



**T. C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYON MODELİ KALİBRASYON
SONUÇLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

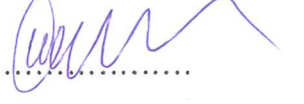
**Derya KOTAY DEMİRKIRAN
(201592211018)**

**Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İsmail Ercüment AYAZLI**

**SIVAS
NİSAN 2019**

Derya KOTAY'ın hazırladığı “KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYON MODELİ KALİBRASYON SONUÇLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Dr. Öğr. Üyesi İsmail Ercüment AYAZLI**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi **Doç. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi **Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK**
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



*Bu tez, **TÜBİTAK 112K469** Nolu proje ve Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından **M-673** Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.*



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Derya KOTAY DEMİRKIRAN, 2019

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

25.03.2019

Derya KOTAY DEMİRKIRAN

ÖZET

KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYON MODELİ KALİBRASYON SONUÇLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Derya KOTAY DEMİRKIRAN

Yüksek Lisans Tezi

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İsmail Ercüment AYAZLI

2019, 111+xiii sayfa

Sürdürülebilir kent yönetimi anlayışına göre, kentsel dokudaki değişim yönünün ve hızının kontrol altına alınması gerekmektedir. Uygulanabilir plan kararların alınmasında da kentsel büyüme simülasyon modelleri önemli bir altlığı oluşturmaktadır. Bu çalışmada simülasyon için kullanılacak SLEUTH yazılımı ile simülasyon modeli oluşturulması üç aşamada tamamlanmaktadır; test, kalibrasyon ve kestirim. Kalibrasyon aşamasında kentsel büyüme simülasyon modeli için en uygun büyüme katsayısı değerlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. SLEUTH en uygun katsayı değerlerini, hesaplanan 13 adet ölçüte göre Brute Force Calibration (BFC) yöntemini kullanarak belirlemektedir. Ölçütlerden hangisinin veya hangilerinin katsayı belirlemede kullanılacağı konusunda henüz bir fikir birliği yoktur. Literatürde sıklıkla karşılaşılan OSM ve Lee-Sallee yöntemleri bu çalışmada da kullanılmıştır. Bunun haricinde, üçüncü yöntem olarak da en yüksek regresyon değerine sahip olan ölçütlere göre kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Hesaplanan katsayılar incelendiğinde Pop-Size-Rad ölçütlerinin kullanıldığı kalibrasyon yöntemi ile oluşturulan modelin çalışma alanının kentleşme karakteri ile daha çok benzeştiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kentsel Büyüme, Simülasyon, Hücresel Otomat, Kalibrasyon

ABSTRACT

RESEARCHING OF IMPROVING OF CALIBRATION RESULTS OF THE URBAN GROWTH SIMULATION MODEL

Derya KOTAY DEMİRKIRAN

Master of Science Thesis

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ismail Ercument AYAZLI

2019, 111+xiii pages

According to the understanding of sustainable urban governance, it is necessary to control the change and speed of the urban growth. Urban growth simulation models are also an important basis for making applicable plan decisions. In this thesis, simulation model with SLEUTH software is completed in three steps; test, calibration and prediction. It is aimed to calculate the most suitable growth coefficient values for the urban growth simulation model during the calibration phase. SLEUTH uses the Brute Force Calibration (BFC) method to execute the most suitable coefficient values according to the calculated 13 measurements. There has been a consensus on which of the criteria or which to use in determining the coefficient. OSM and Lee-Sallee methods which are frequently encountered in the literature have also been used in this study. As a third method, the calibration process is performed according to the criteria having the highest regression value. When the calculated coefficients are examined; it was determined that the model created by the calibration method using Pop-Size-Rad criteria is more similar to the urbanization character of the study area.

Key Words: Urban Growth, Simulation, Cellular Automata, Calibration

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman tecrübe ve bilgi birikimleriyle kendisinden çok şey öğrendiğim, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi. İsmail Ercüment AYZALI 'ya çok teşekkür ederim.

Tezimin başından sonuna kadar desteklerini esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olan değerli eşim Dursun Göktuğ DEMİRKİRAN' a ve biricik aileme teşekkür ederim.

Bu çalışma, TÜBİTAK 112K469 Nolu proje ve Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) komisyonu tarafından M673 numaralı projeye desteklenmiştir.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
1.2 Literatür ve Yapılmış Çalışmalar	1
1.2.1 Literatür.....	1
1.2.2 Yapılmış Çalışmalar	6
1.3 Tezin İş Akışı	13
2. MATERYAL VE METOT.....	15
2.1 Çalışma Alanı.....	15
2.1.1 Sancaktepe İlçesi Coğrafi Konum.....	15
2.1.2 Sancaktepe İlçesi Nüfusu	15
2.1.3 Sancaktepe İlçesi Ulaşım	17
2.1.5 Sancaktepe İlçesi Kentleşme Karakteristiği.....	18
2.2 Veri Gereksinimi	22
2.3 Datum ve Koordinat Sistemleri, Benzerlik (Helmert) ve Afin Dönüşümü.....	24
2.3.1 Afin Dönüşümü	25
2.3.2 Benzerlik (Helmert) Dönüşümü.....	26
2.4 Kadastral Haritaların Sayısallaştırılması.....	27
2.4.1 Sayısallaştırma İşlemleri Kontrolü.....	27
2.4.2 Fenni Evraklar; Fen Klasörü, Değişiklik Klasörü Ve Aplikasyon Klasörü	28
2.4.3 Verilerin Depolanması	30
3. HÜCRESEL OTOMATA VE SLEUTH MODEL KALİBRASYON.....	33
3.1 Hücresel Otomata.....	33
3.2 SLEUTH Model Girdi Verileri	35
3.2.1 Büyüme Kuralları.....	41
3.2.2 Growth Coefficients (Büyüme Katsayıları-Parametreler)	45
3.3 SLEUTH Model Yaklaşımı.....	52
3.4 Kalibrasyon	53
3.5 SLEUTH Model Kalibrasyonu	55
3.6 Self-Modification (Öz Modifikasyon)	60
3.7 Monte Carlo Averaging.....	63
3.8 SLEUTH Brute Force Kalibrasyonu.....	63
3.9 Değişimin Belirlenmesine Yönelik Yapılan İşlemler	65
3.9.1 Geometrik Düzeltme	65
3.9.2 Zamansal Değişim Analizi.....	66
4. UYGULAMA	68
4.1 Çalışma Alanı Görüntü	68
4.2 Model Verilerinin Hazırlanması	69
4.2.1 Arazi Örtüsü Verisi Hazırlanması.....	69
4.2.2 Ulaşım-Erişilebilirlik Verisi Hazırlanması	70
4.2.3 Yerleşim (Urban) Verisinin Hazırlanması	71

4.2.4 Bölgeleme Verisinin Hazırlanması	71
4.2.5 Gölgeyi Rölyef (Kabartma) ve Eğim Haritalarının Hazırlanması	72
4.3 Simülasyon Modelinin Oluşturulması	73
4.3.1 Test Adımı.....	73
4.3.2 Kalibrasyon Adımı.....	73
4.3.1 OSM Yöntemi ile Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM.....	74
4.3.2 Pop-Size-Rad Ölçütleri Kullanılarak Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM.....	76
4.3.3 Lee-Sallee Ölçütü Kullanılarak Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM.....	79
4.4 2030, 2050 ve 2070 Yılına ait Zamansal Değişim Analizleri ve Model Doğruluğu	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR	90
EKLER	97
Ek-1. Simülasyon Girdi Periyot Verileri.....	98
Ek-2. Simülasyon Sonuç Haritaları.....	107
ÖZGEÇMİŞ	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Sancaktepe İlçesi arazi örtüsü yıllara göre fark haritası.....	21
Şekil 2.2 Sancaktepe ilçesi idari sınırları.....	22
Şekil 2.3 Afin Dönüşümü	25
Şekil 2.4 Helmert Dönüşümü	26
Şekil 2.5 Fen klasörü örneği	29
Şekil 2.6 Değişiklik klasörü örneği	29
Şekil 2.7 Aplikasyon klasörü örneği.....	30
Şekil 2.8 Parsel sınıfına ait öznelikler	31
Şekil 2.9 Yol sınıfına ait öznelikler.....	32
Şekil 3.1 Eğitim verisi görünüm	38
Şekil 3.2 Arazi örtüsü görünüm.....	38
Şekil 3.3 Bölgeleme verisi görünüm	39
Şekil 3.4 Yerleşim verisi görünüm	40
Şekil 3.5 Ulaşım verisi görünüm	40
Şekil 3.6 Gölgeyi rölyef görünüm	41
Şekil 3.7 Doğal Büyüme Kuralı'na göre kentsel büyüme	42
Şekil 3.8 Yeni Yayılma Merkezleri Şeklinde Kuralı'na göre kentsel büyüme	43
Şekil 3.9 Çeper Büyüme Kuralı'na göre kentsel büyüme	44
Şekil 3.10 Yol Etkisi Büyüme Kuralı'na göre kentsel büyüme	44
Şekil 3.11 Eğitim ve kentleşme olasılığı arasındaki ilişki grafiği	50
Şekil 3.12 Simülasyon oluşum şeması	53
Şekil 3.13 Kaba kalibrasyon senaryo dosyası görünüm	58
Şekil 3.14 Control_stats.log (parametre sonuç değer çıktı) dosyası.....	59
Şekil 4.5 Sancaktepe İlçesi Eğitim Haritası.....	72
Şekil 4.6 Sancaktepe İlçesi Kabartma Haritası.....	73
Şekil 4.7 OSM kalibrasyon yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü	76
Şekil 4.8 Pop-Size-Rad yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü	78
Şekil 4.9 Lee-Sallee yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü	80
Şekil 4.10 Pop-Size-Rad Yöntemine göre gelecek senaryolarına yönelik yerleşime dönüşecek arazi örtüsü sınıflarının alansal değişimi.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 2018 yılı Sancaktepe ilçesi mahalle nüfus verileri.....	16
Çizelge 2.2 Çalışmada kullanılacak veriler	23
Çizelge 2.3 Kadastral Haritaların Sayısallaştırılması Hata payı.....	27
Çizelge 2.4 Kadastral haritaların üretim yöntemi ve ölçeklerine göre durumları	28
Çizelge 2.5 Yol ağırlık değerleri	32
Çizelge 3.1 SLEUTH büyüme kuralları ve büyüme katsayıları	45
Çizelge 3.2 Kalibrasyon işleminde kullanılan metrikler ve açıklamaları.....	57
Çizelge 4.1 Eşlenik noktaların koordinat değerleri	69
Çizelge 4.2 OSM yönteminde kullanılan ölçütler	75
Çizelge 4.3 OSM yöntemine göre hesaplanan katsayılar	75
Çizelge 4.4 Pop, Size ve Rad Ölçütleri	77
Çizelge 4.5 (pop-size-rad katsayılarının kullanıldığı kalibrasyon yöntemi sonucu hesaplanan katsayılar)	77
Çizelge 4.6 (Lee-Sallee kalibrasyon yöntemi sonucu hesaplanan katsayılar).....	80
Çizelge 4.7 OSM yöntemi ile arazi örtüsü oransal değişim	83
Çizelge 4.8 Lee-Sallee yöntemi ile arazi örtüsü oransal değişim.....	83
Çizelge 4.9 Pop-Size-Rad yöntemi ile arazi örtüsü oransal değişim.....	84
Çizelge 4.10 Pop-Size-Rad yöntemi ile yıllara göre arazi kullanımındaki alansal değişim(ha)	84
Çizelge 4.11 1961 ve 2014 yıllarına ait arazi örtüsü fark tablosu	85

KISALTMALAR DİZİNİ

ADKNS:	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
CA:	Cellular Automata
CAD:	Computer Aided Design
CBS:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇDP:	Çevre Düzeni Planı
DOP:	Düzenleme Ortaklık Payı
DN:	Digital Number
ED50:	European Datum 1950
ETM:	Enhanced Thematic Mapper Plus
GPS:	The Global Positioning System
GR80:	Geodetic Reference System 1980
ha:	Hektar
HGM:	Harita Genel Müdürlüğü
HO:	Hücresel Otomat
ITRF96:	International Terrestrial Reference Frame 1996
İBB:	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
KBSM:	Kentsel Büyüme Simülasyon Modeli
km:	Kilometre
KOP:	Kamusal Ortaklık Payı
LCD:	Land Cover Deltatron
MSS:	Multispectral Scanner
OSM:	Optimum SLEUTH Metric
SOM:	Self Organizing Map
SYM:	Sayısal Yükseklik Modeli
YKN:	Yer Kontrol Noktası
TEM:	Transit European Motorway
TKGM:	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TM:	Tranversal Mercator
TM	Thematic Mapper
TÜBİTAK:	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
UA:	Uzaktan Algılama
UGM:	Urban Growth Model
WGS84:	World Geodetic System 1984

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Tez çalışmasının amacı, sürdürülebilir kentselmeye yön verecek kentsel büyüme simülasyon modeli (KBSM) oluşturulurken kalibrasyon aşamasında farklı yöntemler kullanılarak model doğruluğunun artırılmasıdır.

Tez kapsamında İstanbul ili Sancaktepe ilçesi; 1961, 1992, 2001 ve 2014 yılları arazi örtüsü Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında analiz edilerek 2030, 2050 ve 2070 yılları için hücresele otomat (HO) tabanlı KBSM' ler SLEUTH yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar incelenerek çalışma alanındaki arazi örtüsünün kentsel büyüme açısından etkisi farklı kalibrasyon yöntemleri ile irdelenmiştir. KBSM oluşturulmasında Optimum Sleuth Metric (OSM) yöntemi ve diğer bir yöntem olarak en yüksek regresyon değerine sahip olan Pop-Size-Rad ölçütlerine göre kalibrasyon sonuçlarının iyileştirilmesi ve modelin doğruluğunun artırılması amaçlanmıştır.

1.2 Literatür ve Yapılmış Çalışmalar

1.2.1 Literatür

Tez çalışmasının bu bölümünde literatür kısmı iki bölüme ayrılmıştır, ilk bölümde konuyla ilgili bilgi verilirken ikinci bölümde ise SLEUTH yazılımı kullanılarak oluşturulan KBSM ile ilgili olan çalışmalara yer verilmiştir.

Kentsel büyümenin artması sonucu arazi örtüsü değişimlerin hızlanması, doğal çevrenin bozulmasına sebep olmakla birlikte küresel bir endişe haline gelmektedir. Bu nedenle, kentsel sistemlerin dinamiklerini ve kentsel büyümenin çevresel parametreler üzerindeki etkilerini araştırmak ve değerlendirmek gerekmektedir.

Kentsel büyüme modelleri, kentsel büyümenin gelişimini öngörmeye ve kentsel planlama ve politika yapıcılarını desteklemeye yararlı bir araç olarak belgelenmiştir (Oğuz ve diğ. 2007).

Kentsel büyüme yönetiminde, CBS ve Uzaktan Algılama entegrasyonu, arazi kullanımındaki değişimin belirlenmesi ve bu değişimin doğal kaynaklar üzerindeki etkilerini değerlendirilmesi adımlarını içerir.

Arazi örtüsü haritaları uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırılmasıyla elde edilmekte, analiz ve modelleme çalışmaları için CBS'ye girdi olan verilerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Aronoff, 1989).

HO modelleri kentsel büyümenin modellenmesi için olası bir yaklaşımı temsil eder. Ayrıca, uydu görüntülerinden ve diğer kaynaklardan elde edilen tutarlı, bölgesel veri setleri HO modelleme ortamına kolayca entegre edilebilir. Model, gerçek durumun özelliklerinin basit ve genel bir biçimde ifadesi olup, karmaşık sistemlerin yapısını anlamak için tasarlanan ve gerçeklikleri sınanan bir araçtır (Bozkaya, 2013).

Modeller, kullanıcının seçenekleri ve karşılaştırılabilir gelecekteki durumları tahmin etmesine izin verir ve böylece test yoluyla tercih edilen bir durumun olasılığını araştırmak için bir araç içerir (Mahiny ve Gholamalifard, 2007).

Bunun için belirli koşullar dâhilinde, çeşitli müdahaleler söz konusu olduğunda veya bazı etkenler ortadan kaldırıldığında, modelde ne gibi değişiklikler olacağını bilmesi önem arz etmektedir. Modeller “her şey her şeyi etkiler” düşüncesi ile somut kanıt sunarlar ve sistemlerin nasıl çalıştığı, nasıl biçimlendiği ve gelecekte nasıl şekilleneceği modeller yardımıyla tahmin edilebilir (Lowry, 1965).

Modeller, sistemin geleceğe ilişkin çeşitli durumlarını belirlemek, bu durumları bir takım kriterlerle değerlendirmek ve böylece en iyi çözüm yoluna ulaşmak üzere kullanılmaktadır (Bozkaya, 2013).

SLEUTH modelinin kalibrasyonu, kentsel büyümenin farklılığını yakalamak ve model tahmininin başarılmasında en önemli aşamadır (KantaKumar ve diğ., 2011). Kalibrasyon işlemi, tarihsel uyumun istatistiksel ölçütlerine dayanır.

Model parametrelerine, modellerin gerçek desenlerini kusursuz şekilde üretebilecekleri şekilde istatistiksel değerlerin atanması modelleme uygulamasının kilit faktörüdür (Clarke ve diğ., 1996; Clarke ve diğ., 1997; Yang ve Lo, 2003).

Başlangıçta, model hiyerarşik uzamsal çözünürlükler kullanılarak, daha kaba çözünürlük verilerinden başlayarak, sistemin büyümesini en doğru şekilde tanımlayan parametrelerin aralığını daraltmak ve daha sonra parametre değerlerini daha küçük bir aralığa daraltmak için daha yüksek bir çözünürlük kullanmak suretiyle kalibre edilir (Clarke ve Dietzel, 2007).

Kalibrasyon işlemi üç aşamada yapılır: kaba, hassas ve son. Her sonuç için, on üç ölçüt hesaplanır ve çalışmanın bilinen önceki verilere uygunluğunu belirlemek için kullanılır. En yüksek değerleri döndüren çalıştırmalar, verilen aralıklar dahilinde, modelin simülasyon yeteneğinde bir zirve içerebilecek beş boyutlu parametre alanının bir bölgesi olduğunu gösterir. Her bir kalibrasyon işlemi sonucunda, parametre setlerinin her biri uygunluğun belirlenmesi için incelenir. Parametre setinin daralması, çeşitli farklı uyum ölçütlerine veya bunların kombinasyonlarına dayanabilir (Clarke ve Dietzel, 2007).

Tüm dünyada SLEUTH 'in sayısız uygulamasına rağmen, kalibrasyon işlemi sırasında hangi ölçümlerin kullanılacağına dair net bir fikir birliği yoktur. SLEUTH'i Washington-Baltimore metropol alanına uygularken, Jantz ve diğ., (2003) karşılaştırma, popülasyon ve Lee-Sallee istatistiklerini kullanırken, Atlanta, Yang ve Lo (2003) tüm metriklerin ağırlıklı bir miktarını kullanmış, Clarke ve Silva (2002) Porto ve Lizbon modellemesinde sadece Lee-Sallee metriklerini kullanmıştır.

Geçmiş verilere en iyi uyan parametre setini belirledikten sonra, parametre setini belirleyen bir dizi değer aralığı seçilir ve kalibrasyon tekrarlanır. İkinci kalibrasyonun uygunluğu değerlendirilir ve birim artışlarla ideal olarak daha dar bir parametre aralığı seçilir. Üçüncü kalibrasyonda parametrelerin en uygun olması, kentsel büyümeyi ve arazi örtüsü değişimini öngörmede kullanılan parametrelerdir (Clarke ve Dietzel, 2007).

Her bir ölçüt, kestirilen büyüme ile kontrol yılları arasındaki gerçek büyüme arasındaki uygunluğu temsil eder.

Bu 13 ölçüt için farklı kalibrasyon yöntemi kurulabilir. Katsayı alanını daraltmak için uygulanan bazı yaklaşımlar :

1. Düzenli olarak tüm ölçütler üzerinde düzenleme,
2. Bazı ölçütleri ağırlıklandırma
3. Yalnızca bir ölçüt sıralama (Gigalopolis, 2018).

Modeller için bu kullanımın niteliği, çalışmaların her alanında kullanılan verilerde, modelin kalibrasyonu ve değişimin nasıl tahmin edileceği konusunda güçlü olmalarını gerektirir. Nadiren bu titizlikle test edilen modeller, bu yönlerdeki zayıflıklar veya kusurlar keşfedilir, ancak gelecekte verilecek olan kararları etkileyeceği düşünülerek bu amaçla modeller daha titizlikle incelenmelidir.

SLEUTH için en popüler kalibrasyon tekniği “Brute Force” kalibrasyonudur (Clarke ve Silva, 2002; Xi ve diğ., 2009), burada kullanıcı bir dizi değer gösterir ve model, parametrelerin elde edilebilecek her bir birleşimini kullanarak tekrar eder.

Diğer durumlar, kalibrasyon sürecini daha sağlam hale getirecek olanları da içermeksizin, en iyi katsayıların değerlendirilmesinde çok az ölçüm kullanmıştır. Bununla birlikte, OSM' nin gelişimi ve en iyi katsayı değerleri için bir önlemin yeterli olacağı sonucunun, SLEUTH modelinin geliştirilmesine ve kullanımına kendi katkısını verdiği için önceki araştırmalara zarar vermeyeceği düşünülmemelidir (Clarke ve Silva 2002).

Arazi örtüsü değişiklikleri, yeryüzünün dönüşümüne ve modifikasyonuna neden olan çevresel değişikliklerin en önemli itici gücüdür (Turner ve diğ., 1990). Bu değişimler zaman içerisinde sosyal, ekonomik, kültürel, politik, çevresel ve ekolojik süreçlerle ve yönetimlerin aldığı kararlarla gerçekleşir (Aspinall, 2008). Bunun anlamı, arazi örtüsü değişikliklerinde doğal süreçlerin yanı sıra insan faktörü de önemli etkidir.

Bir bölgedeki arazi örtüsündeki değişimin belirlenmesi, o bölgenin farklı zamanlardaki durumunun tespit edilerek, zamansal olarak aradaki farklılıkların ortaya çıkarılması işlemidir. Değişim analizi, arazinin sahip olduğu özneliğin farklı zamanlarda gözlemlenerek öznelik farklılıkların ortaya konulmasıdır.

Candau (2000), SLEUTH'in zamansal hassasiyetini test etmiş ve modelin son verileri ve kısa vadeli tahminleri kullanarak uzun vadeli tarihsel verilerden veya uzun vadeli tahminlerden daha iyi sonuçlar verdiğini kanıtlamıştır. Goldstein ve diğ., (2005), modelde kullanılan Monte Carlo simülasyonlarının sayısına duyarlılık konusundaki varsayımları test etmiş ve brute-force yöntemlerine alternatif olarak genetik algoritmalarla deneyler yapmıştır (Candau, 2000; Goldstein ve diğ., 2005).

Çok sayıdaki veri ve parametre değerlerinin anlamını anlamadaki belirsizlik nedeniyle, değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek gereklidir.

Bu tez araştırmasında, arazi örtüsü değişimini kullanarak SLEUTH ile modellemede kalibrasyon işleminin önemini ve oluşturulacak simülasyon modeli araştırmaları için üzerinde durulması gereken bir adım olduğu gösterilmektedir.

Tez araştırması sürecinde aşağıdaki sorulara cevap aranmaktadır?

- SLEUTH ile kentsel büyüme modeli oluşturulmasında kalibrasyon neden önemlidir? Neden model doğruluğunu arttırmak istiyoruz?
- Kentsel büyüme simülasyon modeli oluşturulmasında aynı senaryo ile farklı yöntemler kullanıldığında benzer sonuçlar üretebilir miyiz?
- Model doğruluğunun arttırılmasına yönelik kalibrasyon aşamasında başka neler yapılabilir?

Kentsel büyüme sürecinin ve uygulamalarının mekânsal etkisinin daha iyi anlaşılması için kapsamlı araştırma çabaları dinamik modelleme alanının geliştirilmesinin arkasındadır (Meaille ve Wald, 1990).

Hücresele otomatlara dayanan modeller, kentsel uygulamalarla bağlantılı olarak teknolojik gelişimleri açısından en etkileyici olanıdır (Yang ve Lo, 2003).

CBS programlama yeteneklerinin HO ile eşleştirilmesi, dinamik uzamsal modelin programlanması ve çalıştırılması için esnek bir çerçeve sağlayacaktır (Li ve Yeh, 2000).

Gerçek bir kentin simülasyon süreci, çalışma alanını analiz etmekten, veri işlemekten, HO algoritma tasarımından, uygulamasından ve simülasyon sonuçlarının değerlendirilmesinden başlayarak birçok süreçten geçecektir.

Kalibrasyon ve doğrulama, kentsel simülasyon için HO' nun güvenilir bir prosedür olarak geliştirilmesi için tam olarak araştırılması gereken iki kritik konudur (Wu, 2002). Zengin bir mekânsal destekli araç ortamı olan CBS, geliştirilen HO kurallarını, simülasyon sonuçlarının görsel sunumunu üretmek için dinamik bir simülasyon sürecinde uygulamak için uygundur.

1.2.2 Yapılmış Çalışmalar

Özlem Şevik (2006, ANTALYA)

Yaptığı tez araştırmasında Antalya kenti için 1987, 1996 ve 2002 yıllarına ait Landsat TM ve ETM görüntüleriyle 1992 yılına ait hava fotoğrafını kullanarak SLEUTH ile 2025 yılına ait bir kentsel büyüme simülasyon modeli oluşturmuştur. Şevik; çalışmasında kentsel büyüme alanı, uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve hava fotoğraflarının görsel değerlendirilmesi ile elde ettiği verileri modele girdi verisi olarak kullanmıştır. Model kalibrasyonu, beş büyüme kontrol parametreleri (saçılım, ortaya çıkma ve yayılım, eğim, yol etkili) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Antalya'nın kentsel büyüme eğilimi, yol gelişimi ve çevresel korumayı göz önünde bulundurarak, simüle edilmiştir. Simülasyon periyodu olarak seçtiği 23 yıl boyunca kentsel alanlarda 9824 ha.'lık bir artış olacağı belirlemiştir. Tez araştırma sonuçlarına göre, Antalya'nın batısının doğusuna göre daha fazla bir büyüme eğilimi göstereceğini tespit etmiştir.

Anıl Akın (2012, ADANA)

Akın, Adana ili için yaptığı çalışmasında, beş adet 1967, 1977, 1987, 1998 ve 2007 yıllarına ait kentsel alan görüntüsü, aynı yıllara ait beş adet yol ağları görüntüsü, eğim, gölgeli rölyef verisi kullanmıştır.

Çalışmada, değişim eğilimleri, korumacı ve kısıtlayıcı politikalar olmak üzere üç farklı senaryo ile beş farklı model sonucu elde etmiştir.

SLEUTH 3 farklı senaryo altında çalıştırılmıştır. İlk senaryo için su alanları model dışında bırakılarak, sadece geçmişten günümüze olan değişim eğilimini dikkate almıştır. İkinci senaryoda ekolojik uygunluğun dikkate alındığı, kent içi açık yeşil alanlar (fidanlıklar, mezarlıklar, parklar, bahçeler vb.), 1. ve 2. sınıf tarım toprakları, su alanları ve bu alanlar etrafında oluşturulan 300 m bir tampon zon ve bahçe tarımı alanları model dışı bırakmıştır. Üçüncü senaryoda ise yönetim eğilimlerini dikkate almıştır.

Son senaryo verisi için Adana İl Özel İdareden alınan Çevre Düzeni Planı ve karar raporlarından faydalanmıştır. 3 farklı senaryo katmanı kullanılarak model kalibre edilmiştir. Çalışmada diğer SLEUTH modeli uygulamalarından farklı olarak, kaba kalibrasyon aşamasında diğer iki senaryo da modele entegre edilmiş, modelin en başından kalibrasyon senaryo katmanına göre şekillendirilmiştir.

Senaryo katmanları diğer SLEUTH çalışmalarından farklı olarak kalibrasyon aşamasında modele entegre edilmiş ve “tahmin” aşamasında oluşan farklılıklar karşılaştırılmıştır. Akın, elde ettiği sonuçlara göre, her bir senaryo katmanı farklı büyüme yüzdeleri üretmiştir. Akın’ a göre bu çalışma, yerel koşulların modele entegrasyonu ve kalibrasyonda yarattığı farklılıkların vurgulanması açısından önem taşımaktadır.

İ. Ercüment Ayazlı (2011, İSTANBUL)

İstanbul Boğazına yapılacak olan üçüncü köprünün kentleşmeye olan etkisini incelemiştir. Bu çalışma için, 1972’den 2009’a kadar farklı yıllara ait çeşitli Landsat uydu görüntülerden yararlanarak SLEUTH modeli ile 2030 yılı için kentsel büyüme tahmininde bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde üçüncü boğaz köprüsünün etkisi ile ortaya çıkan tahmin haritalarına göre orman alanlarının % 40,4’ünün ve tarım ve boş arazi alanlarının % 83,17’sinin kent alanlarına dönüşeceğini belirlemiştir.

Hakan Oğuz (2014, GAZİANTEP)

Çalışmada SLEUTH kentsel büyüme modelini Gaziantep iline uygulamıştır. Model geçmiş yıllardaki uydu görüntülerinden elde edilen kent alanları kullanılarak kalibre edilip Kontrolsüz/plansız büyüme, Kısmi kontrollü/planlı büyüme, Kontrollü/planlı büyüme olmak üzere 3 farklı senaryo geliştirilerek 2040 yılına kadarki değişimin tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada 1984 ve 2009 yıllarına ait arazi kullanımı/arazi örtüsü katmanları kullanılmıştır. Çalışma alanına ait yol katmanları ise 1984, 1990, 2000 ve 2009 Landsat 5 TM uydu görüntülerinin ArcGIS programında sayısallaştırılmasıyla elde edilmiştir.

Kontrolsüz/plansız büyüme ile tarım ve orman gibi korunması gerekli önemli alanlar için hiçbir koruma öngörülmemiştir. Kısmi kontrollü/planlı büyüme senaryosu ile çevresel alanların kısmen kentleşmeden korunması hedeflenmiştir. Son senaryo olan Kontrollü/planlı büyüme senaryosu ile de tarım ve orman gibi yarı doğal alanlar üzerinde ileri düzey bir koruma sağlanması öngörülmüştür.

Çalışmanın sonucu olarak ise tarım alanları en çok etkilenen sınıf olarak bulunmuştur. Kontrolsüz büyüme senaryosu dâhilinde 14.300 hektar tarım alanının yok olacağını ve kontrollü büyüme ile yaklaşık 8.000 hektarlık tarım arazisinin kurtarılabileceğini tahmin etmiştir.

Araştırma alanının gelecekteki olası SLEUTH modeli kullanılarak 2040 yılı için oluşturulan bu üç senaryo birbiri ile karşılaştırıldığında kentsel alanlardaki artış miktarlarında bir azalma olurken, bu yapılaşmanın azalmasından dolayı da diğer yarı doğal alanlarda bir artış görüldüğünü gözlemlemiştir.

Doğukan Yazıcı (2017, TOKAT)

Tokat İli'nin 2030 yılı için kentsel büyüme simülasyon modelini oluşturmuştur. Yüksek lisans tezi çalışmasında, arazi örtüsü ve kentsel alanlardaki zamansal değişimi belirleyebilmek için 1987, 1998, 2007 ve 2014 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ulaşım verisi için 2012 ve 2016 yılına ait Tokat Belediyesi Kent Bilgi Sistemi Müdürlüğünden temin ettiği veriyi kullanmıştır.

Çalışmasında gerçekleştirdiği simülasyon için kalibrasyon adımıda Lee-Sallee ölçütünü kullanmış ve bu ölçüte göre en yüksek üç değer seçilerek her bir kalibrasyon için katsayı aralıklarını belirlemiştir.

Simülasyon modelinin doğruluğunun belirlenmesi için, 2015 yılı simülasyon verisi ile 2015 yılına ait sınıflandırılmış uydu görüntüsü karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda % 95 oranında bir doğruluk elde edilmiştir.

Ahmet Emir Yakup (2018, İSTANBUL)

Yüksel lisans tez çalışmasında; İstanbul İli; Sancaktepe İlçesi'nin arazi örtüsü ile mülkiyet deseni arasındaki ilişkiyi simülasyon modelleri üreterek sosyo-ekonomik yönden araştırmıştır. Model için gerekli olan girdi verilerini; tapu verileri ve kadastral paftalardan parsel bazlı olarak üretmiştir.

Arazi örtüsü ve mülkiyet deseni olmak üzere İki farklı kentsel büyüme simülasyon modeli hazırlamıştır. Kentsel büyüme modeli oluştururken kalibrasyon aşamasında OSM yöntemini kullanmıştır. Sonuç olarak; ilk senaryosu olan arazi örtüsü simülasyonunda büyümenin doğal, yeni merkezler aynı zamanda yol etkisi ağırlıklı büyüme eğilimi gösterdiğini tespit etmiştir.

Mülkiyet desenini baz alarak gerçekleştirdiği ikinci simülasyonda ise yeni merkezler ve yol etkin ağırlıklı büyüme sergilediği belirlemiştir. Bu iki simülasyon sonucunu karşılaştırarak her iki modelin de aynı bölgelerde büyüme gösterdiğini gözlemlemiştir. Her iki senaryo için de birbirine dönüşen arazi örtüsü ve mülkiyet sınıflarını dönüşümün dönüşüm oranlarını hesaplayıp, karşılaştırma yapmıştır.

Yang ve Lo (2003, ATLANTA)

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en hızlı büyüyen metropollerden biri olan Atlanta metropol bölgesinde kentsel geçişi, arazi geçiş modeliyle birleşmiş SLEUTH modelini kullanarak simüle etmişlerdir.

Bir zaman serisi uydu görüntülerinden elde edilen tarihi verilerle modeli kalibre etmiştir. Farklı çevresel koşullar altında kentsel büyümenin mekânsal sonuçlarını simüle etmek için üç özel senaryo uygulamışlardır.

İlk senaryoları olarak, değişmeyen mevcut koşulları korumuş devam eden büyüme eğilimini simüle etmişlerdir. İkinci senaryo, yolun gelişimini ve çevre korumayı göz önünde bulundurarak büyüme trendini yansıtmışlardır.

Üçüncü senaryo, büyüme yavaşlatarak ve büyüme modelini değiştirerek gelişme eğilimini simüle etmektir. İlk iki senaryonun aksine, üçüncü senaryonun sonucu, büyük akarsu ve göllerin tampon bölgeleri de dahil olmak üzere çok daha fazla yeşillik ve açık alan sergilediğini tespit etmişlerdir. Yang ve Lo 'ya göre Sonuç olarak, Atlanta'nın kentsel gelişimi için son senaryonun gelecek için en çok istenen senaryo olduğunu göstermektedir.

Claire A. Jantz (2005, ABD)

Modelin hücre çözünürlüğündeki değişikliklere nasıl tepki verdiğini araştırmak için yaygın olarak kullanılan HO tabanlı bir kentsel model olan SLEUTH bir dizi duyarlılık testinin sonuçlarını sunmuştur. Modelin, değişen hücre çözünürlüklerinde kentsel büyüme modellerini yakalama yeteneğini ve büyüme hücre davranışının farklı hücre boyutlarına cevap olarak nasıl değiştiğini incelemiştir.

Bu araştırma için, Kuzey Virginia'daki Washington, DC' nin banliyölerinde ve Güney Maryland'in merkezinde bulunan 45m Washington, DC-Baltimore, MD veri setinin bir alt kümesini kullanmıştır. Tüm girdi dosyaları, çalışma alanı 45 m çözünürlükte raster hale getirmiştir. Daha büyük çözünürlükte veri kümeleri oluşturmak için, tüm girdi dosyaları en yakın komşu yeniden örnekleme algoritması kullanılarak 90 m, 180 m ve 360m hücre boyutlarına yeniden şekillendirmiştir. SLEUTH 'in performansını dört farklı hücre boyutunda test etmek için dört girdi veri seti elde edilerek parametre davranışı için dört ayrı kaba kalibrasyon yapmıştır.

Her hücre büyüklüğü için yedi monte carlo yinelemesi kullanan prosedür ve elde edilen uyum istatistiklerini ve ölçekler arasındaki parametre davranışını değerlendirmiştir. Tek bir uyum skorunu optimize ederken modelin nasıl davrandığını değerlendirerek, büyüme parametrelerinin kentsel formunu bu farklı yönlerinin simülasyonu nasıl etkilediğini karakterize etmeye çalışmıştır.

SLEUTH 'in performansını, her biri modelin hızı, mekânsal düzeni veya tam mekânsal uyumu yakalama derecesinin ne kadar iyi olduğunu belirleyen dört uygunluk ölçütü (compare, clusters, edges ve Lee-Sallee ölçütü) kullanarak değerlendirmiştir. En yüksek uyum puanlarının her birini üretmek için kullanılan katsayı değerleri, hücre boyutlarına ve söz konusu uygun istatistiklere göre değişmiştir. Sıklıkla, bir fit istatistik için yüksek puan üreten değerler, başka bir istatistik için yüksek puan üreten değerlere karşı olduğunu görmüştür. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre, aynı anda çoklu uyum istatistiklerini kullanarak (örneğin ağırlıklı veya ağırlıklandırılmamış bir bileşik puanla) modelin uygunluğunu değerlendirmedeki potansiyel zorluğu gösterdiğini gözlemlemiştir.

Birçok durumda, bir istatistik için yüksek uyum skoru üreten katsayı kümeleri, diğerine yüksek uyum sağlayanlara karşı olduğunu ve çoklu uyum skorları birleştirildiğinde katsayı setlerini yorumlamadaki zorluğu arttırdığını gözlemlemiştir. Kentsel formun belirli bir uygulama için en uygun yönünü belirleme ve ölçek bağımlılıklarının analizi ilgi konusu olgunun tek bir uygun istatistik kullanarak daha kolay ve yorumlanabilir sonuçlar üretebileceğini belirlemiştir. Karşılaştırma (clusters) metriği bir oran olduğu için yüksek bir uyum skorunun yorumlanmasının daha kolay olduğunu, ancak bu metrik sadece son kontrol yılına odaklanırken, diğer uyum skorları modelin zaman içindeki eğilimleri ne kadar iyi yakaladığını açıklamıştır.

Sonuç olarak, uygun metrikler geliştirmenin önemi vurgulanmıştır. Bu, modelleme çabasının merkezinde olan model ve sürecin özelliklerini doğru bir şekilde yakalamaya çalışmıştır.

Dietzel ve Keith CLARKE (2007)

Dietzel ve Clarke ise yaptıkları çalışmada SLEUTH modelinin kalibrasyon aşamasında belirlenen parametreler ile kullanılan metrikleri inceleyerek değerlendirilmiştir. Model kalibrasyonun sonrasında gerçekleştirilen kestirim aşamasını ayrıntılı şekilde irdeleyerek ve farklı parametreler dahilinde oluşabilecek farklı kombinasyonlar oluşturulmuştur. Kestirim sonuçları üzerinden ise doğruluk analizi yapılarak oluşturulan modelin doğruluğu test edilmiştir. Hücresel otomat modelleri, kalibrasyon aşaması içerisinde kullanılan parametreler doğrultusunda tüm olasılıkları test etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada tüm bu olasılıklar içerisinde en etkin metriklerin seçilmesi bununla birlikte kalibrasyon ve tahmin sürecini kısaltacak bir eleme sistemi önerilmiştir.

Bu çalışmanın sonucu olarak veri okuma süresini kısaltan, otomatik organizasyon haritası (Self Organizing Map - SOM) belirlenmiştir ve toplam 13 ölçüt kullanılmıştır.

Neda Bihamta (İRAN, 2014)

Bu çalışmanın temel amacı, SLEUTH modellemesinde hücresel otomat kullanarak İsfahan Metropolitan bölgesinin gelecekteki kentsel genişlemesini 2010'dan 2050'ye kadar simüle etmektir. Model, bir dizi uydu görüntüsü serisinden elde edilen geçmiş veriler kullanılarak kalibre edilmiştir.

Modelin girdi verileri kontrollü sınıflandırmaya dayalı uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Araştırmada; 1976, 1990, 2001 ve 2010 yıllarında edinilen Landsat Multispectral Scanner (MSS) ve Thematic Mapper (TM) 'in dört uydu görüntüsünü kullanmıştır.

Kentsel büyümenin mekânsal düzenini simüle etmek için iki senaryo gerçekleştirmiştir. İlk senaryo, tarihsel eğilimin kentsel gelişimine izin veren tarihi kentsel büyüme ve ikinci senaryoda ise varsayımsal politikaların ve kentsel büyümeyi azaltmak için toprak eksikliğinin bir cevabı olarak daha kompakt bir büyüme planlamıştır. Bu çalışmada, Optimum Sleuth Metric (OSM) yöntemini kullanmıştır.

İsfahan metropol alanı için SLEUTH model kalibrasyonunun, yüksek yayılma katsayısı gösterdiğini; bu, İsfahan'da öngörülen büyüme tarzının kendiliğinden veya çeper büyümesi olduğu belirlemiştir. Mevcut durumun korunacağını ve gelecekteki büyümenin tarihsel eğilime göre gerçekleşeceğini varsaymıştır.

İsfahan metropol bölgesinde topoğrafyanın da kentsel kalkınmanın kontrolünde çok büyük bir etkisi olduğu gösterilmiştir. 2010 yılı için geliştirilen toplam kentsel alanın bir hesaplaması 24261,7 ha, üretmiş ve 40-50 yıl sonra 2050 yılında simüle edilen toplam mevcut tarihi büyüme senaryosu ile 72699,25 ha, kompakt şehir senaryosu ile ise 52574,75 ha olarak tespit etmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları, İran'ın diğer birçok bölgesinde, önleyici veya kontrol edici faktörleri önceden uygulamak ve daha bilinçli stratejik kararlar almak için yöneticilerin kentsel büyümeyi deneyimleyen ileri çalışmalar için birçok fırsat sunacağını öne sürmektedir.

1.3 Tezin İş Akışı

Çalışma alanında arazi örtüsü verilerinden yola çıkılarak iki farklı simülasyon yöntemi kullanılarak araştırma yapılmıştır. SLEUTH ile modelleme çalışmasındaki farklı kalibrasyon yöntemleri kullanılarak sonuçların iyileştirilmesi model doğruluğunun artırılması adına önemlidir. Kalibrasyon aşamasında modellenen ve gözlemlenen kentsel gelişim arasındaki ilişkiyi temsil eden en iyi değerler saptanmış olur.

- Tezin Amacının Belirlenmesi
- Literatür Araştırması
- Kullanılacak Verilerin Belirlenmesi ve Yöntem
- Arşiv Çalışmaları ve Veri Toplama-İşleme
- Kent Büyüme Simülasyon Modelinin Oluşturulması (KBSM)
- Sonuçların İrdelenmesi

Bu nedenle öncelikle literatür araştırılması ile tez konusuyla ilgili olabilecek yöntemler üzerinde durulmuştur. Tez konusunun dayandığı yöntemler; CBS, SLEUTH ile Modelleme, Kalibrasyon Yöntemleri, İstatiksel Analiz.

SLEUTH yazılımı HO tabanlı çalışmaktadır. Yazılım KBSM üretebilmek için farklı zaman periyotlarına ait arazi örtüsü, kent, ulaşım, topoğrafya verilerine gereksinim vardır (Gigalopolis, 2018).

Arşiv çalışmalarında ilk olarak, kadastral veriler, imar planları ve bölgedeki imar hareketlerinin yoğun yaşandığı yıllara ait veriler analiz edilmiş, bu verilerin yıllara göre dökümü hazırlanmıştır. İlçedeki kadastral yapıyla birlikte 1961'den günümüze kadar yapılan ve yürürlükte olan imar uygulamaları sonucunda oluşan mülkiyet yapısı belirlenerek, 1961, 1992, 2001 ve 2014 yılları için dört farklı zaman periyodu seçilmiştir.

Arşiv çalışmaları tamamlandıktan sonra olan veri toplama ve işleme aşamasına geçilmiştir. Kadastral veriler ve tapu kayıtları kullanılarak; arazi örtüsü, yerleşim, ulaşım ve mülkiyet dokusu verileri elde edilmiştir.

SLEUTH yazılımının ihtiyaç duyduğu diğer veriler olan eğim ve gölgeli rölyef verisi ise Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen SYM ile üretilmiştir. Tüm veriler NETCAD ve ARCGIS ortamlarında oluşturulmuş ve bir veri tabanında depolanmıştır.

SLEUTH yazılımı kullanılarak oluşturulan simülasyon modelleri oluşturmak için veriler yazılımın standartlarına göre simülasyon için hazır hale getirilmiştir. Çalışmada 1961, 1992, 2001 ve 2014 yılları için CBS ortamında analiz edilerek SLEUTH yazılımı ile HO tabanlı KBSM üretilmiştir. KBSM oluşturulduktan sonra zamansal değişim analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar incelenerek çalışma alanındaki arazi örtüsünün kentsel büyüme açısından etkisi farklı kalibrasyon yöntemleri ile irdelenmiştir. Sonuç olarak, KBSM' ye ait sonuçlar ve öneriler 5. Bölümde yer almaktadır.



2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı

2.1.1 Sancaktepe İlçesi Coğrafi Konum

Sancaktepe İlçesi İstanbul ilinin Anadolu yakasında bulunmaktadır. Konum olarak kuzeyinde Çekmeköy, güneyinde Kartal ve Maltepe, doğusunda Sultanbeyli ve Pendik, batısında ise Ümraniye ve Ataşehir ilçeleri yer almaktadır. Sancaktepe ilçesi Samandıra, Sarıgazi ve Yenidoğan Beldelerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur (Url-1).

Sancaktepe İlçesi 19 mahalle oluşmaktadır. İlçe; 62,41 km² alana ve 402.391 nüfusa sahiptir. Havza niteliği taşıması nedeniyle son derece hassas bir yerleşim alanı olan bölge, Kurtköy Sabiha Gökçen Havalimanı'na olan bağlantıları, TEM otoyolu ve TEM-Kartal bağlantı yolunun sağladığı ulaşım olanakları nedeniyle konumsal önemini arttırmaktadır (Url-1).

2.1.2 Sancaktepe İlçesi Nüfusu

Elli yılı aşkın süredir ağırlıklı olarak doğu bölgelerinden ve kent içinden gelen iç göçle artan Sancaktepe İlçesi nüfusu, ilçenin yerleşiminden görünüşüne, kültürel yaşamından toplumsal yapısına her hususu değiştirmiştir. Sancaktepe nüfus yoğunluğu bakımından, İstanbul ortalamasının üzerinde bir nüfus yoğunluğuna sahiptir. 19 mahalleden oluşan Sancaktepe İlçesi 62,41 km²'lik bir alanı kapsar ve Türkiye İstatistik Kurumu 2017 verilerine göre 402.391 nüfusa sahiptir (Url-1).

Sancaktepe, göç yollarının üzerinde oluşu, coğrafi yapısının ve ikliminin yerleşime uygun oluşu nedeniyle çekim merkezi olmuştur. Anadolu'dan büyük kentlere yaşanan yoğun göçten en çok etkilenen yerlerden biridir. Hızlı nüfus artışı gösteren İlçenin, göç aldığı bölgeler arasında Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleri ön sıralarda yer almaktadır. Hemen hemen her bölgeden insanlar ilçeye gelip yerleştiği için farklı kültür alışkanlıkları, örf ve adetleri bünyesinde toplamıştır. Bu Sancaktepe ilçesinin bir kültür zenginliğidir (Url-1).

Kentleşme süreci ve hızla artan nüfus dikkate alınır, Sancaktepe 'de konut ihtiyacının da önümüzdeki yıllarda gündemin önemli bir yerini işgal edebileceği tahmin edilebilir. Öte yandan, giderek lüks konutların adresi olmaya başlayan Sancaktepe'nin taşınmaz sektöründeki payının her geçen gün artacağı öngörülmektedir. İlçede mevcut olan imar planları veya ileride yapılacak revizelerle, kentsel gelir kaynaklarının hareketinin sürekli artacağı tahmin edilmektedir. Bu da, gayrimenkul ticareti ve kentsel gelir kaynaklarının düzenlenmesi ve adil dağıtımını gündeme getirecektir. Sancaktepe Belediyesi'nin bu işte rolü oldukça önemli hale gelecektir. 2018 yılına ait mahallelere göre nüfus verileri aşağıdaki Çizelge 2.1' de gösterilmektedir (Url-1).

Çizelge 2.1 2018 Yılı Sancaktepe ilçesi mahalle nüfus verileri (Url-1).

Mahalle Adı	Nüfus	Alan (m ²)
Abdurrahmangazi Mahallesi	33.668	3.919.308
Akpınar Mahallesi	20.953	1.653.178
Atatürk Mahallesi	28.791	961.498
Emek Mahallesi	24.615	1.857.661
Eyüp Sultan Mahallesi	18.610	6.277.274
Fatih Mahallesi	29.667	2.908.105
Hilal Mahallesi	5.400	2.416.983
İnönü Mahallesi	22.822	606.630
Kemal Türkler Mahallesi	19.818	767.733
Meclis Mahallesi	25.444	997.537
Merve Mahallesi	18.252	1.066.143
Mevlana Mahallesi	16.914	1.415.866
Osmangazi Mahallesi	41.818	3.633.234
Paşaköy Mahallesi	1.734	25.574.203
Safa Mahallesi	19.772	852.845
Sarıgazi Mahallesi	22.148	1.229.649
Veysel Karani Mahallesi	21.158	1.374.230
Yenidoğan Mahallesi	20.803	1.039.189
Yunus Emre Mahallesi	21.756	1.223.800

Çalışma alanı fiziksel açıdan üç farklı özellikteki alanın kesişim noktasında bulunmaktadır. Bunlar 1990'lı yıllar boyunca göç ile hızla plansız yapılaşan kent dokusu olan Sancaktepe İlçesi, kırsal yerleşim dokusuna sahip Paşaköy ve bunların dışında kalan doğal niteliğini koruyan alanlardır.

Aynı zamanda bulunduğu konum itibari ile parçalanmış yeşil dokunun bütünlüğünün tekrar kazandırılabilceği ve yapılaşma baskısının durdurulması gereken nokta olması sebebiyle de önem taşımaktadır (Url-1).

2.1.3 Sancaktepe İlçesi Ulaşım

Sancaktepe ilçesi İstanbul'un ulaşım açısından rahat ve önemli bir noktasında yer almaktadır. Samandıra bölgesinin ortasından geçen TEM otoyolu ilçenin en önemli ulaşım aksıdır. Bu yol Samandıra bölgesini fiziki olarak iki parçaya bölmekte fakat TEM-E5 bağlantı yolu sayesinde bu bağlantı sağlanabilmektedir. Ayrıca, bağlantı yolu sayesinde ilçenin Kartal ve diğer ilçelerle bağlantısı güçlü bir şekilde sağlanmaktadır Şile otoyolu da ilçenin 3. Derece önemli aksıdır. Ümraniye, Çekmeköy ve diğer ilçelerle kuzeyden bağlantı Şile Otoyolu sağlanabilmektedir. Aynı zamanda Şile otoyolundan ayrılarak Sarıgazi içinden geçip Sarıgazi içinden geçip Samandıra bölgesi üzerinden ilerleyen Ankara Caddesi ile Sultanbeyli'ye bağlantı sağlanmaktadır. Bölge içinde doğu-batı aksı boyunca uzanan Baraj yolu ile Sarıgazi Yenidoğan 'a bağlanmakta, Samandıra merkezden çıkan Atayolu caddesinin Samandıra'yı, Yenidoğan ve Paşaköy bölgesine bağlamasıyla bölge içindeki döngü tamamlanmakta ve ulaşım sistemiği ortaya çıkmaktadır (Url-1).

Genel olarak düz bir arazide bulunan çalışma alanı fazla engebeli değildir. Bölgenin %66'lık bir kısmı %0-%4 eğime sahiptir. Büyük bir kısmı %16 eğimin altındadır. Eğimin %16 'dan daha az olduğu yerler ise TEM Otoyolu'nun kuzeyinde kalan alanları içermektedir. Eğimin % 16'dan fazla olduğu yerler Fatih Mahallesi sınırları içinde kalmaktadır. Sarıgazi'de eğim değerleri incelendiğinde bölgenin büyük bir kısmının düz alanlardan oluştuğu görülmektedir. Alan genelinde eğim analizi sonuçları değerlendirildiğinde, alanın % 92 'sinin eğim derecesinin % 0-5 arasında , % 7 'lik kısmının ise % 5.1-9 arasında eğim değerinde olduğu görülmektedir. Sarıgazi bölgesindeki yükselti ise yaklaşık 100 m civarından başlamakta ve 175 metreye kadar çıkmaktadır. Bölgenin yaklaşık % 65' lik kısmı ise 125-155 metre aralığında yükselti değerine sahiptir (Url-1).

Yenidoğan'ın batı ve güney kısımlarının büyük bir bölümü eğim bakımından daha düz bir yapıya sahipken, alanın doğu ve kuzey kısımları daha hareketli bir yapıya sahiptir. Bölgede eğim değerleri %0 ile %28 arasında değişmektedir (Url-1).

Eğim değerleri genellikle Mevlana ve Abdurrahmangazi Mahalleleri sınırları içinde %16 oranının üstündedir. Fakat bu durum yapılaşmaya engel değildir (Url-1).

Yenidoğan bölgesinin büyük bir bölümü 105 ile 160 metre aralığında en yüksek değere sahiptir. En yüksek bölge Mevlana ve Safa mahallesinin arasında bulunan Safa Tepesi ve yakın çevresidir. Alemdağ deresi ve çevresinde ise yükseklik, yerleşimin en alçak noktasıdır ve 66 metreyi bulmaktadır (Url-1).

Çalışma alanının eğimi; kuzey, doğu ve güney sınırını oluşturan dere yatağı boyunca eğim verileri, %10 ile 25 arasındaki değerlerle yer yer eğimin arttığı görülmektedir. Ancak alanın genel karakteristiği %5-10 eğimli olmayan bir arazidir. Alanın %10-15 eğim su akışının doğu yönünde Alemdağ'ı deresine doğru olduğu anlaşılmaktadır. Alanda yapılaşma ve mekân kullanım kararlarında bu alanlara yerleşilmemesi dikkate alınmalıdır. Yüzeysel su akışı alanları arazi kullanım kararları sırasında önemli belirleyicilerdendir. Arazi topoğrafyası dikkate alınarak eğime bağlı çukurlukların oluştuğu noktalar üzerine yapılaşma olmaması gerekmektedir (Url-1).

2.1.5 Sancaktepe İlçesi Kentleşme Karakteristiği

06.03.2008 tarihinde yürürlüğe giren 5747 sayılı “Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun” ile 2008 yılında kurulan Sancaktepe ilçesi; Samandıra, Sarıgazi ve Yenidoğan beldelerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur. 1991 ve 1993 yıllarında belde belediyelerinin kurulmasıyla birlikte imar uygulamalarının sayısında büyük bir artış olmuştur. 2010 yılında Sancaktepe Belediyesi tarafından hazırlanan faaliyet raporunda; özel orman şerhi bulunan 856 adet parselden bu şerhin kaldırıldığı, 31.12.2000 tarihinden önce üzerinde yapı bulunan ve mülkiyeti Maliye Hazinesi'ne ait 497 adet parsel için Maliye Bakanlığı ve İstanbul Milli Emlak Müdürlüğü'nde inceleme başlatıldığı ve Yenidoğan'da 86 dönümlük alanda bulunan gecekonduların tahliye edildiği bilgisi yer almaktadır. Bu durum ilçedeki imar hareketliliğinin ve mülkiyet desenindeki çeşitliliğin devingen bir yapıya sahip olduğunun bir göstergesidir (Url-1).

İstanbul İli Sancaktepe İlçesi, kurulduğu 2008 yılından beri yoğun nüfus artışıyla birlikte hızlı bir kentleşme sürecine girmiştir.

İlk tesis kadastroundan itibaren günümüze kadar olan süreçte Sancaktepe İlçesi mekânsal olarak büyümeye başlayarak günümüzde bu büyüme devam etmektedir. İlçe; 1960'lı yılların başında iki farklı kent alanı olarak ortaya çıkma şeklinde kentleşme sürecine girmiştir.

Süregelen zamanda 1990'lı yıllara gelindiğinde yeni açılan yollar ile birlikte yerleşim alanları özellikle yol çeperlerinde artış göstermeye başlamıştır. Yerleşim alanlarının yol çeperlerinde artışı ile birlikte kent yayılma şeklinde büyümeye devam etmiştir.

Alanın bulunduğu bölge itibari ile çevresel sürdürülebilirlik açısından sahip olduğu olumsuz yönlerden biri öncelikle çalışma alanının kuzeyinden geçen Ümraniye ile Çekmeköy'ü bağlayan otoyol ve güneyde Sultanbeyli ile ilişkisini kuran otoyol bölgede henüz yapılaşmamış açık ve doğal alanlar üstünde yerleşim baskısını artırabilecek niteliktedir.

Çalışma alanı fiziksel açıdan üç farklı özellikteki alanın kesişim noktasında bulunmaktadır. Bunlar 1990'lı yıllar boyunca göç ile hızla plansız yapılaşan kent dokusu olan Sancaktepe Belediyesi, kırsal yerleşim dokusuna sahip Paşaköy ve bunların dışında kalan doğal niteliğini koruyan alanlardır. Aynı zamanda bulunduğu konum itibari ile parçalanmış yeşil dokunun bütünlüğünün tekrar kazandırılabilmesi ve yapılaşma baskısının durdurulması gereken nokta olması sebebiyle de önem taşımaktadır (Aydın, 2010).

Sancaktepe ilçesi havza niteliği taşıması nedeniyle önemli ve hassas bir yerleşim alanıdır. Büyük bir bölümü İSKİ tarafından Ömerli Havzası Koruma Kuşağı içinde yer alan Sancaktepe ilçesi'nde, yaşanan hızlı kentleşme sonucunda değişen arazi örtüsü nedeniyle önemli doğal ve çevresel alanlar kentleşme tehdidi altında kalmıştır.

2000'li yıllara gelindiğinde artan nüfus ve yerleşim ihtiyacı ile birlikte büyüme daha fazla artış göstererek Sancaktepe İlçesi'nde yayılma artmış tarım ve orman alanları tahrip edilerek yerleşim alanlarına dönüşmeye başlamıştır.

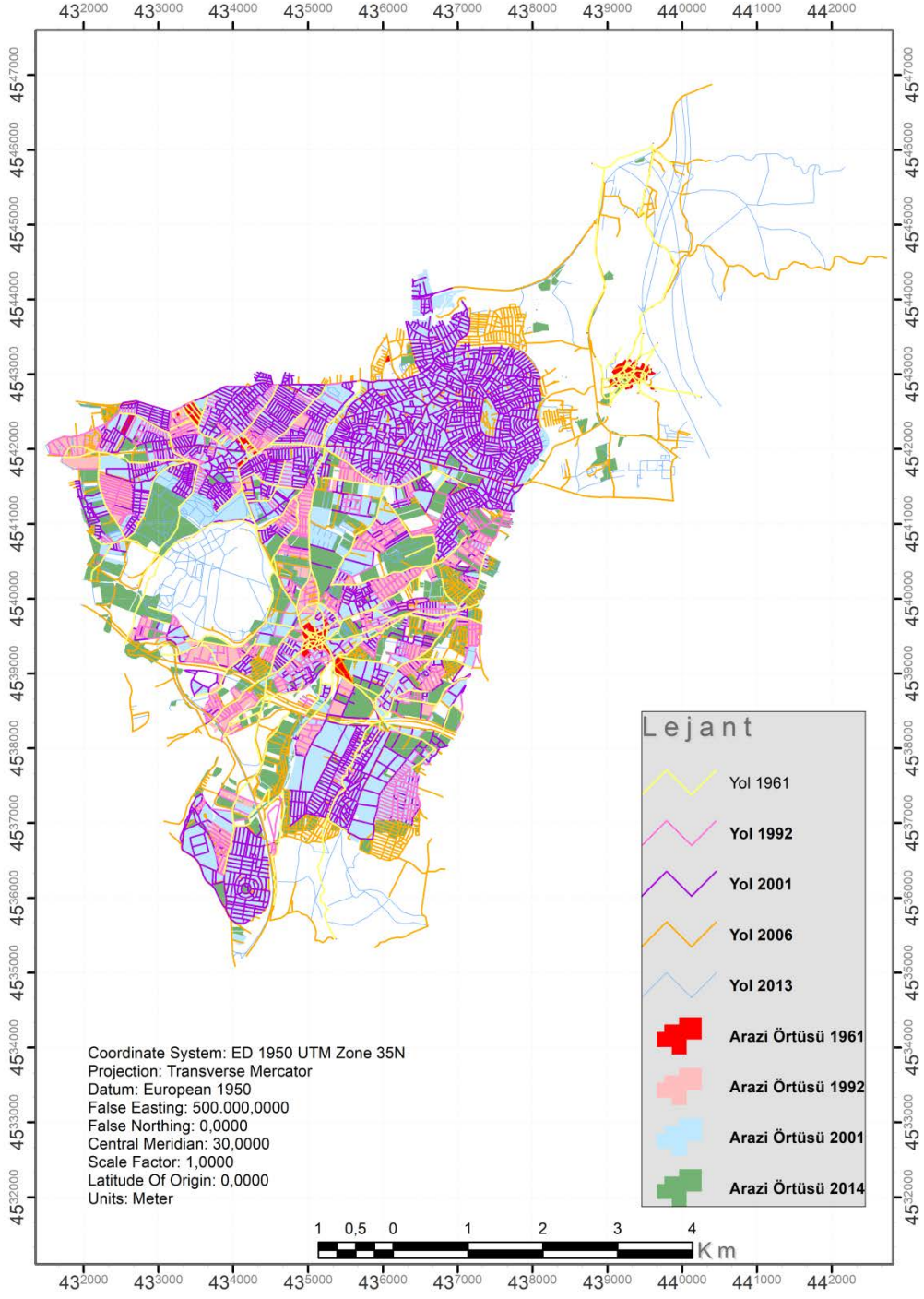
Büyük bir bölümü İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından Ömerli Havzası Koruma Kuşağı içinde yer alan ilçede, yaşanan hızlı kentleşme sonucunda değişen arazi kullanımı nedeniyle önemli doğal ve çevresel alanlar kentleşme tehdidi altında kalmıştır.

Geçmiş yıllardan beri süre gelen hızlı nüfus artışı ve göç; gecekondulaşma, kaçak yapılaşma ve kontrolsüz kentleşmeyi beraberinde getirerek ilçedeki arazi kullanımında değişimlere yol açmış ve bu durum, mülkiyet deseninin çeşitlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. İlçenin coğrafi konumu, artan nüfus yoğunluğu ve ulaşım potansiyeli mülkiyet yapısındaki değişimlerinin araştırılması için önemli etkenlerdir (Ayazlı ve Başlık, 2016).

Fiziksel çevrenin oluşumunu etkileyen bir diğer önemli madde ise 1/1000 Uygulama İmar Planı'nın 45. Maddesine göre Paşaköy'de, 18. madde uygulaması yapılacak alanda minimum parsel büyüklüğü 3000m²'dir' ifadesi dikkate alınmış ve uygulama imar planı kararı doğrultusunda TAKS değeri 0.14 ve bina yüksekliğinde 3 kat kabul edilmiştir. Bu yapılanma koşulları çerçevesinde alanın yerleşim dokusunun düşük yoğunluklu bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Ancak Sancaktepe İmar Planı'nda havza koruma alanlarının düşük yoğunluklu olsa da yerleşime açılması sonucu, Çevre Düzeni Planı'nda da doğal yapı Swot analizinde tehditlerden biri olarak yer alan "plan bütünlüğünü bozucu parçacı kararlarla, doğal alanlardaki kentsel gelişmeleri tetikleyen fonksiyonların yanlış yer seçim kararları ve beraberinde getirdiği düzensiz ve plansız yapılaşma nedeniyle İstanbul'un çevreyle ilgili ve biyolojik öneme sahip alanları tahrip edilmektedir" (İÇDP, 2009) ifadesine bağlı olarak imar planı kararları kendi içinde çelişki barındırmaktadır (Aydın, 2010).

Geçmiş yıllardan beri devam eden nüfus artışı ve göç; gecekondulaşma, kaçak yapılaşma, ve kontrolsüz kentleşmeyi yol açarak ilçedeki arazi kullanımında değişimlere sebep olmuştur. Sancaktepe İlçesinin coğrafi konumu, artan nüfus yoğunluğu ve ulaşım potansiyeli bu araştırma için önemli değişkenlerdir. Bu nedenle çalışma bölgesi olarak Sancaktepe İlçesi seçilmiştir. Analizler Sancaktepe ilçesi'nde gerçekleştirilecektir ve daha sonra elde edilen analiz sonuçları simülasyon modeline aktarılacaktır.

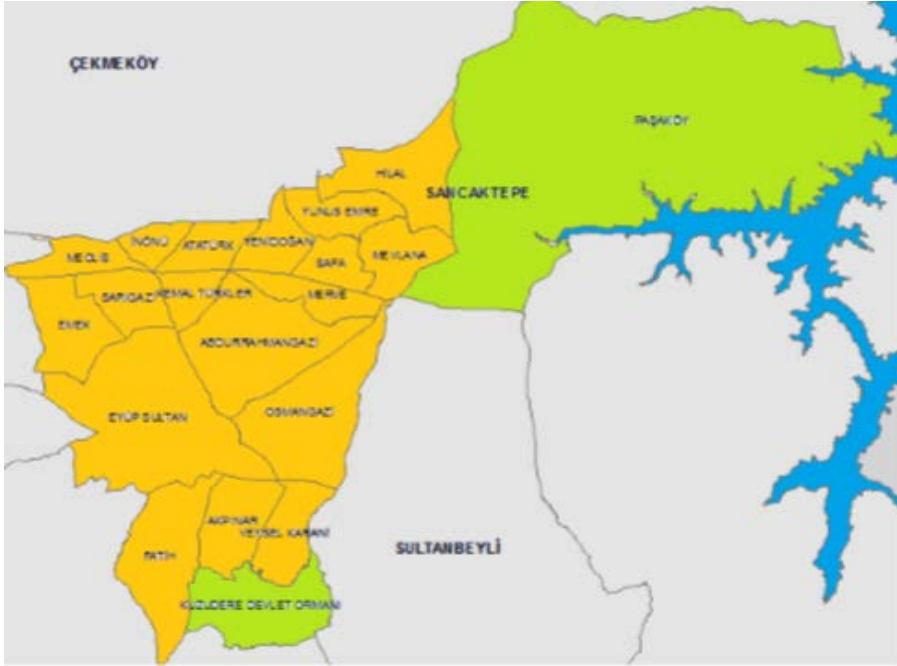
Sancaktepe İlçesi Arazi Örtüsü Yıllara Göre Fark Haritası



Şekil 2.1 Sancaktepe ilçesi arazi örtüsü yıllara göre fark haritası.

2.2 Veri Gereksinimi

Sancaktepe, 1980'lerden sonra İstanbul'da kentleşmenin hızla yaşandığı ilçelerden biridir (Şekil 2.2). Çalışma alanındaki nüfus artışı 2008 ile 2015 yılları arasında yaklaşık %55 civarındadır (Url-2). İlçenin coğrafi konumu, artan nüfus yoğunluğu ve ulaşım potansiyeli mülkiyet yapısındaki değişimlerin araştırılması için önemlidir.



Şekil 2.2 Sancaktepe ilçesi idari sınırları (Ayazlı ve Başlık, 2016).

Tez kapsamında ilk olarak farklı yıllara ait yaklaşık 70.000 adet parsel verisi kentsel büyüme simülasyon modeli oluşturulması için ARCGIS programı kullanılarak CBS ortamında düzenlenmiştir. Arşiv çalışması doğrultusunda elde edilen çalışmada kullanılacak veriler Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Çalışmada kullanılacak veriler (Ayazlı ve Başlık, 2016).

Veri	Yıl	Veri Sınıfı	Veri Kaynağı
Kadastral Veriler	1961	Uygunluk Verisi, Arazi Örtüsü	Kadastral Haritalar
	1992		
	2001		
	2014		
İlçe Bazında Yapı Verisi	1961	Uygunluk Verisi, Arazi Örtüsü	Kadastral Haritalar, İBB
	1992		
	2001		
	2014		
İdari Sınır	2014	Uygunluk Verisi	İBB
SYM	2006	Uygunluk Verisi	HGK
Planlar	2009	Bölgeleme Verisi, Uygunluk Verisi	Çevre Düzeni Planı (ÇDP)
Güzergâh ve Otoyol Verileri	1961	Erişilebilirlik Verisi	Kadastral Haritalar, İBB
	1992		
	2001		
	2006		
	2013		

Çalışmada öncelikle arşiv ve sayısallaştırma çalışmaları yapılmıştır. Arazi örtüsü verisini oluşturmak için İstanbul İli; Sancaktepe İlçesi ilk tesis kadastrosundan itibaren ele alınarak ve 2014 yılına kadar geçen zaman diliminde kadastro yenilemeleri ve imar uygulamaları da incelenerek çalışma bölgesine ait veriler Kartal ve Ümraniye Kadastro birimlerinden elde edilerek periyot tarihleri doğrultusunda analiz edilerek arazi kullanımı, ulaşım ve kent dokusu verileri oluşturulmuştur.

Kartal ve Ümraniye kadastro biriminden elde edilen ve sayısallaştırılan haritalardan üretilen veriler mekânsal veritabanı'nda tutularak aynı zamanda öznitelik bilgileri tapu verileri aracılığıyla veritabanına girilmiştir. 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 16. Maddesine göre "Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan kayalar, tepeler dağlar gibi tarıma elverişli olmayan sahipsiz yerler ile deniz, göl, nehir gibi genel sular tescil ve sınırlandırmaya tabi değildir" denmekte ve bu yerler tescil dışı bırakılmaktadır. Bu nedenle oluşan bu boşluklar, tez danışmanı Dr. Öğr Üyesi İ. Ercüment AYZALI'nın 1972 yılına ait Landsat uydu görüntüsünü sınıflandırarak üretmiş olduğu aynı zamanda doktora tezinde kullandığı arazi örtüsü verileri kullanılarak giderilmiştir.

Simülasyon için kullanılacak eğim ve gölgeli rölyef verisi üretilmesi için Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip SYM kullanılmıştır.

2.3 Datum ve Koordinat Sistemleri, Benzerlik (Helmert) ve Afin Dönüşümü

Sancaktepe ilçe sınırları içinde yer alan bölgelerinin ilk tesis kadastrasına 1950’li yıllarda başlanmış ve 1950-1980 yıllarının imkânları doğrultusunda, farklı ölçek ve koordinat sisteminde hazırlanan 36 adet pafta üretilmiştir. Tez çalışmasında ikinci zaman dilimi 1987-1993 yıllarını kapsamaktadır ve bu süre zarfında yerel koordinat sisteminde ve farklı ölçeklerde 58 adet kadastral harita hazırlanmıştır. 1997-2003 yıllarını kapsayan üçüncü periyotta ED50 koordinat sisteminde toplamda 83 adet kadastral harita üretilmiştir. Dördüncü periyotta ise sayısal ortamda 2014 yılı Ekim ayına ait ED50 koordinat sisteminde üretilen güncel kadastral hâli hazır harita kullanılmıştır (Ayazlı ve Başlık, 2016).

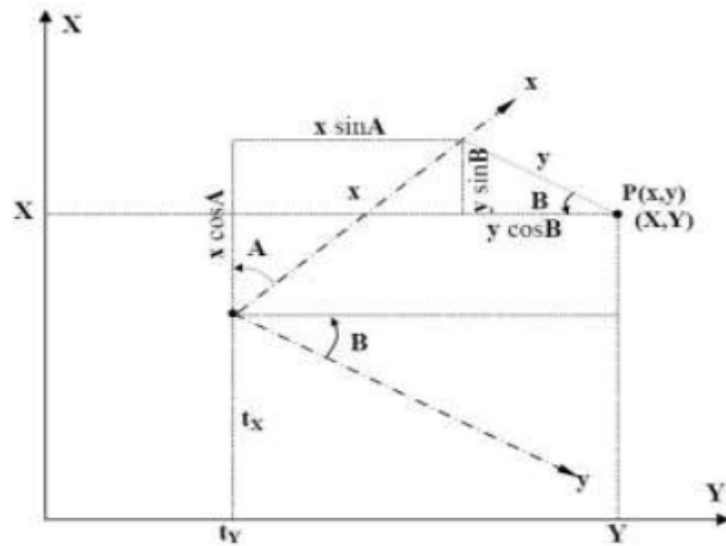
Paftaların tek bir koordinat sisteminde değerlendirilmesi için birinci ve ikinci periyoda ait paftaların öncelikle European Datum 1950 (ED50) koordinat sistemine dönüştürülmesine ihtiyaç vardır. Bu aşamada taranmış kadastral haritaların yerel sistemdeki koordinatları helmert (benzerlik) ve afin dönüşümleri yapılarak ED50 koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Üçüncü ve dördüncü periyotlara ait kadastral haritalar ED50 koordinat sisteminde olduğundan herhangi bir dönüşüm işlemi gerçekleştirilmemiştir.

Harita üretimde ülkemizde 1924 yılında uluslararası elipsoid olarak kabul edilen Hayford elipsoidi 2005 yılına kadar kullanılmıştır. Fakat 2005 yılında yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim ve Yönetmeliği ‘ne göre yine 2005 yılından itibaren, jeodezi çalışmalarında Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliğinin 1970 yılında benimsendiği Geodetic Reference System (GRS80) yılında elipsoidi kullanılmaktadır. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü TKGM 2010/11 sayılı Kadastral Harita Üretimi ve Kontrolü konulu genelgede, ITRF96 datumunda çalışmayı öngörmüştür. Bu sebeple, farklı koordinat sistemlerinde üretilen kadastral haritalar tez çalışmasında Hayford elipsoidini kullanan ED50 koordinat sistemine dönüştürülerek kullanılmıştır.

2.3.1 Afin Dönüşümü

Afin dönüşümü, X ve Y eksenleri yönünde farklı ölçek ve dönüklük parametreleri olması sebebiyle açı koruma özelliğine sahip değildir. Dönüşümden sonraki şekil dönüşümden önceki şekle benzemez. Afin dönüşümü özellikle eksen deformasyonları olduğu bilinen kartoğrafya uygulamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Sayısal ortamda bulunmayan paftaların sayısallaştırılması sırasında paftaların çevresel etkilerden kaynaklanan boyut değişiklikleri, paftalarda eksen deformasyonlarına neden olmaktadır. Deforme olmuş paftaların sayısallaştırılmaları sırasında afin dönüşümü uygun bir çözüm sağlayabilmektedir. Dengelemeli afin dönüşümü yapılabilmesi için gereken en az ortak nokta sayısı dördür.

Afin dönüşümde ikinci sistemin dik koordinat sistemi olası gerekmez (Şekil 2.3). Eksenler arasında açısal farklılıklar olduğu için, şekil, dönüşümden sonra geometrik olarak bozulur ve açılar değişir. Ancak doğrular yine doğru olarak kaldığı için paralellik bozulmaz (Kılıç, 2014).



Şekil 2.3 Afin dönüşümü (Kılıç, 2014).

Afin dönüşüme ait bağıntılar aşağıdaki gibidir (Kılıç,2014).

$$\bar{X}_i = t_x + a_x * \bar{x}_i - o_y * \bar{y}_i$$

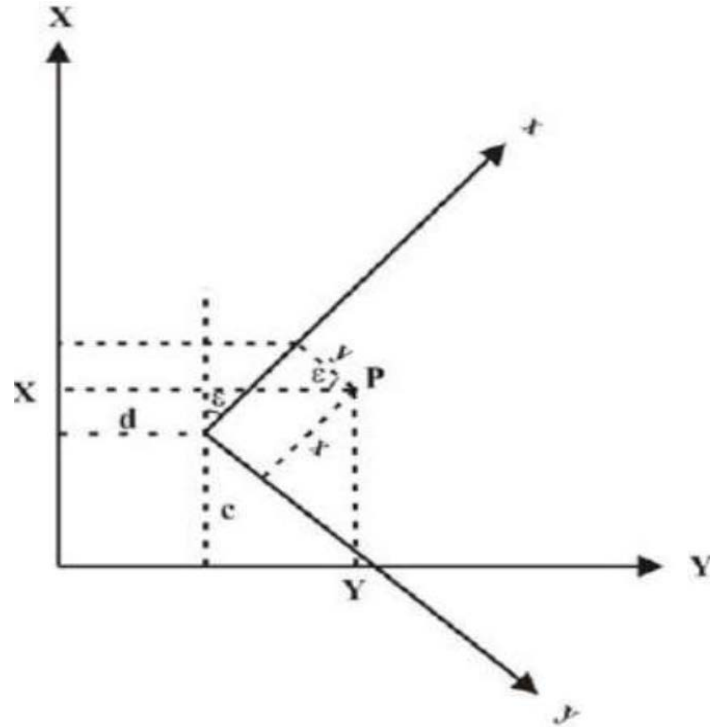
$$\bar{Y} = t_y + a_y * \bar{x}_i + o_x * \bar{y}_i$$

Özellikle eski tarihli paftalar daha çok deformasyona uğramıştır. Bu nedenle gerek uzunluk gerekse açısal bozulmalar daha fazla olduğu için birinci ve ikinci periyotlara ait paftaların koordinat dönüşümü gerçekleştirilirken afin dönüşüm yapılmıştır.

2.3.2 Benzerlik (Helmert) Dönüşümü

Benzerlik dönüşümü, açı koruyan olması sebebiyle, dönüşümden sonraki geometrik şekiller, dönüşümden önceki şekle benzerdir. Kadastro parsellerinin diğer bir sisteme dönüştürülmesi gerektiğinde, açı koruyan özelliği nedeniyle benzerlik dönüşümü kullanılması uygun olmaktadır. Benzerlik dönüşümünde dönüşümden önceki şekil bir kare ise dönüşümden sonra da bir karedir. Sadece ölçeği veya dönüklüğü değişebilir. Dengelemeli benzerlik dönüşümü yapılabilmesi için gereken en az ortak nokta sayısı üçtür.

Dik koordinat sistemleri arasında uygulanan Benzerlik Dönüşümü (Şekil 2.4), koordinat sistemleri arasında; X ve Y koordinatları için aynı büyüklükte ölçek, aynı büyüklükte açısal fark ve öteleme varsa tercih edilmelidir. Dönüşüm sonucunda elde edilen şekil orijinal şeklin bir benzeri olacaktır ve sadece uzunluklar ölçek faktörü oranında değişeceğinden, şekilde açılar değişmeyecek sadece büyüme veya küçülmeler meydana gelecektir (Kılıç, 2014).



Şekil 2.4 Helmert dönüşümü (Kılıç, 2014).

Şekil 2.4 'te gösterilen iki koordinat sistemi arasındaki dönüşüm, x ve y birinci koordinat sistemi,

X ve Y ikinci koordinat sistemi ve a, b, c, d katsayıları dönüşüm parametreleri olmak üzere;

Aşağıdaki denklemlere göre gerçekleştirilir (Kılıç, 2014).

$$X = a.x - b.y + c$$

$$Y = a.y + b.x + d$$

Benzerlik dönüşümü Netcad yazılımında gerçekleştirilmiştir.

2.4 Kadastral Haritaların Sayısallaştırılması

Geçmiş yıllara ait, taranmış kadastro paftalarının sayısallaştırılması T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) Kadastro Dairesi Başkanlığı'nın 11.12.2012 tarihli 1737 numaralı genelgesine göre yapılmaktadır. İlgili genelge uyarınca; sayısallaştırma işlemi gerçekleştirilirken ölçü hatası MÖ, sayısallaştırılan noktanın konum hatası MK ve pafta ölçeğinin paydası M olmak üzere hata payı Çizelge 2.3'teki gibidir.

Çizelge 2.3 Kadastral haritaların sayısallaştırılması hata payı.

	Prizmatik Mö=0.15 m		Takeometrik Mö= 1 m		
M	1/500	1/1000	1/2000	1/2500	1/5000
MK	0,21 m	0,32 m	0,15 m	1,22 m	1,73 m

Özellikle eski yıllara ait kadastral haritalar yerel koordinat sisteminde üretildiğinden sayısallaştırma işlemi öncesi afin dönüşüm yapılmaktadır. Dönüşüm işlemi, CAD ortamındaki kadastral verilerden yararlanılarak, NETCAD yazılımında gerçekleştirilmektedir. Taranmış görüntülerdeki parsel köşe noktaları referans alınarak en az altı noktadan afin dönüşüm yapılmaktadır.

2.4.1 Sayısallaştırma İşlemleri Kontrolü

Ölçek, altlık türü, üretim tekniği ve koordinat sistemlerinde farklılıklar nedeniyle haritaların bütünleştirilmesi ve hem kendi içlerinde hem de diğer kullanım alanlarıyla ilişkilendirilmeleri zordur. Çizelge 2.4'te 2006 yılı verilerine göre ülke genelinde kadastral haritaların üretim yöntemine ve ölçeklerine göre sınıflandırılmasına yer verilmiştir.

Çizelge 2.4 Kadastral haritaların üretim yöntemi ve ölçeklerine göre durumları
(Sarı, 2006).

		Adet	%
ÜRETİM YÖNTEMİNE GÖRE	Grafik	113499	34.92
	Prizmatik	63733	19.61
	Kutupsal	62846	19.34
	Fotogrametrik	46191	14.21
	Sayısal	38731	11.92
ÖLÇEKLERİNE GÖRE	1/200	206	0.07
	1/250	7	-
	1/500	26688	8.2
	1/1000	95648	29.43
	1/2000	106584	32.80
	1/2500	17890	5.5
	1/3000	30	0.01
	1/4000	397	0.12
	1/5000	76576	23.56
	1/10000	974	0.30

Gerek yukarıda anılan nedenden dolayı gerekse yapılan imar uygulamalarının (ayırma, birleştirme, 18. Md. uygulaması vb.) zamanında paftalara işlenmemesinden veya Türk kadastro sisteminde zaman boyutunun kayıt altına alınmamasından dolayı birinci, ikinci ve üçüncü periyoda ait sayısallaştırılan paftaların kontrolünün yapılması zorunludur. Bu sayede bir parselin paftanın üretildiği tarihteki durumu belirlenebilmektedir. Bu kontrol yapılırken fenni evraklar; fen klasörleri ve TKGM'nin 2010/20 sayılı ve Evrak, Dosya ve Arşiv Genelgesi'nde tanımlanan aplikasyon krokisi, aplikasyon klasörü ve değişiklik klasörlerinden yararlanılmıştır. Fenni evraklar, Kadastral Veri Konsolidasyonu (KVK) projesi kapsamında ilk olarak Mayıs 2014'de, son güncel veriler ise (toplam 4270 klasör, 37377 dosya) Ekim 2014 tarihinde elde edilmiştir (Ayazlı ve Başlık 2016).

2.4.2 Fenni Evraklar; Fen Klasörü, Değişiklik Klasörü Ve Aplikasyon Klasörü

Fen Klasörleri: Yüzölçümü cetveli olarak da adlandırılan fen klasörleri, parsellerin, ili, ilçesi, kasabası, köy/mahallesi, pafta, ada ve parsel numaraları, yüzölçümleri ve imar uygulamaları sonrası gördüğü değişikliklerin yer aldığı, kısaca bir parselin ilk tesis kadastrosundan günümüze kadar geçen süreçte geçirdiği değişimleri gösteren klasördür. Şekil 2.5'te ifraz işlemi görmüş parsellerin yer aldığı bir fen klasörü örneği yer almaktadır.

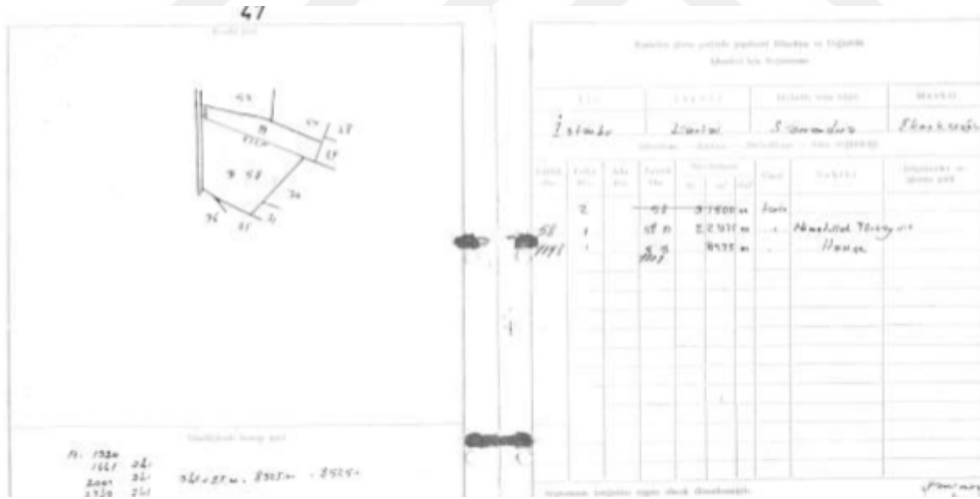
İLİ : İSTANBUL
İLÇESİ : KARTAL
KOYU : Samandıra
MAHALLESİ :

ADA NO. PAFTA NO. 2-9-10 SAYFA NO. 57

KÜTÜK SAYFA NO.	PAFTA NO.	PARSEL NO.	YÜZÖLÇÜMÜ			CİNSİ	DÜŞÜNCELER	DEĞİŞİKLİK DOSYA NO.	APLİKASYON KROKİ NO.
			Ha.	M. 2	Dm.2				
1383	9	1243		200.00		Mezarlık tan ihtas		23	4
1419	10	1244		9510.00		Tarla	İmar uygulaması 698,6854 adlıdır	13-304	54
1420	10	1245		2230.00		Boru Hattı		13	
1421	10	1246		77860.00		Tarla	1308, 1309 nolu P. oldu	13-120	
1422	2	1247		392225.00		"	1248 ika 1263 nolu P. ler oldu	27-6	

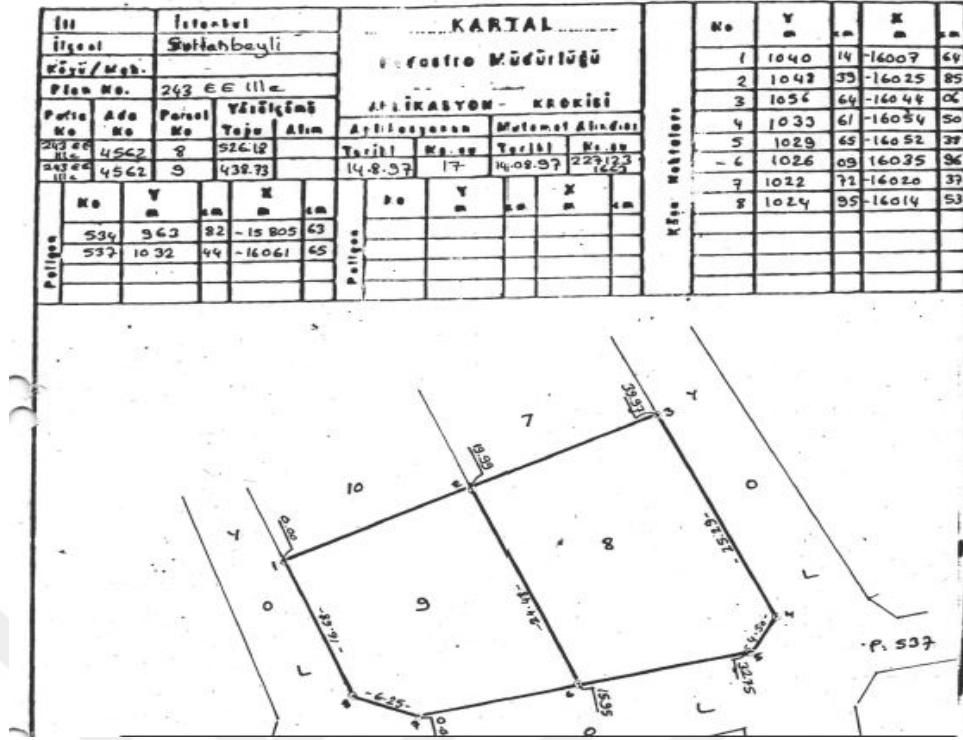
Şekil 2.5 Fen klasörü örneği.

Değişiklik klasörü: Tapulaması veya kadastrusu ada bazında yapılmamış olan yerler için birim bazında açılan ve birden başlayarak sıralı halde numaralandırılan değişiklik işlemlerinin bulunduğu klasörüne denir (TKGM, 2014). Şekil 2.6'da değişiklik klasörü örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Değişiklik klasörü örneği.

Aplikasyon Klasörü: Tapulaması veya kadastrusu ada bazında yapılmamış olan yerler için birim bazında açılan, birden başlayarak sıralı halde numaralandırılan aplikasyon ve yer gösterme krokilerinin bulunduğu klasörüne denir (TKGM, 2014). Şekil 2.7 'de aplikasyon klasörü örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Aplikasyon klasörü örneği.

2.4.3 Verilerin Depolanması

Kentsel büyüme simülasyon modelinin oluşturulmasında kullanılacak tüm verilerin depolanması, düzenlenmesi ve sunumunun kolay bir şekilde yapılabilmesi için arşiv çalışmalarından elde edilen veriler bir veritabanı yönetim sistemi içinde tutulmuştur. Öncelikle elde edilen tüm verilerin depolanması için ARCGIS yazılımı ile coğrafi veritabanı oluşturulmuştur. Seçilen periyot yıllarına ait mekâna dayalı tarihsel verilerin hazırlanması, depolanması işlenmesi ve analiz edilmesi için dört adet mekânsal veri kümesi (Feature Dataset) oluşturulmuştur. Bu dört veri kümesi içinde yerleşim yeri ve arazi örtüsü verilerinin üretileceği poligon tipinde Parsel sınıfı verisi ile ulaşım verisinin hazırlanacağı yol sınıfı oluşturulmuştur.

Parsel sınıfına ait özneteliklerin açıklaması şöyledir:

parsel_ID: Her bir Parsel için verilecek numaradır.

Ada_No: İlgili parselin Ada numarasıdır.

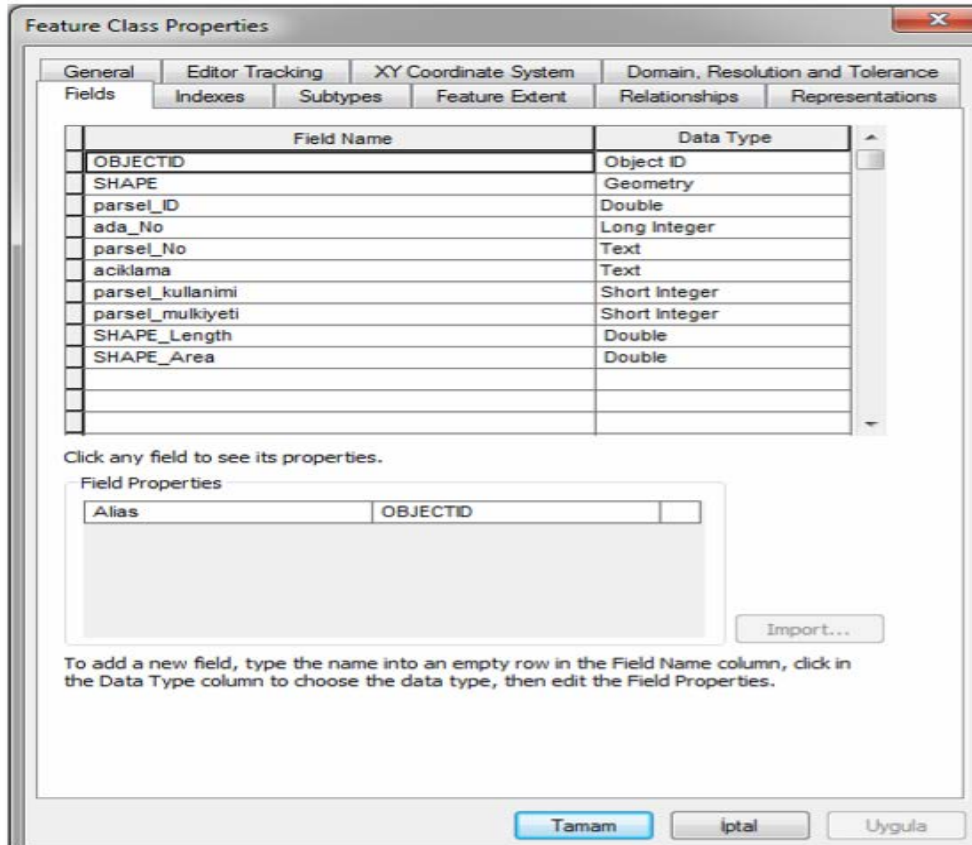
Parsel_No: İlgili Parselin numarasıdır.

parsel_kullanimi: Taşınmazın tapu kütüğüne kaydedilen cinsidir/niteliğidir. (yerleşim yeri, tarım arazileri, orman arazileri, 2B arazileri).

parsel_mulkiyeti: Mülkiyet deseni verileri; özel mülkiyete konu taşınmazlar, hazineye ait araziler, vakıf arazileri belediyeye ait taşınmazlar, maliki hisseli taşınmazlar (özel mülkiyete tabi ve hazineye ait yerler, özel mülkiyete tabi ve belediyeye ait yerler, hazine ve belediye adına tescilli taşınmazlar, mülkiyeti belediye ve vakıflara ait yerler) ve sit alanlarında oluşmaktadır.

açıklama: İlgili parselin cinsi ile ilgili açıklamalar varsa bu tabloda tutulacaktır. Örneğin Sancaktepe bölgesindeki kadastral veriler incelendiğinde 2B arazilerinin cinsi bağ-bahçe olarak girilmektedir. Böyle bir durumda ilgili parselin cinsi bölümüne 2B arazisi açıklamasına ise kadastral kayıtlardaki cinsi yazılmıştır.

Parsel sınıfına ait öznitelik tablosu aşağıda Şekil 2.8’ de gösterilmektedir.



Şekil 2.8 Parsel sınıfına ait öznitelikler.

Yol sınıfı ise Yol_ID, YolAdi ve YolKodu özniteliklerinden oluşmaktadır. Yol sınıfına ait öznitelikler aşağıda Şekil 2.9’da gösterilmektedir.

Yol_ID: Herbir yol için verilecek numaradır.

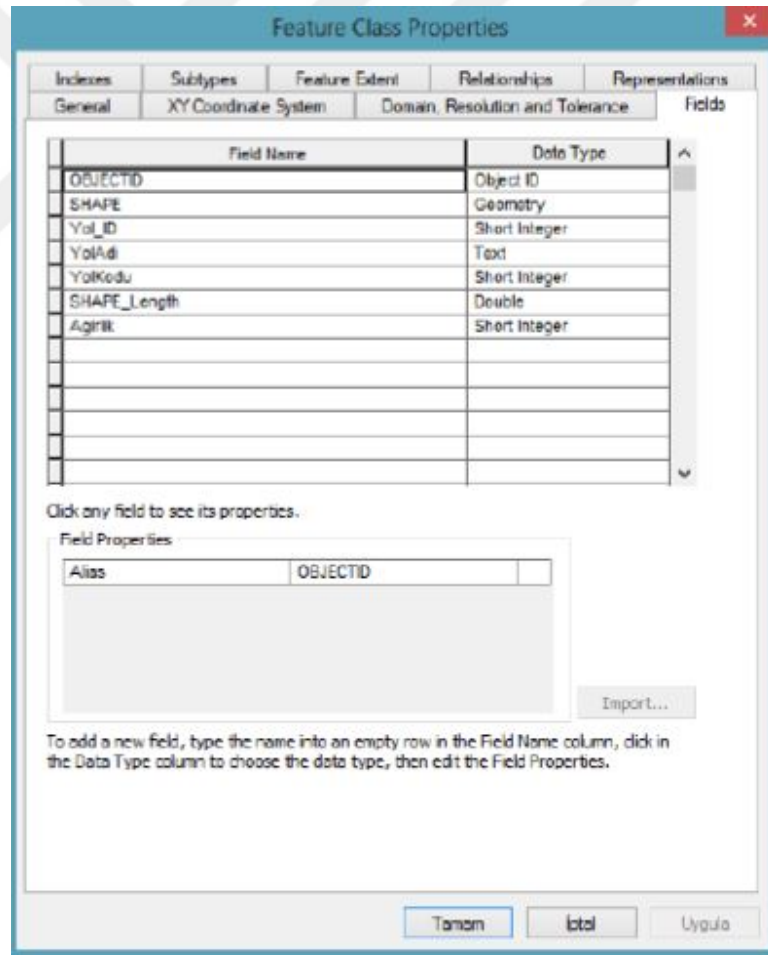
YolAdi: İlgili yolun ismidir.

YolKodu: İlgili yolun kodu. 0-100 arasında değer alacaktır. Değerler Çizelge 2.5 'te gösterildiği gibidir.

Yol sınıfına ait öznitelik tablosu aşağıda şekil 2.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 2.5 Yol ağırlık değerleri.

Yol Türü Kodu	Ağırlık
Otoyol, şehirlerarası yol	100
Ana cadde, bulvar vb.	75
Otoyol, şehirlerarası yol	50
Köy yolu	25



Şekil 2.9 Yol sınıfına ait öznitelikler.

3. HÜCRESEL OTOMATA VE SLEUTH MODEL KALİBRASYON

3.1 Hücresel Otomata

Hücresel otomata (HO), dünyada yaygın olarak kullanılan bir modeldir. HO modeli, karmaşık dinamik sistemlerin simülasyonunda uygulanan mekânsal dinamik modelleme tekniğidir. Bu model, dinamik bir sistemin esaslarını araştırmak, kuramsal uygulamalarda varsayım ve fikirleri test etmek için geliştirilmiştir (Couclelis, 1997; Batty ve diğ., 1999).

HO sisteminde mekân, düzenli hücelere bölünmektedir. Her hücrenin durumu yerel kurallara göre güncellenir. Bunun anlamı, verilen bir zamandaki hücrenin durumu, hücrenin kendi durumuna ve bir önceki zamandaki komşu hücrelerin durumlarına göre tanımlanmasıdır (Wolfram,1984). Tüm hücrelerin durumu aynı anda güncellenir. Sistemin davranışı birleşik yerel geçiş kurallarının etkisiyle tanımlanır. Böylece, sistemin durumu farklı zaman basamaklarında ilerlemektedir. Basit bir HO modeli hücre, durum, komşu, geçiş kuralı ve zaman olmak üzere beş farklı bileşenden oluşmaktadır.

Hücresel mekânda basit bir mekânsal birim olan hücre, farklı boyutlarda çeşitli formlara sahiptir. Örneğin iki boyutlu HO tipi, kentsel büyüme ve arazi kullanım değişimlerinin modellenmesinde en yaygın kullanıma sahip formlardandır.

HO'nun diğer bileşeni olan durum sistemin özelliklerini tanımlar. Her hücre yalnız bir durumdan oluşmaktadır. Örneğin, açık-kapalı, 1-0, gelişme var-yok gibi bu durum bilgisi ikili (binary) veriden oluşabildiği gibi hücrelerin durumları arazi örtüsü ve arazi kullanım tiplerini tanımlayan kent, yöre kent, kırsal vb. fonksiyonlarda durum bilgisi olarak tanımlanabilir.

HO'da komşuluk, hücrenin etkileşimde olduğu hücreleri ifade etmektedir. Komşuluğun the von Neumann Neighbourhood (dört hücre) ve the Moore Neighbourhood (sekiz hücre) olmak üzere iki temel tipi vardır. Komşuluğun ilk tipi bir hücrenin kuzey, güney, doğu ve batı olmak üzere dört hücreden oluşmaktadır. İkinci tip, bu 4 hücrenin yanında aynı zamanda kuzey-batı, kuzey-doğu, güney-doğu ve güney-batı yönlerini de içermektedir.

Sorgulanan hücrenin belli mesafedeki daire içindeki komşuluğu gibi komşuluğu diğer türleri kent planlamasında ayrıca kullanılmaktadır (White ve Engelen, 1994; White ve diğ. 1997).

Bir hücrenin durumunun mevcut durumu ve komşu hücrelerin durumuna göre nasıl değişeceğini tanımlayan geçiş kuralları HO'nun önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Bu geçiş kuralları modellenen sistemin sürecini göstermektedir. Geçiş kuralları düzenlidir ve sistemin bütün hücrelerine eşzamanlı uygulanmaktadır (Aydın, 2015).

HO'nun bir diğer bileşeni olan zaman, geçiş kuralları ile bağlantı içerisinde çalışır. Geçiş kurallarına göre durumunu ayarlayacak olan hücre belli bir zaman aralığına bağlıdır ve zaman geçtikçe hücrenin durumu değişebilir (Aydın, 2015).

Özellikle kent alanlarındaki arazi örtüsü değişiminin tahmin edilmesinde ve simülasyonunda kullanılan kentsel HO modelleri, temel HO kavramlarından daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Komşuluk paternleri, dönüşüm kuralları, diğer sosyo-ekonomik modellerle olan bağlantıları kentsel HO'yu daha gelişmiş ve sofistike kılar (Benenson ve Torrens, 2004).

HO'nun en önemli özelliklerinden biri, basit dönüşüm kuralları ile karmaşık mekânsal desenleri simülasyonda kullanılıyor olmasıdır. HO'nun kentsel büyümeyi modellemede birçok avantajı olmasına rağmen parametre değerlerinin nasıl belirlenebileceği büyük bir sorun teşkil etmektedir (Aydın, 2015).

Geçmiş yıllarda uygulanan HO modelleri sadece kırsal alandan kentsel alana geçiş veya kentsel büyümelerin simülasyonuna odaklanmıştır. Kentsel büyümeyi simüle etmek göreceli olarak daha kolay gözükmektedir. Önceleri HO modelleri yalnızca kentsel/kentsel olmayan sisteme göre şekillenmekteydi. Fakat, sonraki çalışmalarda simülasyon modelin içine boş alanlar, yerleşim alanları, ticari alanlar ve endüstriyel alanlar gibi çoklu arazi örtüsü tiplerinin de dâhil edilmesiyle HO modellerinin karmaşık kent sistemlerinin simülasyonunu gerçekleştirebilmesi mümkün olmuştur (Aydın, 2015).

Karmaşık kent sistemleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda birçok mekânsal değişkene ihtiyaç vardır. Her bir mekânsal değişkenin simülasyona katkısı onunla ilişkili ağırlığı veya parametresi ile sayısallaştırılır.

Bu nedenle simülasyon gerçekleştirilmeden önce belirlenmesi gereken birçok parametre vardır. Parametrenin değeri değişkenin önemini göstermektedir ve simülasyonun sonuçları üzerinde büyük bir etkisi vardır. Değişkenin büyük bir parametre değeri ile ilişkili olması diğer değişkenlerden daha önemli olduğu anlamına gelmektedir. Parametrelerin farklı kombinasyonları tamamıyla birbirinden farklı kentsel formların oluşmasına neden olmaktadır (Batty ve diğ. 1999; Yeh ve Li, 2001).

Gerçek kentlerin simülasyonunda kalibrasyon süreçleri, gerçek ve doğru bir kentsel büyüme sağlamak için uygun parametre değerlerini bulmayı amaçlar. HO modellerinin daha gerçekçi simülasyon sonuçları verebilmesi için kalibrasyon aşamalarında uygun parametre değerlerinin tanımlanması gerekmektedir.

Karmaşık mekânsal sistemin simülasyonu için çoğu doğrusal olmayan ilişkiye sahip çok fazla değişken hatta yüzlercesi kullanılmaktadır (White ve Engelen, 1994).

Kentsel büyümenin karmaşıklığından dolayı evrensel olarak kabul edilebilen bir kalibrasyon metodu yoktur. Wu ve Webster (1998) parametre değerlerini tanımlamak için çok ölçütlü değerlendirme yöntemi kullanmışlardır. Clarke ve diğ., (1997) görünür testlerin, parametre ayarlarının kaba tahminlerini yapmada ve parametre oranlarını tespit etmede çok faydalı olduklarını söylemişlerdir. Clarke ve Gaydos (1998) kalibrasyonun beklenene karşılık gözlenenin istatistiksel olarak test edilmesiyle gerçekleştirilebileceğini önermişlerdir. Yöntem, parametreler yardımıyla en iyi modeli bulmasına imkân verir. Bu parametreleri daha sonra tahmin etmede kullanılmaktadırlar (Aydın, 2015).

3.2 SLEUTH Model Girdi Verileri

SLEUTH uygulamasının önemli bir ilkesi: Bir bölgenin geçmişte nasıl değiştiğini kalibre ederek, gelecekteki bir değişim için makul bir tahmin yapılabilir (Clarke ve diğ., 1997).

Bu varsayımı takiben model, haritalardan, hava fotoğrafçılığında veya diğer uzaktan algılanan verilerden toplanan tarihsel mekânsal verilere simüle edilmiş veriler kullanılarak kalibre edilir. SLEUTH en eski verilerle (geçmişte en uzak tarih belirtilerek) başlatılır ve büyüme döngüleri oluşturulur. Bir büyüme döngüsünün bir yılı temsil ettiği varsayılmaktadır.

Tarihsel verilerin bulunduğu tarihler kontrol yılları olarak adlandırılır. Tamamlanmış bir döngünün karşılık gelen bir kontrol yılı olduğunda, simüle edilmiş verilerin görüntüsü üretilir ve bazı kentsel form metrikleri ölçülür ve hafızaya kaydedilir.

SLEUTH modeli C programlama dilinde yazılmış hücresel otomat modelidir. Bu sistemde mekânsal/uzamsal (spatial) büyüme iki boyutlu grid üzerinde modellenmektedir ve model yalnızca UNIX ile Linux işletim sisteminde çalışmaktadır. Microsoft Windows işletim sisteminde çalıştırabilmek için ise Cygwin (Linux) yazılımına gereksinim vardır.

Model kent/kent olmayan dinamikler ile birlikte aynı zamanda arazi örtüsü dinamiklerini modelleyebilme yeteneğine sahiptir. SLEUTH, bir dizi önceden tanımlanmış büyüme kuralları ile donatılmış olup, bu büyüme kuralları hücrelere (piksel) tek tek uygulanır. Kent olma olasılığı olan hücreler model tarafından rastgele seçilir ve büyüme kuralları hücrelerin ve komşu olan hücrelerin özelliklerini değerlendirir. Model bu değerlendirmede söz konusu hücrenin önceden kent olup olmadığını, eğimlerinin ne olduğunu ve yola yakınlığını göz önüne alır.

SLEUTH, beş tür gri tonlamalı .gif resim dosyası girişi gerektirir (arazi kullanımını analiz edilirse altı). Tüm katmanlar için 0, var olmayan veya boş bir değer iken, $0 < n < 255$ bir "canlı" veya var olan değerdir.

Model, tüm girdi katmanlarının raster formatında aynı zamanda tutarlı sayıda satır ve sütun içermesini gerektirir (Gigalopolis, 2018).

Tüm veri tipleri için standartlar ise:

- Gri tonlamalı GIF görüntüleri (8 bitlik)
- Görüntülerin aynı datum ve koordinat sisteminde olması gereklidir.
- Görüntüler aynı harita boyutundaki ızgaralardan elde edilir
- Görüntüler aynı çözünürlükte (satır x sütun sayısı tutarlı) olmalıdır.
- Görüntüler gerekli adlandırma biçimine uygun olmalıdır (Gigalopolis,2018).

Aşağıdaki görüntüler SLEUTH formatını gösteren bir "kurgusal" veri setinin parçası olarak oluşturulmuştur. Amaçları, belirli bir kent veya bölgenin işlemlerini temsil etmek yerine modelin gereksinimlerini ve işlevlerini göstermektir.

SLEUTH ismi, modeli çalıştırmak için gerekli veri katmanlarının baş harflerinden meydana gelmektedir:

- Slope (eğim),
- Landuse (arazi örtüsü),
- Excluded(bölgeleme-büyümeden hariç tutulan bölge),
- Urban (kent/yerleşim),
- Transportation (ulaşım ağı), ve
- Hillshade (gölgeli rölyef).

Modelin istatistiksel kalibrasyonu için en az dört kentsel zaman dilimi kullanılmalıdır. Ayrıca, kalibrasyon amaçları için yollar iki veya daha fazla zaman diliminde gösterilmelidir. Modelin arazi kullanımı modellemesi için en az iki arazi kullanım katmanı gerektirmektedir. Tüm katmanlar anlaşma için kontrol edilmelidir; Kentsel alanlar, bölgeleme katman içerisinde gelişmeyen olarak tanımlanan yerler olmamalıdır. (Gigalopolis, 2018).

İsimlendirme formatı standartlara uygun olarak hazırlanmalıdır.

Örnek verecek olursak; < araştırma alanı>.veritürü<yılı>.gif standardında olması gereklidir.

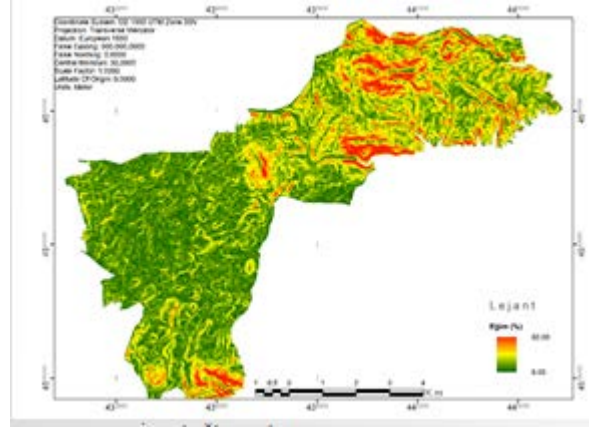
Slope (Eğim)

Kentsel büyümede yerleşime dönüşecek uygun alanların belirlenmesinde en önemli değişkenlerden biri alanın topoğrafyası ve buna bağlı olarak eğimdir. Eğim değeri düşük veya düz alanlarda kentsel büyüme daha kolay olacaktır. Artan eğim değeri ile birlikte kentleşmeye uygun alanlar azalacaktır.

Eğim, genellikle bir dijital yükseklik modelinden (DEM) türetilir, ancak diğer yükseklik kaynağı verileri kullanılabilir. Hücre değerleri, bazı CBS yazılımlarında ortak bir varsayılan olan derece değil, yüzde olarak ifade edilir. Bu nedenle eğim verisi 0 ile 100 arasında değer alır. Büyümenin eğimden dolayı sonlanacağı değer senaryo dosyasında bulunan CRITICAL_SLOPE değişkeni tarafından belirlenir (Gigalopolis, 2018).

% eğim değeri:

Piksel değeri Aralığı: 0 – 100

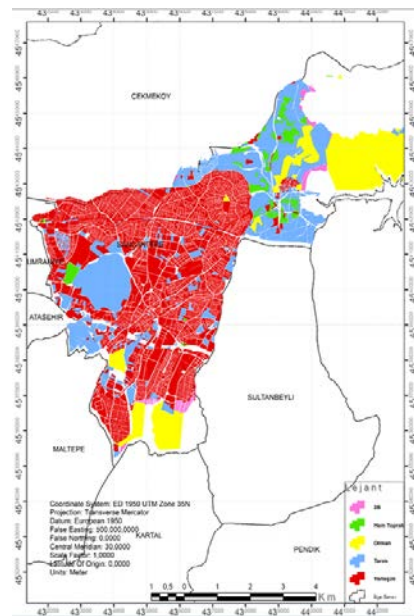


Şekil 3.1 Eğim verisi görünüm.

Landuse (Arazi Örtüsü)

Gri tonlamalı arazi örtüsü görüntülerinde bulunan her piksel değeri, benzersiz bir arazi sınıfını temsil eder. Senaryo dosyasında her bir pikselin hangi sınıfı temsil ettiği tanımlanabilir (Gigalopolis, 2018).

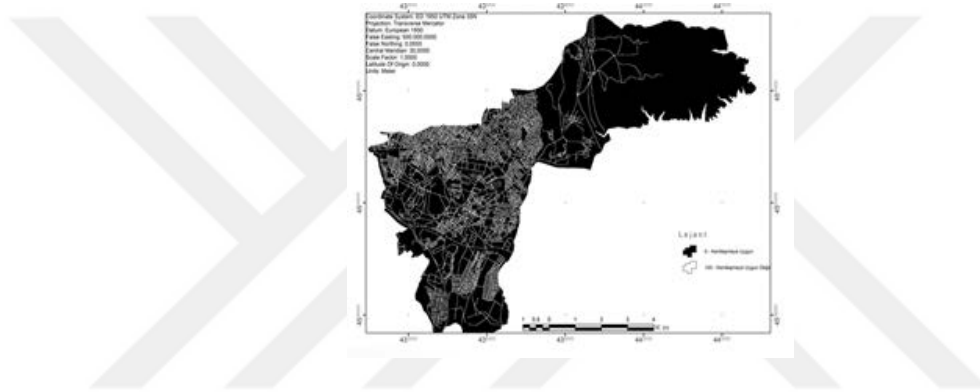
Arazi sınıflarına URB,UNC ve EXC olmak üzere 3 adet flag vardır. Bir sınıfa URB atanırsa SLEUTH modeli bu sınıfı kent olarak algılar, büyüme bu sınıfta görülür. UNC atandığında bu sınıfın görüntüde herhangi bir sınıfı temsil etmediğini gösterir. EXC atanırsa hiç kentleşmeyecek görüntü sınıfını gösteren piksel değerleri için kullanılır (Gigalopolis, 2018).



Şekil 3.2 Arazi örtüsü görünüm.

Excluded (Bölgeleme)

Dışladığı imge, kentleşmeye dirençli bütün yerleri tanımlar. Bölgeleme veri grubu ise planlarda tasarlanan, kentsel büyümeye yön veren ve bazı sınırlamalar da getiren verileri içerir. Gelecekte arazi örtüsü fonksiyonunun yerleşim olmaya elverişli olup olamayacağını mekânsal olarak taşıyan verileri tanımlar. Bir alanın kısmi dışlanması temsil etmek isteniyorsa, senaryoya bağlı olarak korunmak istenilen alanlar için arazi örtüsüne göre pikseller (0-100) arasında herhangi bir değer içerebilir. Burada her bir piksel değeri kentsel gelişimin imkânsız olduğu alanlara, örneğin açık su kütlelerine veya milli parklara 100 veya daha 100' e yakın bir değer verilir. Kentsel gelişim için uygun olan yerler 0 veya sıfıra yakın değerdedir (Gigalopolis, 2018).



Şekil 3.3 Bölgeleme verisi görünüm.

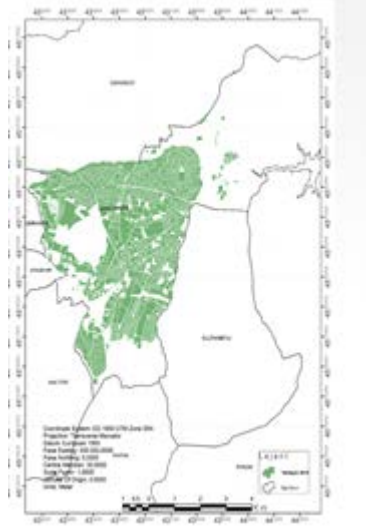
Urban (Yerleşim)

"Yerleşim" tanımı, veri setinin yaratıcılarına bağlıdır. Model basitçe kentsel/kentsel olmayan bir ikili sınıflandırma gerektirir. Oluşturulan senaryoya göre 0 ile 100 arasında değer verilerek ağırlıklandırma yapılabilir (Gigalopolis, 2018).

Modelin istatistiksel olarak kalibre edilmesi için, kentsel boyut en az dört zaman periyodu mevcut olmalıdır. Kentleşme, yerleşim verisinin en eski kent yılı olan bir "çekirdek" (seed) verisi ve dışa doğru büyüme ve yeni çekirdeklerin üretilmesine izin vermek için bir eğim verisiyle etkileşime giren en az iki yol verisinden kaynaklanır. Diğer periyotlar ise kontrol ve istatistiksel olarak en uygun parametre değerleri belirlenmesinde kullanılmaktadır (Gigalopolis, 2018).

Piksel değeri aralığı: 0 = yerleşim dışı

$0 < n < 256 =$ yerleşim



Şekil 3.4 Yerleşim verisi görünüm.

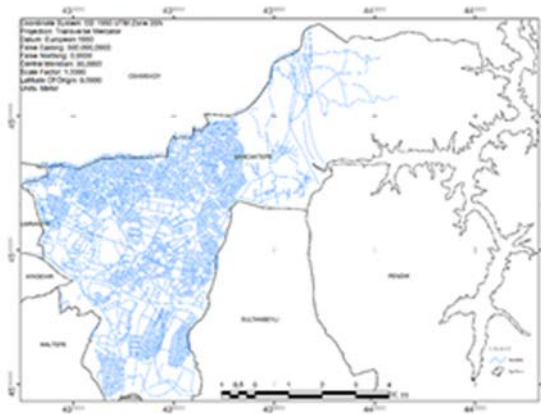
Transportation (Ulaşım)

SLEUTH modelinde yer alan yola bağlı büyüme dinamiği, kentsel büyümenin artan erişilebilirlik alanlarına çekilme eğilimini simüle etmektedir.

Bir ulaşım ağının bir bölgenin nasıl geliştiği üzerinde büyük etkisi olabilir. Kalibrasyona bu etkiyi dahil etmek, zaman içinde kentin büyümesiyle birlikte değişen birkaç yol katmanı tercih edilmektedir. SLEUTH en erken yol katmanı ile başlatılacaktır. Büyüme döngüsü veya zaman geçtikten ve daha yeni bir yol katmanının tarihine ulaşıldığında, yeni katman sürece dâhil edilerek okunacak ve gelişme oradan başlayarak devam edecektir (Gigalopolis, 2018).

Piksel değeri aralığı:

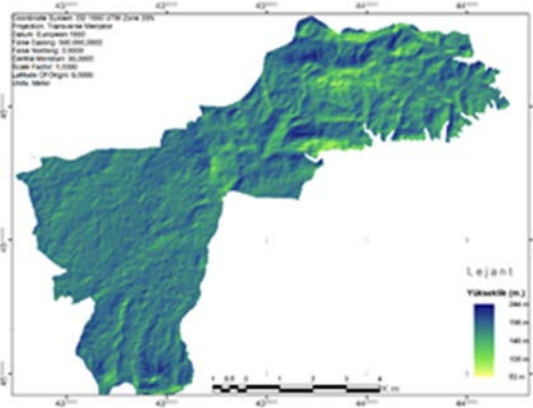
İkili: 0 = yol dışı, 0 < n < 256 = yol



Şekil 3.5 Ulaşım verisi görünüm.

Hillshade (Gölgeli Rölyef)

Kentsel kapsamdaki verilere mekânsal bağlam vermek için, görüntü çıktısına bir arka plan görüntüsü dahil edilir. Bu, gri tonlamalı bir resim olmalı ve genellikle gölgeli bir DEM (burada resimde görülen) kullanılır. Kentsel büyüme simülasyonunda kullanılmamaktadır. Çıktı görüntüleriyle birleşerek görsel olarak tanımlanmasında kolaylık sağlamaktadır (Gigalopolis, 2018).



Şekil 3.6 Gölgeli rölyef görünüm.

SLEUTH modeli ile geleceğe dönük kent büyümesinin ve arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin tahminini yapabilmek için, 2 adet arazi kullanımı/arazi örtüsü katmanı, 4 adet yerleşim katmanı, en az 2 adet ulaşım katmanı ve birer tane bölgeleme, eğim, gölgeli rölyef katmanları gerekmektedir.

3.2.1 Büyüme Kuralları

SLEUTH kentsel büyüme modeli, Kendiliğinden Büyüme, Yeni Yayılma Merkezleri Büyüme, Çeper Büyümesi, Yol Etkisi ile Büyüme ve Kendi Kendini Değiştirmeyi içeren önceden tanımlanmış büyüme kuralları kümesiyle geliştirilmiştir. Kentsel simülasyonu belirli bir morfolojiye yönlendirmek için sürekli olarak uygulanırlar ve hücresel alan tüm kurallar uygulandıktan sonra güncellenir. Sınıflar davranış kurallarına göre hareket ederler ve bu kurallar bir yere uyum sağlamak ve tarihsel olarak en önemli özelliklerin neler olduğuna göre değişimi simüle etmek için kendi kendini değiştirebilir.

SLEUTH, beş CBS tabanlı girdi gerektirir: kentleşme, arazi kullanımı, ulaşım, kentleşme harici alanlar, görselleştirme için kabartma haritası ve eğim haritası.

Giriş katmanları aynı sayıda satır ve sütuna sahip olmalı ve doğru bir şekilde georeferanslı olmalıdır. Modelin istatistiksel olarak kalibre edilmesi için, kentsel boyut en az dört zaman diliminde mevcut olmalıdır.

Başlangıçtaki dağılıma sistemin “tohumu” (seed) denmektedir. Birinci nesil, üstteki kuralların eş zamanlı olarak tohumdaki her hücreye uygulanmasıyla elde edilmekte yani canlanmalar ve ölümler tek bir anda oluşmaktadır. Bir başka deyişle her nesil yalnızca bir önceki nesildeki dağılımın bir sonucudur. Bu kurallar daha fazla nesil yaratmak için aynı şekilde art arda uygulanmaktadır (Ayazlı, 2011).

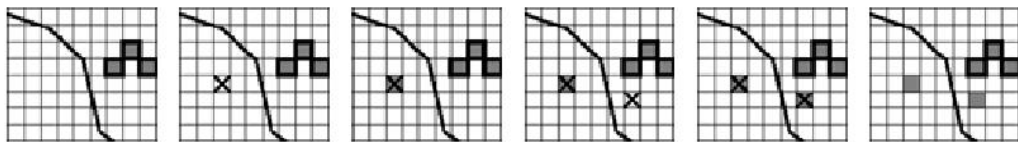
Kentsel büyümenin dinamikleri dört kural ile ifade edilmektedir: kendiliğinden, yeni yayılma merkezi, çeper büyüme ve yoldan etkisi ile büyüme (Candau ve diğ. 2000).

Bu büyüme kuralları sırayla meydana gelir ve hücre durumu, her kuralın tüm alan boyunca uygulanmasından sonra güncellenir.

Kendiliğinden Büyüme (Spontaneous growth)

Varolan altyapıyla gerekli ilişki olmaksızın, arazi örtüsü üzerinde yeni bir kentsel yerleşimin ortaya çıkmasını simüle eder. Kendiliğinden büyüme, SLEUTH çerçevesinde rastgele kentleşmeyi tanımlar (Gigalopolis, 2018).

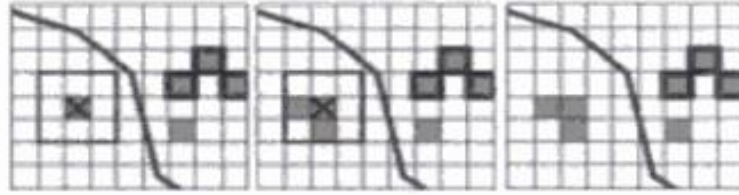
Yayılma, simülasyonda üretilen sözde rasgele sayıdan büyükse, eğim sınırlamasını yerine getiren kentsel olmayan herhangi bir hücrenin, zaten hariç alan tarafından kentleştirilmesi veya reddedilmesi dışında, herhangi bir zamanda kentleşme olasılığı vardır. Daha büyük bir yayılma(difüzyon) katsayısı, kentsel büyümenin göreceli olarak dağılmış dağılım modelini üretecektir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Doğal Büyüme Kuralı'na göre kentsel büyüme (Gigalopolis,2018).

Yeni Yayılma Merkezleri Şeklinde Büyüme Kuralı (New Spreading Center Growth)

Yeniden ortaya çıkma katsayısı ve eğim katsayısının bir fonksiyonudur. Kendiliğinden büyüme tarafından üretilen; başka bir yayılma merkezi olmak için uygun bir eğimle üretilen yeni bir kent hücresine izin vermek için bu kurala göre, yeni yerleşim olan bir hücre 3x3 komşuluğu içerisinde kendisinden başka yerleşim hücresi yoksa ve çevresindeki 2'ye kadar yerleşim olma koşulunu sağlayan komşu hücreler varsa, ortaya çıkma katsayısı bu hücreleri belirler ve t+1 anında bu bitişik hücreler Şekil 3.8 'de görüldüğü gibi yerleşim olmak zorundadır (Gigalopolis, 2018).



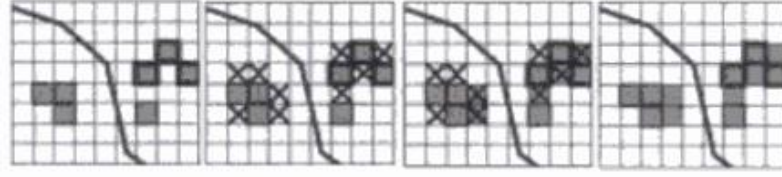
Şekil 3.8 Yeni Yayılma Merkezleri Şeklinde Kuralı'na göre kentsel büyüme (Gigalopolis, 2018).

Çeper Büyüme Kuralı (Edge Growth)

Yayılm katsayısı ve eğim katsayısının bir fonksiyonudur. Bu kural hem t+1 anında ikinci adımda yeni oluşan yerleşim hücresini hem de daha önceden yerleşim olan hücreleri çoğaltır. Bu nedenle yerleşim olmayan bir hücrenin en az 3 tane yerleşim komşusu varsa yayılım katsayısı bu hücreleri Şekil 3.9'da görüldüğü gibi yerleşim olarak belirleyecektir (Gigalopolis, 2018).

Başka bir deyişle, eğim ve yayılım katsayılarına maruz kalan bir hücreyi, çevresindeki sekiz komşusunda bulunan üç ya da daha fazla yerleşim yerinin bulunduğu bir kentte kentleştirmek mümkün olacaktır (Gigalopolis, 2018).

Kentsel büyümeyi çevrelerine kopyalayan bir tür kendiliğinden büyüme olarak, çeper büyüme kuralı, SLEUTH en yaygın büyüme türü olarak kabul edilir, yayılım katsayısı arttıkça daha belirgin hale gelir (Gigalopolis, 2018).

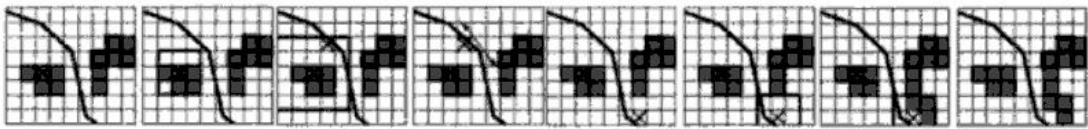


Şekil 3.9 Çeper Büyüme Kuralı'na göre kentsel büyüme (Gigalopolis, 2018).

Yol Etkisi ile Büyüme Kuralı (Road Influenced Growth)

Tipik olarak, bir hücrenin yol ağına daha yakın olduğu zaman kentleşme olasılığı daha yüksektir. Son kentleşmiş bir hücrenin ortaya çıkma katsayısı uygunsa ve yol-çekim katsayısı tarafından belirlenen arama yarıçapı içinde caddeler varsa, kent hücresine en yakın cadde üzerindeki bir hücre, yeni bir kentsel yayılma merkezi olarak kabul edilen geçici bir kentsel hücreye dönüştürülür. Bitişik ulaşım boyunca rastgele dolaşacak, nihai konum başka bir kentsel büyüme merkezi olacak ve çevre belki de kentleşmiş olacak. (Gigalopolis, 2018).

Yol etkisi ile büyüme katsayısı; ulaşım ağlarının etkilediği kentsel yayılmayı belirlemek için kullanılmaktadır. İlk adımda ortaya çıkma katsayısının belirlediği yeni kentleşen hücrenin çevresinde yol olup olmadığı araştırılır. Bunun için görüntü boyutuna göre yol çekim katsayısı tarafından belirlenen, sırasıyla 3x3, 5x5, ..., nxn büyüklüğünde arama matrisleri kullanılır. Şekil 3.10'da yeni kentleşen hücrenin 5x5 komşuluğunda yol bulunmaktadır. Yol bulunduktan sonra yola yakın bitişik hücrelerden biri geçici olarak yerleşim kabul edilir. Daha sonra saçılım katsayısı tarafından belirlenen adım sayısı kadar geçici yerleşim hücresi yol boyunca rastgele ilerletilir. Geçici yerleşim hücresinin en son konumu yeni yerleşim yayılım çekirdeği olarak düşünülür. Geçici yerleşim hücresinin aday hücreler arasından rastgele seçilen bir komşusu yerleşim olma koşulunu sağlıyorsa yerleşim olacaktır, eğer iki bitişik komşusu varsa, ikisi de yerleşim olacaktır. (Gigalopolis, 2018).



Şekil 3.10 Yol Etkisi Büyüme Kuralı'na göre kentsel büyüme (Gigalopolis, 2018).

3.2.2 Growth Coefficients (Büyüme Katsayıları-Parametreler)

SLEUTH' nin en dikkat çekici avantajı, modelin, çalışma alanının özelliklerine göre optimal katsayıların kombinasyonunu hesaplama kabiliyetine sahip olmasıdır. SLEUTH, kentsel büyüme simülasyon modelini oluştururken dört büyüme kuralı ve bu kurallarla ilişkili olan beş büyüme katsayısını kullanmaktadır.

SLEUTH'nin davranışını yöneten beş katsayı vardır: Diffusion, Breed, Spread, Slope_Resistance ve Road_Gravity.

Beş katsayı veya parametre, büyüme kurallarının nasıl uygulandığını etkiler. Her bir katsayı 0 ile 100 arasında bir tam sayı olabilir. Bu değerler, simüle edilmiş arazi örtüsü değişiminin, bir çalışma alanının tarihsel verilerine karşılaştırılmasıyla kalibre edilir. Aşağıdaki tanımlar beş katsayı değerini, etkiledikleri büyüme türleri ve uygulanan değerlerin katsayılardan nasıl elde edildiği Çizelge 3.1 'de gösterilmektedir.

SLEUTH Büyüme Kuralları ve Büyüme Katsayıları

Çizelge 3.1 SLEUTH büyüme kuralları ve büyüme katsayıları (Ayazlı, 2011).

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

Diffusion Coefficient (Saçılım Katsayısı)

Saçılım katsayısı ,doğal büyüme sırasında olası bir kentleşme için bir pikselin rastgele seçilme sayısını kontrol eder. Kentleşecek rastgele bir pikselin olasılığını belirleyen DIFFUSION, Doğal Büyüme tarafından üretilen müstakil kentsel hücrelerin tüm dağılımını kontrol eder. Yol Etkilenen Büyüme'de, DIFFUSION, karayolu ağı boyunca hareket eden piksel sayısını ve aralığını belirler (Gigalopolis, 2018).

Saçılım katsayısı, *doğal büyüme kuralı* uygulanırken rastgele seçilecek bir pikselin kentleşme için uygun olup olmadığını denetlemektedir. Bununla birlikte saçılım katsayısı, *yol etkisi ile büyüme katsayısı kuralına* göre ulaşım ağı içindeki yol boyunca oluşan piksellerin kentleşme için olabilirliğini denetlemektedir (Gigalopolis, 2018).

Saçılım değeri, saçılım katsayısından şu şekilde elde edilir:

$$\text{Saçılım_değeri} = ((\text{saçılım_katsayısı} * 0.005) * (\sqrt{n.\text{satır}^2 + n.\text{sütun}^2}))$$

böylece saçılım_değeri maksimumda (saçılım_ katsayısı 100 olarak tanımlandığında)

Görüntü diyagonalinin% 50'si olacaktır.

saçılım_değeri daha sonra doğal büyümeye uygulanır (Gigalopolis, 2018).

```
for (k = 0; k < dispersion_value; k ++)
```

```
{
```

```
select pixel (i, j) at random ;
```

```
try to urbanize (i, j);
```

```
}
```

Saçılım katsayısının yol etkisi büyüme kuralı aşağıdaki gibi uygulanır:

Yol ağırlıklarından etkilenen dağılım katsayısının bir ulaşım ağı boyunca kaç tane pikselin rastgele bir yürüyüş oluşturduğunu kontrol eder.

diffusion_coefficient(saçılım katsayısı), road_influenced growth (yol etkin büyüme) büyümeye şu şekilde uygulanır (Gigalopolis, 2018).

```
run_value = (roads(i, j) / max_road_value * diffusion_coefficient)
```

run value, yol ağı boyunca kentsel bir piksel ile kat edilen maksimum adım sayısıdır.

Run_value en fazla 100 iken (yol (i, j) == max_road_value) ve (diffusion_coefficient == 100).

Daha önce, yol ağırlıklandırma kullanılıyorsa, bu mesafe (run_value) şu şekilde hesaplanır (Gigalopolis, 2018).

```
run_value = (roads(i, j) / max_road_value * diffusion_coefficient)
```

Yol ağırlığı

Herhangi bir bölgede bazı ulaşım hatları kentleşmeye diğerlerinden daha fazla etki yapabilir. Yol ağırlığı ile bu tür etkiler modele dahil edilebilir.

Yol ağırlıklandırma nasıl çalışır?

Yol ağırlıklandırma, bir yol aramasında yol pikselinin bulunma olasılığını etkilemez. Tüm yol pikselinin kentsel gelişmeyi etkileme olasılıkları eşittir. Bunun yerine, ağırlıklandırma, yeni kentsel merkezin, rastgele yürüyüş sırasında yol ağı boyunca nasıl dağıldığını etkilemektedir. En yüksek yol ağırlığı, yeni kent merkezinin yol boyunca ilerlemesi için maksimum bir mesafeye veya adım sayısına izin verecektir. Daha düşük bir ağırlık, bu maksimum mesafenin bir miktarının hareket etmesine neden olacaktır. (Gigalopolis, 2018).

Böylelikle, daha küçük yollar daha yerel bir etki yaratacak, daha büyük yollar ise kentleşmenin ağı boyunca daha da uzaklaşmasına izin verebilir.

Uygulanan değer, yol piksel değerinden şu şekilde türetilir (Gigalopolis, 2018).

$$\text{run_value} = (\text{roads}(i, j) / \text{max_road_value} * \text{dispersion_coefficient})$$

run_value, yol ağı boyunca bir kent pikseli boyunca kat edilen maksimum adım sayısıdır.

Belirli bir konumdaki bir yol pikselinin değeri, roads(i, j) tarafından açıklanmaktadır. Max_road_value 100 olarak tanımlanır. Run_value, (roads(i, j) == max_road_value) ve (diffusion_coefficient == 100) olduğunda en fazla 100'dür (Gigalopolis,2018).

Breed Coefficient (Ortaya Çıkma Katsayısı)

Doğal büyüme kuralına göre kentleşen pikselin, yeni yayılma merkez kuralı ile yeni bir yayılma merkezi haline gelme olasılığını belirler.

breed_coefficient, new_spreading_center'ın büyümesine şu şekilde uygulanır (Gigalopolis, 2018).

verilen: kendiliğinden büyüme adımından yeni bir kentsel piksel (i, j)

```
if (random_number <breed_coefficient){
```

```
attempt to urbanize two neighbor';
```

```
}
```

Road influenced growth:

breed_coefficient, bir yolun kaç kez alınacağını belirler.

Breed_coefficient, road_compluenced büyümeye şu şekilde uygulanır:

```
for (k = 0; k <= breed_coefficient; k ++)
```

```
{
```

```
head off on a road trip;
```

```
}
```

Ortaya çıkma katsayısı, *yol etkisiyle büyüme kuralına göre* yolculuk süresi kadar büyüme döngüsü sayısını belirler (Clarke ve Silva, 2002).

Bir hücrenin yola ait bir komşu hücresi var ise bütün komşu hücreler yol çekim olarak belirlenir. Her bir döngüde ortaya çıkma katsayısındaki artış ise daha fazla kentsel büyüme merkezinin olduğunu göstermektedir (Gigalopolis, 2018).

Yeni yayılma merkezleri şeklinde büyüme kuralına göre ise yeni üretilen bağımsız bir yerleşmenin kendi büyüme döngüsünü nasıl başlatacağını belirlemektedir (Clarke ve Silva, 2002).

Spread Coefficient (Yayılım Katsayısı)

Çeper büyümesi (edge growth) kuralına göre yayılım katsayısı, yayılım merkezinin parçası olan herhangi bir hücrenin komşuluğunda komşu hücreler içerisinde yeni bir kentsel hücre oluşturması olasılığını belirler (Gigalopolis, 2018).

spread_coefficient, edge_growth'a şu şekilde uygulanır (Gigalopolis, 2018).

```
for (random_number <spread_coefficient)
{
    attempt to urbanize neighboring pixel
}
```

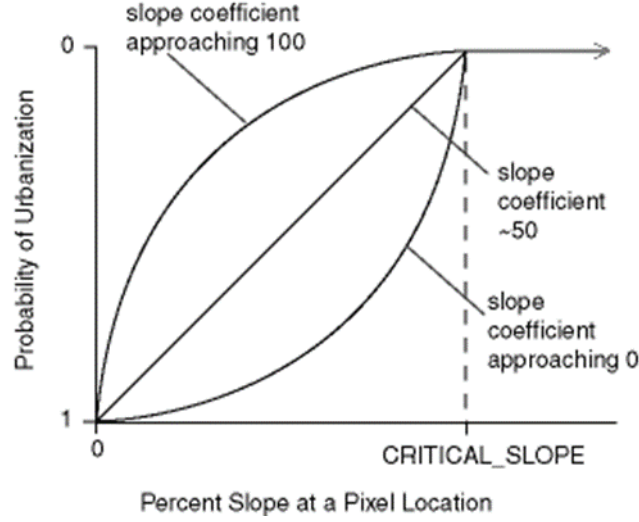
Yayılm katsayısı, çeper büyüme kuralına göre; herhangi bir pikselin, yerleşim pikselleri sayısının 2'den büyük olduğu 3x3 komşuluğunda yeni üretilecek bir pikselin yerleşim olup olamayacağını denetlemektedir (Gigalopolis, 2018).

Slope Coefficient (Eğim Katsayısı)

Herhangi bir bölgenin kentleşme için uygun olup olmadığı sorgulanırken bulunduğu konumun eğimi de önemlidir. Daha düşük eğimlerde daha dik yamaçlara göre bina inşa edilmeleri daha kolaydır ve sonuç olarak, inşa etmenin imkansız olduğu yüzde eğime (CRITICAL_SLOPE) ulaşıldığında kentsel büyüme durmaktadır. Modelde kritik eğim değeri standart değer olan %21 olarak belirlenirken, eğim yüzde değeri çalışma alanına göre düzenlenebilmektedir (Gigalopolis, 2018).

Eğim katsayısı tüm büyüme kurallarını aynı şekilde etkiler. Bir yer, kentleşmenin uygunluğu açısından test edildiğinde, o yerdeki eğim dikkate alınır. Eğim ve kentsel gelişimin yüzdesi arasındaki basit doğrusal ilişkiyi uygulamak yerine, slope_coef çarpanı olarak davranır (Gigalopolis, 2018).

Eğim katsayısı yüksekse, giderek daha dik yamaçların kentleşmesi daha az olasıdır. Eğim katsayısı sıfıra yaklaştıkça, yerel eğimdeki artış kentleşme olasılığını daha az etkilemektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Eğim ve kentleşme olasılığı arasındaki ilişki grafiği (Gigalopolis, 2018).

Bu ilişki, gerçek eğim değerlerini eğim katsayısı ile etkilenen olasılıklara bağlayan bir ilişki tablosu oluşturmakta zorlanır.

Eğim katsayısı, ilk hesaplamada eğim ağırlıklarını hesaplamak için kullanılır:

$$ex = \text{eğim katsayısı} / \text{MAX SLOPE RESISTANCE VALUE}(\text{en fazla eğim direnci}) / 2.0$$

MAX SLOPE RESISTANCE == 100 burada. Bu exp değerini kullanarak bir arama tablosu şu şekilde oluşturulur:

Arama tablosuna ait algoritma aşağıda gösterilmektedir (Gigalopolis,2018).

```
for (i = 0; i <lookup table size; i ++){
    if (i <CRITICAL_SLOPE ) {
        val = (CRITICAL_SLOPE - i) / CRITICAL_SLOPE;
        lookup_table [i] = 1.0 - valex ;
    } else {
        lookup_table [i] = 1.0;
    }
}
```

Eğim katsayısı, herhangi bir pikselin eğim değerinin kentleşme için uygun olup olmadığını kontrol etmektedir. Eğer herhangi bir pikselin eğim değeri % 21'den büyükse o pikselin kentleşme için uygun olmadığı kabul (Gigalopolis, 2018).

Road Gravity Coefficient (Yol Çekim Katsayısı)

Yol çekim katsayısı ise yeni oluşacak bir yerleşim pikselinin yol etkisi ile ulaşım ağının çevresinde oluşup oluşmayacağını kontrol etmektedir (Clarke ve diğ., 1997). Katsayı değeri ulaşım ağı genişledikçe artmaktadır ve kentler yolların çevresinde daha büyük bir alana yayılmaktadır (Gigalopolis, 2018).

Ulaşım ağı boyunca için seçilen bir hücrenin maksimum arama mesafesi, kullanılan girdi görüntüsü boyutları ile orantılı bir şekilde belirlenir (Gigalopolis, 2018).

Uygulanan değer aşağıdaki katsayıdan elde edilir:

$$\text{yol çekim_değeri} = (\text{yol çekim_katsayısı} / \text{maksimum_yol_değeri}) * ((\text{satır} + \text{sütun}) / 16.0)$$

Eşitlikte maksimum_yol_değeri 100 olarak tanımlanmıştır. Yol çekim değeri yol aramak için seçilen maksimum kent hücresine denk gelen maksimum komşu sayısıdır. Böylece yol çekim_değeri maksimumda (yol çekim_katsayısı == 100) görüntü boyutlarının 1 / 16'sı olacaktır (Gigalopolis, 2018).

yol çekim_katsayısı 100'den küçükse, yol çekim_değeri, görüntü boyutlarının 1/16'sından biraz daha az olacaktır (Gigalopolis, 2018).

yol çekim_değeri, yoldan etkilenen büyümeye şu şekilde uygulanır (Gigalopolis, 2018).

$$\text{maksimum_arama_değeri} = 4 * (\text{yol çekim_değeri} * (1 + \text{yol çekim_değeri}))$$

İlk komşu (yol çekim_değeri == 1), seçilen kentsel pikselin bitişik 8 hücresinden oluşur.

İkinci komşu (yol çekim_değeri == 2), ilk komşuya bitişik olan dışa doğru 16 piksel olabilir.

Eğer yol çekim değeri yol çekim katsayısından küçük ise bu hücre kentleşecektir.

3.3 SLEUTH Model Yaklaşımı

Arazi örtüsündeki değişimler, doğal alanların tarıma dönüştürülmesinden ve artan oranda da yerleşim alanının genişlemesinden kaynaklanmaktadır. Arazi örtüsü değişiklik modellemesi bu değişimleri simüle etmeye çalışır ve gelecekteki kentlerin daha sürdürülebilir olması için nasıl değiştirilebileceğini, yönlendirilebileceğini veya nelerin önlenebileceğini sorar.

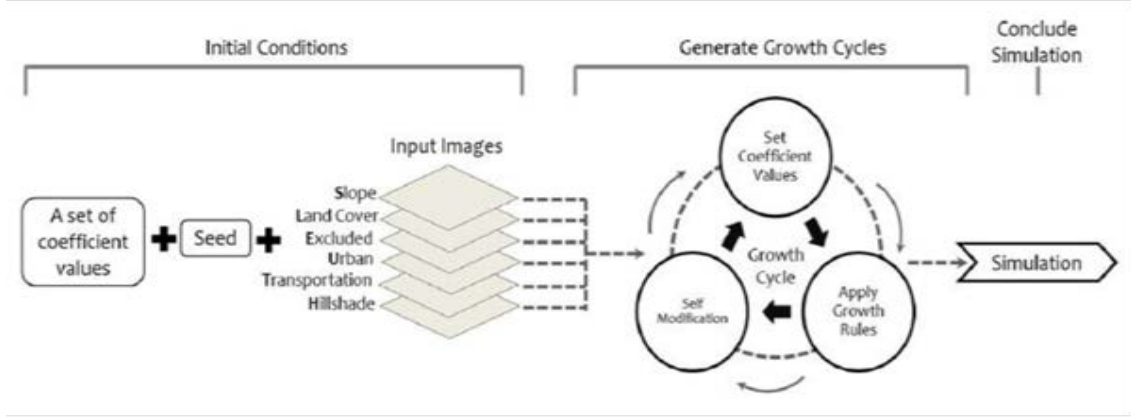
Modelleme, genellikle mekânsal biçimlerde ortaya konduğu gibi bir süreç hakkında bir anlam kazandırmaya çalışabilir (Clarke, 2014). Modelleme bir süreci tahmin etmeyi amaçlar ve bu nedenle değişikliklerin nerede ve ne zaman olacağı tahmin edilebilir (NRC, 2014).

Modeller, öngörülen farklı koşulların somutlaştırılması için tahminleri değiştirerek alternatif geleceğin araştırılmasına izin vermektedir (Clarke ve Xiang 2003; Houet ve diğ., 2016).

Bir model aynı zamanda başkalarına süreci, sonuçları ve sonuçlarını anlamalarında yardımcı olabilir ve böylece eğitebilir. Bu amaçlar, modelin doğruluğuna, güvenilirliğine ve etkinliğine bağlıdır. İyi modeller, bir süreç hakkındaki varsayımlarını açıklığa kavuşturur, gerçekleri ve verileri girdi olarak kullanır, ardından gelecekteki sistem durumlarının doğru tahminlerini oluşturur.

Modellerin doğru olması, model davranışını oluşturan kontrollere ince ayar yapmak için gerçek verileri kullanmaları gerekir. Model tasarımında, sabit ve değişken seçimlerinde dikkatli seçimler yapılmalıdır; model, mevcut olanı etkin bir şekilde tekrarlamak için geçmiş verilere uygulanmalıdır.

Doğruluk daha sonra tahmin ile gerçek arasındaki uyuma seviyesi olarak değerlendirilebilir (Pontius ve diğ., 2007). Modelin doğruluk seviyesi, güvenilirliği ve etkinliği daha sonra ölçülebilir ve optimize edilebilir. Bu aşamaya model kalibrasyonu denir ve kalibrasyon, model tasarımı ve uygulamasının en kritik aşaması olarak kalır.



Şekil 3.12 Simülasyon oluşum şeması (Chaudhuri and Clarke, 2013).

3.4 Kalibrasyon

Kentsel büyüme öngörüsünden önce, önemli bir adım olan " Kalibrasyon ", kontrol edilen katsayıları belirli çalışma alanına göre hassaslaştırmak için simüle edilmiş kentleşmenin tarihsel büyüme ile karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilir (Qi, 2012).

Kalibrasyon, bir modeli optimize etmek için çok çeşitli araçlar ve teknikler kullanır. Model çıktıları üzerindeki belirli bir sabit veya değişkendeki değişikliklerin etkilerini belirlemeye çalışır. Sabitler, modelde dâhili kalan değerlerdir ve belirli değerlerin veya modelin daha yapısal elemanlarının seçenekleri olabilir. Sabitlerin belirlenmesi, model tasarımı sırasında ilk kalibrasyon aşamasıdır. Metotlar arasında çıktıların incelenmesi, eşleşme istatistikleri ve bir dizi çıktının sabit bir değer boyunca hesaplanması sayılabilir. Kalibrasyondaki kritik değer, sabitteki küçük bir değişikliğin çıktıda büyük farklar ürettiği eşik değerlerdir (Clarke, 2017).

Kalibrasyon ayrıca, modelin tekrar tekrar uygulanmasını, model performansının ölçülmesini, uyum derecesini ve performans maksimize edilinceye kadar giriş değişkenlerinin ve verilerin ayarlanmasını içerir. Bu, geçmiş veriler kullanılarak ölçülen model çıktılarının doğruluğunu veya başka bir hedefin gerçekleştirilmesini içerebilir (Clarke, 2017).

Geçmişte belirli bir noktada bir model başlatılır ve bilinen son verilerin (şimdiki) son dönemine kadar daha fazla girdi olmaksızın gerçekleştirilir, sayısal ve mekânsal olarak dağıtılmış çıktıları periyodik olarak gerçek verilerle eşleştirilir (Clarke, 2017).

Parametreleri değiştirmek ve model uygulamasını tekrarlamak, en iyi performansa sahip ayarların korunmasını sağlar. Optimize etmenin bir yolu, parametre değişikliklerini, olası tüm kombinasyonlar ve değerlerine, yani "Brute-Force" olarak adlandırılan permütasyonlar için tekrarlamaktır (Clarke, 2017). Kaba kalibrasyon, ince kalibrasyon ve son kalibrasyona değin Brute-Force metodu kentsel genişlemeyi öngörmek için kullanılmaktadır. SLEUTH modeli olasılıklı bir model olup Monte Carlo programını kullanarak birçok büyüme simülasyonu üretmektedir.

"Tohum Yılı" olarak kabul edilen zaman serisindeki ilk yıl, kentsel genişlemeyi simüle etmeye katkıda bulunurken, "kontrol yılı" olarak kabul edilen diğer tarihsel veriler faktör alanını daraltmaktan sorumludur. Bir dizi iç içe döngüde uygulanmış, modifiye edilmiş HO'nun kalibrasyonu, mekansal olguyu ve tarihsel yayılımın boyutunu kopyalar ve modelin sürekli olarak aynı kurallarla yinelenmesine izin vererek geleceği tahmin eder (Qi, 2012).

Mekânsal çözünürlük, ilk keşifte kullanıcılar tarafından yoğunlaştırılır ve kalibrasyon aşamaları ile arttırılır. Her bir sıralı çok kademeli optimizasyona karşılık gelen en yüksek puan alan sayısal kombinasyonlar, sonraki kalibrasyonu "en iyi ayarlar" olarak beslemek için aralıklarını geliştirir. Kalibrasyon tamamlandıktan sonra, model çalışma alanı için olasılıklarıyla birlikte bir dizi gelecek senaryosu oluşturmak için kullanılır (Qi, 2012).

Model iki aşamadan oluşmaktadır. Kalibrasyon ve Tahmin. Kalibrasyon kısmında model geçmişteki büyüme eğilimini tekrarlaması için eğitilmekte ve tahmin kısmında ise bu geçmişteki büyümenin ileriki yıllara uygulamasını yapmaktadır (Oğuz, 2010).

Bu model kullanılarak farklı büyüme planlarının etkilerini veya arazi örtüsü değişimi senaryolarının etkilerini test etmek için birçok farklı tahminler geliştirilebilmektedir (Oğuz, 2010). İyi kalibrasyonlar, modelin performansını, doğruluğunu ve davranışını belirleyen en iyi girdi parametreleri grubunu oluşturur.

3.5 SLEUTH Model Kalibrasyonu

Kalibrasyon modu, kentsel büyüme simülasyonu için en karmaşık ve zaman alan bölümdür.

SLEUTH ile kentsel büyüme modeli oluşturulmasında en önemli adım Kalibrasyon aşamasıdır. Gelecekte kentsel büyümenin yönünün ve büyüklüğünün tahmin edilmesi ve modeli başarı ile doğru sonuçlar vermesi için önemlidir.

Model kalibrasyonu belirli bir alanda gelecekteki kentsel büyümeyi en iyi temsil eden büyüme parametrelerinin belirlenmesi için uygulanmaktadır. SLEUTH modelinde kalibrasyon aşaması üç adımdan oluşmaktadır ve kentsel büyümenin tahmin ve kestirim aşaması için en uygun katsayı değerleri belirlenir. Bu aşamalar sırası ile ilk, hassas ve son kalibrasyondur. Kalibrasyonda test ve kestirim aşamalarından farklı olarak RUN işlemi çalışmaktadır. RUN işlemi START, STOP VE STEP pointerları tarafından oluşturulan beş katsayı aralığı için olası seçimlerin permütasyonu kadar çalıştırılmaktadır. Her işlem Monte Carlo sayısı kadar geçmiş simülasyonu RUN işlemi içinde tekrarlamaktadır. Bu model kullanılarak farklı büyüme planlarının etkilerini veya arazi örtüsü değişimi senaryolarının etkilerini test etmek için birçok farklı tahminler geliştirilebilmektedir. Senaryolar kentleşmenin istenmediği bölgeleri gösteren harici katman yardımı ile birlikte yapılmaktadır.

Modelde üç mod vardır: test, kalibrasyon ve tahmin modları. İlk adım olarak, test, veri setlerinin doğrulanması ve veri giriş özelliklerine uygun olduklarından emin olmak da dahil olmak üzere girdi verilerine ilk tepkilerinin odaklandığını göstermektedir (Torrens E.M. ve diğ., 2006).

İlk olarak, parametrelerin aralığı ve adım büyüklüğü kullanıcılar tarafından belirlenir, daha sonra geçmiş arazi kullanım görüntüleri ile karşılaştırılarak her bir parametrenin kesin bir değere benzetilmesi için sırasıyla tüm olası parametre izinlerine dayanan Monte Carlo yinelenmeleri gerçekleştirilir. Bu tür simülasyon döngülerinden üretilen istatistiksel veriler, tüm simülasyon sonuçlarının uygunluğunu gerçek verilerle değerlendirebilir (Qi, 2012).

Kalibrasyon aşamasında modellenen ve gözlemlenen kentsel gelişim arasındaki ilişkiyi temsil eden en iyi değerler saptanmış olur. Tüm kalibrasyonlarda parametre değerlerinin aralığını kademeli olarak daraltarak, kullanıcı en uygun parametre setini bulabilir.

Bu set ile geleceğe modelleme için en iyi parametre değerleri belirlenir. Kalibrasyon modunda her kalibrasyon için senaryo dosyasına girilecek başlatma, durdurma ve adım değerleri tanımlanır.

Adımların miktarı kaba kalibrasyondan son kalibrasyona değişir. Tüm kalibrasyon bittiğinde, sonuçlar tahmin uygulanır. Kalibrasyon sırasında tespit edilen büyüme eğilimleri, SLEUTH ile tahmin için çoğaltılır.

Uygulama kalibrasyon (en iyi katsayıları belirleme) ve tahmin etmeyi (geleceğe modelleme) gerektirir. Kalibrasyon aşaması, tarihsel değişimi simüle eder ve modelin büyüme ne kadar doğru simüle ettiğini belirlemek için bilinen verilerle karşılaştırır (Jantz ve diğ. 2010).

Sonuçta, en uygun parametre seti olarak kabul edilen bir parametre kombinasyonu, arazi örtüsü tahmini için modül tarafından kabul edilecektir. Kalibrasyon modu tamamlandığında, sonuçlar tahmin çalışmaları için kullanılır ve kalibrasyonu tekrarlamadan doğrulama yapılamaz (Qi, 2012).

Kentsel değişimin nasıl oluştuğunu tanımlayan katsayılar bulunduğu zaman, bu değerler gelecek değişimlerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Kalibrasyon işleminde kullanılan metrikler ve açıklamaları aşağıdaki Çizelge 3.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2 Kalibrasyon işleminde kullanılan metrikler ve açıklamaları (Candau, 2002).

<u>ÖLÇÜT</u>	<u>AÇIKLAMA</u>
Product	Diğer bütün metriklerin birbiri ile çarpımını ifade etmektedir.
Compare	Son yıla ait modellenmiş tüm kent hücre sayısının oranıdır.
Population	Kontrol yılları için modellenen kentleşmenin güncel kentleşme ile kıyasının regresyon değeridir.
Edges	Kontrol sınırları için modellenen kent sınır sayısı ile güncel kent sınır sayısının kıyaslanması ile elde edilmiş regresyon değeridir.
Clusters	Kontrol yılları için modellenen tüm kent kümelerinin bilinen kent tüm kent kümeleri arasındaki regresyon değeridir.
Clusters Size	Kontrol yılları için ortalama küme ölçüsü değerinin bilinen küme ölçüsü değeri ile kıyaslamasının regresyon değeridir.
Lee-Sallee	Kontrol yılları için modellenen büyüme ile bilinen büyüme arasındaki şekilsel uyumun ölçüsüdür.
Slope	Kontrol yılları için modellenmiş kent hücrelerinin ortalama eğilimin bilinen kent hücrelerinin ortalama eğilimi ile kıyasının regresyon değeridir.
% Urban	Kontrol yılları için kentleşme potansiyeli taşıyan hücre yüzdesinin kentleşmiş hücreler ile kıyasının regresyon değeridir.
X-Mean	Kontrol yılları için modellenen kentleşme hücrelerinin ortalama X değerinin bilinen kent hücrelerinin ortalama X değeri ile kıyasının regresyon değeridir.
Y-Mean	Kontrol yılları için modellenen kentleşme hücrelerinin ortalama Y değeri ile kıyasının regresyon değeridir.
Rad	Kent hücrelerini içine alan dairenin ortalama yarıçapına ait regresyon değeridir.
F-match	Arazi kullanımı sınıfının uyumu ölçüsüdür.

Coarse(Kaba) Kalibrasyon

Model kalibrasyonunun ilk aşaması, kaba kalibrasyondur.

Bu aşamada, beş büyüme katsayısının (saçılım katsayısı, ortaya çıkma katsayısı, yayılma katsayısı, eğim katsayısı ve yol çekim katsayısı) tüm aralığı “0-100” arasında büyük bir artım yapılarak elde edilmektedir.

Her bir katsayı arasındaki artış değeri 0, 25, 50, 75, 100 olmalıdır.

Veri çözünürlüğü, tam ölçü değerinin ¼’ü kadar alındı.

Örneğin, çözünürlük 200*200 ise kaba kalibrasyonda 50*50’ye dönüştürülmelidir.

Kaba kalibrasyon sonucunda elde edilen veriler, en yüksek' den en küçük değere olacak şekilde metriklerden elde edilen değerlere göre sıralandı.

Bu metriklere göre belirlenen en yüksek üç değerden elde edilen büyüme parametrelerine ait değerler, hassas (fine) kalibrasyonda kullanıldı.

```
CALI BRATI ON_ DI FFUSI ON_ START= 0
CALI BRATI ON_ DI FFUSI ON_ STEP= 25
CALI BRATI ON_ DI FFUSI ON_ STOP= 100

CALI BRATI ON_ BREED_ START= 0
CALI BRATI ON_ BREED_ STEP= 25
CALI BRATI ON_ BREED_ STOP= 100

CALI BRATI ON_ SPREAD_ START= 0
CALI BRATI ON_ SPREAD_ STEP= 25
CALI BRATI ON_ SPREAD_ STOP= 100

CALI BRATI ON_ SLOPE_ START= 0
CALI BRATI ON_ SLOPE_ STEP= 25
CALI BRATI ON_ SLOPE_ STOP= 100

CALI BRATI ON_ ROAD_ START= 0
CALI BRATI ON_ ROAD_ STEP= 25
CALI BRATI ON_ ROAD_ STOP= 100
```

Şekil 3.13 Kaba kalibrasyon senaryo dosyası görünüm.

Fine(Hassas) Kalibrasyon

Hassas kalibrasyonda, kaba kalibrasyon aşamasında elde edilen control_stats. log dosyasındaki en uygun değerler kullanılmaktadır. Olası katsayı değerinin oranı, daraltılmaktadır.

İdeal olarak katsayı değerleri arasındaki artış değeri, 5 ile 10 arasında olup 25, 30, 35, 40, 45, 50 gibi değerler almaktadır.

Bu yeni oran, çözünürlüğü ½ oranında azaltılan verilere uygulanmaktadır.

Run	Product	Comp	Pop	Edges	Cluster	Size	Leesalee	Slope	%Urban	Xmean	Ymean	Rad	Fmatch	Diff	Brd	Sprd	Slp	RG	
497	0.00000	0.82462	0.76995	0.74437	0.12364	0.90919	0.17047	0.36953	0.86638	0.33540	0.00703	0.77753	0.79475		1	75	100	100	50
621	0.00000	0.78535	0.77138	0.75173	0.44856	0.79291	0.16764	0.29761	0.86428	0.27161	0.00156	0.77945	0.80947		1	100	100	100	25
493	0.00000	0.77139	0.78760	0.76352	0.27824	0.86594	0.16645	0.30174	0.87278	0.29289	0.00126	0.79635	0.81450		1	75	100	75	75
618	0.00001	0.71944	0.77664	0.75745	0.20217	0.87836	0.16573	0.39968	0.86327	0.35803	0.00797	0.78324	0.78237		1	100	100	75	75
622	0.00001	0.77591	0.78400	0.76330	0.22163	0.89492	0.16518	0.32382	0.87320	0.32917	0.01210	0.78928	0.78193		1	100	100	100	50
599	0.00004	0.77526	0.76408	0.75188	0.37443	0.80901	0.16342	0.35282	0.85691	0.37515	0.02833	0.77426	0.77976		1	100	75	100	100
593	0.00019	0.73334	0.77123	0.75711	0.24399	0.87234	0.16264	0.43086	0.85877	0.41251	0.14137	0.78130	0.77764		1	100	75	75	75
470	0.00001	0.96016	0.75383	0.71898	0.07134	0.94298	0.16237	0.37329	0.86349	0.33769	0.01874	0.76475	0.81869		1	75	75	100	1
499	0.00005	0.81592	0.77348	0.75050	0.34163	0.83423	0.16217	0.35388	0.86713	0.38808	0.02961	0.78191	0.80118		1	75	100	100	100
474	0.00001	0.80260	0.77878	0.74912	0.16707	0.91809	0.16095	0.34972	0.86829	0.36103	0.01013	0.78945	0.80306		1	75	75	100	100
590	0.00012	0.75910	0.77211	0.74709	0.20575	0.88355	0.16083	0.43063	0.86107	0.44582	0.09446	0.78254	0.78189		1	100	75	75	1
595	0.00002	0.83968	0.76114	0.74372	0.19546	0.85102	0.16041	0.36232	0.85919	0.31221	0.02178	0.77279	0.78392		1	100	75	100	1
617	0.00016	0.67481	0.78587	0.77209	0.31649	0.86508	0.15956	0.41591	0.86494	0.44971	0.08992	0.79354	0.77624		1	100	100	75	50
469	0.00003	0.81483	0.78104	0.75300	0.13257	0.93624	0.15933	0.43279	0.86893	0.33487	0.03668	0.79338	0.79695		1	75	75	75	100
491	0.00003	0.74234	0.78459	0.77217	0.25649	0.88007	0.15932	0.36352	0.86847	0.33940	0.02358	0.79192	0.78096		1	75	100	75	25
591	0.00012	0.71121	0.78008	0.76803	0.44106	0.76859	0.15861	0.42757	0.86291	0.43177	0.05354	0.78979	0.78854		1	100	75	75	25
602	0.00010	0.60622	0.80856	0.78962	0.36626	0.86726	0.15747	0.43895	0.87756	0.44986	0.04777	0.81146	0.78153		1	100	100	1	50
623	0.00001	0.85777	0.76374	0.73495	0.09161	0.93568	0.15728	0.32856	0.86677	0.31806	0.02059	0.76866	0.78572		1	100	100	100	75
490	0.00000	0.80334	0.78139	0.76873	0.20095	0.89935	0.15709	0.40450	0.87055	0.38238	0.00245	0.79047	0.78485		1	75	100	75	1
494	0.00010	0.72507	0.78754	0.76728	0.31429	0.85743	0.15675	0.42289	0.86955	0.46105	0.04993	0.79597	0.78283		1	75	100	75	100

Şekil 3.14 Control_stats.log (parametre sonuç değer çıktı) dosyası.

Final(Son) Kalibrasyon

Hassas kalibrasyon aşamasında elde edilen control_stats. log dosyasındaki en uygun değerler kullanılarak, olası katsayı değer aralığı daraltılmaktadır.

Katsayı için, sadece 5-6 değer kullanılırken, artış oranı 1-3 arasında olmaktadır.

Model Tahmin ve Kestirim

Modelin kestirim aşamasında en son kontrol yılına ait kent verisinden başlayarak, kalibrasyon adımıyla elde edilen kentsel alanı temsil eden büyüme katsayıları ile kentsel büyümenin tahminini yapmaktadır.

Son kalibrasyon sonucu elde edilen parametrelere göre senaryo dosyasına düzenlenir ve 10 m piksel büyüklüğündeki girdi verileri kullanılarak tahmin işlemi gerçekleştirilir.

Kestirim adımıyla ise büyüme kuralları uygulanmaktadır ve büyüme oranı self-modification fonksiyonu ile kontrol edilmektedir. Model girdi verilerinin çözünürlüğü tam orandadır. Kestirim simülasyonları Monte Carlo iterasyonu sayısı kadar tekrar edilmektedir. İterasyon gereken sayıda tekrarlı tahmin yaptıktan sonra simülasyonu durdurmaktadır (Gigalopolis, 2018).

Tahmin aşaması sonucunda hesaplanan en uygun büyüme katsayıları senaryo dosyasına girilerek, gelecek yıllar için ayrı ayrı KBSM oluşturulur.

Simülasyon modeli sonunda her bir kestirim yılı için üretilen GIF formatında kentsel büyüme görüntüleri Whirlgif isimli açık kaynak kodlu bir yazılımla GIF formatında ilk tahmin yılından son kestirim yılına kadar ard arda biçimde dizilerek bir animasyon çıktısı üretmektedir.

3.6 Self-Modification (Öz Modifikasyon)

Kentsel büyüme doğrusal olmadığından, SLEUTH modelinin katsayıları değiştirilemez. Geri bildirim mekanizması ile, modellemenin kendisini dinamik olarak değiştirmesine izin veren ek bir kurallar kümesi, kentleşmeyi daha gerçekçi bir şekilde değişkenler eşleştirerek simüle etmek için tanımlanmıştır (Qi, 2012).

Büyüme katsayıları, uygulama boyunca zorunlu olarak sabit kalmaz. Hızlı ya da durgun büyüme oranlarına yanıt olarak, sistem genişliğinde büyüme eğilimlerini daha fazla teşvik etmek için katsayılar artırılabilir ya da azaltılabilir. Kontrol katsayıları, CA'nın kendisini yarattığı koşullara adapte edebilmesi için kendi kendini değiştirebilir. Mutlak büyüme miktarı aşırı yüksek veya düşük olduğunda uygulanır (Url-3).

Self-modification kuralları olarak adlandırılan ikinci bir büyüme seviyesi, alışılmadık şekilde yüksek ya da düşük bir büyüme oranı ile ortaya çıkmaktadır. Büyüme oranı, her model büyüme döngüsü veya "yıl" için model tarafından tanımlanan dört farklı büyüme tipinin toplamıdır. CRITICAL_HIGH ve CRITICAL_LOW (senaryoda tanımlanan) limitleri, büyüme kontrol parametrelerinin üçünde bir artış veya düşüşe neden olur: diffusion, breed, and spread (saçılım, ortaya çıkma, yayılım) (Url-3).

Büyüme döngüsü, SLEUTH uygulamasının temel birimidir. Katsayıların her birini benzersiz bir değere ayarlayarak başlar. Büyüme kurallarının her biri daha sonra raster verilere uygulanır. Son olarak, ortaya çıkan büyüme oranı değerlendirilir.

Büyüme oranı sınır değerlerin sınırını aşarsa veya düşerse, modelin kendi kendini değiştirmesi uygulanır. Self-modification, kentsel gelişimdeki sistem çapında patlama ve kırılım koşulları ile ilişkili hızlandırılmış veya durgun büyümeyi simüle etmek için katsayı değerlerini çok az değiştirecektir.

Self-modification' ı uygulamak için, ilk adım, sistemin büyüme mi yoksa istikrarlı bir gelişim döneminde mi olduğunu belirlemektir. Büyüme oranı CRITICAL_HIGH değerini aşarsa ve hızlanan büyüme dönemini belirtirse, bir "BOOM" durumu oluşur. Bu eğilimin devam etmesini desteklemek için katsayıların her biri arttırılmıştır. Büyütme oranı CRITICAL_LOW değerinden daha az olduğunda "BUST" durumu oluşur. Böyle bir durumda, sistem genelinde büyüme oranını azaltmak için katsayılar düşürülecektir (Url-3).

Katsayılara kendi kendini modifiye etmek için kullanılan algoritma aşağıda verilmiştir (Candau, 2002).

$$growth_rate = number_growth_pixels / total_number_urban_pixels * 100$$

$$Büyüme_Oranı = Büyüyen\ Piksellerin\ Sayısı / Toplam\ Kentsel\ Piksel\ Sayısı * 100$$

$$Percent\ urban = \left(\frac{100 * total_number_urban_pixels + road_pixels}{total_number_pixels - road_pixels - excluded_pixels} \right)$$

Kentleşme Yüzdesi =number_growth_pixels'in mevcut büyüme döngüsünden yeni kentleşmiş piksellerin sayısı, total_number_urban_pixels, mevcut ve önceki büyüme döngüsünden elde edilen kentsel piksellerin sayısıdır, road_pixels, mevcut büyüme döngüsü için kullanılan yol piksellerinin sayısı ve excluded_pixels, mutlak bir dışlama değeriyle harici katmanındaki piksel sayısıdır (Candau, 2002).

Katsayılara kendi kendini modifiye etmek için kullanılan algoritma aşağıda verilmiştir (Candau, 2002).

```
if (growth_rate > CRITICAL_HIGH) {
```

```
slope_res = slope_res - (percent_urban * SLOPE_SENSITIVITY)
```

```
road_grav = road_grav +(percent_urban * ROAD_GRAV_SENSITIVITY)
```

```
if (diffusion < MAX) {
```

```
diffusion = diffusion * BOOM;
```

```
breed = breed * BOOM;
```

```
spread = spread * BOOM;
```

```
}
```

```
}
```

Burada CRITICAL_HIGH, sistem için bir boom durumunun bulunduğu büyüme oranı eşiğidir.

Slope_res, road_grav, dağılım, cins ve yayılma, sırasıyla, katsayı değerlerini, SLOPE _ SENSITIVITY, ROAD_GRAV _ SENSITIVITY, diffusion (saçılım), breed (ortaya çıkma) ve spread (yayılımı) temsil eder.

SLOPE_SENSITIVITY, ROAD_GRAV_SENSITIVITY ve BOOM (bust durumunda kullanılan BUST), katsayı değerlerini değiştirmek için kullanılır ve uygulama senaryosu dosyasında tanımlanır. MAX, bir katsayının maksimum değeridir.

```
if (growth_rate < CRITICAL_LOW) {
```

```
slope _ res = slope _ res + (percent _ urban * SLOPE _ SENSITIVITY )
```

```
road _ grav = road _ grav *(percent _ urban * ROAD_GRAV _ SENSITIVITY )
```

```
if (diffusion > 0) {
```

```
diffusion = diffusion * BUST;
```

```
breed = breed * BUST;
```

```
spread = spread * BUST;
```

```
}
```

```
}
```

number_growth_pixels'in mevcut büyüme döngüsünden yeni kentleşmiş piksellerin sayısı, total_number_urban_pixels, mevcut ve önceki büyüme döngüsünden elde edilen kentsel piksellerin sayısıdır, road_pixels , mevcut büyüme döngüsü için kullanılan yol piksellerinin sayısıdır ve excluded_pixeller, bölge katmanındaki pikseller mutlak dışlama değeridir (Candau, 2002).

Burada CRITICAL_LOW, sistemin bir bust durumuna girdiği, growth_rate için alt sınırdır.

Self-modification işleminde kullanılan BOOM, BUST, ROAD_GRAV_ SENSITIVITY, SLOPE_SENSIVITIY, CRITICAL_LOW, CRITICAL_HIGHT değişkenleri simülasyon senaryo dosyasında belirtilmekte ve modelin bitimine kadar aynı kalmaktadırlar (Gigalopolis, 2018).

Hücresele otomata dayalı modellerin yapısını geliştirmek için özellikle kendi kendine değişiklik yapabilme (self-modification) ve geçiş kurallarına olasılık ifadelerinin eklenmesi gibi birçok çalışma yapılmıştır (Torrens & O'Sullivan 2001).

3.7 Monte Carlo Averaging

Her büyüme döngüsünde bulunan yüksek rastgelelik miktarından dolayı, modellenen sonuçlara daha fazla istikrar sağlamak için Monte Carlo büyüme simülasyonları üretilir. Monte Carlo ortalaması, başlangıç koşullarına ve stokastikliğe bağımlılığı azaltır (Candau, 2002).

Bir katsayı seti tanımlanmış bir sayıyı tamamladığında Monte Carlo simülasyonlarının, hafızaya kaydedilen metrik değerleri toplanır ve Monte Carlo yineleme sayısı ile bölünür. Bu ortalama değerler daha sonra kontrol verisi metrikleriyle karşılaştırılır ve doğrusal regresyon, en uygun istatistik hesaplanır (Candau, 2002).

3.8 SLEUTH Brute Force Kalibrasyonu

SLEUTH, 0 ile 100 arasında bağımsız olarak değişebilen beş katsayı kullanır. Bu, çok sayıda olası çözümleri ve çok boyutlu katsayı alanını keşfetmek için gerekli olan bilgisayar işlem birimi döngülerinin sayısız bir sayısını sunar.

Çözüm setlerinin sayısını azaltmanın bir yolu olarak, ancak yine de çözüm aralığını araştırmak için, brute-force kalibrasyonu metodolojisi, parametre değerlerini türetmek için kullanılmıştır.

Bu şekilde model, katsayı değerlerinin aralığını kademeli olarak daraltmak suretiyle, adım adım verilerle kalibre edilebilir. Genel olarak, bu işlem burada kaba, hassas ve final olarak belirtilen üç aşamada gerçekleştirilir.

En uygun katsayı değerleri hesaplanan 13 adet ölçüt Brute Force Calibration yöntemini kullanarak belirlemektedir. Bu kalibrasyon yöntemi her katsayı setinin olası seçimini simüle ederek gözlemler. Olası katsayı kümelerinin her bir permütasyonunu yürütmek yerine, her bir parametre aralığı artışlarla incelenir. Örneğin, {0-100} aralığı, aralığı kapsayacak şekilde uygulanan {0, 25, 50, 75, 100} 25'lik artışlarla adım adım gösterilebilir (Candau, 2002).

Product, Compare, Population, Edges, Clusters, Size, Lee-Sallee, Slope, %Urban, X Mean, Y Mean, Rad, F-Match istatistiksel sonuçları Kalibrasyon aşaması sonrasında en olası katsayı setini seçmek için üretilen verileri controlstats.log dosyasında sıralamaktadır. Bu on üç ölçüt aynı zamanda modelin doğruluğunu ölçmektedir. Metriklerden her biri mevcut durum ile tahmin edilen kentsel büyüme modeli arasında uyumu belirlemek için kullanılır. Hücrelerin modellenen ile gerçek dağılımları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Brute Force Kalibrasyon yöntemi gözlemlenen katsayı setlerinin kentsel büyümeyi ne ölçüde tahmin ettiği kontrol edilebilmektedir (Gigalopolis, 2018).

Bu metrik değerlerinden hangisinin kullanılarak katsayı seti seçiminin yapılacağı konusunda fikir birliği yoktur. Yapılan çalışmalarda katsayıların OSM yöntemiyle belirlenmesi önerilmektedir (Clarke ve Dietzel, 2007).

Tavsiye edilen katsayılı kalibrasyon yöntemi, büyüklük katsayısı alanı boyunca ilerleyen daha sonra giderek daha küçük adımlar olan Brute Force yöntemidir (Gigalopolis, 2018).

İlk adım olan kaba Kalibrasyon, tüm katsayılar için tüm katsayı alanı boyunca 25 birim adım alır. İkinci adım olan hassas kalibrasyon, katsayı alanı boyunca 5 ya da 6 birim basamak alır ve üçüncü olan son kalibrasyon, katsayılı alan boyunca 1 (ideal olarak) 20 birim basamak alır. Aşağıda, Brute Force kalibrasyonunun bir örneği ve onunla birlikte gelen kararlar yer almaktadır.

Kaba Kalibrasyon, 1 ila 100 arasında bir aralığa sahip katsayılı alandan 25 birim adım alır. Ardından, aralık 5 birim adım ile en fazla kaba kalibrasyonun her biri için 20 adım artı veya eksi olacak şekilde daraltılır.

Aralık, adım olabileceği gibi daha küçük veya daha büyük olabilir. Yine, modelleyici bir karar vermekte zorlanır. Brute Force yöntemi, katsayı alanını eksiksiz, düzenli ve tekrarlanabilir bir şekilde araştırırken etkilidir.

Simüle edilmiş arazi örtüsü değişiminin bir çalışma alanının tarihsel verilerine göre karşılaştırılması ve doğrusal regresyonun hesaplanması, uyum puanlarının iyiliği (r^2) bu değerleri kalibre etmektir.

3.9 Değişimin Belirlenmesine Yönelik Yapılan İşlemler

3.9.1 Geometrik Düzeltme

Uydu görüntülerinin coğrafi veri tabanı içerisinde değerlendirilebilmesi için geometrik olarak düzeltilmesine gerek duyulmaktadır. Geometrik düzeltme işlemi, orijinal uydu görüntüsündeki distorsiyonların giderilerek harita formasyonunda kullanılmasına olanak vermektedir (Özyavuz, 2011).

Dijital ortamdaki uydu görüntüleri, görüntü sistemi, uydu yörüngesi ve dünyanın dönmesinden dolayı meydana gelen bozulmalardan dolayı analitik olarak tanımlanmış dönüşümlerle yapılamaz. Bu nedenle dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemi ile belirlenir. Bunun içinde manuel (elle) olarak belirlenen ve hem görüntüde hem de çalışılan projeksiyon sisteminde çok sayıda noktalara ihtiyaç duyulur. Bu noktalar yer kontrol noktaları (YKN) olarak adlandırılır (Özyavuz, 2011).

Geometrik düzeltme işlemi esnasında görüntü, bulunduğu koordinat sisteminden farklı bir koordinat sistemine dönüştürülür. Yeni koordinat sistemindeki piksel değerleri, orijinal piksel değerleri ile uyuşmayacağından, pikseller yeniden örneklenmelidir.

Görüntünün geometrik olarak düzeltilmesinden sonra, görüntünün piksel değerleri yeniden hesaplanır. Bu işleme “Yeniden Örnekleme” adı verilir ve üç adımda yapılır. İlk olarak görüntü üzerinde koordinatları bilinen kontrol noktaları belirlenir. Bilinen bu koordinatlar, genellikle sayısal ve kağıt altlıklarda bulunan topografik haritalardan ya da GPS ile elde edilir. Kontrol noktaları belirleme işleminden sonra, bu koordinatlar yardımı ile görüntü, bir dönüşüm yöntemi ile çalışılan koordinat sistemine dönüştürülür. Dönüştürülmüş görüntüdeki piksellerin sayısal değerleri (Digital Number yani DN) tekrar hesaplanır (Çölkesen, 2007).

Geometrik düzeltme işleminin yapılabilmesi için ilk olarak uydu görüntüsünün dönüştürülmek istenen koordinat sistemi için datum seçilmelidir ve ardından yer kontrol noktaları belirlenmelidir. Tez araştırmasında, yeni grid sistemindeki piksellerin parlaklık değerlerinin hesaplanmasında en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır.

En Yakın Komşuluk Yöntemi

En yakın komşuluk yönteminde, geometrik olarak düzeltilmiş olan görüntünün piksel değerleri, orijinal görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değerinin atanmasıyla elde edilir.

Bu yöntemde orijinal değerler değişmemektedir. Bununla birlikte sonuç olarak bazı piksellerin değerleri çift olarak ortaya çıkmakta bazı piksel değerleri ise kaybolmaktadır. Yöntem genelde, arazi örtüsü tipleri vb. hususları içeren tematik verilerde uygulanmaktadır. (Yücer, 2014).

3.9.2 Zamansal Değişim Analizi

Zamansal değişim analizi, bir objeyi ya da olguyu farklı zamanlarda gözlemleyerek gösterdiği farklılıkların tespitini içeren bir uygulamadır. Değişim analizlerinde uygun bir değişim saptama tekniğinin seçilmesinde değişimin yönünün tanımlanması çok önemlidir.

Değişimin zamanında ve doğru bir şekilde tespit edilmesi, insan ve doğal olaylar arasındaki ilişkinin ve etkileşimin anlaşılması, çözüme yönelik daha sağlıklı kararlar alınabilmesi bakımından önemlidir (Lu ve diğ., 2004).

Uzaktan algılama hem yüksek zamansal sıklıkla hem de konumsal detayla geniş alanların incelenmesine imkân sağlamaktadır. Uzaktan algılamanın bu noktada önemi kentsel gelişimde ve arazi kullanımı değişiminde konumsal ve zamansal değişimlerin ortaya çıkarılmasında fayda sağlamasıdır (Herold ve diğ., 2003). Bu sebeple uzaktan algılama teknikleri faydalı sonuçlarla değişik ölçeklerde arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi ve izlenmesinde geniş kullanıma sahiptir (Stefanov ve diğ., 2001). Son zamanlarda, uzaktan algılama CBS ile entegre edilerek arazi kullanımının incelenmesi ve izlenmesinde daha etkili olarak kullanılmaktadır (Muller ve Zeller, 2002; Weng, 2002; Grey ve diğ., 2003; Yılmaz ve diğ., 2007).

Kentleşme kavramı içinde yerleşim alanındaki arazi örtüsü değişimi, uzaktan algılama teknikleri ve CBS kullanılarak yapılabilmektedir. Kent alanlarına ait farklı zamanlardaki uydu görüntülerinin işlenmesi ve elde edilen verilerin CBS yardımıyla sınıflandırılarak yerleşim alanındaki zamana bağlı değişimler elde edilebilmektedir.

Kentlerin değişimini anlamak için gelişmenin temel birimi olan hücresel yapılarına bakmak gerekir. Hücresel yapılar değişimin gerçekleştiği en küçük uygulama alanlarıdır ki, gelişim bu noktadan büyür ve değişir. Gelecekte nasıl bir gelişim göstereceği ise, çeşitli modeller yardımıyla tespit edilebilir. Bu nedenle, kente ait bir karar vermeden önce bu tip modeller uygulanıp test edilmeli ve kentsel karar stratejileri bu modellerden çıkan sonuçlara göre geliştirilmelidir (Aydın, 2015).

Kentsel büyüme ve beraberinde meydana gelen arazi kullanım değişimi planlı ve dengeli gerçekleşmediği zaman birçok problem yaşanmaktadır. Zamanla ortaya çıkmaya başlayan bu problemlere kontrolü güçleşen çevre kirliliği, verimli tarım alanlarının azalması, düzensiz sanayileşme ve şehirleşme örnek olarak gösterilebilir. Son yıllarda hızlı ve dinamik olarak gerçekleşen zamansal değişimi ortaya koyabilmek için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılmakta ve birçok sayısal değişim izleme metodu geliştirilmektedir (Özyavuz, 2011).

Değişim belirleme algoritmaları birbirini birbirini takip eden farklı zamanlarda görüntülerin bir objede veya bir olaydaki değişimlerin belirlenmesi amacı ile uygulanmaktadır.

4. UYGULAMA

SLEUTH KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYON MODELİNİN FARKLI KALİBRASYON YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SANCAKTEPE İLÇESİNDE UYGULANMASI

Çalışma Alanı Sınır Verisinin Hazırlanması

Çekmeköy, Kartal, Maltepe, Pendik, Ataşehir ve Ümraniye ilçeleri ile komşudur ve 19 tane mahallesi vardır. Yüzölçümü 62,41 km² ve nüfusu, kurulduğu 2008 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede 229.093'den 414.143'e çıkarak çok hızlı bir artış göstermektedir (Url-2).

Hücre tabanlı bir model olan SLEUTH standartları nedeniyle bir kafes alana gereksinim duymaktadır. Bu kafes alanı belirlemek için ARCGIS yazılımı aracılığıyla İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen "İlçe Bazında Mahalle Ve Köy Sınırları" verisinden hareketle Sancaktepe ilçesini kapsayacak şekilde dikdörtgen alanı dört eşlenik nokta aracılığıyla üretilmiştir.

4.1 Çalışma Alanı Görüntü

Uygulama alanı İstanbul İli, Sancaktepe ilçesine ait yukarıda belirtilen koordinat değerleri, TM (Tranverse Mercator) projeksiyonunda 3 derecelik dilimorta meridyeni numarası 30 derece, ölçek faktörü 1 olarak ve ED50 koordinat sisteminde dört adet eşlenik noktası üretilmiştir.

Önceden belirtildiği gibi SLEUTH yazılımının çalışması için belirli standartlar vardır. Kentsel Büyüme Simülasyon Modeli'nin (KBSM) hazırlanacağı SLEUTH yazılımının çalışması için gerekli olan standartlar göz önünde tutularak eşlenik noktaların koordinat değerleri belirlenmiştir.

KBSM oluşturulmasında simülasyona girecek raster verilerin piksel büyüklükleri; 10 m x 10 m, 20 m x 20 m ve 40 m x 40 m olması gerektiğinden, eşlenik noktaları köşe noktası kabul eden dikdörtgenin kenar uzunluklarınının 40 metreye bölünebilmelidir. Bu nedenle, eşlenik noktaların koordinat değerleri Çizelge 4.1'deki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Eşlenik noktaların koordinat değerleri.

Nokta No	Yukarı	Sağa
1	4546710	431440
2	4546710	446320
3	4534870	431440
4	4534870	446320

Uygulama alanı içinde kullanılacak tüm girdi verileri bu sınırlar içerisinde dir. Ayrıca uygulama alanı sınırı Sancaktepe ilçesi içinde bulunmayan yerler SLEUTH girdi verilerinden biri olan bölgeleme verisinde yerleşim olmayacak alan olarak tanımlanacaktır.

4.2 Model Verilerinin Hazırlanması

Girdi verilerinin hazırlanması aşamasında SLEUTH veri standartları göz önünde tutularak veriler aynı projeksiyon, aynı koordinat sistemi ve çözünürlükte üretilmiştir.

Piksel büyüklüğü ; test ve ilk kalibrasyon aşamaları için düşük çözünürlüklü, piksel kenarları 40 m x 40 m, hassas kalibrasyon için orta çözünürlüklü piksel kenarları 20 m x 20 m, Son kalibrasyon, tahmin ve kestirim aşamaları için yüksek çözünürlüklü, piksel kenarları 10 m x 10 m olmak zorundadır. Bu sebeple satır ve sütun sayıları 40 m için 296 satır 372 sütun, 20 m için 592 satır 744 sütun, 10 m için 1184 satır 1488 olacak şekilde satır ve sütun sayıları belirlenmiştir.

Görüntüler 8 bitlik. gif (graphics interchange format) uzantılı tek bant olarak ARCGIS ortamında hazırlanmıştır.

4.2.1 Arazi Örtüsü Verisi Hazırlanması

Arazi kullanım sınıflandırmasında yer alan tüm kategoriler model parametreleri olarak tanımlanır. Her bir parametrenin komşuluk yapı tanımları, büyüme hızları ve diğer parametrelerle etkileşimi farklılık gösterir ve farklı kurallar gerektirir.

Arazi Kullanımı Değişim Modeli (Land Cover Deltatron, LCD) biri “seed” (tohum) yıl ve son güncel yıl olmak üzere iki periyot arazi örtüsü verisine ihtiyaç vardır. Tohum yıl için 1961 yılına ait son güncel yıl için ise 2014 yılına ait arazi örtüsü verisi kullanılmıştır.

ARCGIS yazılımı ile hazırlanan mekânsal veri tabanı içerisinde parsel katmanının “parsel_kullanımı” özniteliği altında arazi örtüsü verisi hazırlanmıştır. “parsel_kullanımı” özniteliği ise Short Integer veri tipinde ve veri girişleri subdomain tanımlamaları oluşturularak hazırlanmıştır.

Arazi örtüsü verisinde, öznitelik kodu 0 değeri sınıfsız bir değeri ifade etmektedir. Bu sebeple veri girişinde 0 değeri ile kayıt edilen yerleşim sınıfı için yeniden kodlamaya gereksinim duyulmuştur. Arazi örtüsü sınıfları tanımlamak için Short Integer tipinde “gri_code” adı altında yeni öznitelik tanımlanmış sınıflara yeni değerler atanmıştır. Öznitelik kayıtları piksel değeri olarak tanımlanarak vektör formatından raster formatına 10 m, 20 m ve 40 m mekânsal çözünürlüklerle dönüşüm yapılmıştır. Burada belirtilmesi gereken en önemli nokta Sancaktepe ilçesi, Samandıra’da bulunan askeri hava üssü kadastral kayıtlarda parsel cinsi tarım alanı olarak geçmektedir, bu sebeple alan arazi örtüsü sınıfında tarım alanı şeklinde tanımlanmıştır.

1961 yılı ve 2014 yılı arazi örtüsü verisi için simülasyon yazılımı senaryo dosyasında sınıflara ait flag ve kodlar tanımlanmıştır.

4.2.2 Ulaşım-Erişilebilirlik Verisi Hazırlanması

SLEUTH modelinin çalışması için dört periyot ulaşım verisine gereksinim vardır fakat beş periyot ulaşım verisi kullanılmıştır. Uygulamada 1961, 1992, 2001 ve 2013 tarihli dört periyot ulaşım verileri kadastral haritaların sayısallaştırılması ile üretilmiştir. 2006 yılına ait ulaşım verisi ise hazır olarak elde edilerek modele eklenmiştir.

Bu durumda beş periyot ulaşım verisi mekânsal veritabanı içerisinde “yol” sınıfında sayısallaştırılarak raster formatına dönüştürülmüştür. Bununla birlikte önemli olan nokta CBS ortamında çizgi tipindeki verilerin vektör formatından raster formatına dönüşümü mümkün değildir. Bu sebeple çizgi tipindeki yol verisi öncelikle yine vektör formatında olan alan tipine dönüştürmüş ardından alan tipinden raster formatına çevrilmiştir.

Yol sınıfı çizgi veri tipinde oluşturulup aynı zamanda yollara “agirlik” özniteliğinde ağırlıklandırma tanımlanmıştır.

Ulaşım ağları dört farklı ağırlık kategorisine ayrılmıştır. Otoyollar ve tüm bağlantı yolları 1. derece ulaşım ağları olarak kabul edilmiş; Samandıra 'yı ikiye ayıran Tem otoyolu , Sancaktepe ilçesinin kuzeyinde kalan Şile otoyolu, Kuzey Marmara Otoyolu Projesinin Paşaköy bağlantı yolları , Yenidoğan ve Sarıgazi'yi birbirine bağlayan baraj yolu ilçenin en önemli yolları olması sebebiyle 1. derece ulaşım ağı olarak seçilmiştir.

İlçede bulunan bulvarlar ve anayollar 2. derece ulaşım ağı olarak belirlenmiştir. Bölgede bulunan ara sokaklar 3. derece , köy yolları ise 4. derece ulaşım ağı olarak belirlenip ağırlıklandırma işlemi ulaşım ağlarının derecelerine göre yapılmıştır.

4.2.3 Yerleşim (Urban) Verisinin Hazırlanması

SLEUTH modeli ile kentsel büyümenin belirlenmesinde en temel ve gerekli olan yerleşim verisi, 1961, 1992, 2001 ve 2014 yılları için tapu kadastro paftalarından parsel bazlı olarak üretilmiştir.

Üretilen parsellere ait mülkiyet ve arazi kullanım/örtüsü bilgileri fen klasörleri, değişiklik klasörleri tapu kayıtlarından elde edilmiştir. Kent verisi arsa ve 2B vasıflı parsellerden oluşturulmuştur. İlk üç periyotta 2B arazileri bulunmamaktadır. 2B arazileri Veysel Karani mahallesinde ve Yenidoğan' ın kuzeyinde Çekmeköy sınırında bulunmaktadır ve 2014 tarihli son periyotta kent verisine eklenmiştir.

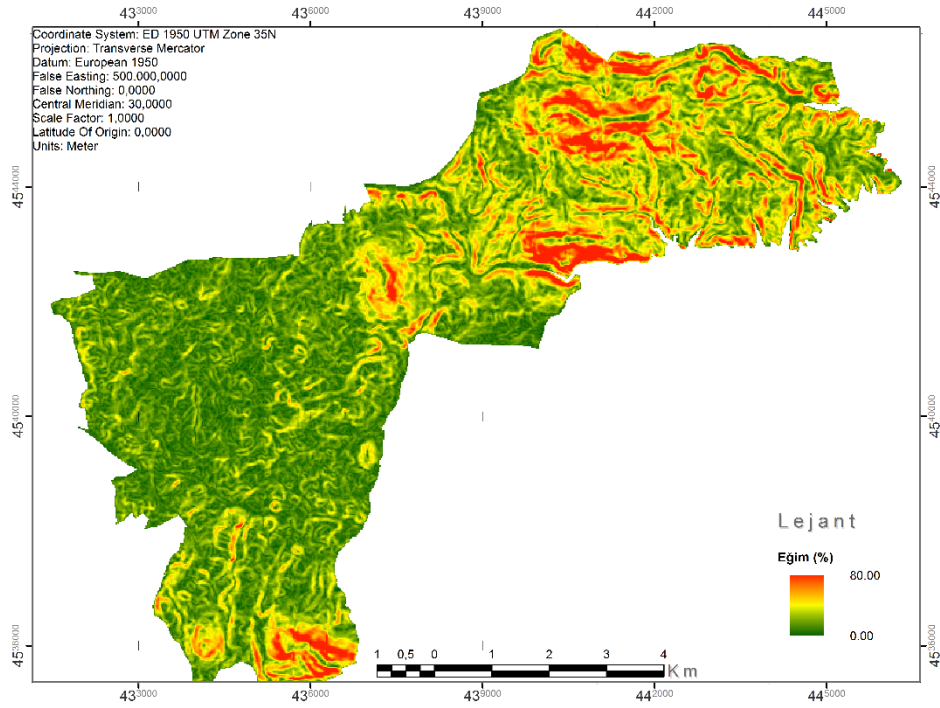
Arazi ve arsa düzenlemeleri sonucu imar parselleri oluşmaktadır. Bu yüzden uygulamadaki parsellerin imar parseli olduğunu belirtmek adına parsel tipi arsa olarak gösterilmiştir. Yerleşim verisinde yapılaşma göz ardı edilmiştir ve üzerinde yapı bulunmayan parsellerde yerleşim verisine dahil edilmiştir.

4.2.4 Bölgeleme Verisinin Hazırlanması

Kentsel büyümenin ve bununla bağlantılı olarak arazi örtüsü değişimlerin belirleneceği senaryoda mevcut arazi örtüsü değişimlerinin gelecek zamanda devam edeceği düşünülmüştür. Bununla birlikte araştırma alanında bulunan tarım alanları, doğal koruma ve havza alanları oluşturulacak modelde korunma altına alınmamış yapılaşmaya uygun olduğu varsayılarak senaryo hazırlanmıştır.

Arazi örtüsü verisi dikkate alındığında orman alanları son periyoda kadar olan süreçte %12 dönüşüm gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yine tarım alanlarında son periyot olan 2014 yılına kadar % 47 oranında dönüşüm olduğu belirlenmiştir. Yollar ve idari sınırlar dışında kentleşme korunmuş diğer alanlarda herhangi bir kısıtlamaya gidilmemiştir.

4.2.5 Gölge Rölief (Kabartma) ve Eğim Haritalarının Hazırlanması



Şekil 4.5 Sancaktepe ilçesi eğim haritası.

Kalibrasyon aşamasında OSM, Lee-Sallee ve Pop-Size-Rad olmak üzere 3 adet kalibrasyon yöntemi kullanılmıştır.

İlk kalibrasyon olan course (kaba) kalibrasyon için katsayı değerleri senaryo dosyasına girilerek simülasyon başlatılmıştır. Kaba kalibrasyon sonunda oluşan katsayılar ile aralık değerleri daraltılarak fine kalibrasyon için senaryo dosyasına işlenerek fine (hassas) kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada seçilen katsayılar adım değeri 5 ve 6' ya bölünebilecek şekilde seçilmiştir. Hassas kalibrasyondan sonra yine aynı aşamalardan geçilerek kalibrasyon sonucu ölçütlerin değerlerinin bulunduğu çıktı dosyası olan controlstats.log dosyasından seçilen katsayılar kullanılarak final(son) kalibrasyonda kullanılmak üzere en uygun katsayılar analiz edilerek seçilmiş ve son kalibrasyon için simülasyon gerçekleştirilmiştir. Son kalibrasyonda tamamlandıktan sonra kestirim aşamasına geçilmiştir. Tüm kalibrasyonlar bittiğinde Sancaktepe ilçesinin arazi kullanımına ait gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda en iyi katsayı değerleri belirlenmiştir.

4.3.1 OSM Yöntemi ile Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM

OSM yöntemi, Clarke ve Dietzel (2007) tarafından geliştirilmiş ve her bir kalibrasyon sonrasında hesaplanan ölçütlerden; Compare, Pop, Edges, Clusters, Slope, X-Mean ve Y-Mean ölçütleri kullanılarak katsayıların belirlendiği bir yöntemdir (Clarke ve Dietzel, 2007). Ölçütlere ait bilgiler Çizelge 4.2'de açıklanmıştır. OSM yönteminde her bir RUN işlemi için üretilmiş kullandığı metrik değerleri çarpılarak bir OSM değeri üretilir. OSM değerinin yüksekliğine göre sıralanarak üç değerden elde edilen büyüme parametrelerine ait değerler, bir sonraki kalibrasyon adımından kullanılır. OSM yöntemine göre katsayılar hesaplandıktan sonra gelecek için KBSM'nin üretileceği kestirim aşamasına geçilir ve hangi yıllar için kestirimde bulunulacaksa, o yıl için KBSM oluşturulur.

Çizelge 4.2 OSM yönteminde kullanılan ölçütler (Candau, 2002).

COMPARE	Son yıl için modellenmiş nüfus/son yıl için gerçek nüfus
POP	Kontrol yılları için gerçek kentsel alana kıyasla modellenen kentsel alan için en küçük kareler regresyon puanı.
EDGES	Kontrol yılları için gerçek kentsel çevre ile karşılaştırıldığında modellenen kentsel çevre veya kenar miktarı için en küçük kareler regresyon puanı
CLUSTERS	Kontrol yılları için bilinen kentsel kümelenme sayısına kıyasla modellenen kentsel kümelenmelerin sayısının en küçük kareler regresyon puanı
SLOPE	Kontrol yılı için bilinen kentsel hücrelerin ortalama eğimine kıyasla modellenen kentleşmiş hücrelerin ortalama eğimin en küçük kareler regresyonu
X-MEAN	Kontrol yılları için bilinen kentsel konumların ortalama boylamına kıyasla modellenen kentleşmiş yerler için ortalama boylamın en küçük kareler regresyonu (sütun değerleri kullanılarak hesaplanmıştır)
Y-MEAN	Kontrol yılları için bilinen kentsel konumların ortalama enlemi ile karşılaştırıldığında ortalama enlemlerin (satır değerleri kullanılarak hesaplanan) en küçük kareler regresyonu

Yapılan hesaplamalara ait kalibrasyon sonuçları özeti aşağıda Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

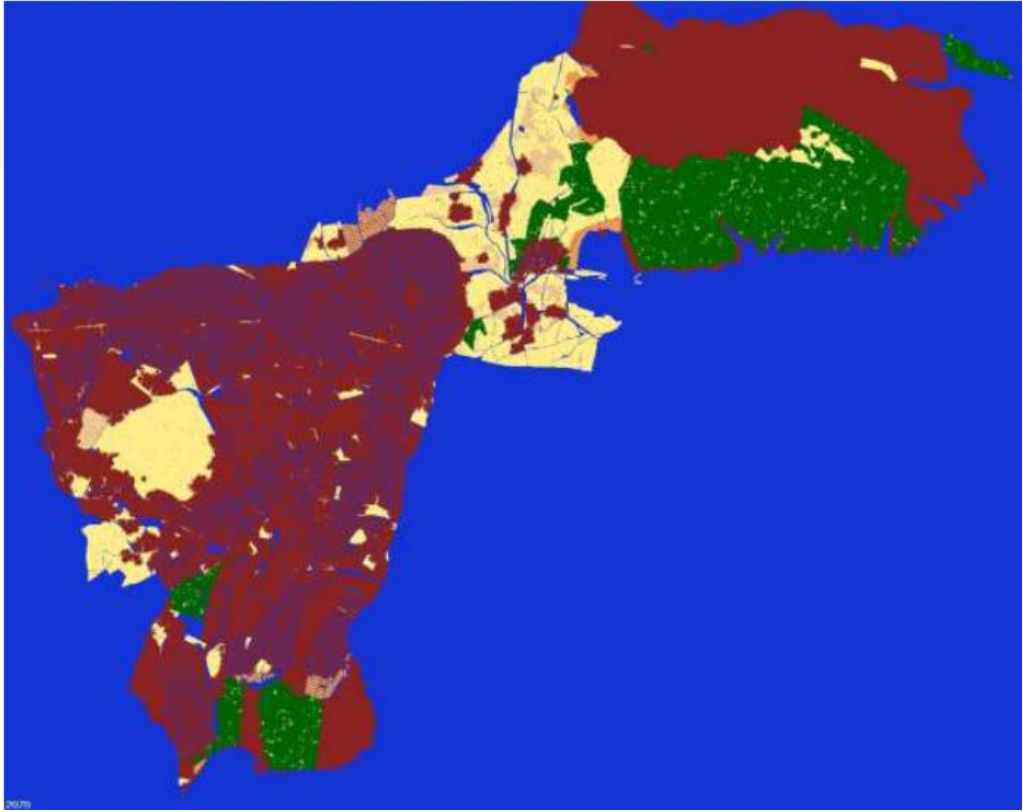
Çizelge 4.3 OSM yöntemine göre hesaplanan katsayılar (Ayazlı ve Başlık, 2016).

Katsayı Adı	İlk Kalibrasyon Mc iterasyon=5		Hassas Kalibrasyon Mc iterasyon=8		Son Kalibrasyon Mc iterasyon=10		Katsayı Değerleri
	Range	Step	Range	Step	Range	Step	
Diffusion(Saçılı m)	0-100	25	50-100	10	100-100	1	100
Breed (Ortaya çıkma)	0-100	25	75-100	5	95-100	1	100
Spread (Yayılm)	0-100	25	50-100	10	60-60	1	60
Slope (Eğim)	0-100	25	75-100	5	75-75	1	75
Road Gravity (Yol Çekim)	0-100	25	25-100	15	70-100	6	82

Sancaktepe ilçesine ait gerçekleştirilen simülasyonlarda kalibrasyon sonuçlarına bakıldığında beş katsayısında etkisi olduğu belirlenmiştir. Katsayılara bakıldığında en yüksek değerin yayılım (diffusion) ve ortaya çıkma (breed) katsayıları olduğu Çizelge 4.3'te görülmektedir.

Sonuç kestirim değerlerine bakıldığında bölgedeki kentsel büyümenin çok yoğun olduğu açık şekilde görölmektedir. OSM kalibrasyon yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü Şekil 4.7’de gösterilmektedir.

Katsayı değerlerinin yüksek olması dört büyüme kuralına göre kentleşmede etkin olduğunu ifade etmektedir. En son katsayı değerlerine bakıldığında 100 değerinde olan saçılım (diffusion) katsayısı ve ortaya çıkma katsayısı (breed) yeni yayılım merkezli büyüme aynı zamanda diğer yüksek değerde olan yol çekim katsayısı (road gravity) yol etkisi ile büyümenin etkin olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.7 OSM kalibrasyon yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü (Ayazlı ve Başlık, 2016).

4.3.2 Pop-Size-Rad Ölçütleri Kullanılarak Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM

Çalışmada en yüksek regresyon değerlerine sahip olan ölçütler ise 1 ve 1’e en yakın ölçütler seçilerek belirlenmiştir. Yapılan hesaplama sonucu bu ölçütler Pop-Size-Rad olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.4’te üç ölçüte ait bilgi verilmiştir.

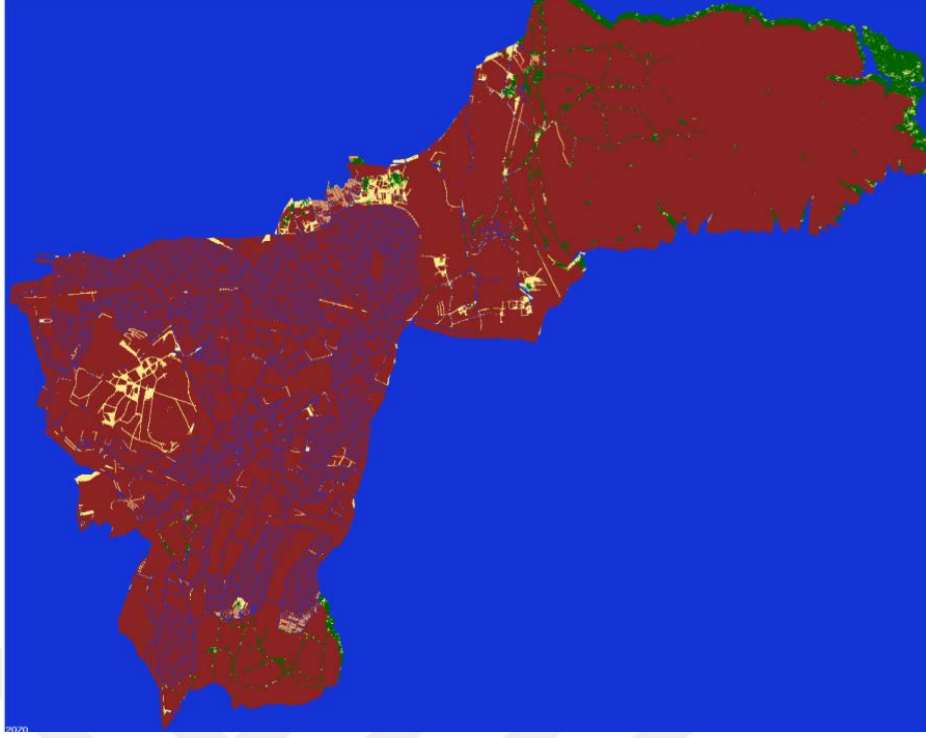
Çizelge 4.4 Pop, Size ve Rad Ölçütleri (Candau, 2002).

Pop	Kontrol yılları için gerçek kentsel alana kıyasla modellenen kentsel alan için en küçük kareler regresyon puanı.
Size	Kontrol yılı için bilinen ortalama kentsel kümelenme büyüklüğüne kıyasla modellenen ortalama kentsel kümelenme boyutu için en küçük kareler regresyon puanı.
Rad	$\sqrt{std_x^2 + std_y^2}$ kentsel büyümenin bir ölçüsüdür. x ve y'deki normalize standart sapma yani kentsel büyümenin standart yarıçapında en küçük kareler regresyonu puanı.

Çizelge 4.5'te, Pop, Size ve Rad ölçütlerine göre hesaplanan katsayılar gösterilmektedir. OSM kalibrasyon yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Pop-Size-Rad katsayılarının kullanıldığı kalibrasyon yöntemi sonucu hesaplanan katsayılar.

Katsayı Adı	İlk Kalibrasyon MC iterasyon=5		Hassas Kalibrasyon MC iterasyon=8		Son Kalibrasyon MC iterasyon=10		Tahmin		Katsayı Değerleri
	Range	Step	Range	Step	Range	Step	Range	Step	
Diffusion (Saçılım)	0-100	25	25-100	15	55-100	9	55-55	1	92
Breed (Ortaya çıkma)	0-100	25	50-75	5	50-70	4	70-70	1	100
Spread (Yayılm)	0-100	25	75-100	5	80-98	3	80-80	1	100
Slope (Eğim)	0-100	25	0-75	15	0-75	15	100-100	1	1
Road Gravity (Yol Çekim)	0-100	25	0-50	10	10-50	8	50-50	1	72



Şekil 4.8 Pop-Size-Rad yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü.

Her bir katsayı 0 ile 100 arasında değer alabilmektedir. Bu katsayı değerleri modelin tahmin aşamasında kullanılmıştır. Kalibrasyon sırasında ilk olarak kaba kalibrasyonda 13 ölçüt için değerler büyükten küçüğe sıralanarak hangi ölçütte hangi değerden kaç adet bulunduğu tespit edilmiştir. (Değer olarak 1 ve 1'e en yakın değerler alınmıştır). Tespit edilen değerler arasından adet olarak en fazla olan değer alınarak senaryo dosyasına girilecek katsayılar bu ölçüt değerleri arasından seçilmiştir. Seçilen bu değerlerden regresyon değeri en yüksek olan ölçütler pop-size-rad ölçütleri olduğundan kalibrasyon bu üç ölçüt üzerinden gerçekleştirilmiştir. Hassas ve son kalibrasyon adımında da aynı işlemler gerçekleştirilerek kalibrasyon tamamlanmıştır. Tabloda açıkça görüldüğü gibi ortaya çıkma (breed), yayılım (spread) ve saçılım (diffusion) katsayılarının kentsel büyüme üzerinde en etkili olacağı görülmektedir. Eğim parametrelerinin çok küçük değerlere sahip olmasından dolayı kentin büyümesi üzerine etkisinin olmadığı, buna karşın yol çekim katsayısının etkisi kentin büyümesi üzerinde etkisi olacağı tespit edilmiştir.

4.3.3 Lee-Sallee Ölçütü Kullanılarak Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM

Lee-Sallee ölçütü, Eşitlik 1'e göre Mevcut Yerleşim Alanı (A) ile Simüle Edilen Yerleşim Alanının (B) kesişim ve birleşimlerinin oranıdır (Ayazlı, 2011).

$$\text{Lee-Sallee} = (A \cap B) / (A \cup B)$$

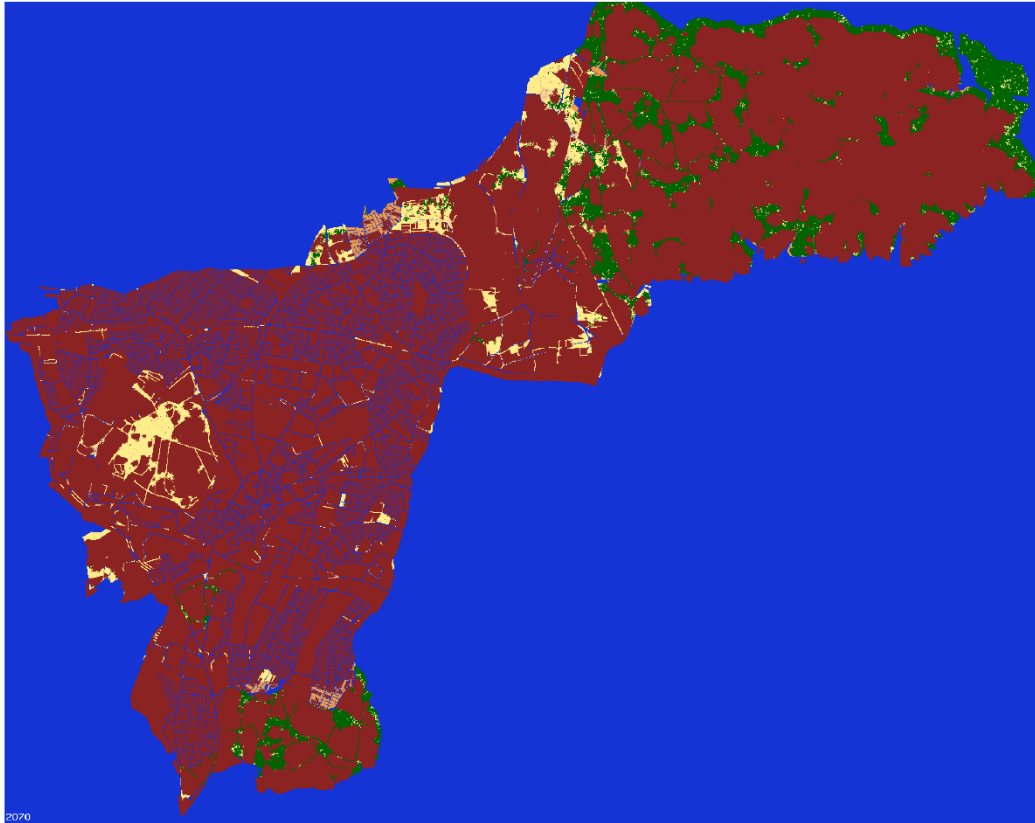
Lee-Sallee, modelin büyümesi ile kontrol yılları için bilinen kentsel boyut arasında mekânsal uyum ölçümüdür.

Lee-Sallee ölçütüne göre gerçekleştirilen kalibrasyonlarda bu ölçütteki değerlerin yüzde olarak en yüksek değerleri baz alınarak katsayılar belirlenmiştir. Kaba kalibrasyon aşaması sonucunda elde edilen control_stats.log dosyasından Lee-Sallee ölçütüne göre en yüksek üç değer seçilerek hassas kalibrasyon için katsayı aralıkları belirlenmiştir. Hassas kalibrasyon sonucunda elde edilen control_stats.log dosyasından Lee-Sallee ölçütüne göre en yüksek üç değer seçilerek son kalibrasyon için katsayı aralıkları belirlenmiştir. Son kalibrasyon hassas kalibrasyon aşamasından sonraki aşamadır. Hassas kalibrasyon sonucuna göre belirlenen büyüme katsayı aralıklarının kullanıldığı son kalibrasyon sonucunda elde edilen control_stats.log dosyasından Lee-Sallee ölçütüne göre en yüksek değer seçilerek tahmin aşaması için katsayı aralıkları belirlenmiştir. Belirlenen katsayı aralıkları 2030-2050 ve 2070 yılları için kentsel büyüme simülasyon verisinin oluşturulduğu kestirim aşamasında kullanılmıştır. Kestirim aşaması sonucu oluşan KBSM görüntüsü Şekil 4.9'da gösterilmektedir.

Kalibrasyon aşaması süresince en uygun katsayı değerlerini hesaplayabilmek için mevcut veriler ile modellenen veriler karşılaştırılmış Lee-Sallee ölçütüne göre en uygun büyüme katsayıları yazılım tarafından hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara ait kalibrasyon sonuçları özeti Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6 Lee-Sallee kalibrasyon yöntemi sonucu hesaplanan katsayılar.

Katsayı Adı	İlk Kalibrasyon MC iterasyon=5		Hassas Kalibrasyon MC iterasyon=8		Son Kalibrasyon MC iterasyon=10		Tahmin		Katsayı Değerleri
	Range	Step	Range	Step	Range	Step	Range	step	
Dispersion (Saçılım)	0-100	25	0-20	5	20-20	1	20-20	1	34
Breed (Ortaya çıkma)	0-100	25	75-100	5	85-100	3	88-88	1	34
Spread (Yayılm)	0-100	25	0-20	5	20-20	1	20-20	1	100
Slope (Eğim)	0-100	25	75-100	5	90-100	2	94-94	1	28
Road Gravity (Yol Çekim)	0-100	25	25-75	10	55-65	2	63-63	1	70



Şekil 4.9 Lee-Sallee yöntemi ile oluşturulan KBSM 2070 yılına ait arazi örtüsü simülasyon sonuç görüntüsü.

Kestirim Aşaması ve Çıktılar

Her iki yöntem için gerçekleştirilen kalibrasyon aşamalarından sonra kestirim aşamasına geçilmiştir. Kestirim aşaması, komut satırına ‘...grow.exe predict scenario.sancaktepe10_predict’ yazılarak simülasyon başlatılmıştır.

Simülasyonlarda monte-carlo iterasyonu kullanılmaktadır. İterasyon sayısı her iki yöntem içinde 100 olup ; başlangıç tahmin yılı 2014 ve son tahmin yılı 2017 yılı olacak şekilde senaryo dosyası ayarlanmıştır.

Simülasyon sonucuna bakıldığında 2070 yılında tarım arazilerinin % 83’ü orman arazilerinin ise %88 ve ham toprak arazilerinin % 90’ı yerleşim alanına dönüşecektir.

Özellikle Paşaköy ve Samandıra bölgelerindeki tarım arazilerinin neredeyse tamamının yerleşim alanı olacağı tespit edilmiştir.

Simülasyonda orman alanlarının korunması nedeniyle fazla kentleşme tespit edilmemiştir. Bölgede; Paşaköy Orman’ına kadar uzanan kent, orman sınırında tahribata ve iç kesimlerde dağınık olarak arazi örtünün değişim göstermesine neden olmuştur. Aynı şekilde Samandıra bölgesindeki Kuzudere Devlet Ormanı’da benzer davranış sergilenmektedir. Simülasyon sonuçlarına göre kentleşmeden korunan Ömerli Havza Koruma Kuşağı ve Kuzudere Devlet Ormanı’nda yoğun şekilde kentsel büyüme tespit edilmiştir.

Paşaköy’ün tarım tipi alanlarının özel mülkiyette olduğu bilinmektedir ve bu bölge arazi örtüsü simülasyonunda kentleşme göstermiştir. Yeniköy e bakıldığında ise parseller geometrik bakımdan incelendiğinde yayılmanın yağ lekeleri şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Üç yöntemle gerçekleştirilen simülasyon için zamansal değişim analizleri yapılarak modele ait yıllara göre arazi örtüsü farklılıkları tespit edilmiştir.

4.4 2030, 2050 ve 2070 Yılına ait Zamansal Değişim Analizleri ve Model Doğruluğu

Değişim belirleme algoritmaları birbirini birbirini takip eden farklı zamanlarda görüntülerin bir objede veya bir olaydaki değişimlerin belirlenmesi amacı ile uygulanmaktadır.

Kullanmak istediğimiz herhangi bir haritayı dünya üzerindeki gerçek koordinatlarına taşımak için yapmamız gereken işlem koordinatlandırma (Georeferencing)’dir.

Zamansal değişim analizi öncesinde her bir model için koordinatlandırma işlemi ARCGIS programı ile yapılmış olup görüntü koordinatlandırılmış ve zamansal değişime uygun hale getirilmiştir. Bunu mekânsal olarak görebilmek için ise koordinat sistemimizin tanımlı olması gerekmektedir. Bu nedenle görüntü için koordinat sistemi tanımlanmıştır. Haritayı gerçek koordinatlarına taşıırken noktalarımızı elle seçtiğimiz için gerçek dünya konumu ve harita arasında kayma olmuş olabilir. Bu işlemi yaparken ortaya çıkacak olan hata payının küçük olması verinin gerçeğe daha yakın konumlandırıldığını gösterir. Eklenen kontrol noktalarının sayısı arttıkça hata payı düşük çıkacaktır.

Geometrik dönüşüm işlemi ile uydu görüntüleri bir grid sisteminden yeni bir grid sistemine taşınmıştır. Kullanılacak olan yeni grid sistemindeki piksel değerleri, orijinal piksel değerleri ile uyumayacağından pikseller yeniden örneklenmiştir. Tez araştırmasında, yeni grid sistemindeki piksellerin parlaklık değerleri hesaplanırken en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde, geometrik olarak düzeltilmiş uydu görüntüsünün piksel değerleri, orijinal görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değerinin atanması ile elde edilmektedir.

Değişim analizi, bir objeyi ya da olguyu farklı zamanlarda gözlemleyerek gösterdiği farklılıkların tespitini içeren bir uygulamadır. Bu amaca yönelik olarak farklı tarihlere ait görüntüler ayrı ayrı sınıflandırılarak karşılaştırılır ve bu yolla değişim haritası oluşturulur. Kentsel değişim çalışmaları için de önemli olan bu yöntem farklı tarihlere ait sınıflandırılmış görüntülerin elde edilmesi ve aynı zamanda değişime ait fark bilgisini vermesi açısından da önemlidir (Bozkaya, 2013).

Simülasyon model doğruluğunun artırılmasına yönelik ; OSM, Lee-Sallee ve “Pop-Size-Rad “ölçütleri ile gerçekleştirilen kalibrasyon sonucu oluşan simülasyon modelleri için zamansal değişim analizleri gerçekleştirilmiştir.

Kalibrasyon sonucu oluşan her model için 1961-2014, 2014-2030, 2014-2050 ve 2014-2070 yılları arasındaki arazi örtüsü değişimi ERDAS programı kullanılarak zamansal değişim analizleri yapılmıştır ve gelecekte yerleşim alanına dönüşecek arazi örtüsü sınıfları tespit edilmiştir. Burada amaç, model kalibrasyon sonuçlarının kentleşme karakteri ile ne kadar benzeştiğini gerçekleştirilen zamansal değişimler ile nasıl ve ne yönde değiştiğinin araştırılmasıdır.

Arazi örtüsü için hesaplanan iki farklı kalibrasyon yöntemi ile kentsel büyüme katsayılarına göre oluşturulan kentsel büyüme simülasyon modelleri 2030,2050 ve 2070 yılları için oluşturulmuştur. Erdas programı ile 1961-2014, 2014-2030, 2014-2050 ve 2014-2070 yılları için zamansal değişim analizleri yapılmıştır. Aşağıda gösterilen tablolarda arazi örtüsü verilerinden iki kalibrasyon yöntemi kullanılarak yapılan simülasyonlar sonucu oluşan model üzerinde gerçekleştirilen zamansal değişim analizinde 2030, 2050 ve 2070 yıllarında kent alanına dönüşecek sınıfların oransal ve alansal olarak sonuçları görülmektedir.

OSM yöntemi ile gerçekleştirilen kalibrasyon yönteminde yıllara göre arazi örtüsündeki oransal değişim Çizelge 4.7 'de görülmektedir.

Çizelge 4.7 OSM yöntemi ile arazi örtüsü oransal değişim.

	1961-2014	2014-2030	2014-2050	2014-2070
TARIM	%47	%23	%70	%83
2B	0	%15	%46	%58
ORMAN	%12	%11	%70	%88
HAM TOPRAK	%54	%25	%88	%90

Lee-Sallee yöntemi ile gerçekleştirilen kalibrasyon yönteminde yıllara göre arazi örtüsündeki oransal değişim Çizelge 4.8'de görülmektedir.

Çizelge 4.8 Lee-Sallee yöntemi ile arazi örtüsü oransal değişim.

	1961-2014	2014-2030	2014-2050	2014-2070
TARIM	%47	%21	%53	%77
2B	0	%8	%30	%56
ORMAN	%12	%4	%39	%80
HAM TOPRAK	%54	%21	%66	%88

Pop-Size-Rad yöntemi ile gerçekleştirilen kalibrasyon yönteminde yıllara göre arazi örtüsündeki oransal değişim Çizelge 4.9'da görülmektedir.

Çizelge 4.9 Pop-Size-Rad yöntemi ile arazi örtüsü oransal değişim.

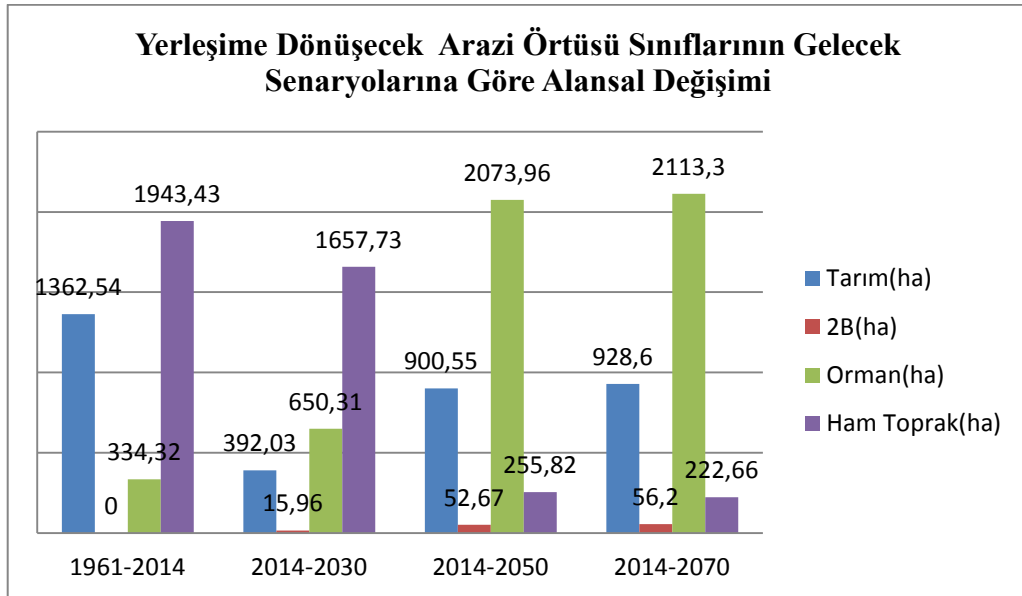
	1961-2014	2014-2030	2014-2050	2014-2070
TARIM	%47	%36	%83	%85
2B	0	%18	%60	%64
ORMAN	%12	%28	%88	%90
HAM TOPRAK	%54	%39	%91	%93

Pop-Size-Rad yöntemi ile gerçekleştirilen kalibrasyon sonucu yapılan zamansal değişimlerde yıllara göre arazi örtüsündeki alansal değişim aşağıda Çizelge 4.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.10 Pop-Size-Rad yöntemi ile yıllara göre arazi örtüsü alansal değişim (ha).

	1961-2014	2014-2030	2014-2050	2014-2070
TARIM	1362,54	392,03	900,55	928,60
2B	0	15,96	52,67	56,20
ORMAN	334,32	650,31	2073,96	2113,30
HAM TOPRAK	1943,43	1657,73	255,82	222,66

Gerçekleştirilen kalibrasyon ve kestirim sonucunda elde edilen simülasyon sonuçlarının mevcut yerleşim alanları ile karşılaştırılması sonucunda yerleşime dönüşecek arazi sınıfları arasındaki alansal değişim aşağıda Şekil 4.10'daki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 4.10 Pop-Size-Rad Yöntemine göre gelecek senaryolarına yönelik yerleşime dönüşecek arazi örtüsü sınıflarının alansal değişimi.

1961 ve 2014 yıllarına ait arazi örtüsü farkı aşağıda Çizelge 4.11 'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11 1961 ve 2014 yıllarına ait arazi örtüsü fark tablosu.

ARAZİ KULLANIM/ÖRTÜSÜ	1961		2014	
	Piksel Sayısı	%Oran	Piksel Sayısı	%Oran
Yerleşim	2,290	0,1	318,300	18,1
Tarım arazileri	287,009	16,3	106,953	6,1
2B Alanları	-	-	-	0,4
Orman Alanları	271,087	15,4	7,373	5,1
Ham Toprak	15,774	0,9	90,505	0,7

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, iki farklı kalibrasyon yöntemi arasında Pop-Size-Rad ölçütlerine göre hesaplanan katsayıların Sancaktepe'nin kentleşme karakteri ile benzeştiği görülmüştür.

Lee - Sallee ölçütü ile gerçekleştirilen kalibrasyon sonucu ve geçmişte yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak 0,13 değerinin doğruluk için çok düşük bir değer olduğu bu nedenle bu çalışmada uygun bir yöntem olmadığı söylenebilir. Lee – Sallee değerinin düşük olmasının nedeni olarak Sancaktepe İlçesi'nin düzensiz yol ağları ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

OSM yöntemi ile gerçekleştirilen kalibrasyon sonuçları incelendiğinde değerlerin düşük olduğu yine ilçenin kentleşme karakteri ile karşılaştırıldığında benzeştiği fakat pop-size-rad ölçütü model doğruluğu yüksek olmadığı tespit edilmiştir.

Simülasyon sonuçları ile gerçekleştirilen zamansal değişim sonuçlarına göre sonuçlarına göre 1961 yılında yerleşim yeri oranı % 0,1 iken 2014 yılında %18,1'e yükseldiği görülmektedir. Yerleşim yeri oranı artışı ile bağlantılı olarak tarım arazileri ve ormanlarda yaklaşık % 10 'luk bir azalma olduğu görülmektedir. KBSM sonuçlarına bakıldığında arazi örtüsü değişiminin kısa, orta ve uzun vade de devam edeceği tahmin edilmektedir.

Sonuçlara göre geleceğe yönelik bir kestirimde bulunacak olursak 2050 yılında pop-size-rad ölçütleri kullanılarak yapılan simülasyon sonucu toplam 3283 hektar kent alanına dönüşecektir, 2070 yılının sonunda ise bu oran artarak 3320,76 hektar alan kent alanı dönüşecek diyebiliriz.

Kentlere yapılan göçler, sanayileşme kentsel değişime ve kentlerde nüfusun hızla artmasına sebep olmaktadır. Hızlı nüfus artışı ile yerleşim ihtiyaçlarının karşılanması zorlaştığından kentteki yeşil alanlar tahrip edilmektedir. Tablolarda görüldüğü üzere 1961 yılında 2B alanları yoktur bu sebeple 1961-2014 yılları arasındaki kente dönüşen alanlar tespit edilememiştir. Arazi örtüsündeki zamansal değişimi incelediğimizde en önemli nokta; tarım, 2B ve orman alanlarındaki değişim oranının çok yüksek olmasıdır.

2070 yılına baktığımızda 1961 yılından itibaren bu süre içerisinde tarım arazilerinin ortalama %84'ünün, ormanların ise %89'unun yerleşim alanına dönüşmesi beklenmektedir.

Bu sonuçlar; İ. Ercüment Ayazlı'nın 2016 yılında OSM yöntemi ile gerçekleştirmiş olduğu simülasyonun zamansal değişimleri ile karşılaştırıldığında tespit edilen sonuçların birbirini desteklediği görülmektedir.

Fakat 2014 yılından 2070'e kadar 2B arazilerinden, % 13'lük bir dönüşümün olması orman alanlarındaki tahribatın yakın zamandan başlayarak devam edeceğini göstermektedir. Tarım arazilerinin yerleşim alanlarına dönüşmesi ise plansız oluşan bir kentleşmenin sonucudur denilebilir. Toprak kıt kaynaktır sözünü doğrulayan hâlihazırda kıt olan tarım arazilerinin yok edilmesine sebep olmaktadır.

Kentlerin değişimini anlamak için gelişmenin temel birimi olan hücreli yapılarına bakmak gerekir. Hücreli yapılar değişimin gerçekleştiği en küçük uygulama alanlarıdır ki, gelişim bu noktadan büyür ve değişir. Gelecekte nasıl bir gelişim göstereceği ise, çeşitli modeller yardımıyla tespit edilebilir. Bu nedenle, kente ait bir karar vermeden önce bu tip modeller muhakkak uygulanıp test edilmeli ve kentsel karar stratejileri bu modellerden çıkan sonuçlara göre geliştirilmelidir (Aydın, 2015).

Ayazlı; 2016 yılında gerçekleştirdiği çalışma sonucunda Sancaktepe'de yerleşim yerlerinin oranındaki artışa paralel olarak özel mülkiyet oranının yıllar içinde artması kentleşmenin fazla olduğu bölgelerde özel mülkiyetin artmasına neden olduğu şeklinde yorumlamıştır. Mülkiyeti hazineye ait orman alanlarının yerleşim yerlerine dönüşmesi bu iddiasını kuvvetlendirmektedir.

Oysaki bir kentte arsa stoğu yapılması ve arsa üretilmesi, kentsel toprak düzenlemesi ihtiyacı duyulduğunda gerekli toprağın bu şekilde sağlanmasıyla kamulaştırma işlemine başvurma oranını da düşürmektedir. Aksi takdirde kentsel sorunların çözümünde kamulaştırma ağır maliyetler getirmektedir (Demirel, 2005).

Bu sebeple söz sahibi yöneticilerin böyle bir sorunla karşılaşmaması için arsa stoğu üretecek politikaları uygulamaya koyması gerekmektedir (Ayazlı, 2016).

Üretilen KBSM'lerde kentleşme hızı beklenin altında olduğu belirlenmiştir. Kentleşmenin hızının beklenenin altında olmasının nedenlerinden biri arasında kentleşmeyi doğrudan etkileyen nüfus verilerinin ve komşu ilçelere ait kadastral verilerin kullanılmadığı düşünülmektedir.

Kentsel büyüme çalışmalarında oluşturulan simülasyon modelinin doğruluğu kentsel büyümenin anlaşılması ve geleceğe yönelik tahminler oluşturulması açısından gereklidir. Kentsel planlama çalışmalarında ve kentsel büyümede geleceğe yönelik kestirimlerde farklı kalibrasyon yöntemleri kullanılarak daha doğru ve tutarlı sonuçlar elde edilebilir.

Bu tez, kentsel değişim ve kentsel büyümenin modellenmesi yöntemleri ile buna bağlı kentsel analiz tekniklerini ele almakta bununla birlikte mekânsal değişimi inceleyerek kentsel büyümenin yapısını anlamaya çalışmaktadır. Kentler dinamik sistemlerdir bu sebeple model çalışmalarında geleceğe dair tahminlerin daha doğru sonuçları elde edilebilmesi açısından önemlidir. Kentsel büyüme model çalışmalarında farklı kalibrasyon yöntemleri ile uygun ölçütlerin kullanılması bununla birlikte doğruluğu destekleyici analizler kullanılması bu aşamada önerilebilir. Bunun yanı sıra model oluşturulmasında kullanılan girdi verileri ve senaryo dosyaları büyük önem taşımaktadır. Kullanılan girdi verilerinin doğruluğu model doğruluğu için önemlidir. Doğru sonuca yalnızca doğru veriler uygun şekilde kullanılarak ulaşılabilir. Model oluşturulmasında gerçekleştirilecek simülasyonlar için hazırlanan senaryolar doğru tahmin ve sonuca ulaşmada etkilidir. Bu nedenle çalışılan bölge için farklı senaryolar kullanılarak daha tutarlı sonuçlara ulaşılabilir.

Kentsel büyüme modeli birden fazla bilimsel alanı içine almaktadır. Kentin büyüme biçimini anlamak, arazi kullanımındaki değişim sürecini, kentsel büyümeyi, kentsel sistem yapısını, coğrafi bilgi sistemleri ve kentsel modellerin gelişim sürecini incelemeyi gerektirmiştir. Tüm bu alanları içine alacak şekilde kentsel büyümeyi ölçmek amacıyla Hücresel Otomata tekniğini kullanarak İstanbul ili Sancaktepe İlçesi'nin 2030, 2050 ve 2070 yılı için kentsel büyüme tahminini kalibrasyon sonuçlarının iyileştirilerek doğruluğu en yüksek şekilde gerçekleştirilmesi çalışmanın odak noktasını oluşturmuştur.

CA, kentsel büyüme tahminlerini gerçekleştirmede yaygın bir kullanıma sahiptir. Farklı büyüme senaryoları geliştirerek kent plancılarının uygun kent planlarını biçimlendirmesine aynı zamanda kent yönetimi ve kentin gelişmesinde söz sahibi kişilerin geleceği öngörerek karar almayı yönlendirecek, doğru kararlar verilmesine olanak sağlayacaktır. Uzaktan Algılama ve CBS ile birlikte gerçek veriler ve uygun yöntemler kullanılarak kent büyüme modellerini geliştirmek daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Tez araştırmasında Sancaktepe'nin arazi örtüsünün belirlenmesi ve arazi örtüsü değişimlerin gözden geçirilerek yorumlanması, kentin gelecekte göstereceği büyümenin analiz edilmesine fayda sağlamıştır. Farklı ölçütler kullanılarak kalibrasyon sonuçlarının iyileştirilmesine ait model doğruluğunun artırılmasına yönelik kentsel büyümeyi etkileyen dinamiklerin, kentsel büyüme üzerinde etki oranlarının farklı ve değişiklik gösterdiği ortadadır. Sonuçlar gelecek için bir öngörü olup bu nedenle tahminlerin gerçekleşme ihtimali olabileceği düşünülerek gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Sancaktepe İlçesi'nde 1961 yılından günümüze kadar ve gelecekte de kentleşmenin devam edeceğini, gerekli tedbirler alınmadığında simülasyon sonuçlarının gerçek olabileceğini, 2070 yılında ise orman ve tarım alanlarının büyük bir kısmının yerleşime dönüşeceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akın, A. ve Berberoğlu S. :** Farklı politikalar doğrultusunda Adana kentsel gelişiminin modellenmesi. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu Bildiri Özeti*, 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Aronoff, S. (1989).** Geographic Information Systems: A Management Perspective. Ottawa: WDL.
- Aspinall, R.J. ve Hill, M.J. ve diğ., (2008).** Land use change: Science, policy and management. *Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis.*
- Ayazlı, İ.E. (2011).** Ulaşım Ağlarının Etkisiyle Kentsel Yayılmanın Simülasyon Modeli : 3. Boğaz Köprüsü Örneği. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), İstanbul.*
- Ayazlı, İ.E. , Başlık, S. (2016).** Mülkiyet Deseni İle Kentsel Büyüme İlişkisinin Simülasyon Modelinin Oluşturulması (Sonuç Rapor), *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 62s, Sivas.*
- Aydın, O. (2015).** Karmaşık kent sistemi, kentsel büyüme kavramlarının anlaşılması ve kent modelleme teknikleri. *Türk Coğrafya Dergisi, 64, 51-60.*
- Batty, M., Xie, Y., Sun, Z.Y. (1999).** Modelling Urban Dynamics Through GIS-Based Cellular Automata. *Computer, Environment and Urban Systems, 23, 205-233.*
- Bektaş, F. ve Göksel, Ç. (2005).** Remote sensing and GIS integration for land cover analysis, a case study: Bozcaada Island. *Water Science and Technology. 51(11), 239-244.*
- Benenson, I., Torrens, P.M. (2004).** Geosimulation : Automata – Based Modelling of Urban Phenomena. John Wiley and Sons, West Sussex.
- Bihamta, N. (2013)** Using the SLEUTH Urban Growth Model to Simulate Future Urban Expansion of the Isfahan Metropolitan Area. *Indian Society of Remote Sensing, Iran.*
- Bozkaya, A. G; (2013)** İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Zamansal Değerlendirilmesi Ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi. *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.*
- Burrough, P.A. (1986).** *Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment, New York: Clarendon Press.*

- Candau, J. T., Rasmussen, S.; Clarke, K.C.** (2000). A Coupled Cellular Automaton Model For Land Use/Land Cover Dynamics. *4th International Conference On Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs*, September, Alberta Canada.
- Candau J. T.**, (2002). Temporal Calibration Sensitivity of the SLEUTH Urban Growth Model. *California University*(Master of Arts Thesis), Santa Barbara.
- Chaudhuri, G., Clarke, K. C.** (2013). The SLEUTH Land Use Change Model: A Review. *The International Journal of Environmental Resources Research* 1 (1), 88-104.
- Clarke, K.C., Dietzel, C.** (2004). Spatial Differences in Multi-Resolution Urban Automata Modeling. *Transactions in GIS*, 8, 497–492.
- Clarke, K.C., Dietzel, C.** (2007). Toward Optimal Calibration of The SLEUTH Land Use Change Model. *Transactions in GIS*, 11(1), 29-45.7
- Clarke, K.C., Hoppen, S., Gaydos L.** (1996). Methods and Techniques for Rigorous Calibration of a Cellular Automaton Model of Urban Growth, *University of Santa Barbara*, Santa Barbara.
- Clarke, K.C., Hoppen, S., Gaydos, L.** (1997). A Self-Modifying Cellular Automaton Model of Historical Urbanization in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24, 247–261.
- Clarke, K.C.** (2004). The Limits of simplicity: toward geocomputational honesty in urban modeling. *Department of Geography/NCGIA University of California*, Santa Barbara.
- Clarke, K.C.** (2017). Land Use Change Modeling with SLEUTH: Improving SLEUTH Calibration with a Genetic Algorithm. GAMOLCS 2017 International Workshop on Geomatic Approaches for Modelling Land Change Scenarios. *Department of Geography/NCGIA University of California*, Santa Barbara.
- Clarke, K.C., Gaydos, L.** (1998). Loose-Coupling a Cellular Automata Model and GIS: Long-Term Urban Growth Prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *International Journal of Geographical Information Science*, 12, 699-714.
- Clarke, K.C., Silva, E.A.** (2002). Calibration of the SLEUTH Urban Growth Model for Lisbon and Porto, Portugal. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26, 525–552.

- Clarke, K.C., Xiang, W.N.** (2003) The use of scenarios in land use planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30, 885-909.
- Couclelis, H.** (1997) “From Cellular Automata to Urban Models: New Principles for Model Development and Implementation”, 24, 165-174.
- Çölkesen, İ., Sesli, F.A.** (2007) Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin Bilgi Teknolojileri ile Belirlenmesi: Trabzon Örneği, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, KTÜ, Trabzon, 1.7.2007.
- Demirel, Z.**, (2005). Kamulaştırma. İstanbul: YTÜ.
- Gigalopolis** (2018). Project Gigalopolis Web Sayfası. USGS, Santa Barbara. (<http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/>.) Erişim Tarihi: 18.10.2018.
- Goldstein, N.C. (ve diğ.).** (2005). Brains versus brawn – comparative strategies for the calibration of a cellular automata-based Urban Growth model. In: Atkinson PM (ed) Geodynamics. *CRC Press, Boca Raton, Florida*, 249–272
- Grey W.M.F., Luckman,A.J., Holland D.**, (2003). Mapping urban change in the UK using satellite radar interferometry. *Remote Sensing Environment* 87: 16–22
- Grossman, W., Eberhardt, S.** (1993), Geographical information systems and dynamic modeling - potentials of a new approach. In M. Fischer and P. Nijkamp (eds.) 141 Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation. *New York: Springer-Verlag*. 167-180.
- Herold M., Goldstein N.C., Clarke, K.C.** (2003). The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing Environment* 86: 286–302
- Houet, T., Aguejidad, R., Doukari, O., Battaia G., Clarke, K.** (2016) “Description and validation of a ‘non path-dependent’ model for projecting contrasting urban growth futures”, *Cybergeo : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*.
- Jantz, C.A., Goetz, S.J., Shelley, M.K.** (2003). Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban landuse in the Baltimore – Washington metropolitan area. *Environmental and Planning B: Planning and Design*. 30, 251-271.
- KantaKumar, L., Sawant, N., Kumar, S.** (2011). Forecasting urban growth based on GIS, RS and SLEUTH model in Pune metropolitan area. *International journal of geomatics and geosciences*, 2(2), 568–579.

- Kılıç, F.** (2014). Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ Kişisel Web Sayfası. Fatmagül Kılıç, İstanbul.
(<http://www.yildiz.edu.tr/fkilic/donusum.pdf>). Erişim Tarihi : 30.09.2016.
- Li, X., Yeh, A.G** (2000). Modeling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 14(2): 131-152
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W.** (2000). Remote Sensing and Image Interpretation. *International Journal of Geosciences*, (Vol.6 No.3). New York: John Wiley and Sons Inc.
- Lowry, I.S.** (1965). A short course in model design. *Journal of American Institute of Planners*. 31, 158-166.
- Lu, D., Mausel, P., Brondzio, E., Moran, E.** (2004). Change Detection Techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (12), 2365- 2407.
- Mahiny, A.S., ve Gholamalifard, M.** (2007). Dynamic Spatial Modeling of Urban Growth through Cellular Automata in a GIS Environment. *Int J Environ Res*, 1, 272–279
- Meaille, R., Wald, L.** (1990). Using geographical information systems and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth. *International Journal of Geographical Information Systems* 4: 445-456
- Muller, D., Zeller M.,** (2002). Land use dynamics in the central highlands of Vietnam: a spatial model combining village survey data with satellite imagery interpretation. *Agriculture Economy* 27: 333– 354
- National Research Council** (2014) Advancing Land Change Modeling: Opportunities and Research Requirements. *Geographical Sciences Committee: Washington D. C.; National Academy Press.*
- Jantz, C.A.** (2005). Using the SLEUTH Urban Growth Model to Simulate the Impacts of Future Policy Scenarios on Urban Land Use in the Baltimore-Washington Metropolitan Area. *Environment and Planning B: Planning and Design* 2003, 251 – 271
- Jantz, C. A., Goetz, S.J., Donato, D., Claggett, P.** (2010). Designing and implementing a regional urban modeling system using the SLEUTH cellular urban model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34, 1-16.

- 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.
- Oğuz, H.** (2010). Narlıdere - Balçova / İzmir örneğinde SLEUTH modeli yardımıyla kentleşme senaryolarının geliştirilmesi, *1.Uluslararası Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu*, 24-26 Kasım 2010, İstanbul.
- Oğuz, 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.
- Özyavuz, M.** (2011). Tekirdağ kent merkezinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ile incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, (8), 1.
- Pontius Jr, R. G., Boersma W., Castella J-C.** (2007) Comparing the input, output, and validation maps for several models of land change. *Annals of Regional Science*, 42, 1 , 11-37.
- Qi, L.** (2012).Urban land expansion model based on SLEUTH, a case study in Dongguan City, China. *Lund University, Department of Physical Geography and Ecosystems Science* (Master degree thesis), Sweden.
- Sarı, N.İ.** (2006). Ülkemiz Kadastrounda Yenileme Çalışmaları ve Öneriler. *YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Star, J., Estes, J.E.** (1990). *Geographic Information Systems: An Introduction*. Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- Stefanov, W.L., Ramsey M.S., Christensen P.R.** (2001). Monitoring urban land cover change: an expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. *Remote Sensing Environment* 77: 173–185
- Şevik, Ö.** (2006). Application of SLEUTH Model In Antalya. *Middle East Technical University Geodetic and Geographic Information Technologies*(Master of Science Thesis), Ankara.
- Xi, F., Hu, Y., He, H., Wu, X., Yu, J.** (2009). Simulate urban growth based on RS, GIS, and SLEUTH model in Shenyang-Fushun metropolitan area north-eastern China, *Urban Remote Sensing Joint Event* 1–10,
- White, R., Engelen, G.** (1994). “Cellular Dynamics and GIS: Modelling Spatial Complexity”, *Geographical Systems* 1, 237-253.

- White, R., Engelen, G., Ujje, I.** (1997). “The Use of Constrained Cellular Automata for High-Resolution Modelling of Urban Land-Use Dynamics”, *Environment and Planning B: Planning and Design* 24, 323-343.
- Wolfram, S.** (1984). “Cellular Automata as Models of Complexity”, *Nature* 311, 419-424.
- Wu, F.** (2002). Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural–urban land conversions. *Int. J. Geogr. Inform. Sci.* 16 (8), 795–818
- Wu, F., Webster, C.J.** (1998). “Simulation of Land Development through the Integration of Cellular Automata and Multicriteria Evaluation”, *Environment and Planning B: Planning and Design* 25, 103-126.
- Url-1** <<http://www.sancaktepe.istanbul/tr/>>, alındığı tarih : 05/01/2016.
- Url-2**<<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>> ,alındığı tarih: 25.03.2019.
- Url-3**<<http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/>>,alındığı tarih: 15/01/2018.
- Yakup, A.E.** (2018). Mülkiyet yapısının kentsel büyümeye etkisinin simülasyon ile araştırılması. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi),Sivas.
- Yang, X., Lo, C.P.** (2003). Modelling Urban Growth and Landscape Changes in the Atlanta Metropolitan Area. *International Journal Geographical Information System*.Vol. 17 (5) pp ,463–488,USA.
- Yazıcı, D.** (2017). Tokat ilinde kentsel büyümenin simülasyon modeli ile araştırılması. *19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Samsun.
- Yeh, A.G.O., Li, X.** (2001). “A Constrained CA Model for the Simulation and Planning of Sustainable Urban Forms Using GIS”, *Environment and Planning B: Planning and Design* 28, 733-753.
- Yılmaz, H.M., Reis S., Atasoy M.** (2007). Türkiye’de Yeni İllerin Kentsel Gelişim Sürecinin Coğrafi Bilgi sistemleri İle Belirlenmesi: Aksaray Örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*. 30 Ekim –02 Kasım, Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon, s.14-20.

- Yücer, E.** (2014). Şehir alanlarındaki mekânsal değişimin uydu görüntüleri ile zamansal takibi. *Selçuk Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Konya.
- TKGM** (2014). TKGM Web Sayfası. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü, Ankara. (<http://www.tkgm.gov.tr/tr/mevzuat>) Erişim Tarihi : 1 Temmuz 2016
- Torrens, P. M., Sullivan, O.D.** (2001). Cellular automata and urban simulation: where do we go from here. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, 163- 168.
- Torrens, E.M.** (2006). Geosimulation and its application to urban growth modeling. In: Complex Artificial Environments. Portugal (Eds.), *London : Springer-Verlag*, 119-136.
- Turner II, B. L., Clark, W. C., Kates, R. W., Richards, J. F., Mathews, J. T. Meyer, W. B. (ve diğ.).** (1990). The Earth as transformed by human action: Global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. *Cambridge: Cambridge University Press.*

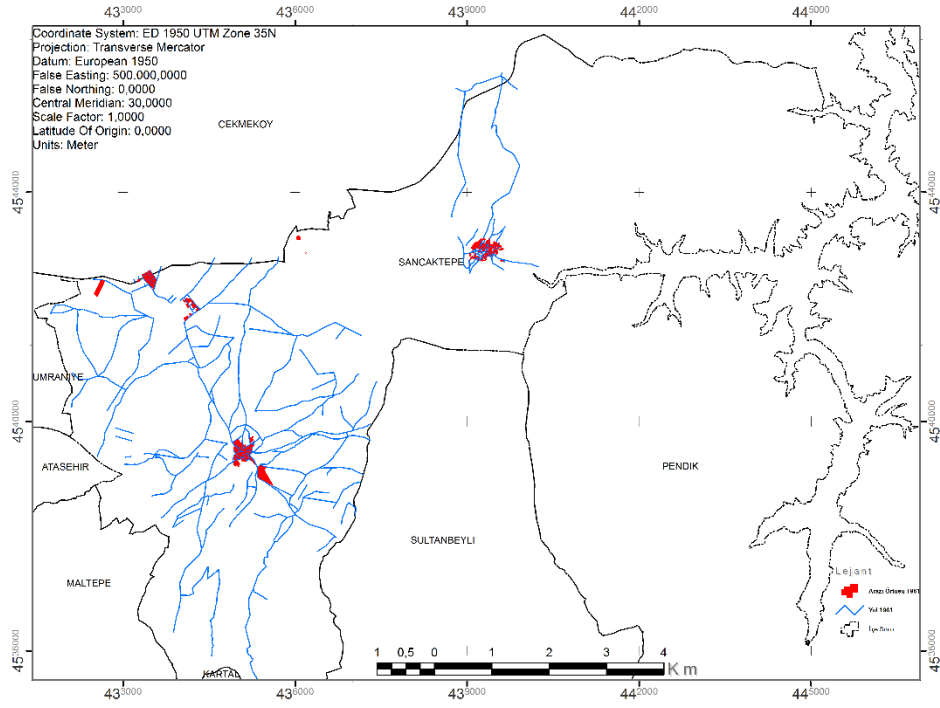
EKLER



Ek-1.

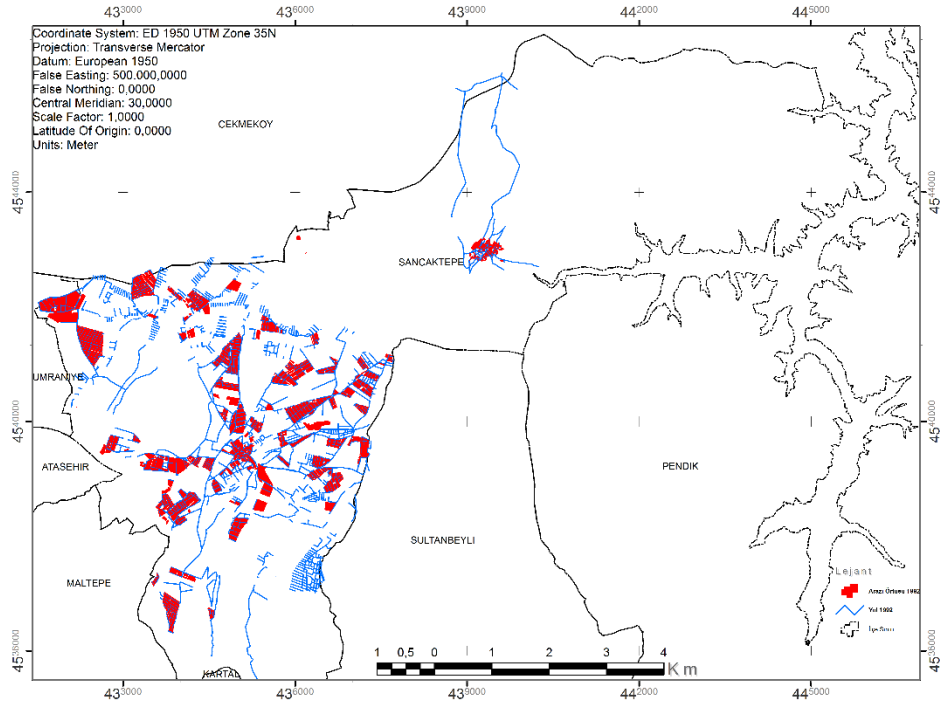
SİMÜLASYON GİRDİ PERİYOT VERİLERİ

Sancaktepe 1.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası



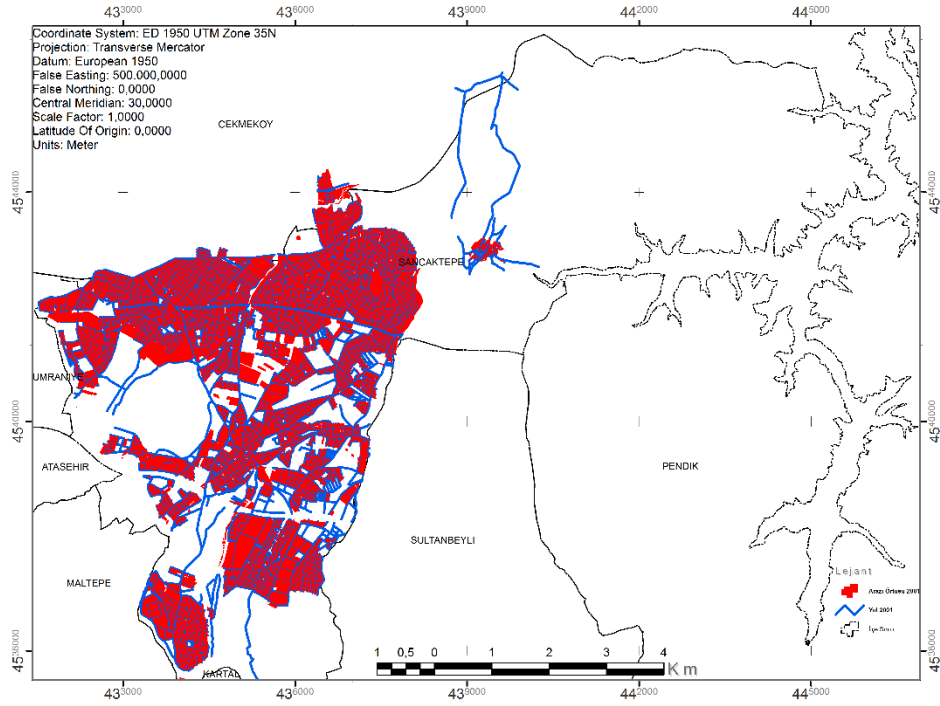
Şekil 5.1 Sancaktepe 1.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası.

Sancaktepe 2.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası



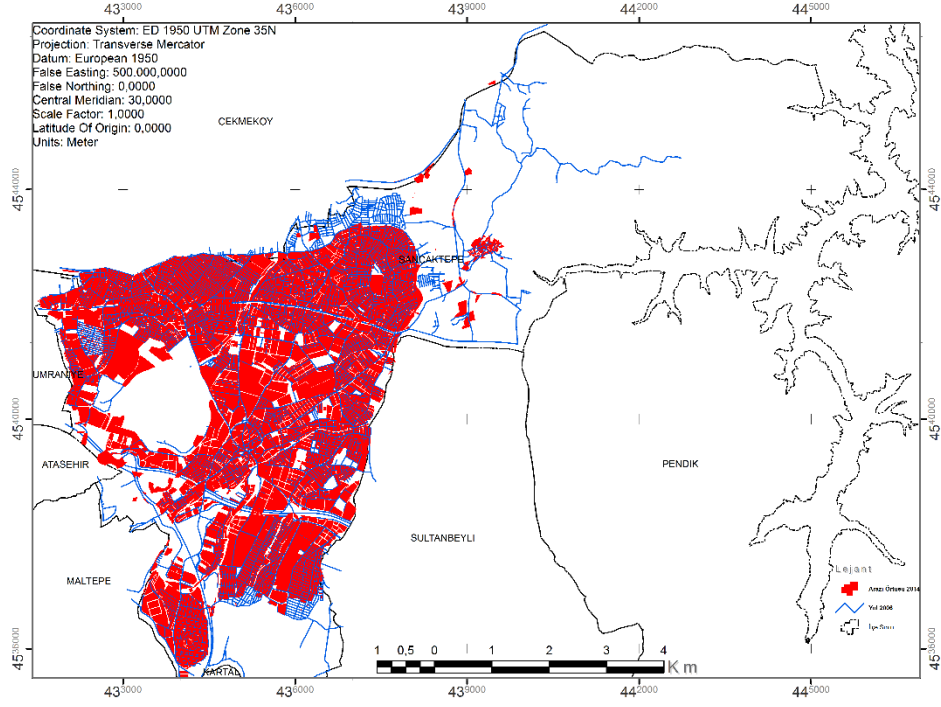
Şekil 5.2 Sancaktepe 2.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası.

Sancaktepe 3.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası



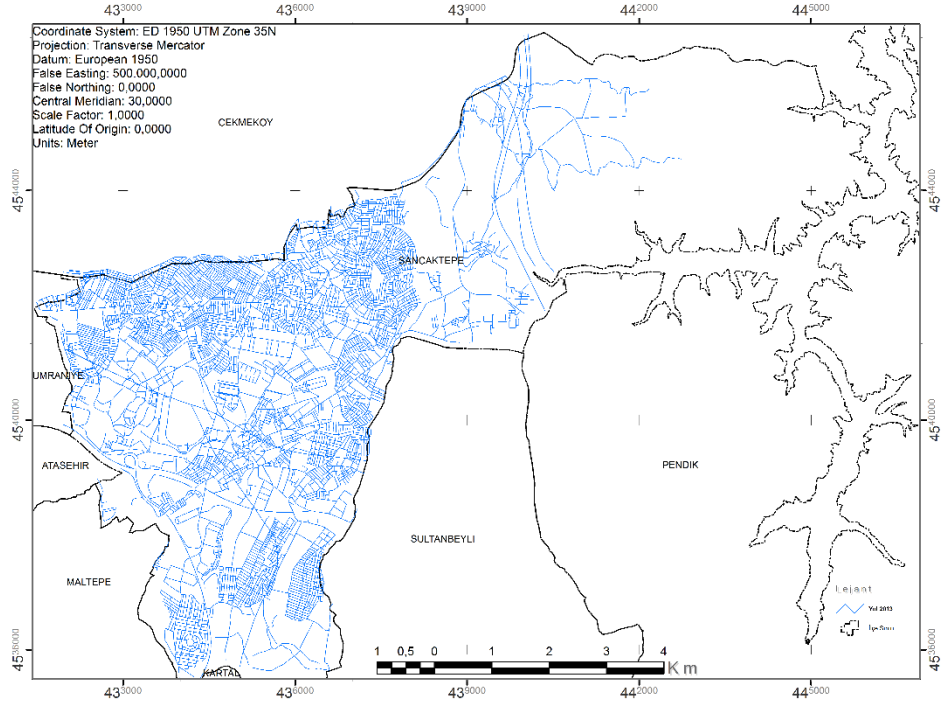
Şekil 5.3 Sancaktepe 3.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası.

Sancaktepe 4.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası



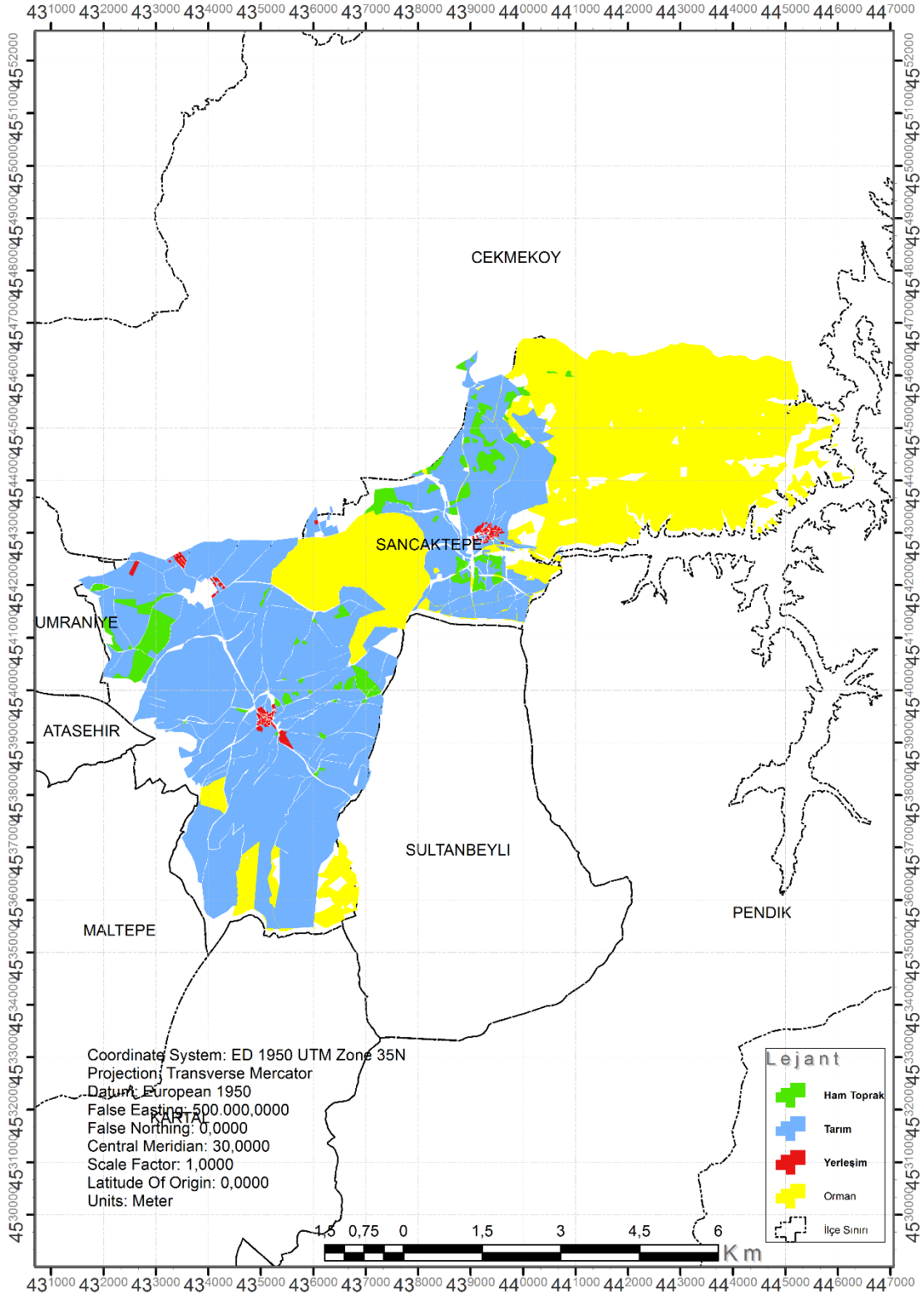
Şekil 5.4 Sancaktepe 4.Periyot Yerleşim ve Ulaşım Haritası.

5. Periyot 2013 Yılı Ulaşım Verisi



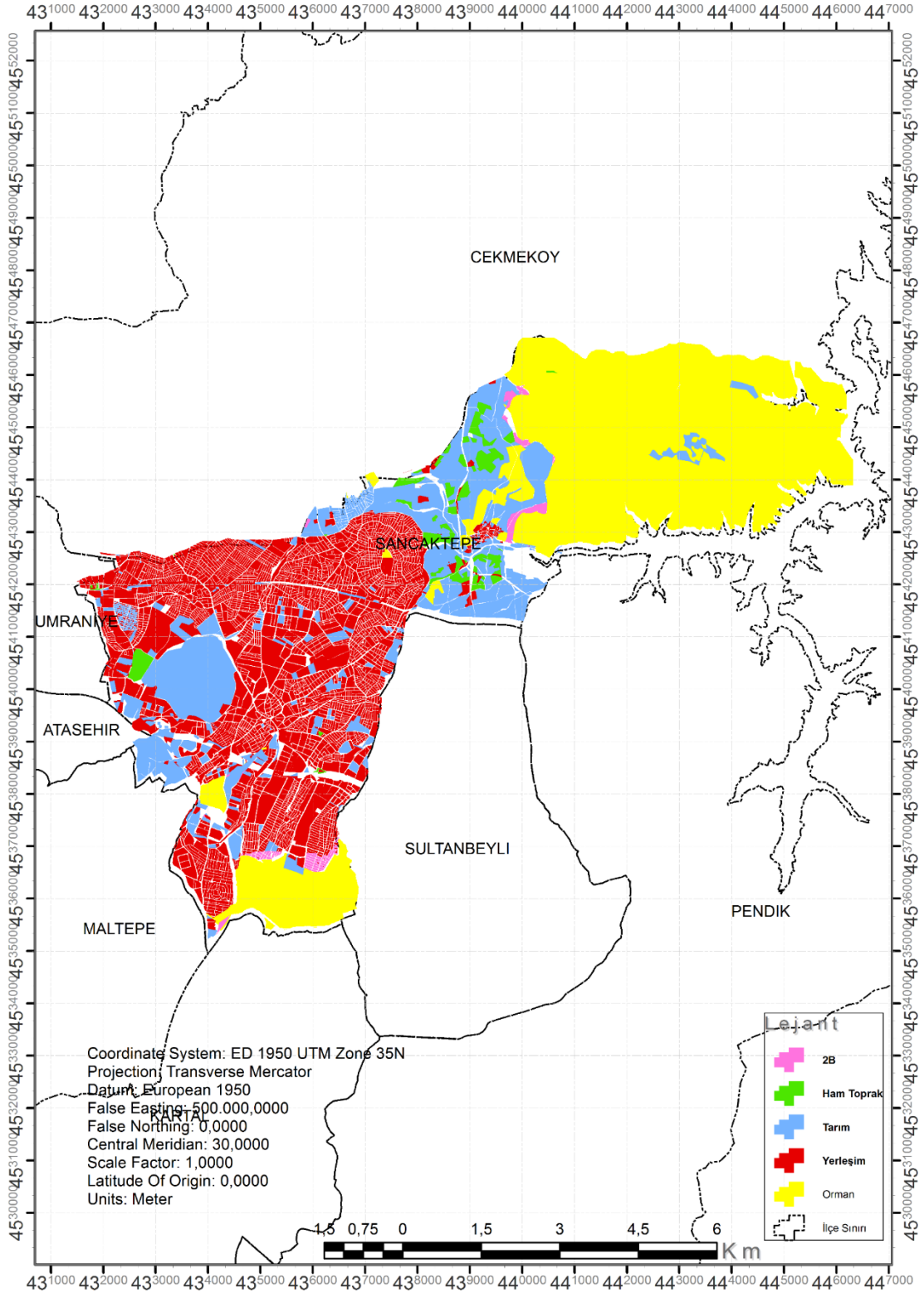
Şekil 5.3 Sancaktepe 5.Periyot Ulaşım Haritası.

Sancaktepe 1961 Yılı Arazi Örtüsü Haritası



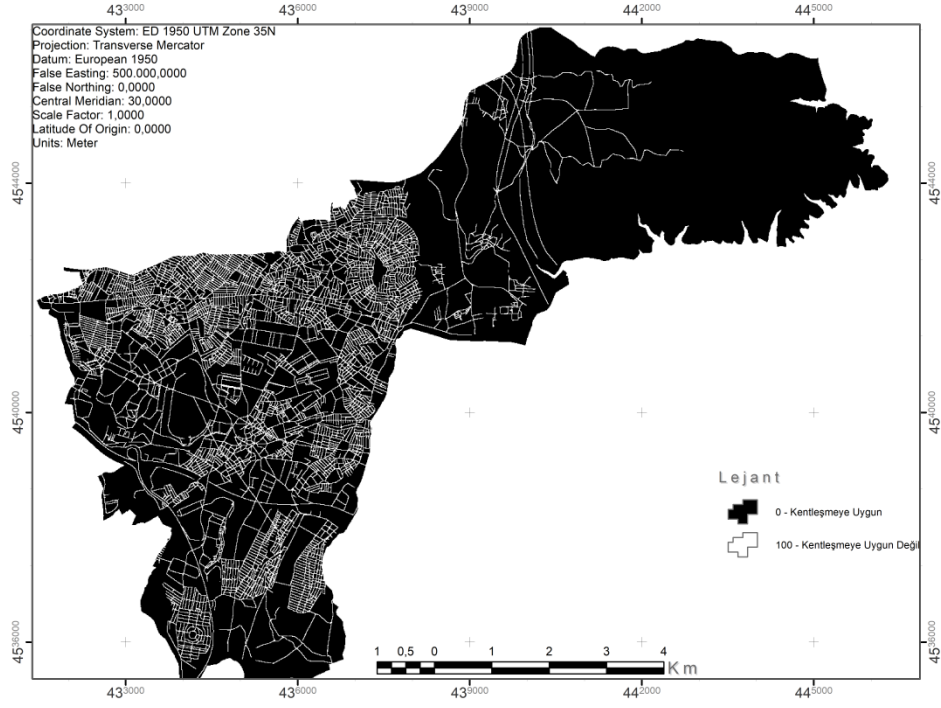
Şekil 5.4 Sancaktepe 1961 Yılı Arazi Örtüsü Haritası.

Sancaktepe 2014 Yılı Arazi Örtüsü Haritası

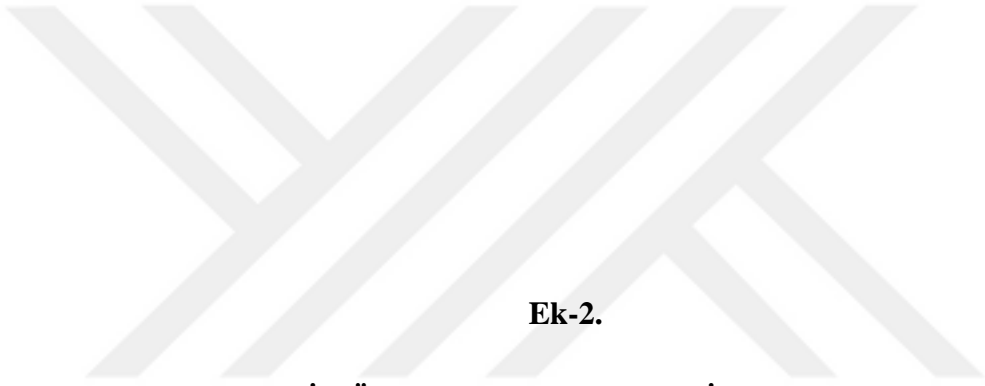


Şekil 5.5 Sancaktepe 2014 Yılı Arazi Örtüsü Haritası.

Bölgeleme Verisi Haritası



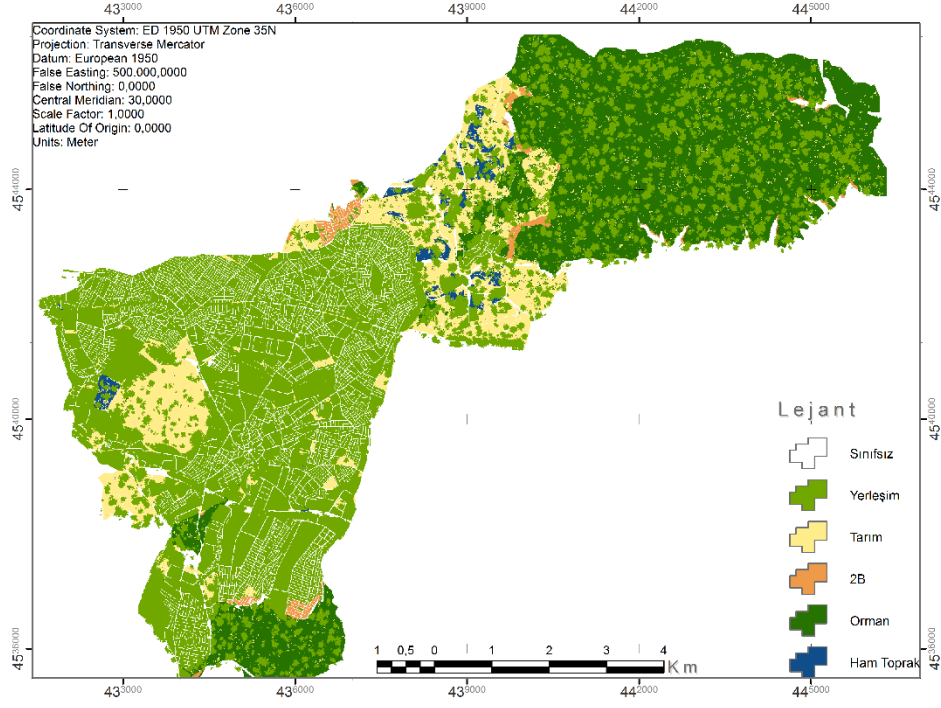
Şekil 5.6 Sancaktepe Bölgeleme Haritası.



Ek-2.

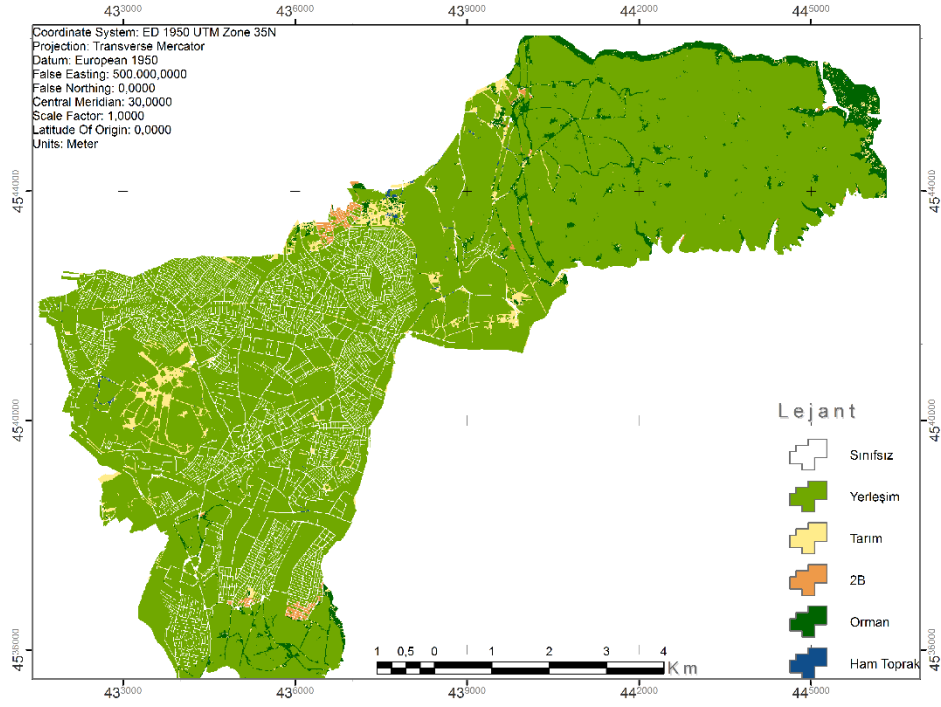
SİMÜLASYON SONUÇ HARİTALARI

Arazi Örtüsü Simülasyonu 2030



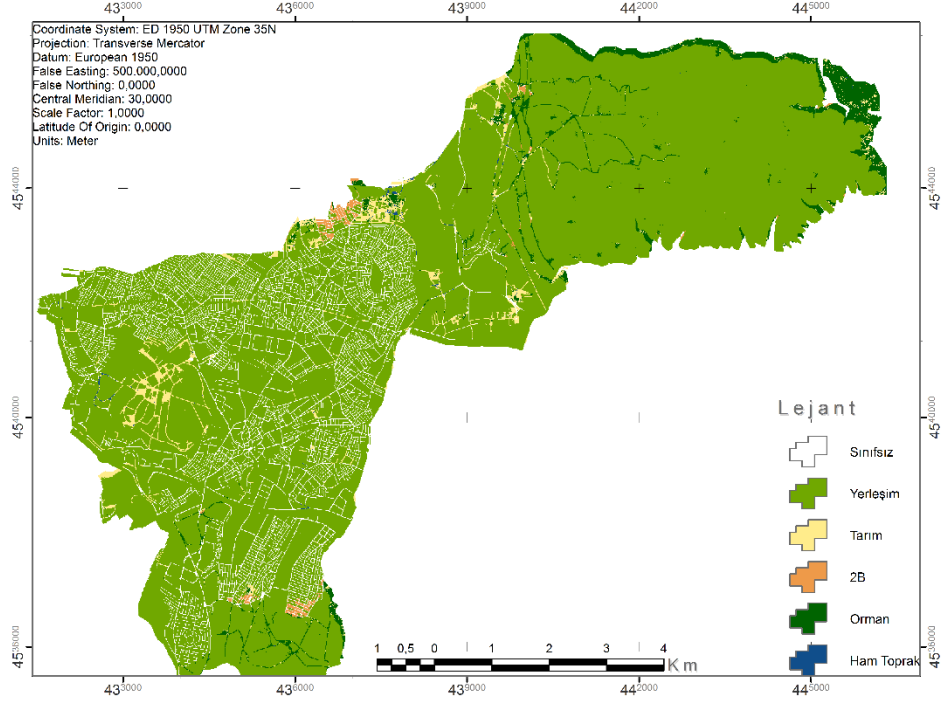
Şekil 5.6 2030 Yılı Arazi Örtüsü Simülasyonu.

Arazi Örtüsü Simülasyonu 2050



Şekil 5.7 2050 Yılı Arazi Örtüsü Simülasyonu Haritası.

Arazi Örtüsü Simülasyonu 2070



Şekil 5.7 2070 Yılı Arazi Örtüsü Simülasyonu Haritası.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Derya KOTAY DEMİRKIRAN
Doğum Yeri ve Tarihi Bursa, 21.05.1988
Medeni Hali Evli
Yabancı Dil İngilizce
İletişim Adresi Barış mah. Asil sok. Balkar apt. 16210 Bursa
E-posta Adresi kotayderyaa@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Hasan Ali Yücel Anadolu Lisesi, 2005
Lisans Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2015

İş Tecrübesi

DEMİ Harita Mühendisi, 2016
Uluğ Enerji Harita Mühendisi, 2018