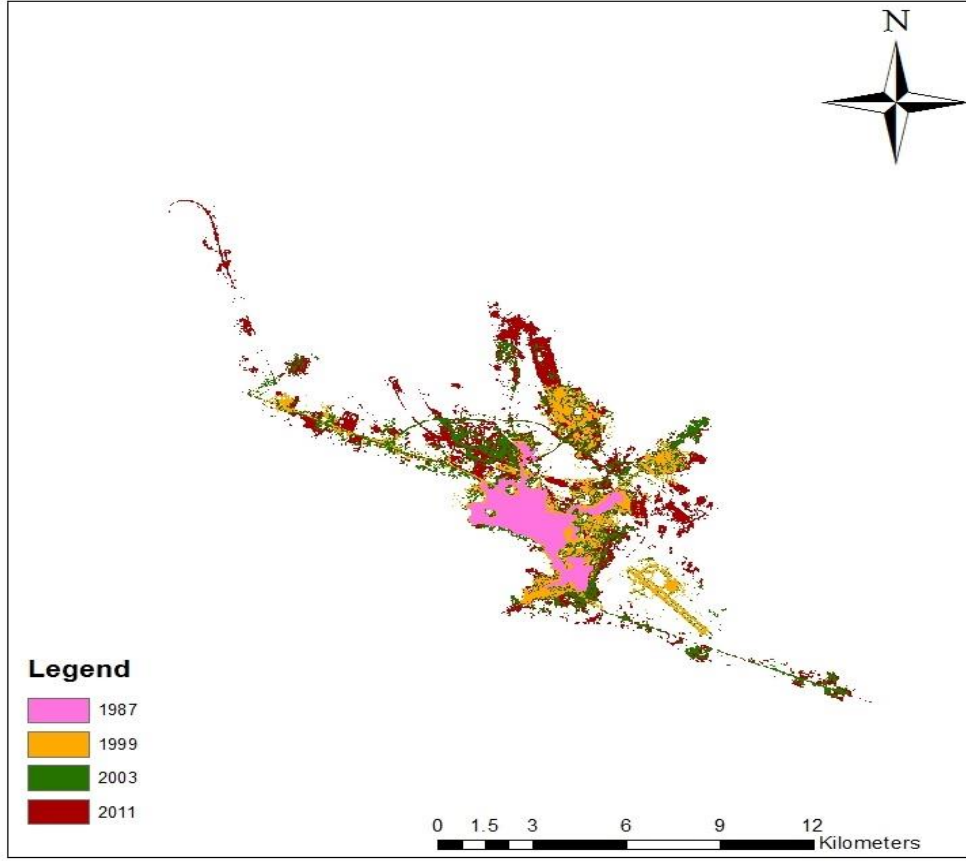
**Çizelge 3.2** Afyonkarahisar 1987 yılı AK/AÖ doğruluk analizi.

ACCURACY TOTALS						
-----						
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy	
Accuracy						
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Class 0	0	0	0	---	---	
Class 1	19	20	19	100.00%	95.00%	
Class 2	20	20	18	90.00%	90.00%	
Class 3	20	20	19	95.00%	95.00%	
Class 4	21	20	19	90.48%	95.00%	
Class 5	20	20	19	95.00%	95.00%	
Totals	100	100	94			
Overall Classification Accuracy =			94.00%			
----- End of Accuracy Totals -----						
KAPPA (K <sup>^</sup> ) STATISTICS						
-----						
Overall Kappa Statistics = 0.9250						

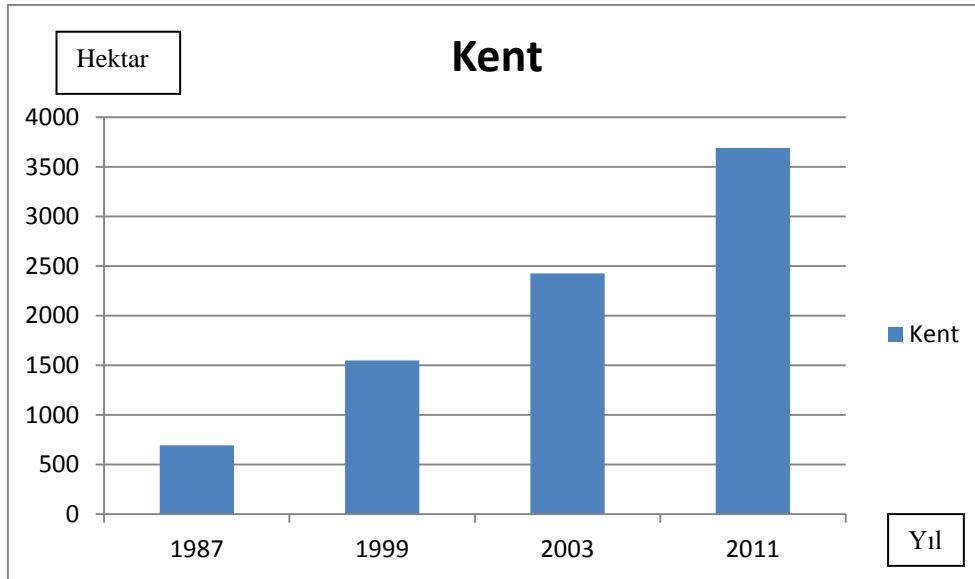
**Çizelge 3.3** Afyonkarahisar 2011 yılı AK/AÖ doğruluk analizi.

ACCURACY TOTALS						
-----						
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy	
Accuracy						
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Class 0	0	0	0	---	---	
Class 1	21	20	19	90.48%	95.00%	
Class 2	19	20	18	94.74%	90.00%	
Class 3	17	20	16	94.12%	80.00%	
Class 4	19	20	18	94.74%	90.00%	
Class 5	24	20	19	79.17%	95.00%	
Totals	100	100	90			
Overall Classification Accuracy =			90.00%			
----- End of Accuracy Totals -----						
KAPPA (K <sup>^</sup> ) STATISTICS						
-----						
Overall Kappa Statistics = 0.8750						

1999 ve 2003 yıllarına ait görüntülerden ise yine aynı şekilde ERDAS Imagine programı yardımıyla kontrollü sınıflandırma sonucu sadece kent dokusu elde edilmiştir. Tüm yıllara (1987, 1999, 2003, 2011) ait kent dokusu ise Şekil 3.10 da görülmektedir.

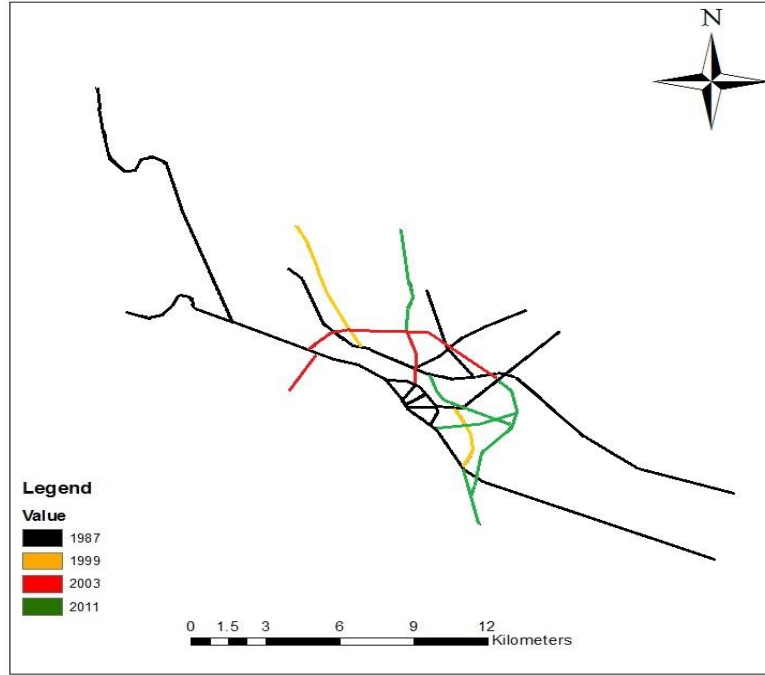


Şekil 3.10 Afyonkarahisar kent katmanları



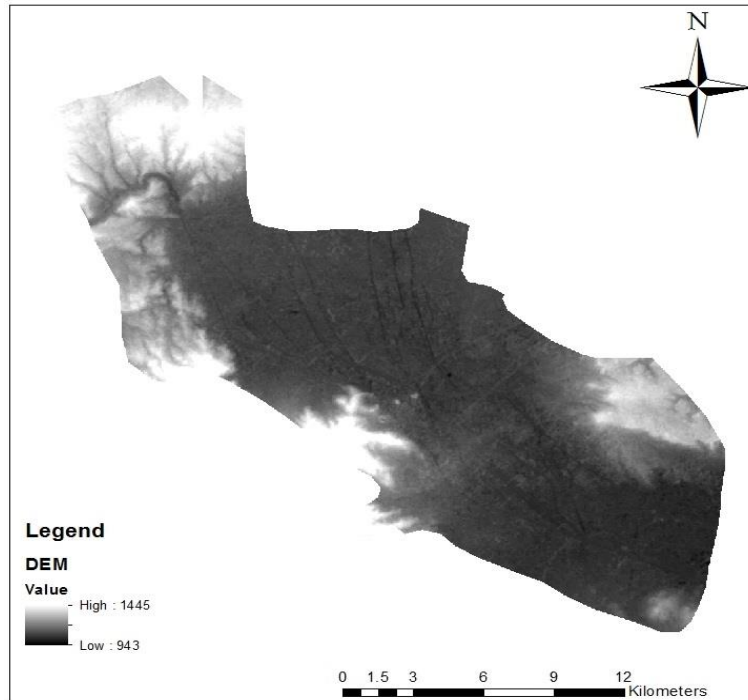
Şekil 3.11 Afyonkarahisar Kent gelişimi (1987-2011).

1987, 1999, 2003, ve 2011 uydu görüntülerinden ESRI ArcGIS yardımıyla yollar sayısallaştırılmıştır. Bu şekilde 4 farklı yol katmanı üretilmiştir.

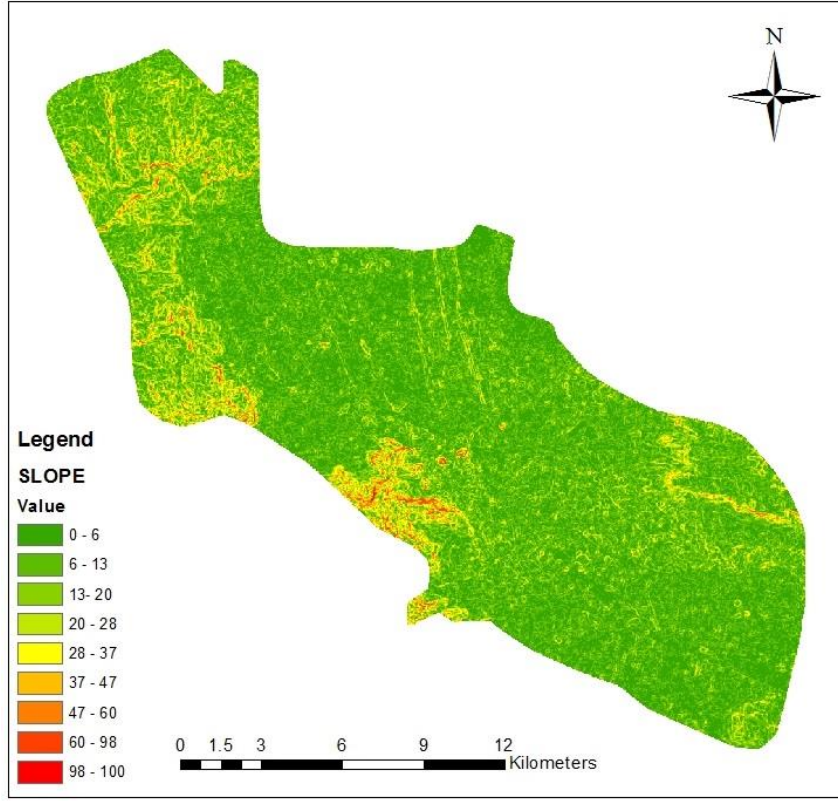


Şekil 3.12 Afyonkarahisar Yol Katmanları.

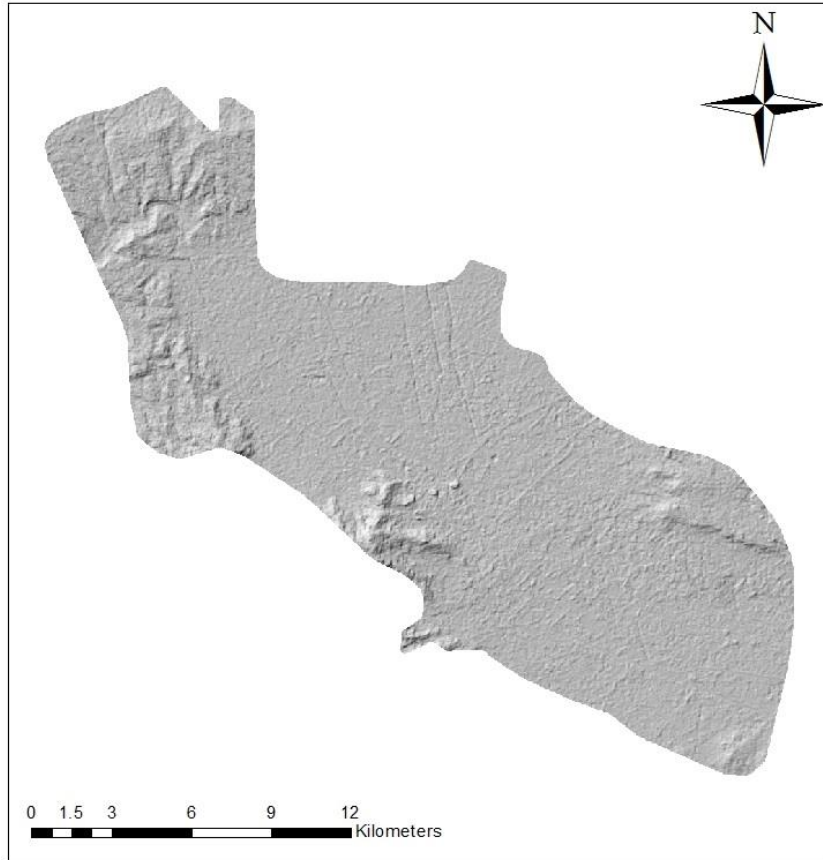
SLEUTH modelin diğer girdi verilerinden eğim ve gölgeleme haritaları da sayısal yükseklik modeli kullanılarak yüzdelerik eğim ve gölgeleme haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3.13;14;15).



Şekil 3.13 Sayısal yükseklik modeli( DEM).



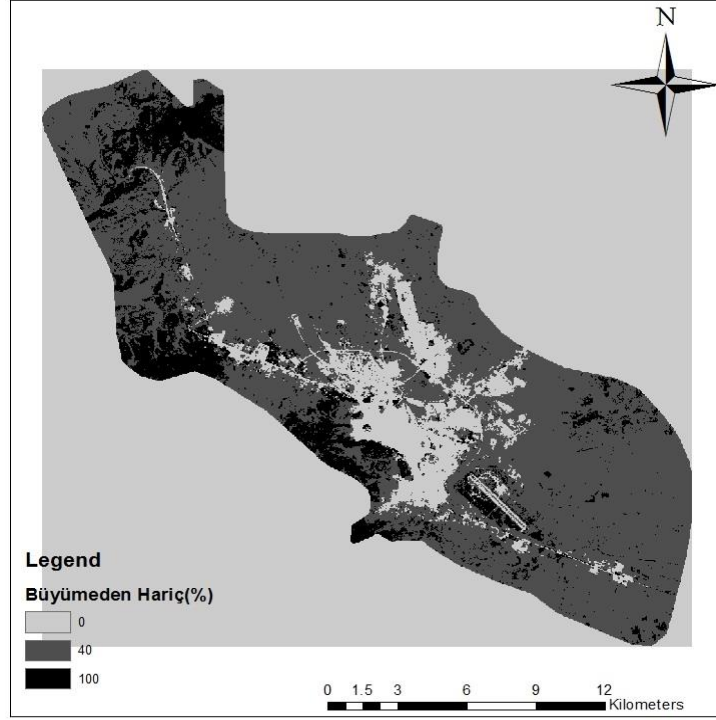
Şekil 3.14 Afyonkarahisar Eğim Katmanı.



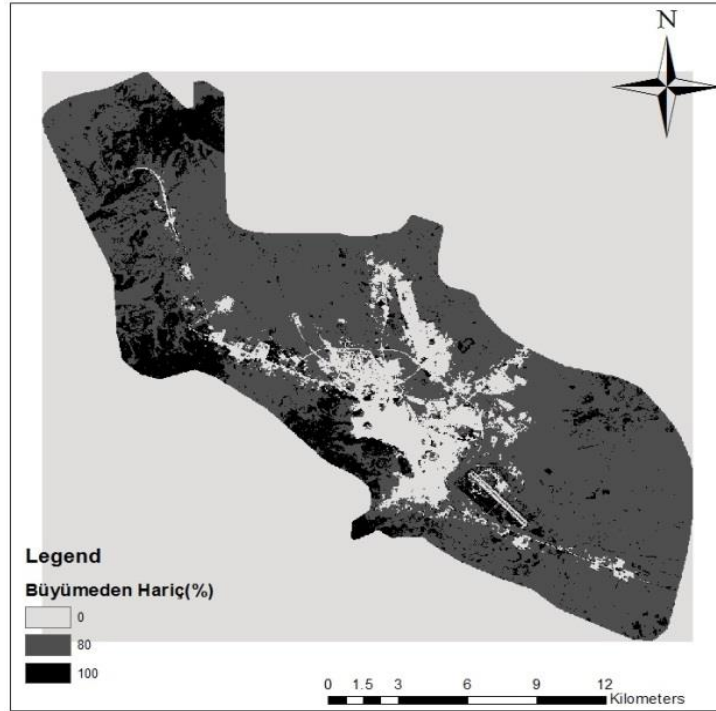
Şekil 3.15 Afyonkarahisar Gölgeleme Katmanı.

Gelecekteki kent büyümesinin değişiminin modellenmesine imkan veren 2 harici bölge katmanı geliştirilmiştir.

- 1- Mevcut büyüme harici bölgesi(Şekil 3.16)
- 2- Kontrollü büyüme harici bölgesi(Şekil 3.17)



Şekil 3.16 Mevcut Büyüme Hariç Bölgesi.



Şekil 3.17 Kontrollü Büyüme Hariç Bölgesi.

Her bir harici bölge kendi içerisinde 0-100 arasında değerler içermektedir. Örneğin Orman ve park alanları için 100 değeri verilmiştir ve bu gelecekteki kentsel büyümenin bu bölgede %100 kısıtlandığını göstermektedir. Tarım ve yeşil alan/mera gibi doğal veya yarı doğal alanlar ise her bir senaryo için farklı değerler ihtiva etmektedir. Örneğin, 1. Senaryo (Mevcut Büyüme) için bu alanlar düşük, 2. Senaryo (Kontrollü Büyüme) için yüksek değerler verilir. Çizelge 3.4 de bu çalışmada kullanılan 2 farklı senaryo kapsamında geliştirilen harici bölge katmanlarının aldığı değerler görülmektedir.

**Çizelge 3.4** Harici Bölge Katmanlarının aldığı değerler.

<b>AÖ/AK Sınıfları</b>	<b>Mevcut Büyüme</b>	<b>Kontrollü Büyüme</b>
<i>Kent</i>	0	0
<i>Tarım</i>	40	80
<i>Orman</i>	100	100
<i>Mera</i>	40	80
<i>Diğer</i>	40	80

### 3.4.3 Kalibrasyon

Modeli çalıştırabilmek için gerekli veri katmanları GIF formatında hazırlandıktan sonra, SLEUTH modeli önce modelle birlikte gelen test veri katmanlarıyla test edilmiştir. Daha sonra Afyonkarahisar mücavir alanı veri katmanlarımızla test modunda çalıştırılmış ve modelin problemsiz çalıştığı test edilmiştir.

SLEUTH modelinin çalışabilmesi için senaryo (scenario) dosyalarının düzenlenmesi gerekmektedir. Bu senaryo dosyaları modelin çalışması için gereklidir. Model örnek bir senaryo dosyası zaten ihtiva etmektedir, fakat SLEUTH modelinin kendi veri katmanlarımızla sorunsuz çalışabilmesi için bu senaryo dosyasının kendimize göre düzenlenmesi gerekmektedir. Senaryo dosyasında düzenlenmesi gereken bazı önemli noktalar şunlardır: Modelin çalışması için gerekli her bir GIF formatındaki katmanın ismi, veri katmanlarının bulunduğu klasör adresi, model çıktılarının saklanması gereken klasör adresi, monte carlo iterasyon sayısı, büyüme parametrelerinin katsayı değerleri, büyümenin tahmin edilmeye başlanacağı yıl ile bitiş yılı, animasyonun istenip istenmediği, sonuçta elde edilen büyüme katmanlarındaki renklendirmeler, kritik eğim (yüzdellik) değeri vd.

Bu test aşamasından sonra sıra kalibrasyon aşamasına gelmiştir. SLEUTH modelinin kalibrasyonu çok fazla hesaplama gerektirdiğinden dolayı Brute Force metodu, parametre değerlerini elde etmek için model içine entegre edilmiştir. Brute Force metodu modeli kalibre ederken veri çözünürlüğünü 3 aşamada artırıp, katsayı aralık değerlerini azaltmaktadır.

Model 3 aşamalı bir kalibrasyon içermektedir:

- 1- Coarse
- 2- Fine
- 3- Final

**Coarse Kalibrasyon:** Katsayı aralığı bu ilk aşamada 0-100 olarak girilmektedir. Bu aşamada büyük artırmalar (increments) kullanılır, örneğin 0, 25,50,75,100 gibi. Bu aşamada veri çözünürlüğü orijinal çözünürlüğün  $\frac{1}{4}$  ü olarak düşürülmektedir.

**Fine Kalibrasyon:** Coarse kalibrasyonunun sonucunda en uygun (best fit) değerleri bu aşamada kullanılır. Katsayı aralığı biraz daha daraltılıp artırma (increment) 5-10 olarak seçilir. Veri çözünürlüğü ise orijinal çözünürlüğün  $\frac{1}{2}$  si olarak seçilir.

**Final Kalibrasyon:** Fine kalibrasyonu sonucunda çıkan en uygun (best fit) değerleri bu aşamada kullanılır. Bu aşamada katsayı aralığı iyice daraltılır, örneğin 1-3 gibi. Bu son kalibrasyon aşamasında ise 1/1 yani orijinal tam çözünürlük kullanılır. Bu çalışmamızda Coarse kalibrasyonu safhasında 120m, Fine kalibrasyonu safhasında 60m, ve Final kalibrasyonu safhasında ise 30m çözünürlükteki veri katmanları kullanılmıştır. Her bir kalibrasyon aşamasından sonra SLEUTH modeli 13 farklı metrik (metric) üretmektedir. Her bir metrik kontrol yıllarına ait simüle edilen büyüme ile gerçek büyümenin bir karşılaştırmasını sunmaktadır.

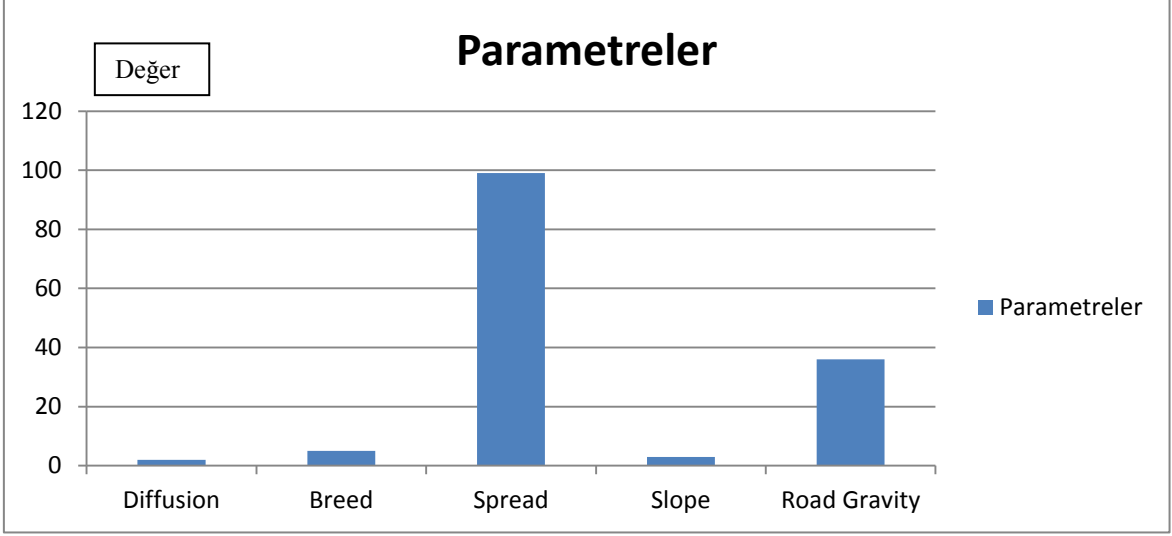
**Çizelge 3.5** SLEUTH modelinin uyum iyiliğini değerlendirmede kullanılan metrikler.

Metrik Adı	Tanımı
Compare	Final yılı için tahmin edilmiş popülasyon/final yılı için gerçek popülasyon, yada IF Pmodelenmiş > Pgerçek $\{1 - (\text{final yılı için tahmin edilmiş popülasyon/final yılı için gerçek popülasyon})\}$ (Modeled population for final year/actual population for final year, or IF Pmodeled > Pactual $\{1 - (\text{modeled population for final year/actual population for final year})\}$ )
Population	Tahmin edilmiş kentleşme için en küçük kareler regresyon değeri kontrol yıllarındaki gerçek kentleşme ile karşılaştırılır. (Least squares regression score for modeled urbanization compared to actual urbanization for the control years)

<b>Edges</b>	Tahmin edilmiş kent kenar sayısı için en küçük kareler regresyon değeri kontrol yıllarındaki gerçek kent kenar sayısı ile karşılaştırılır. (Least squares regression score for modeled urban edge count compared to actual urban edge count for the control years)
<b>Clusters</b>	Tahmin edilmiş kent kümelenmesi için en küçük kareler regresyon değerinin kontrol yılları için bilinen kent kümelenmesi ile karşılaştırılır. (Least squares regression score for modeled urban clustering compared to known urban clustering for the control years)
<b>Slope</b>	Modellenen kent küreleri için ortalama eğimin en küçük kareler regresyonu ile kontrol yılları itibarıyla bilinen kent hücrelerinin ortalama eğimi karşılaştırılır. (Least squares regression of average slope for modeled urbanized cells compared to average slope of known urban cells for the control years)
<b>X-Mean</b>	Modellenen kent hücrelerinin ortalama x-değerlerinin en küçük kareler regresyonu ile kontrol yıllarında bilinen kent hücrelerinin ortalama x-değerleri ile karşılaştırılır. (Least squares regression of average x_values for modeled urbanized cells compared to average x_values of known urban cells for the control years)
<b>Y-Mean</b>	Modellenen kent hücrelerinin ortalama y-değerlerinin en küçük kareler regresyonu ile kontrol yıllarında bilinen kent hücrelerinin ortalama y-değerleri ile karşılaştırılır. (Least squares regression of average y_values for modeled urbanized cells compared to average y_values of known urban cells for the control years)
<b>F-Match</b>	Arazi kullanımı sınıfları için uyum iyiliği oranı. (A proportion of goodness of fit across landuse correct/(#_modeled_LU correct + #_modeled_LU wrong))

Kalibrasyon aşaması bilgisayar tarafından işlenmesi en uzun süren safhalardan biridir. Bunların içinden de final kalibrasyonu en çok bilgisayarda işleme zamanı (computer processing time) almaktadır. Bunun nedeni ise final kalibrasyonda modelin tam (30m) çözünürlükte işlenmesidir. Coarse kalibrasyonda ise çeyrek (120m) çözünürlükteki verileri işlenmektedir. Afyonkarahisar mücavir alanı verileri için coarse kalibrasyon aşamasının tamamlanması yaklaşık 1 gün, fine kalibrasyonu 2 gün, ve final kalibrasyon aşaması ise yaklaşık 4 gün almıştır. Elbette bu süre verilerin büyüklüğüne (satırxsütun sayısına), bilgisayarın hızına (CPU), ve belleğine (RAM) göre değişebilmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı bilgisayar masaüstü kişisel pc olup 3GB belleğe (RAM) ve 2.5GHz hıza(CPU) sahiptir. Bu 3 aşamalı kalibrasyon bittikten sonra Tahmin Katsayısının Temini (Derive Forecasting Coefficients) safhası vardır ki burada amaç gelecekteki değişimin hesaplanması aşaması olan tahmin aşamasında (prediction) kullanılacak değerler hesaplanır. Kısacası, bu aşamadan çıkan değerler tahmin (Prediction) aşamasında kullanılmıştır. Tahmin aşamasında kullanılmak üzere elde edilen parametre değerleri Şekil 3.18’de görülmektedir.





**Şekil 3.18** Tahmin aşamasında kullanılacak Parametre değerleri.

Tahmin aşamasında kullanılacak parametreler Kalibrasyon sonrası üretilmiştir (Şekil 3.18). Buna göre modellemede en çok yayılma(spread) parametresinin etkin olacağı görülmektedir.

Daha sonra sırasıyla Yol önemliliği (road gravity), Üreme (breed), eğim (slope) ve difüzyon parametrelerinin etkinliği görülmektedir. Çalışma alanının sadece güneybatısında dağlık alanın olması slope etkinliğini az tutarken, kentin diğer yönlerinde düzlük ve %0-%25’lik eğim aralığında olması sebebiyle yayılmanın çok fazla olduğu ve bunda yol önemliliğinin de etki ettiği görülmektedir.

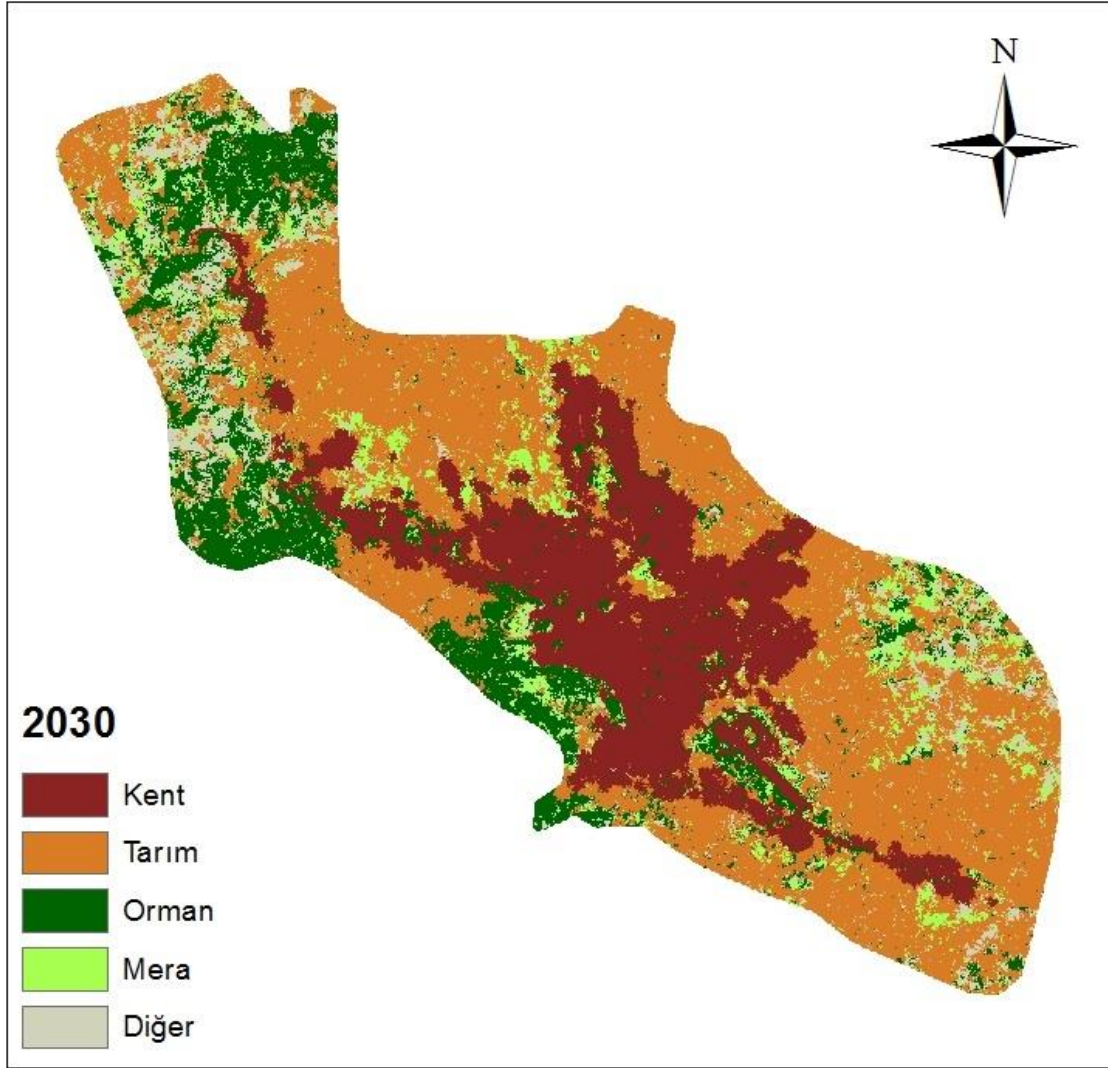
#### 4. BULGULAR

Mevcut büyüme senaryosu ile kısmi alanlarda düşük bir koruma konulmuş olup, Kontrollü büyüme senaryosu için ise yüksek koruma konulmuştur.

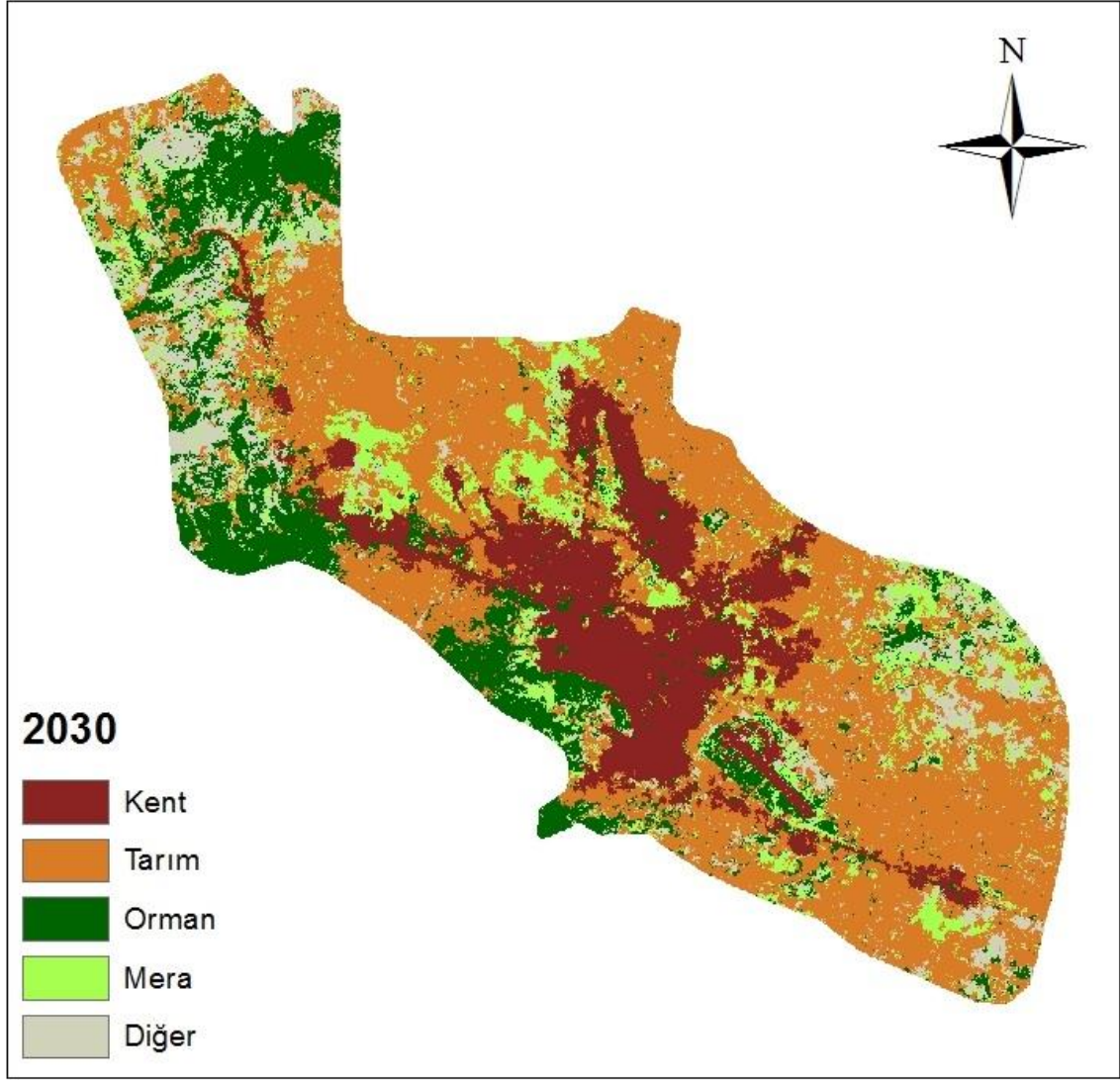
Orman, tarım alanları ve yeşil alan/mera gibi doğal veya yarı doğal alanlar kentleşmenin baskısından etkileri ve kentleşmenin hangi boyutlara ulaşacağı gözlemlenmiştir. Birinci senaryoda %40’lık koruma ikinci senaryoda %80’e çıkarılarak yüksek koruma altına alınmıştır. İki farklı büyüme senaryosu oluşturulmuş ve Tahmin sonuçları Şekil 4.1 ve 4.2’de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi kent, Mevcut senaryo ile kontrollü senaryoya göre daha dağınık bir görünüm göstermiştir. Kontrollü büyüme senaryosu ile en az dağınık ve çoğunluğu kent dokusu çeperlerinde meydana gelen bir büyüme

görülmüştür. Mevcut büyüme aşırı arazi tüketimine neden olmakta ve dolaylı olarak doğal/yarı doğal alanların yok olmasına neden olmaktadır.

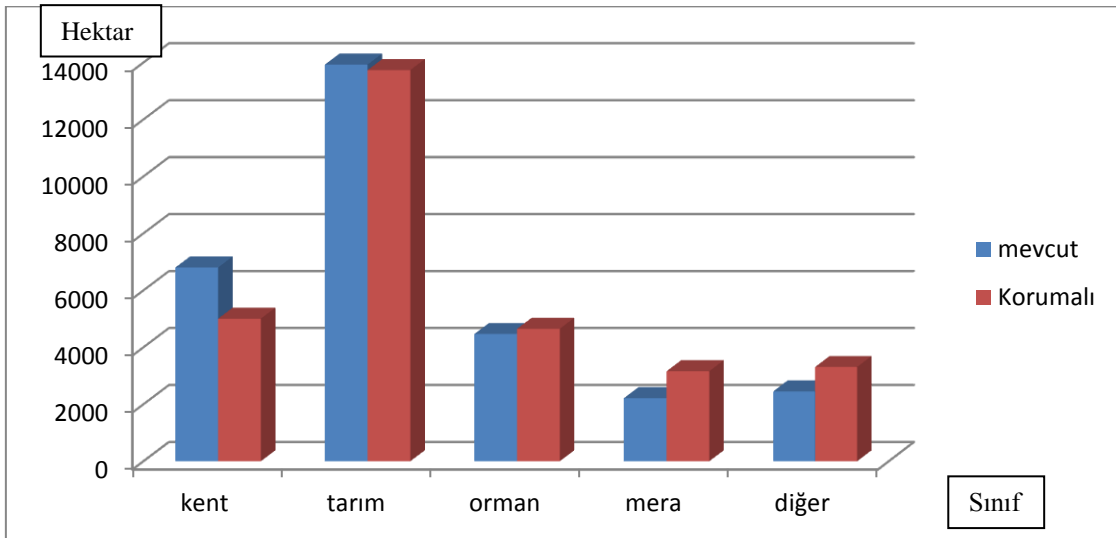
Doğal ve yarı doğal alanların üzerine konan %80'lik koruma nedeniyle kontrollü büyüme senaryosunda kent dokusunun çok fazla büyümesi engellenmiş olmuştur. Afyonkarahisar kentinde gelecekteki büyümenin güneybatı hariç diğer yönlerde dağılıma göstereceği görülmektedir. Güneybatıda Hıdırlık Tepesi ve uzantısı dağların bulunması kentin gelişimini bu yönde kısıtlamıştır. Kent büyümesine hiçbir kısıtlama getirilmez ise, kentin dağılımı ile çoğunlukla meraların ve daha ileriki zamanlarda meraların yok olmasıyla kentleşmenin tarım alanlarına sığacağı verimli arazilerin kentleşmeye açılacağı öngörülmektedir. 2030 yılına kadar ki süreçte ise en çok zararı mera alanlarının alacağı görülmektedir.



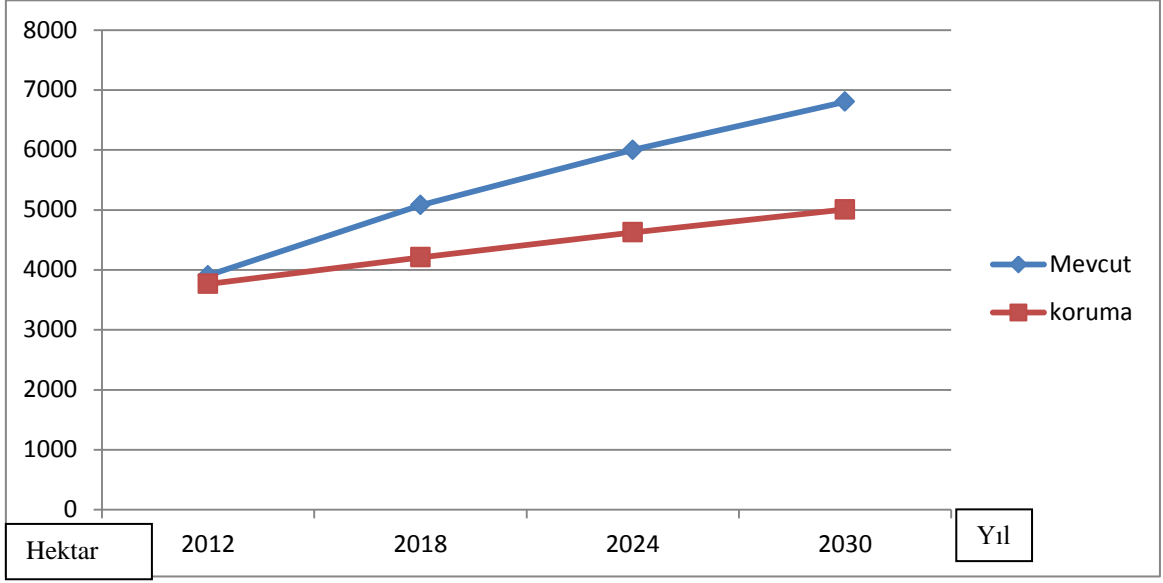
Şekil 4.1 Mevcut Büyüme Tahmin sonuçları.



Şekil 4.2 Kontrollü Büyüme Tahmin sonuçlar.



Şekil 4.3 Mevcut ve Korumalı senaryo sınıflarının alansal grafiği.

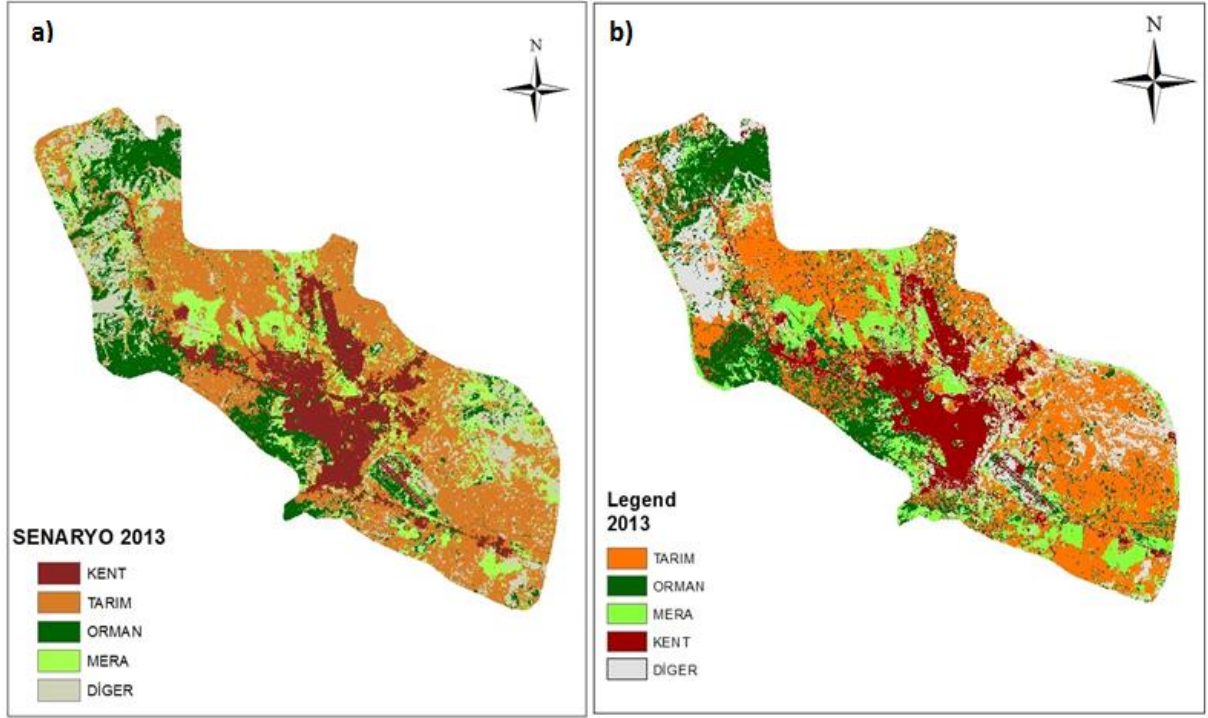


**Şekil 4.4** Mevcut ve Korumalı senaryoların Kent Alan değişim grafiği.

Şekil 4.4’de görüldüğü gibi mevcut büyüme senaryosu bazında Afyonkarahisar için 2030 yılında kentin kapladığı alan yaklaşık 7000 hektar olarak bulunmuştur. Planlı ve kontrollü bir büyüme sayesinde 2030 yılındaki kent alanı yaklaşık 5000 hektar bulunmuştur ve yaklaşık olarak 2000 hektarlık bir alan kurtulmuş olacaktır. Bu alan Mera ve Diğerleri alanından oluşmaktadır. Mera alanların yok olmasıyla başlayan süreç daha ileriki yıllarda tarım alanlarını işaret etmektedir. Ayrıca 1987 den itibaren günümüze kadar tarım alanlarının arttığı görülürken, geleceğe dönük senaryolarda da artış göze çarpmaktadır. Bunun sebebinin çoğunluğu bataklık olarak tarıma elverişsiz olan arazilerin doğal yada yapay olarak kurutulduğu ve tarıma uygun hale geldiği bunun yanı sıra otlak hayvancılığında dolayı mera olarak kullanılan bazı alanların besi hayvancılığına geçiş ile tarım alanına dönüştüğü düşünülmektedir. Arazi örtüsü ve arazi kullanımı ile ilgili daha net sonuçlara varabilmek için ayrıca bir çalışma yapılması gerekmektedir. Şekil 4.3’de iki senaryo arasındaki kentsel gelişim farklılığı grafik olarak gösterilmiştir.

Afyonkarahisar merkezinde belirlenen çalışma alanı çerçevesinde SLEUTH model kullanılarak 2030 yılına kadar iki adet (Şekil 4.1 ve 4.2) kent büyüme senaryosu (mevcut ve Kontrollü büyüme senaryoları) üretilip simülasyonu yapılmıştır.

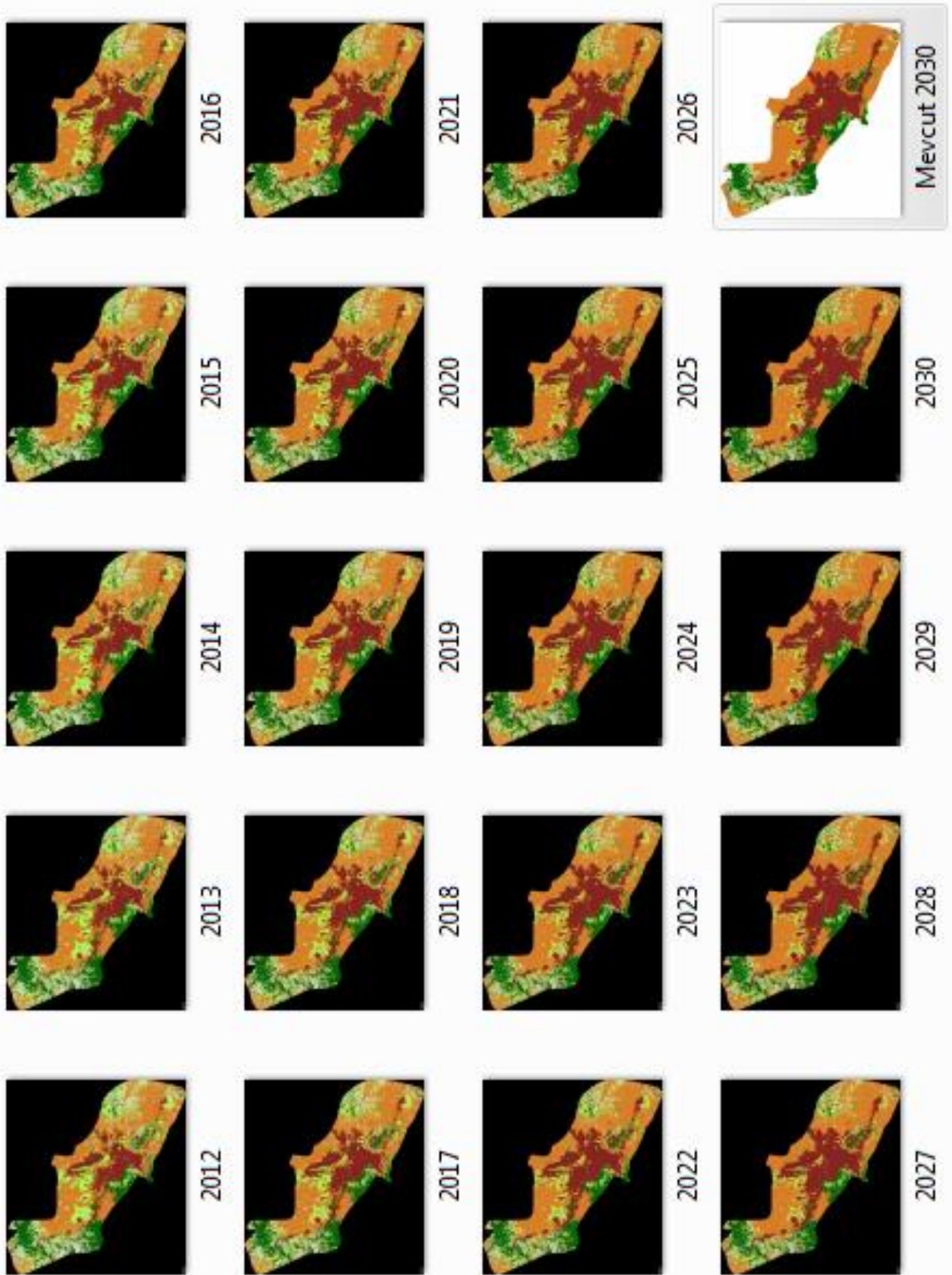
#### 4.1 Kontrol



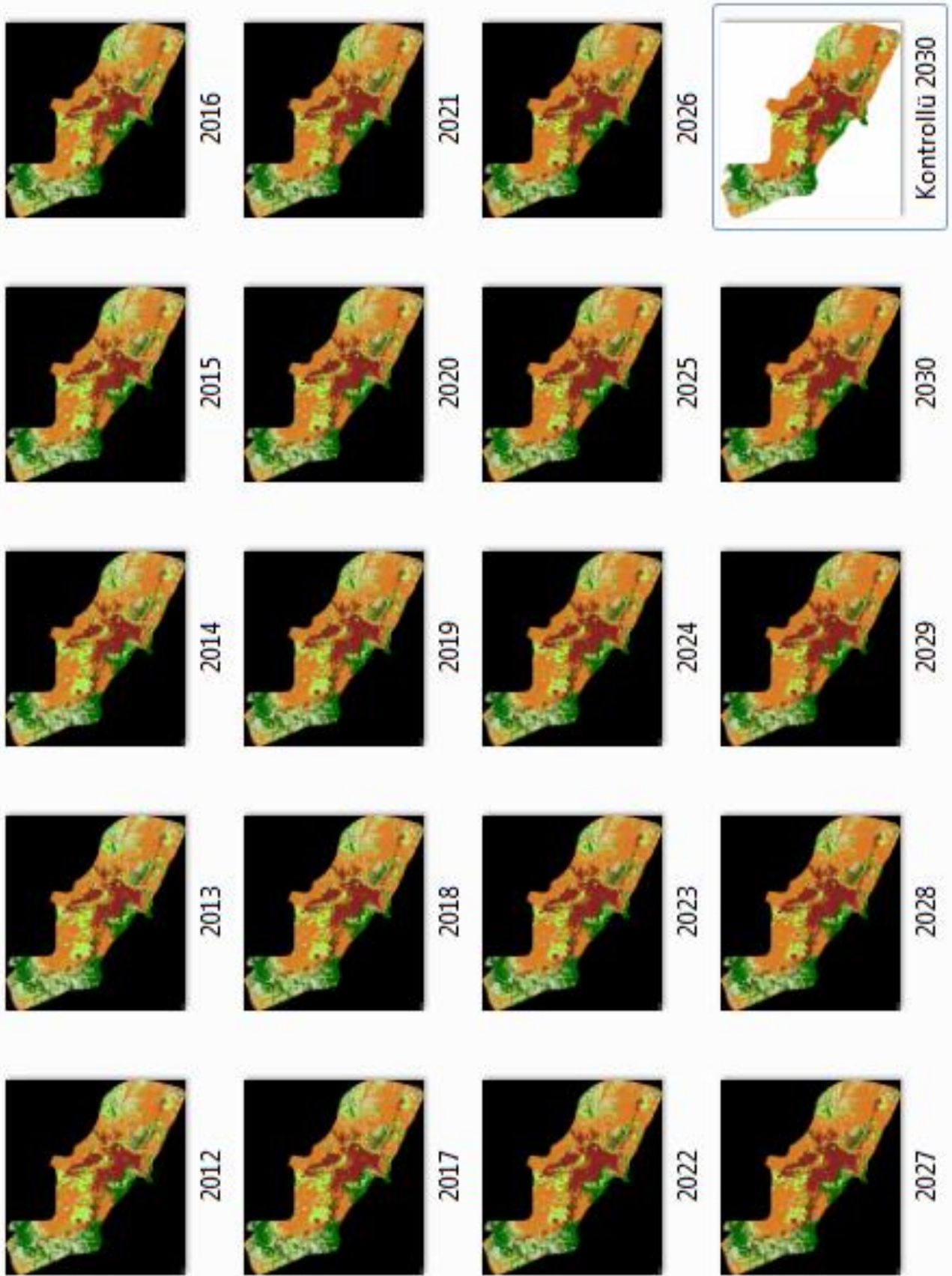
Şekil 4.5 a) Modelin oluşturduğu 2013 senaryosu. b) Afyonkarahisar 2013 Arazi kullanımı.

SLEUTH model ile 2012 yılından başlayarak 2030 yılına kadar tüm yılların senaryoları oluşturulmuştur. Kontrol amacıyla aynı çalışma alanının 2013 yılına ait Landsat 8 görüntüsü kontrollü olarak sınıflandırılarak arazi kullanımı tespit edilmiştir (Şekil4.5-b). Güncel 2013 arazi kullanımı ile 2013 mevcut senaryosu karşılaştırılmış yüksek doğruluk yakalanmıştır. Güncel 2013 arazi kullanımı ile kent alanı 4015 ha hesaplanırken, modelin oluşturduğu 2013 mevcut senaryosunda kent alanı 4125 olarak hesaplanmıştır. Kontrol amaçlı yapılan bu çalışma her ne kadar 2030 simülasyonu için genel bir doğruluk taşımasa da 2013 yılı için yapılan bu kıyaslama ile % 97 doğruluk tespit edilmiştir. Yakın zamanlı bir kontrol olmasına rağmen bu yüksek doğruluğun genel çalışmaya etki edeceği ve 2030 yılındaki senaryonun da iyi bir doğruluğa sahip olacağı düşünülmektedir. Kontrol amaçlı mera alanlarını da kıyasladığımızda, modelin oluşturduğu 2013 mevcut senaryo ya göre 4432 ha mera alanı görünürken güncel 2013 görüntüsünden elde edilen mera alanı 4048 ha'dır. 2013 Mera alanlarına göre %90 doğruluk, 2013 kent alanları ile %97 doğruluk tespit edilmiştir.





Şekil 4.6 Mevcut Büyüme Senaryosu ile simülasyon için üretilen veriler.



Şekil 4.7 Kontrollü Büyüme Senaryosu ile Simulasyon için üretilen veriler.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

SLEUTH Model sonuçları yöneticilerin, şehir plancıların kenti geleceği hakkında yapılması gerekenler ve alınması gereken önlemler için fikir verebilecek en iyi görsel modellemelerdendir. Bu model tahminleri kentlerde yaşayan halkın bilinçlenmesi ve kentin kontrolsüz olarak büyümesinin ne gibi sorunlar ortaya çıkaracağını göstermek ve alınan önlemlerin sebebendirilmesi anlamında da faydalı olacak bir görseldir. Özellikle Amerika Birleşik Devletlerindeki eyalet ve bölge kuruluşları SLEUTH modelinin bu potansiyelinin farkına varmışlar ve bunu doğal alanların kırılabilirliğini modellemede bir araç olarak kullanmaktadırlar.

Dünya kentlerinin sürekli artan büyümesinin sosyal ekonomik ve çevresel sorunlara sebep olması kentlerin geleceğini yönetmeye olan ilgiyi artırmıştır. Bu nedenle, kent dinamiklerinin anlaşılması ve kent gelişiminin çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine çok ihtiyaç duyulmuştur ki buda modellemeyi gerektirmektedir. Kent sistemlerinin karmaşık ve dinamik hareketlerinin simüle edilmesindeki kabiliyeti nedeniyle hücreli otomasyon (CA) modelleri bölgelerin ve kentlerin modellenmesinde uygun bir yaklaşım olarak yer almıştır. SLEUTH modelinin interaktif senaryo gelişimi, sonuçların ölçülebilmesi ve görselleştirilmesi gibi önemli fonksiyonları bulunmaktadır. SLEUTH modeli alternatif senaryoların etkilerinin değerlendirilmesinde ve şehir gelişimlerinin yönetilmesinde faydalı bir araç olarak kullanılabilir.

Bu kentsel çalışmanın değerlendirme sonuçları kent geleceğini yönlendirebilecek öngörüler ortaya koymuştur. Çalışmanın ilk aşamasında 1987 den 2011 yılına kadar Afyonkarahisar kent merkezinin yaklaşık 3000 ha büyüdüğü tespit edilmiştir. Daha sonra yine uydu verileri yardımıyla geçmişten günümüze şehir gelişimi eğilimi, SLEUTH model ile eğitilip üretilen parametreler ile 2030 senaryoları oluşturulmuştur. Mevcut büyüme senaryosu ile kent gelişimi 2011'den 2030'a kadar 3115 hektar artacağı, bu artış ile Mera alanlarının 2300 ha'nın yok olacağı görülmektedir. Kontrollü büyüme senaryosu ile 2000 ha doğal alanın kentleşmeden korunabileceği, şehrin sosyal ve ekonomik olarak öneme sahip doğal kaynaklar üzerinde yanlış arazi kullanımlarının önüne geçilebileceği sonucuna varılmıştır.



## 6. KAYNAKLAR

- Akın A. Berberoğlu S.(2010). Kentsel gelişimin geleceğe yönelik modellenmesinde farklı yaklaşımlar. I. Ulusal Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu 24 – 26 Kasım 2010, İTÜ
- Akın A, Berberoğlu S.(2012). Farklı Politikalar Doğrultusunda Adana Kentsel Gelişiminin Modellenmesi. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL -CBS 2012), 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Brandt, T. ve Paul, M.M., (2001). Classification methods for remotely sensed data, CRC Press, A.B.D. s8
- Benenson, I. ve Torrens, P. M., (2004). Geosimulation Automata-based modeling of urban phenomena , John Wiley and Sons.
- Batty, M., (2007). City and Complexity :Understanding Cities with Cellular Automata , Agent-Based Models, and Fractals, The MIT Press Cambridge.
- Birkin M., Clarke G., Clarke M., Wilson A. (1996). Intelligent GIS: Locations decisions and strategic planning. Cambridge, UK: Geoinformation International.
- Chandra, A.M. ve Ghosh S.K., (2007). Remote sensing and geographical information system, Alpha Science International, Oxford U.K.
- Engelen, G., White, R . ve Uljee, I., (2012). The Murbanty And Moland Models For Dublin, European Commission Joint Research Centre, Ispra, Italy .
- Fricke R., Wolff , E., (2002). The Murbandy Project: Development Of Lans Use and Network Databases For The Brussels Area , *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, sayı: 4, sayfa: 33–50
- Meaille R., Ward L. Using geographical information systems and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth. *International Journal of Geographical*.
- Maktav, D. ve Sunar, F., (1991). Uzaktan algılama, Kantitatif yaklaşım, Hürriyet Ofset, İstanbul.Information Systems, 4, 445-456.
- Oguz H., (2009). Simulating future urban growth in the city of Kahramanmaras, Turkey from 2009 to 2040. *Journal of Environmental Biology*.
- Oğuz H., Kesgin B., Nurlu E., Doygun H. (2010). Narlıdere-Balçova/İzmir Örneğinde SLEUTH Model Yardımıyla Kentleşme Senaryolarının Geliştirilmesi. I. Ulusal

- Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu 24 – 26 Kasım 2010, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü. Taşkışla, İstanbul. 473-485.
- Oguz H., Klein A.G.(2008) Srinivasan R. Predicting Urban Growth in a US Metropolitan Area with No Zoning Regulation, *International Journal of Natural and Engineering Sciences*. 2(1): 09-19. (2008).
- Oğuz H.(2004) Modeling urban growth and land use/land cover change in the Houston metropolitan area from 2002-2030. PhD Thesis. Texas A&M University. (2004)
- Oğuz H.(2007) Klein A.G., Srinivasan R. Calibration of the SLEUTH Model Based on the Historic Growth of Houston, *Journal of Applied Sciences*, 7(14),1843-1853. (2007)
- Oguz H., Klein A.G., Srinivasan R.(2007) Using the SLEUTH Urban Growth Model to Simulate the Impacts of Future Policy Scenarios on Urban Land Use in the Houston-Galveston- Brazoria CMSA, *Research Journal of Social Sciences*, 2, 72-82. (2007).
- Scholten H., Stillwell J.(1990) Geographical information systems for urban and regional planning. The GeoJournal Library. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.(1990).
- Silva E.A., Clarke K.C.(2002) Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Spain. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26, 525-552. (2002).
- Sesören, A., (1999). Uzaktan algılamada temel kavramlar, Mart Matbaacılık, İstanbul.
- Stalker P.(200) Handbook of World. Oxford University Press. New York. (2000).
- Stillwell C., Geertman S., Openshaw S. (1999). Geographical information and planning. New York: Springer.
- Şevik Ö. (2006). Application of SLEUTH model in Antalya. Master Thesis. Middle East Technical University.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) İl ve ilçe nüfus göstergeleri (2013)
- UN (United Nations Population Division) World urbanization prospects. The 2007 revision population database (2007).
- Uzaktan Algılama, İşlem GIS, 2001. (Elektronik Doküman – CD)
- Xibao X., Yang G., Zhang J. (2009). Simulation and prediction of urban spatial expansion of Lanzhou City. *Arid Zone Research*, 26(5),763-769.

Wu F., Webster C.J. (1998).Simulation of land development through the integration of cellular automata and multi-criteria evaluation. Environment and Planning: Planning and Design, 25,103-126.

Watkiss B.M.(2008). The SLEUTH urban growth model as forecasting and decision-making tool. Masters Thesis. Stellenbosch University

WuF.,(1998) ,Anexperiment on The Genetic Polcentricity ofurban Growth in A Cellular Automatic City, Environment and Planning B25,Page73]-752.

İnt.Kyn.1 Gigalopolis Project, Urban and Land Cover Modeling

<http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/> (2013)

İnt.Kyn.2 Yıldız Teknik Üniversitesi

<http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> (Bayram, 2006)

İnt.Kyn.3 İstanbul Teknik Üniversitesi

<http://www.cscrs.itu.edu.tr> (uhuzam,2008)

İnt.Kyn.4 Afyonkarahisar Belediyesi (Afyonkarahisar Bld.)

<http://www.afyon.bel.tr> - (2013)

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa Mutlu UYSAL  
Doğum Yeri ve Tarihi : Alaşehir-03.04.1987  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 05364909505/ mustafamutluuysal@yahoo.com.tr

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ahmet Avcı Anadolu Öğretmen Lisesi 2004  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi 2011  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi 2014

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : İZKA İnş. Taah. Müh. Ltd. Şti./2011-2012  
Müdürlüğü/2012

Artvin İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık

Şanlıurfa Orman Bölge Müdürlüğü/2012-2014

Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü/2014-Halen