

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**PARSEL TABANLI 3 BOYUTLU KENTSEL BÜYÜME TAHMİN MODELİ  
(PURGOM)**

**DOKTORA TEZİ**

**Azem KURU**

**Şehir ve Bölge Planlaması Anabilim Dalı**

**Şehir ve Bölge Planlama Programı**

**AĞUSTOS 2021**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**PARSEL TABANLI 3 BOYUTLU KENTSEL BÜYÜME TAHMİN MODELİ  
(PURGOM)**



**DOKTORA TEZİ**

**Azem KURU  
(502172801)**

**Şehir ve Bölge Planlaması Anabilim Dalı**

**Şehir ve Bölge Planlama Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet Ali YÜZER**

**AĞUSTOS 2021**



İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 502172801 numaralı Doktora Öğrencisi Azem KURU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "PARSEL TABANLI 3 BOYUTLU KENTSEL BÜYÜME TAHMİN MODELİ (PURGOM)" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Doç. Dr. Mehmet Ali YÜZER** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Doç. Dr. Özhan ERTEKİN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Ali KILIÇ** .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Özlem ÖZÇEVİK** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç.Dr. Naime Hülya BERKMEN** .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi**                      : 28 Haziran 2021  
**Savunma Tarihi**                   : 5 Ağustos 2021





*Ülkeme ve şehirlerine,*



## ÖNSÖZ

Doktora sürecinin başından itibaren beni her anlamda destekleyen, tez konusunun biçimlenmesinde beni yönlendiren, ilham veren, cesaretlendiren, zorlu tez yazma sürecini kolaylaştıran, ufuk açıcı tecrübe paylaşımları ve tavsiyeleri ile beni her daim daha iyiye sevk eden sayın tez danışmanım Doç. Dr. Mehmet Ali YÜZER hocama en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Doktora tez izleme komitesi üyeleri sayın hocalarım Doç. Dr. Özhan ERTEKİN ve Dr. Öğr. Üyesi Ali KILIÇ'a tez izleme süreci boyunca göstermiş oldukları ilgi ve yapıcı yönlendirmeleri için teşekkür ederim.

Doktora tezi süresince akademik gelişim ve doktora süreci ile ilgili fikir alışverişi yaptığım Kırklareli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'ndeki değerli hocalarıma ve mesai arkadaşlarıma görünmez katkıları için teşekkür ederim. Veri temini konusunda yardımlarını esirgemeyerek bu tez çalışmasının gerçekleşmesinde katkısı bulunan, ayrıca teknik bilgisi ve görüşleriyle destek olan Şehir Plancısı Faruk ALTUN'a, veri paylaşımında bulunan Tekirdağ Büyükşehir Belediyesine ve Saray İlçe Belediyesine teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca, yardımlarını somutlaştıramadığım ama kişisel gelişimimde, dünyaya ve olaylara bakış açımda, hayatı algılayış biçimimde fark oluşturarak bu tez sürecine dolaylı katkı sunan tüm hocalarıma, özellikle mesleki gelişimim konusunda doktora ders sürecinde çokça faydalandığım İstanbul Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili eşim, hayat arkadaşım, yoldaşım ve meslektaşım Özge DIŞBUDAK KURU'ya, bu zorlu yolculukta bana eşlik ettiği, fikirlerimin olgunlaşmasında yardımcı olduğu, motivasyonumu kaybettiğimde ilham verdiği, uzun geceler boyunca tez yazarken yanımda olduğu için ve en önemlisi güç veren sevgisi ve ilgisi için teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen, her zaman güvenen ve kendi ayaklarımın üzerinde durmamı sağlayan, bu günlere ulaşmamda en önemli pay sahibi aileme teşekkür ederim.

Son olarak bu tez çalışmasını destekleyen Marmara Belediyeler Birliği, Şehir Politikaları Merkezi'ne teşekkür ederim.

Ağustos 2021

Azem KURU  
(Şehir ve Bölge Plancısı)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                            |          |
|----------------------------------------------------------------------------|----------|
| ÖNSÖZ .....                                                                | vii      |
| İÇİNDEKİLER.....                                                           | ix       |
| KISALTMALAR.....                                                           | xi       |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                      | xiii     |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                        | xv       |
| ÖZET .....                                                                 | xvii     |
| SUMMARY.....                                                               | xix      |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                      | <b>1</b> |
| 1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı .....                                           | 2        |
| 1.2 Hipotez .....                                                          | 3        |
| 1.3 Çalışmanın Özgünlüğü ve Yaygın Etki.....                               | 3        |
| 1.4 Çalışma Akışı .....                                                    | 6        |
| <b>2. KENTSEL BÜYÜME KAVRAMI VE KENTSEL BÜYÜME MODELLERİ 9</b>             | <b>9</b> |
| 2.1 Kentsel Büyüme .....                                                   | 9        |
| 2.2 Kentsel Büyüme Modelleri.....                                          | 18       |
| 2.2.1 Geleneksel kentsel büyüme kuramları .....                            | 20       |
| 2.2.1.1 Eş merkezli çemberler modeli (Burgess arazi kullanım modeli) ..... | 21       |
| 2.2.1.2 Sektör modeli .....                                                | 22       |
| 2.2.1.3 Çok merkezli gelişme modeli.....                                   | 23       |
| 2.2.2 Sayısal tahmin tabanlı kentsel büyüme modelleri.....                 | 25       |
| 2.2.2.1 Ajan tabanlı modeller .....                                        | 26       |
| 2.2.2.2 Fraktaller .....                                                   | 27       |
| 2.2.2.3 Yapay sinir ağları .....                                           | 29       |
| 2.2.2.4 İstatistiksel modeller .....                                       | 31       |
| 2.2.2.5 Markov zincirleri.....                                             | 32       |
| 2.2.2.6 Dinamik sistem.....                                                | 33       |
| 2.2.2.7 Karar ağaçları .....                                               | 34       |
| 2.2.2.8 Hücresel otomata tabanlı kentsel büyüme modelleri .....            | 35       |
| 2.2.3 Kentsel büyüme modellerinin değerlendirilmesi .....                  | 44       |
| 2.3 Kentsel Büyüme Modellerini Destekleyici Yöntemler .....                | 47       |
| 2.3.1 Çok kriterli karar verme yöntemi .....                               | 47       |
| 2.3.2 Analitik hiyerarşi süreci (AHS).....                                 | 48       |
| 2.3.3 Bulanık mantık .....                                                 | 49       |
| 2.3.4 Coğrafi bilgi sistemleri.....                                        | 50       |
| 2.3.5 Uzaktan algılama .....                                               | 51       |
| 2.4 Üç Boyutlu Modelleme Çalışmaları.....                                  | 51       |
| 2.4.1 Üç boyutlu kentsel değişimi ölçen çalışmalar.....                    | 52       |
| 2.4.2 Üç boyutlu kentsel büyümeyi tahmin eden çalışmalar .....             | 55       |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3. PARSEL TABANLI 3 BOYUTLU KENTSEL BÜYÜME MODELİ (PURGOM).....</b>         | <b>61</b>  |
| 3.1 Çalışma Alanı Genel Özellikleri .....                                      | 62         |
| 3.2 Çalışmada Kullanılan Veriler .....                                         | 65         |
| 3.3 Model Kurgusu ve Aşamaları.....                                            | 67         |
| 3.3.1 Kriter ve alt kriterlerin belirlenmesi.....                              | 70         |
| 3.3.2 Analiz sürecinin açıklanması .....                                       | 77         |
| 3.3.3 Alt kriter ağırlıklarının belirlenmesi .....                             | 78         |
| 3.3.4 Kırılım noktası katsayılarının belirlenmesi .....                        | 78         |
| 3.3.5 Model sonuçları ve kalibrasyon .....                                     | 80         |
| 3.3.6 Model performansının ölçülmesi .....                                     | 95         |
| 3.3.7 2012-2019 yılları arası yapılaşma eğilimleri ve talep türü analizi ..... | 98         |
| 3.3.8 Talep tahmini.....                                                       | 102        |
| 3.3.9 İleriye yönelik senaryo tabanlı tahmin simülasyonları .....              | 105        |
| <b>4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....</b>                                          | <b>111</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                          | <b>117</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                           | <b>139</b> |

## KISALTMALAR

|               |                                                                                               |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AHS</b>    | : Analitik Hiyerarşı Süreci                                                                   |
| <b>CBS</b>    | : Coğrafi Bilgi Sistemleri                                                                    |
| <b>ÇKKY</b>   | : Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri                                                         |
| <b>HO</b>     | : Hücresel Otomata                                                                            |
| <b>PURGOM</b> | : Parsel Tabanlı Üç Boyutlu Kentsel Büyüme Tahmin Modeli (Parcel Based 3D Urban Growth Model) |
| <b>TAKS</b>   | : Taban Alanları Katsayısı                                                                    |
| <b>KAKS</b>   | : Kat Alanları Katsayısı                                                                      |
| <b>YSS</b>    | : Yapay Sinir Ağları                                                                          |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 2.1 : Kullanılan mekana göre hücresel otomata modelleri. ....                                                                                                              | 38  |
| Çizelge 2.2 : Arazi kullanım türüne göre hücresel otomata modelleri. ....                                                                                                          | 39  |
| Çizelge 2.3 : Dönüşüm kurallarına göre hücresel otomata örnekleri. ....                                                                                                            | 41  |
| Çizelge 2.4 : Komşuluk türüne göre hücresel otomata modelleri. ....                                                                                                                | 44  |
| Çizelge 3.1 : 2012 yılı emsal değerlerinin mevcut durum yakınlık kriterleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri. ....                             | 82  |
| Çizelge 3.2 : 2012 yılı emsal değerlerinin nazım imar planı kararları doğrultusunda yakınlık kriterleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri. .... | 84  |
| Çizelge 3.3 : 2012 yılı emsal değerlerinin uygulama imar planı kararları ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri. ....                                | 87  |
| Çizelge 3.4 : 2012 yılı emsal değerlerinin yapıli çevre kriterleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri. ....                                      | 89  |
| Çizelge 3.5 : 2012 yılı emsal değerlerinin arazi değerleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri. ....                                              | 90  |
| Çizelge 3.6 : Model sonuçları - 2019 emsal ilişkisi ve kalibrasyon sürecinde test edilen fonksiyonlar. ....                                                                        | 93  |
| Çizelge 3.7 : 2012-2019 emsal değerleri ve model öngöröleri arası ilişki. ....                                                                                                     | 97  |
| Çizelge 3.8 : 2012-2019 yılları arası gerçekleşen değışimin kent bölgelerine göre sayısal dağılımı. ....                                                                           | 101 |
| Çizelge 3.9 : Kentsel doku öğelerinin yıllara göre değışimi ve senaryo tabanlı değışim öngöröleri. ....                                                                            | 104 |
| Çizelge 3.10 : 2030 ve 2040 yılı simölasyonunda kuşaklara göre emsal değerleri. ....                                                                                               | 107 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1 : Çalışmada izlenen süreç. ....                                                                                                                                                                                                                            | 8  |
| Şekil 2.1 : Kentsel büyüme süreci. ....                                                                                                                                                                                                                              | 14 |
| Şekil 2.2 : Kentsel büyümeyi yönlendiren aktörler ve ilişkiler. ....                                                                                                                                                                                                 | 17 |
| Şekil 2.3 : Eş merkezli çemberler modeli. ....                                                                                                                                                                                                                       | 21 |
| Şekil 2.4 : Sektör modeli. ....                                                                                                                                                                                                                                      | 23 |
| Şekil 2.5 : Çok merkezli gelişme modeli. ....                                                                                                                                                                                                                        | 25 |
| Şekil 2.6 : Ajan tabanlı modelleme süreci (Li & Gong, 2016'dan uyarlanmıştır). ....                                                                                                                                                                                  | 27 |
| Şekil 2.7 : Mandelbrot kümesi. ....                                                                                                                                                                                                                                  | 28 |
| Şekil 2.8 : Yapay sinir ağları model yapısı. ....                                                                                                                                                                                                                    | 30 |
| Şekil 2.9 : Basit Markov zinciri model gösterimi. ....                                                                                                                                                                                                               | 33 |
| Şekil 2.10 : Karar ağaçları model kurgusu. ....                                                                                                                                                                                                                      | 35 |
| Şekil 2.11 : Geleneksel hücresel otomata modellerinde komşuluk. ....                                                                                                                                                                                                 | 41 |
| Şekil 2.12 : Parsel tabanlı hücresel otomata modellerinde komşuluk ( a-bitişiklik, b-<br>genişletilmiş bitişiklik, c-kısıtlı topolojik komşuluk, d-yakınlık, e-engelle<br>ayrılmış komşuluk f-tüm çalışma alanını içine alan komşuluk) (Dahal &<br>Chow, 2015). .... | 43 |
| Şekil 2.13 : Kentsel büyüme modelleri ve birliktelikler. ....                                                                                                                                                                                                        | 46 |
| Şekil 3.1 : Çalışma alanının konumu. ....                                                                                                                                                                                                                            | 62 |
| Şekil 3.2 : Saray kent merkezinin Ergene Nehri, Ergene Havzası ve Yıldız Dağları ile<br>ilişkisi. ....                                                                                                                                                               | 63 |
| Şekil 3.3 : Saray kent merkezi 1980-2020 yılları arası nüfus değişimi. ....                                                                                                                                                                                          | 63 |
| Şekil 3.4 : Trakya Alt Bölgesi Ergene Havzası 1/100.000 Ölçekli Revizyon Çevre<br>Düzeni Planı Saray yakın çevresi kararları. ....                                                                                                                                   | 64 |
| Şekil 3.5 : Çalışma alanı yakın çevresi büyük ölçekli proje ve yatırımlar. ....                                                                                                                                                                                      | 65 |
| Şekil 3.6 : Çalışma alanı yükselti, eğim ve yönlenme analizi. ....                                                                                                                                                                                                   | 65 |
| Şekil 3.7 : Modelin mekânsal kapsamı dışında bırakılan parseller (Mevut durum ve<br>planlanan kentsel donatı alanları, askeri alanlar, sanayi tesisleri, yeşil<br>alanlar, kamusal mülkiyetteki parseller). ....                                                     | 67 |
| Şekil 3.8 : Model aşamaları. ....                                                                                                                                                                                                                                    | 69 |
| Şekil 3.9 : Metodoloji akış şeması. ....                                                                                                                                                                                                                             | 70 |
| Şekil 3.10 : 2012 yılı mevcut durum yakınlık analizleri. ....                                                                                                                                                                                                        | 72 |
| Şekil 3.11 : Nazım imar planı kararları doğrultusunda yakınlık analizleri. ....                                                                                                                                                                                      | 73 |
| Şekil 3.12 : Uygulama imar planının öngördüğü emsal ve arazi kullanım kararları. ....                                                                                                                                                                                | 74 |
| Şekil 3.13 : 50 m dairesel komşuluktaki ortalama emsal değerleri ve parsel büyüklüğü<br>analizi. ....                                                                                                                                                                | 75 |
| Şekil 3.14 : Arazi değerleri analizi. ....                                                                                                                                                                                                                           | 76 |
| Şekil 3.15 : Yakınlık ve komşuluk analiz süreci ....                                                                                                                                                                                                                 | 77 |

|                                                                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Şekil 3.16 :</b> Tüm parseller mevcut durum yakınlık analizleri. ....                                                                | <b>81</b>  |
| <b>Şekil 3.17 :</b> Nazım imar planı kararları doğrultusunda yakınlık analizleri. ....                                                  | <b>83</b>  |
| <b>Şekil 3.18 :</b> Uygulama imar planının öngördüğü emsal değerleri ve arazi kullanım kararları. ....                                  | <b>86</b>  |
| <b>Şekil 3.19 :</b> Tüm parseller komşuluk ve parsel büyüklüğü analizleri. ....                                                         | <b>88</b>  |
| <b>Şekil 3.20 :</b> Tüm parseller arazi değerleri analizi. ....                                                                         | <b>90</b>  |
| <b>Şekil 3.21 :</b> Model etki katsayıları ve 2019 yılı emsal değerleri nokta saçılım grafiği. ....                                     | <b>92</b>  |
| <b>Şekil 3.22 :</b> Kalibrasyon grafiği ve denklemi. ....                                                                               | <b>92</b>  |
| <b>Şekil 3.23 :</b> 2019 yılı emsal değerleri ve kalibre edilmiş model değeri. ....                                                     | <b>94</b>  |
| <b>Şekil 3.24 :</b> 2012-2019 yılları arasında emsal artışına konu olan parseller ve bu parsellere ilişkin model öngörü değerleri. .... | <b>97</b>  |
| <b>Şekil 3.25 :</b> 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen yeni yapılaşma ve dönüşüm örnekleri. ....                                    | <b>99</b>  |
| <b>Şekil 3.26 :</b> 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen değişimin kent bölgelerine göre dağılımı. ....                               | <b>100</b> |
| <b>Şekil 3.27 :</b> Yıllara göre nüfus artışı ve 2030-2040 yılı nüfus projeksiyonu. ....                                                | <b>103</b> |
| <b>Şekil 3.28 :</b> 2030 ve 2040 yılı emsal dağılım simülasyonu. ....                                                                   | <b>107</b> |
| <b>Şekil 3.29 :</b> Yıllara göre, plan ve model emsal değerleri değişimi. ....                                                          | <b>108</b> |
| <b>Şekil 3.30 :</b> Yıllara göre emsal değerlerinin kent genelinde değişimi. ....                                                       | <b>109</b> |

## PARSEL TABANLI 3 BOYUTLU KENTSEL BÜYÜME TAHMİN MODELİ (PURGOM)

### ÖZET

Kentler başta nüfus artışı olmak üzere çeşitli nedenlerle sürekli olarak değişikliğe uğramaktadır. Kentlerin yatayda ve dikeyde yaşadığı değişimler çeşitli etkenlerin sonucunda gerçekleşirken, aynı zamanda bu değişimler çeşitli kent dinamiklerini etkilemektedir. Kentler süreç içinde yatayda doğal ve yarı doğal alanlara doğru büyümekte, kent çeperinde ve yakın çevresinde bulunan ekolojik birimler üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Bununla birlikte kentsel yerleşik alan sınırları içinde bulunan boşluklar yapılaşmaya açılmakta, mevcut yapılar dönüşerek yapı yoğunluğu artmaktadır. Yönetilemeyen kentsel büyüme süreci kentsel mekan kalitesinin düşmesine ve kent içinde ve çeperinde ekolojik birimlerin kaybedilmesine neden olmaktadır. Kentlerde gerçekleşmesi muhtemel üç boyutlu değişimlerin tarihsel süreç içerisinde izlenmesi, değişimin sonuçlarının anlaşılması ve gelecek yıllarda gerçekleşebilecek değişimlerin önceden tahmin edilmesi, sorunlar ortaya çıkmadan politikaların geliştirilmesine imkân sağlayacaktır.

Kentlerin büyüme kalıplarının ve eğilimlerinin araştırılarak mevcut kentsel dinamiklerin analiz edilmesi, gelecek kestirimlerinin ve simülasyonlarının yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Kent araştırmaları akademik yazınında kentlerin yatayda değişim süreçlerini modelleyen kentsel büyüme modellerine sıkça rastlanmaktadır. Ancak yerleşik alan sınırları içerisinde, mevcut yapı taban alanları ve yapı yüksekliklerinde gerçekleşen değişimlerin modellenmesi görece yeni bir araştırma konusudur. Kentlerde meydana gelen büyüme süreçlerinin kapsamlı ve gerçekçi bir biçimde tanımlanabilmesi için kentin hem yatayda hem de dikeyde tecrübe ettiği değişimlerin birlikte analiz edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kentsel dokuyu oluşturan başta yapılar ve yapılaşmanın gerçekleştiği en küçük birim olan kadastral parsellerin süreç içerisindeki dönüşümünü dikkate almak önemlidir.

Kat alanları katsayısı (emsal) kentin yatayda ve dikeyde 3 boyutlu değişimin izlenmesi ve tahmin edilebilmesi için önemli göstergelerden biridir. Emsal, bir parsel üzerinde bulunan yapıların toplam inşaat alanının parsel alanına oranını ifade etmektedir. Kent dinamikleri zamansal ve mekânsal düzlemde kolaylıkla açıklanamazken çeşitli kriterlerle ilişkili olduğu kesindir. Her kentin emsal oranlarındaki değişim miktarı ve değişim eğilimleri kentin kendi iç dinamiklerine yakından bağlı olurken, genel olarak tüm kentler için ortak etkileyiciler de bulmak mümkündür. Önemli kentsel donatılara ve ulaşım güzergâhlarına yakınlık, kentsel mekân üzerinde belirleyici yasal mevzuat, politikalar ve plan kararları; yükselti, eğim, yönlenme, su yüzeyleri gibi doğal unsurlar; mevcut yapı çevreden kaynaklanan etkiler ve çok çeşitli sosyo-ekonomik unsurlar kentsel mekânda emsal dağılımını ve zamansal değişimini etkilemektedir.

Bu çalışmada emsal değerlerini etkileyen değişkenlerin ve etki derecelerinin tespit edilerek modellenmesi ve buna bağlı olarak gelecek senaryolarının üretilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle çalışma alanı olarak seçilen Saray kenti özelinde 2012-2019 yılları arasında yapılaşma eğilimlerini etkileyen unsurlar parsel seviyesinde beş ana başlık altında istatistiksel ve mekânsal analizlerle irdelenmiştir. Çalışma alanında bulunan parsellerin mevcut durumdaki ve plan kararları ile üretilmesi öngörülen kentsel donatılara yakınlık durumları, planın öngördüğü yapılaşma ve arazi kullanım kararları, arazi değerleri ve yapı çevreye dair kriterlerin emsal dağılımını etkilediği tespit edilmiştir. Analizler sonucunda çalışma alanı özelinde değişimi etkilediği tespit edilen kriterler coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ağırlıklı doğrusal çıkartma yöntemiyle değerlendirilmiş ve tüm parsellerin birbirine göre muhtemel emsal katsayıları tespit edilmiştir. Elde edilen emsal katsayılarına ilişkin model verileri 2019 yılı gerçek emsal değerleri ile karşılaştırılarak kalibre edilmiş, 2030 ve 2040 yılları için emsal dağılım öngörülmesi ortaya konulmuştur.

Parseller arası emsal ilişkisinin analiz edilmesinden sonra, 2012-2019 yılları arasında çalışma alanında gerçekleşen değişimler yeni yapılaşma ve mevcut yapıların dönüşmesi olmak üzere iki başlıkta ve merkez, orta, çeper ve uzak kuşak olmak üzere dört kent bölgesi özelinde irdelenmiştir. Belirtilen yıllar arasında kent bölgelerine göre gerçekleşen yeni yapılaşma ve dönüşüm istatistikleri sonraki aşamada 2030 ve 2040 yılları için kent üzerinde oluşacak yapılaşma talebinin mekâna dağıtılmasında kullanılmıştır. Kent üzerindeki yapılaşma talebi, miktar ve tür olarak başta nüfus, hane halkı büyüklüğü, gelir durumu, çevresel ilişkiler olmak üzere çeşitli sosyal ve ekonomik değişkenlerin etkileşimi sonucunda gerçekleşmekle birlikte bu çalışmada kentsel nüfus miktarı ile doğrudan ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Son aşamada 2030 ve 2040 yılı için nüfus artışına paralel olarak tespit edilen yapılaşma talebi miktarı, kent bölgelerine yapılaşma türüne dayalı olarak modelin ön gördüğü emsal değerlerine göre dağıtılmıştır.

Buna göre çalışma alanında, kent merkezinde ve kent merkezini çevre yerleşimlere bağlayan ulaşım güzergâhları üzerinde görece yoğun yapılaşma baskısı bulunmaktadır. Çalışmanın temel amacı parsel tabanlı emsal değerlerini esas alan 3 boyutlu kentsel büyüme modeli oluşturarak mevcut eğilimlerin tespit edilmesi ve geleceğe dair kestirimlerin yapılmasıdır. Bu sayede kent plancılara, kent yöneticilerine ve kent araştırmacılarına karar verme süreçlerinde yardımcı bir araç üretilmesi amaçlanmıştır.

Yapısal değişimlerin gerçekleştiği en küçük birim olan kadastral parsellerin kullanılması, parsel özneliklerinin kapsamlı kriterlerle sorgulanarak belirlenmesi, parseller arası komşuluk ilişkilerinin dikkate alınması, kentsel yapılaşma talebi miktarı ve türünün kent özelinde gerçekleşen yapılaşma eğilimleri aracılığıyla tespit edilmesi ve mekâna dağıtılması kurgulanan üç boyutlu kentsel büyüme modeli (PURGOM)'nin güçlü taraflarını oluşturmaktadır. Bununla birlikte kentsel büyüme araştırmalarında sıklıkla kullanılan hücresel otomata ve coğrafi bilgi sistemleri haricinde karmaşık yazılımlara ve tekniklere ihtiyaç duyulmaması, modelde kullanılan kriterler ve ağırlıklarının kent özelinde tanımlayıcı istatistiklerle belirlenmesi, kurgulanan modelin farklı özelliklerdeki kentlerde uygulanmasını kolaylaştırmaktadır.

## **PARCEL BASED 3D URBAN GROWTH MODEL (PURGOM)**

### **SUMMARY**

Urban areas are expanding horizontally and rising vertically due to the population growth. The amount and type of demand shape the form of urban growth. The biggest reason for the amount of demand can be considered as population growth and citywide planning studies. Several factors have a crucial role in determining the type of demand, such as the households' living habits, income levels, and vehicle ownership rates. Horizontal urban growth adversely affects natural areas on the urban periphery, while vertical urban growth may negatively affect the microclimate. In order to create more sustainable and livable cities, it is most effective to investigate the effect of existing urban dynamics on urban growth patterns and prevent problems before they occur. Therefore, studies aiming to estimate and model the quantity and quality of urban growth are frequently encountered in the literature.

Statistical models, agent-based models, artificial neural networks, Markov chains and cellular automata are the well-known modeling technics of urban growth. There are also models in which more than one method and technique are used together to take advantage of these techniques' strengths and reduce their weaknesses.

Cellular automata can be easily defined and applied to various urban areas. Urban interactions do not produce linear results. The cellular automata allow modeling of this reality, and work in coordination with GIS paved the way for the technique to become widespread in urban models. A typical cellular automata model contains five essential elements: Cells, the states the cells can take, time intervals, transition rules, and neighborhood. Cellular automata models are frequently utilized by integrating with other urban models. Economic models and cellular automata, Markov chains and cellular automata, artificial neural networks and cellular automata, agent-based models, and cellular automata system dynamic, and cellular automata can be used together to achieve much more realistic results.

The horizontal growth of urban areas is a commonly investigated growth type. However, 3D growth modeling is relatively new. The changes that cities experience vertically are related to the building's density and, therefore, the population density. The increase in population density causes pressure on infrastructure, especially transportation. At the same time, the insufficiency of urban facilities and green areas has become crucial. In this context, 3D change detection and 3D growth estimations models are developed. 3D growth is considered as high-rise building in most models. Although vertical growth in real life is related to floor heights, it cannot be explained only by floor height. Other factors such as building coverage areas, total construction amount, and FAR values should also be taken into consideration at the same time.

The Floor Area Ratio (FAR) is defined as the ratio of the amount of construction area on a parcel to the parcel area. FAR is one of the essential indicators for detecting and measuring 3D (three-dimensional) change. The amount and trends of change differ for each urban settlement and on its internal dynamics.

FAR is one of the most effective tools available to measure urban spatial change trends over time. It is explained as the ratio of a building's total construction area to that building's parcel area. The increase in the amount of the FAR values causes the building's construction area to increase and the building's density in the urban area to increase consequently. The decrease in the FAR means a decrease in the building density. To keep building density within certain rates concerning the size of an urban area is one of the primary duties of urban managers to form livable and sustainable urban areas at a human scale. Although there is no common consensus on the ideal ratio among scholars, this ratio will likely vary in line with each urban settlements' unique characteristics. Simultaneously, even within the same urban area, these ratios are likely to be gradual at a level that might meet the needs of various socioeconomic layers of the society.

Within the scope of the study, a parcel-based urban growth model was created in a GIS environment. It is argued that five groups of criteria, namely, proximity to the facilities in the current situation, proximity to the facilities in line with planning decisions, zoning and land-use decisions, socioeconomic structure, and built environment, are influential in the distribution of future FAR values. Criterion weights were determined by spatially and statistically analyzing the relationship between each parcel's current FAR values and the mentioned criteria. The obtained weights were evaluated with the weighted linear combination method, and the model result values were attained. Model results have been calibrated by comparing them with FAR values for 2019. In the model, changes in population, FAR values, and total construction area between 2012 and 2019 are also analyzed. The type and amount of demand assessed by analyzing occurred change between 2012 and 2019. The urban area is divided into four zones: the center, the mid-center, the middle, and the outer periphery. Change has been designated as new development and transformation. With the help of calibrated model results and demand type and quantity, probable urban growth patterns for 2030 and 2040 are estimated.

The building coverage area, number of floors, building usage, cadastral parcels, parcel ownership status, spatial zoning plan decisions, and land values data of 2012 were obtained from Saray Municipality. The building coverage area data for 2019 was created within the scope of the study with the help of Google satellite images by visual interpretation and raster digitization and field studies. Google satellite images was used to draw contours of buildings and field studies are done to define building floors. The raw data obtained were compiled using Esri's ArcMap GIS program, version 10.7, simplified, and made ready for use.

The study's spatial scope consists of cadastral parcels that could be subject to residential and commercial functions. While the FAR values occur under the influence of various criteria on these parcels, different FAR value decisions are made and implemented by the administrations according to the needs of the relevant use in public

facilities, industrial and military parcels. Therefore, existing and planned facility, industry, and military parcels are excluded from the model.

The relationship of each criterion is questioned with built-up parcels' FAR values. Current values are compared spatially and statistically according to proximity, planning decisions, natural structure, built environment, and socioeconomic variables. A total of 26 sub-criteria under five main criteria was examined. Criteria and sub-criteria that were not found to be in a significant relationship with the distribution of FAR values specific to the study area were removed from the model at the end of this stage. The level of relationship was screened by correlation analysis. If the value of correlation coefficient lower than 0.15, the related sub-criteria is removed from the model. Although the correlation coefficient of the sub-criteria primary road connection is lower than this value, it has kept for promising effect for future. Sub-criteria extracted from the model are proximity to existing industrial and green areas, proximity to proposed industrial and green areas in the plan, slope, aspect, elevation, proximity to river beds, and geological structure. However, the neighborhood was analyzed in 3 different circular neighborhood types, 50, 100, and 200 m. It was found that the 50 m neighborhood produced relatively significant results in modeling the distribution of the FAR values.

This study aims to estimate the FAR values, one of the most critical factors that shape the urban fabric, by using the relevant criteria. By taking advantage of cellular automata and GIS, cadastral parcels, which are the smallest unit where change occurs in urban space, were used in the study. Parcels with functions such as urban green areas, urban facilities, military areas, industrial areas, whose use of FAR is determined according to a particular need, are not included in the model. Similarly, the parcels owned by public authorities or whose ownership is foreseen to be taken over by the public authorities in the future in line with the zoning plan decisions are also excluded from the study. The purpose of the study is to determine the possible FAR values of the parcels that are subject to residential and commercial use.

The most important feature of the designed model is estimating the FAR values that affect the urban fabric in the whole city on a temporal and parcel scale. The difference of the proposed model from the urban growth models in the literature is that vertical growth is also taken into account as well as horizontal growth, and it aims to estimate the FAR values for all parcels. Concurrently, the model's criteria were determined and weighted by taking into account the current growth trends of the study area. This feature of the model increases the applicability for different urban areas. Model results show the possible construction area that can be located on the parcel. Model outputs are expected to guide urban planners and city managers in the decision-making process. The predicted FAR values also allow us to analyze the factors affecting microclimate, such as shadows, heat island formation, building orientation, and visibility before they occur. It is possible to predict the urban texture according to different demand scenarios by using the model results.

Household size, household income, social clustering, and other socioeconomic criteria could not be included in the model since socioeconomic variables are not spatially kept on the neighborhood scale in the study area. The results obtained from the model can be evaluated together with the FAR values of the parcels not included in the model. Land use status and decisions for all parcels and interactions between each other can be considered as possible model additions that should be discussed in future studies.



## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun yüzde 55'i 2018 yılı itibariyle kentsel alanlarda yaşamaktadır. Bu oranın 2050 yılında toplam nüfusun 2/3'ü olması beklenmektedir (Birleşmiş Milletler, 2019). Türkiye'de ise 2018 yılı itibariyle toplam nüfusun yüzde 92,3'ü kentsel alanlarda yüzde 7,7'si kırsal alanlarda yaşamaktadır. Bu oran 2000 yılında yüzde 64,9 ve yüzde 35,1 şeklindedir. Kentsel alanda yaşayan nüfusun ise yaklaşık yarısı küçük ve orta ölçekli kentsel alanlarda yaşamaktadır (TÜİK, 2018). Küçük ve orta ölçekli kent kavramı çeşitli kaynaklarca farklı tanımlanıyor olsa da (OECD, n.d.; UCLG, n.d.; United Cities and Local Governments, n.d.; Vienna University of Technology, n.d.), nüfusu 5.000 ve 250.000 arasında olan kentleri bu kategoriye dâhil etmek mümkündür (Belediye Kanunu, 2005; Giffinger et al., n.d.). Türkiye'de bu kategoride toplam 882 adet kentsel yerleşim bulunmaktadır (TÜİK, 2018). Teknolojik gelişmeler ile mal ve hizmetlere uzaktan hızlı erişim imkânının yaygınlaşması, hizmet sektörünün yoğunlukta olduğu büyük kentlerden desantralize edilen sanayi tesislerin çeperlerde bulunan küçük-orta ölçekli kentsel yerleşmelerde yer seçmesi, tarımda makineleşmenin hız kazanması ile kırsal alanlardan iş imkânlarının hülunduğu en yakın kentsel mekâna nüfus hareketleri gibi çeşitli etkenler, zaman içerisinde küçük-orta ölçekli kentsel alanların önemini arttırmıştır. Yakın gelecekte kentsel kademelenme içerisinde bu düzeydeki kentlerin nüfus değişimlerinin hız kazanması muhtemeldir. Küreselleşmeyle birlikte yerelin önem kazanması ve neoliberal kentsel dinamikler küçük-orta büyüklükteki kentlerin yönetim bakış açısını değiştirmiş ve rekabet gücünü arttırmada yeni arayışlar ortaya çıkarmıştır. Refah seviyesinin yükselmesi ile birlikte artan turizm faaliyetleri, yerel ürün ve hizmetlerin önemini arttırmış, kentlerarası rekabet hızlanmıştır. Bu bağlamda küçük-orta ölçekli kentler artan refahtan daha yüksek pay alabilmek için birbirleriyle rekabet politikaları üretmeye odaklanmıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşen bu kentleşme dinamikleri, hızlı değişimin kaçınılmaz olduğu küçük-orta büyüklükteki kentlerde planlama çalışmalarının önemini arttırmaktadır. Buna rağmen bu büyüklükteki kentlerde meydana gelen değişimler kent araştırmaları literatüründe yeterli ve gerekli düzeyde araştırma ve çalışmaya konu olamamıştır.

Türkiye nüfusunun yaklaşık yarısı küçük ve orta büyüklükteki kentlerde yaşamaktadır. Bu oranın yakın gelecekte artacağı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda küçük-orta ölçekli kentlerde meydana gelen kentsel değişimlerin tarihsel süreç içerisinde takip edilmesi, gerçekleşen değişimlerin neden ve sonuçlarının tanımlanması, mevcut kentsel dinamiklerin analiz edilmesi önemlidir. Elde edilen veriler doğrultusunda kısa, orta ve uzun vadede kentsel mekânın yatayda ve dikeyde oluşabilecek gelişme eğilimlerinin kestirilmesi, yapılaşma ve yoğunlaşma baskısı altındaki alanların tespit edilmesi, çeşitli senaryolara bağlı olarak kentsel büyüme alternatiflerinin değerlendirilmesi sorunların önceden belirlenmesini kolaylaştırabilir. Kentsel büyümenin üç boyutlu ölçülmesi ve tahmin edilmesi amacıyla kurgulanacak bir model, kent yöneticileri için mekâna dair karar vermede kolaylaştırıcı ve yönlendirici sonuçlar ortaya çıkarabilir.

### **1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı**

Bu çalışmanın amacı, kentsel mekândaki mevcut yapılaşma eğilimlerini esas alan ve ileriye dönük yapılaşma yoğunluğunun belirlenmesine yönelik tahminler yapabilen, parsel tabanlı 3 boyutlu “kentsel büyüme tahmin modeli” nin geliştirilmesidir. Geliştirilen bu modelin kent planlama sisteminde karar destek aracı olarak değerlendirilmesi beklenmektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen “Üç Boyutlu Kentsel Büyüme Tahmin Modeli” (PURGOM), nüfusu itibarıyla küçük-orta büyüklükteki yerleşme özelliği gösteren Tekirdağ iline bağlı Saray ilçesi, kent merkezi için sınanmıştır. Modelde, kentsel alanda yapılaşma değişimlerinin gerçekleştiği en küçük birim olan kadastral parseller esas alınmıştır. Üç boyutlu değişimin ölçülmesinde ve tahmin edilmesinde kat alanları katsayısı (KAKS) değerleri kullanılmıştır. Örneklem alanda 2012 yılına ait emsal (KAKS) değerlerinin o yıla ait çeşitli kriterlerle ilişkisi araştırılmıştır. Tespit edilen ilişki düzeyleri kullanılarak ilk tahmin 2019 yılı için gerçekleştirilmiştir. Bu yıl için model değerleri ve gerçek emsal değerleri karşılaştırılarak modelin doğruluğu test edilmiştir. Son aşamada kurgulanan senaryo kapsamında 2030 ve 2040 yılı için öngörüler üretilmiştir.

Bu çalışmada; kentsel büyümeye etki eden değişkenler yatayda kent makroformunda, dikeyde kentsel dokuda değerlendirilerek bütünselik bir kentsel büyüme modeli (PURGOM) üretilmiştir.

## 1.2 Hipotez

Kentsel mekânda gerçekleşen mekânsal büyüme dinamikleri doğal, yapısal, sosyo-ekonomik, yakınlık ve plan kararları başta olmak üzere çeşitli yönlendiricilerin etkisi altında gerçekleşmektedir. Bu yönlendiriciler ile geçmiş yapılaşma düzenleri arasındaki ilişkinin etki düzeyi ve niteliği istatistiksel ve mekânsal ölçümlerle analiz edilerek belirlenebilir. Belirlenen etki ağırlıkları kullanılarak ve çeşitli talepler ile mekânsal dağılım senaryoları esas alınarak gelecek yıllar için mekânsal birimler ölçeğinde olası yapılaşma miktarı tahmin edilebilir. Bu bağlamda tez kapsamında hipotezler oluşturulmuştur. Bunlar;

Hipotez I: Kentsel mekânda yapılaşma dağılımı doğal, yapısal, yakınlık, sosyo-ekonomik ve plan kararları gibi çeşitli faktörlerin etkisinde gelişmektedir.

Hipotez II: Coğrafi düzlemde her nesne birbiriyle ilişkilidir ancak yakın nesneler birbiriyle daha çok ilişkilidir prensibiyle, parsellerin çeşitli donatılara, ulaşım akslarına ve ticaret merkezlerine yakınlık durumu, gelecekte o parseldeki yapılaşma miktarını etkiler.

Hipotez II: Hücresel otomata hem yukarıdan aşağıya (talebin mekâna dağıtılması) hem de aşağıdan yukarıya (birimler arası ilişki temelinde kent bütününde sonuçlar üretmesi) doğru kullanılabilmesi ve doğrusal olmayan ilişkileri çözümleme gücü nedeniyle kentsel doku değişiminin modellenmesinde bir yöntem olarak kullanılabilir.

## 1.3 Çalışmanın Özgünlüğü ve Yaygın Etki

Eş büyüklükte hücrelerin kullanıldığı, raster veri tabanlı hücresel otomata modelleri literatürde kentsel büyüme ve arazi kullanımı değişiminin modellenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu modeller üzerindeki en önemli eleştirilerden biri gerçek kentsel mekânda kentsel büyüme ve arazi kullanım değişikliklerinin amorf mekânsal birimler temelinde oluştuğu gerçeğini gözardı etmesidir. Son yıllarda kadastral parseller, aynı özelliği gösteren amorf mekânsal birimler, arazi parçaları kentsel modellere dâhil edilmeye başlanmıştır. Kentsel doku değişikliğinin gerçekleştiği en küçük birim olan

kadastral parsellerin modelleme sürecine dâhil edilmesi, kurgulanan modellerin gerçeğe yakınlık oranını yükseltmekte ve tahmin yeteneğini arttırmaktadır. Bu tez çalışmasında, fonksiyonlar arası çekim gücü prensibine dayalı, kadastral parsellerin arazi kullanım tahmin modellemesi sürecinde kullanılabilirliği test edilmektedir

Kentsel büyüme sürecini konu edinen modeller, kentlerin temelde iki boyutlu düzlemde gerçekleştirdiği değişiklikleri araştırmakta ve tahmin etmektedir. Kentlerin yatayda büyüme kalıplarının araştırılması ve gelecek kestirimlerinin yine sadece iki boyutta gerçekleştirilmesi kentsel büyüme modellerinin tipik özelliğidir. Kentsel arazi kullanımı değişim modellerinde ise kent içi ve çeperlerinde var olan tarım alanı, kentsel yerleşik alan, yarı doğal alan ve orman alanı gibi başlıca arazi kullanımları arası ilişkiler sorgulanmaktadır. Birçok arazi kullanımı değişim modeli ise doğal ve yarı doğal alanların kentsel alana dönüşme sürecini incelemektedir. Gerçek kentsel dinamikler içinde kentlerin büyümesi sadece yatayda doğal ve yarı doğal alanlara doğru olmamakta, dikeyde kat adedi ve yapı taban alanlarının artışı ile kentler yoğunlaşmaktadır. Bu durum kentsel büyüme modellerinde eleştiri konusu olan bir diğer önemli unsurdur. Kentsel mekân, kent çeperinde yeni gelişme alanlarının açılması ile doğal ve yarı doğal alanlar üzerine büyümektedir. Bu büyüme kentin dinamikleri uyarınca mevcut kentsel alana bitişik, bir ulaşım güzergâhı boyunca, bir alt merkez çevresinde ya da saçaklanarak gerçekleşebilmektedir. Bununla birlikte kent içinde var olan boş alanların zaman içerisinde yapılaşması, kentsel büyüme sürecinin bir parçasıdır. Mevcutta var olan düşük katlı ve düşük taban alanı kullanımlı yapıların yıkılarak yerine yüksek kat adedi ve yüksek taban alanı kullanımlı yapılar inşa edilmektedir. Kentsel büyüme modellerinde sıklıkla göz ardı edilen bu durum, kentsel mekânda yapı yoğunluğunun ve dolayısıyla nüfus ve kullanım yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Artan yapı yoğunluğu kentsel dokunun rüzgâr, güneşlenme, kentsel ısı adası gibi mikro iklim özellikleri üzerinde olumsuz etki yaratırken, artan nüfus ve kullanım yoğunluğu ise kentsel altyapı ve kentsel donatılar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Kent merkezlerinde donatılara erişim olanaklarının zayıflamakta, trafik sıkışıklığı ve çeşitli altyapı sorunları ortaya çıkmaktadır. Kentin karşılaşması muhtemel sorunları gerçekleşmeden öngörüp, karar vericilere proaktif politikalar üretme imkânı sağlamayı amaç edinen kentsel büyüme modelleri bu gerçeği gerekli ölçüde değerlendirmemektedir. Yukarıda tarif edilen amaca ek olarak, bu tez

çalışmasında geliştirilen PURGOM Modeli ile literatürdeki “kentlerde üç boyutlu büyümenin tahmin edilmesi” eksikliğini giderilmesine katkı sunulması amaçlanmıştır.

Kent çalışmalarında büyük ölçekli kentsel mekânlar, metropoliten alanlar araştırmacılar tarafından sıklıkla araştırma konusu olarak tercih edilirken küçük ve orta ölçekli kentler görece daha az çalışmaya konu olmaktadır. Kentsel büyüme modellerinde de benzer bir durum vardır. Kentsel büyüme modellerinin çok düşük bir miktarı küçük-orta ölçekli kentsel alanlar için gerçekleşmesi muhtemel sorunları tespit etmeyi ve gelecek öngörülerini ortaya koymayı amaç edinmiştir. Büyük kentlerdeki sanayi tesislerinin kent dışına çıkması, teknolojik gelişmeler, neoliberal kentleşme politikaları küçük ve orta ölçekli kentlerin önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Bununla birlikte küçük ve orta ölçekli kent sayısı büyük ölçekli kentlere göre sayıca üstündür. Planlama ve kent yönetimi konusunda yetişmiş insan sermayesinin görece düşük olduğu küçük ve orta büyüklükteki kentsel alanlar için karar vericileri yönlendirecek kentsel modellerin üretilmesi bir gerekliliktir. Tez çalışması kapsamında kurgulanan modelin sınama alanı olarak küçük ve orta ölçekli bir kentin seçilmesi bu amaç doğrultusunda gerçekleşmiştir.

Tez çalışması ile özellikle küçük ve orta büyüklükteki kentsel mekânlar için, kentsel doku değişikliklerinin gerçekleştiği en küçük birim olan kadastral parseller temelinde, hücresel otomata işletim sistemi bir araç olarak kullanılarak kentsel büyümenin üç boyutlu olarak izlenmesi ve gelecek kestirimlerinin yapılması amaçlanmıştır. Kurgulanan model ile kent yöneticilerine ve kent plancılarına karar destek aracı üretilmiştir. Model kentin geçmiş büyüme kalıplarını esas alan bir gelecek simülasyonu öngörüsü yapmaktadır. Bununla birlikte geliştirilen modelde, nüfusun sosyo-ekonomik özellikleri dikkate alınarak öngörülen talep türü ve miktarına göre çeşitli senaryolar üretilmesine ve sonuçlarının izlenmesine olanak sağlamaktadır. Modelin senaryo tabanlı kentsel büyüme simülasyonu gerçekleştirilmesine imkân tanınması, ilgililerin karar ve politikalarının mekân üzerindeki etkilerinin kestirimine ve en iyi alternatiflerin tercih edilmesine katkı sağlayacaktır. Kurgulanan parsel tabanlı üç boyutlu kentsel büyüme modeli, mekânsal planların yapım aşamasında plan müellifleri tarafından kentsel büyüme analiz aracı olarak kullanılabileceği gibi, muhtemel plan kararlarının mekân üzerindeki yansımalarını izlemek için de değerlendirilebilir.

Tez kapsamında geliştirilen modelin küçük ve orta ölçekli yerleşmelerde kentsel planlama çalışmalarına yönlendirici nitelikte katkı yapması hedeflenmiştir. PURGOM Modeli ile kentlerin planlanması aşamasında, kentsel mekânın biçimlenmesine etki eden unsurlar saptanarak müdahale alanları netleşebilecek ve olası istenmeyen mekânsal yapılar gerçekleşmeden çözüme yönelik politikalar üretilebilecektir. Bunun yanı sıra model kente ilişkin büyük ölçekli yatırım ve plan kararlarının doğurabileceği sonuçları önceden kestirmede yerel idarelere, kamu kurum ve kuruluşlarına yol gösterici bir araç olarak kullanılabilecektir.

#### 1.4 Çalışma Akışı

Tezin giriş bölümünde tez çalışması için seçilen konunun ve çalışma alanının önemi, çalışmanın temel amacı, kapsamı, hipotezleri ve çalışmanın özgünlüğü ve yaygın etkisi açıklanmıştır.

Giriş bölümünden sonraki ilk bölümde tarihsel süreç içerisinde kentsel büyüme kavramı tanımlanmaktadır. Kentsel büyümeye etki eden aktörler ve kentsel büyüme talebinin oluşması ve mekâna yansıma süreci açıklanmaktadır. Kentsel büyüme sürecinde modellenmenin önemi ve literatürde geliştirilen ve sıklıkla kullanılan kentsel büyüme modelleri ana hatlarıyla tanımlanmakta, hücresel otomata modeli ise detaylandırılmaktadır. Aynı zamanda kentsel büyüme modellerinin tahmin yeteneğinin güçlendirilmesi ve uygulanabilirliğinin artırılması için başvurulan yardımcı yöntem ve tekniklere değinilmektedir. Çalışma kapsamında yapılaşmayı yönlendiren kriterler, alt kriterler ve alt kriterlerin kırılımları literatürde yer alan kentsel büyüme modelleri ve uzman görüşmelerine dayalı tespit edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, tez kapsamında seçilen yöntemler doğrultusunda geliştirilen PURGOM Modelinin kurgusu ifade edilmiştir. Model kurgusunda hücresel otomatanın özellikleri, düzensiz kadastral parseller temelinde kullanılmış ve çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılmıştır. Model sürecinde kriter ağırlıklarının belirlenmesi için mekansal ve istatistiksel analizler, modelin uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesi bir coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olan ArcGIS ArcMap programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Değişkenler ve yapılı çevre arasındaki ilişkinin araştırılmasında istatistiksel analiz programı olan SPSS

kullanılmıştır. Model sonuçları ArcGIS ArcScene programı yardımıyla 3 boyutlu olarak görselleştirilmiştir.

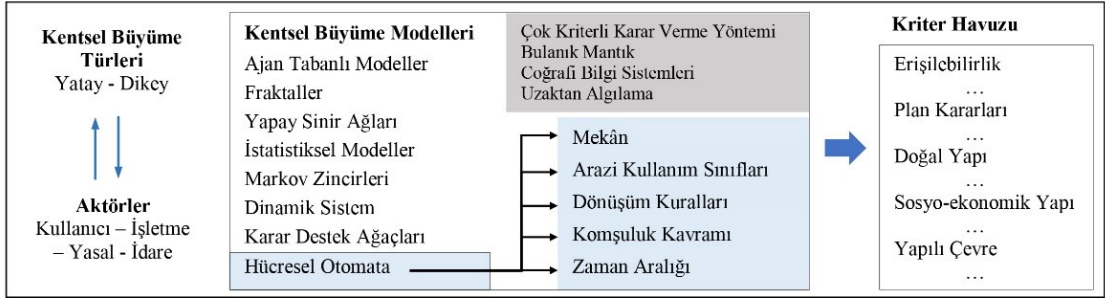
Çalışmanın dördüncü bölümü kurgulanan model sonucunda elde edilen sonuçların tartışıldığı bölümdür. Bu bölümde geliştirilen üç boyutlu kentsel büyüme modelinin özgünlüğü, gücü ve geliştirilmeye açık yönleri tartışılmıştır. Modelin olası geliştirmeleri üzerinde yorumlar yapılmıştır. Aynı zamanda üretilen modelin farklı özelliklerdeki kentsel yerleşmelerde kullanılabiliirliği vurgulanmıştır.

Son bölümde tez kapsamında izlenen süreç özetlenmiştir. Modelde kullanılan yöntem ve tekniklerin seçilme nedenleri, kriterlerin, alt kriterlerin ve kırılma noktalarının ve bunlara ait katsayı ve ağırlıkların belirlenmesi süreci açıklanmıştır. Üretilen modelin sonuçları ve senaryolar yorumlanmıştır. Bu bölümde giriş bölümünde verilen hipotezlerin doğruluğu test edilmiş, tez kapsamında üretilen modelin muhtemel kullanım alanları değerlendirilmiştir. Şekil 1.1. tez çalışmasının akışını özetlemektedir.

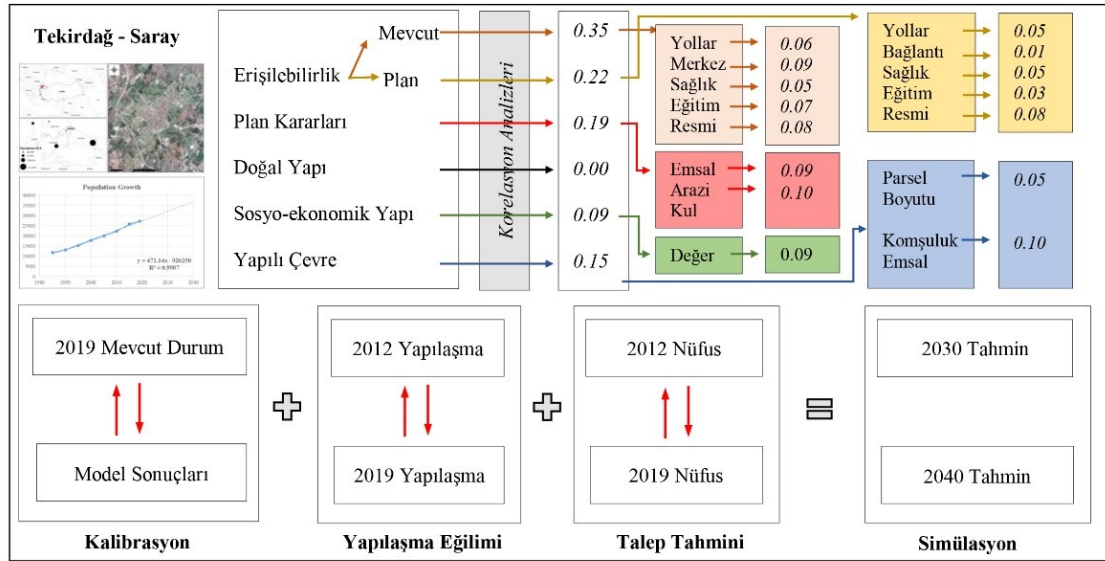
## GİRİŞ

|                     |                                                                                       |                                                                         |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Önem:</b>        | Proaktif politikalar üretilmesi                                                       | Talebin miktarı ve türü kentsel büyümeyi etkiler                        |
| <b>Amaç:</b>        | Üç boyutlu kentsel büyüme modeli üretmek                                              | Farklı kriterler farklı etkiye sahiptir                                 |
| <b>Hipotez:</b>     | Doğal, yapısal, sosyo-ekonomik, yakınlık ve plan kararları kentsel dokuyu yönlendirir | Geçmiş kentsel büyüme eğilimleri gelecek modellenmesinde kullanılabilir |
| <b>Özgünlük:</b>    | Üç boyutlu parsel tabanlı kentsel büyüme modeli                                       | Plan kararları mckânı yönlendiren tek unsur değildir                    |
| <b>Yaygın Etki:</b> | Planlama süreci karar destek aracı                                                    | HO ve CBS kent modellerinde kullanışlıdır                               |

## LİTERATÜR ARAŞTIRMASI



## ÖRNEKLEM ALAN UYGULAMASI



## TARTIŞMA VE SONUÇ

|                                                                                                                                                                                                              |                       |                  |                  |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Emsallerin Tahmin Edilmesi                                                                                                                                                                                   | Yatay ve Dikey Büyüme | Uygulanabilirlik | Parsel Kullanımı | Anlaşılabilirlik |
| Güçlü Zamansal Veri                                                                                                                                                                                          | Tüm Arazi Kullanımı   | Yazılım          | Parsel Bölümleme | Talep Tahmini    |
| Çalışma kapsamında üretilen tüm hipotezlerin doğruluğu test edilmiştir. Çalışmanın amacına uygun olarak yapılaşma düzeyi planlama çalışmalarında kullanılabilecek güçlü bir karar destek aracı üretilmiştir. |                       |                  |                  |                  |

Şekil 1.1 : Çalışmada izlenen süreç.

## 2. KENTSEL BÜYÜME KAVRAMI VE KENTSEL BÜYÜME MODELLERİ

Bu bölümde ilk kentsel yerleşmelerden itibaren kentsel büyüme sürecinin evrimi, bugünün kentlerinde kentsel mekân talebini nicelik ve nitelik bakımından etkileyen unsurlar, kentsel büyümeye etki eden aktörler ve aktörler arası ilişkiler açıklanmaktadır. Bununla beraber 20.yy'ın ilk yarısından itibaren geliştirilen kentsel büyüme modelleri incelenmekte ve son dönemlerde kentsel büyüme literatüründe sıklıkla kullanılan hücresel otomata yöntemi ise detaylı olarak irdelenmektedir.

### 2.1 Kentsel Büyüme

Tarihsel süreç içerisinde avcı-toplayıcı toplumdan tarım toplumuna geçiş insanların yerleşik hayata geçişinin en önemli nedenidir. Tarihte ilk kentler verimli tarım topraklarına yakın konumlarda kurulmuştur. İnsanların bir araya geldiği tarım kentlerinde tarımsal faaliyetlerde gerçekleşen artış ihtiyaç fazlası ürün üretilmesine ve bu ürünün depolanarak ticaretin başlamasına olanak sağlamıştır. Ticaretin gelişmesi, güvenlik ihtiyaçları, doğal nüfus artışı tarım kentlerinin zaman içerisinde cazibesini artırarak büyümesine neden olmuştur. Nüfus artışıyla birlikte sosyal hayatta ortaya çıkan değişimler, kentlerin ilgi merkezleri haline gelmesini desteklemiştir.

Tarihte ilk kentler bereketli hilal diye adlandırılan Fırat ve Dicle Nehirleri havzalarında ortaya çıkmıştır. Birlikte yaşama kültürünün gelişmesi toplumda kurumsallaşmaya ve hukuk kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Kentlerin sunduğu kurumsallık ve korunma altyapısı kent nüfuslarının süreç içerisinde artmasını sağlamıştır.

Kentsel alanlarda nüfus artışıyla birlikte kent mekânı değişikliğe uğramaya başlamıştır. Kentin bulunduğu iklimin özellikleri, güvenlik kaygısı, kurumsal yapılanma içinde güç odaklarının oluşması, dini inanışlar, topografik yapı özellikleri ilk kentlerin kentsel dokularını biçimlendirmiştir. Yapı inşaat malzemelerinin

farklılaşması ve inşa tekniklerinin gelişmesiyle kentlerin formları ve biçimlenişlerinde yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Güvenlik kaygılarının öncelikli olduğu ilk yerleşmeler, korunabilirliği daha etkin hale getirebilmek için kompakt biçimde gelişmiştir. Bu dönemde kent, dıştan gelebilecek saldırılardan korunmak için yüksek duvarlarla çevrilmiştir. Özellikle henüz bölgesel bir otoritenin olmadığı, şehir devletleri dönemindeki kentlerde, kentsel mekândan tasarruf edebilmek için yapılar birbirine olabildiğince yakın konumlanmıştır.

Koruyucu sur içinde gelişen kentsel yapılanma, devlet mekanizmalarının gelişmesi ve bölgesel güç odaklarının ortaya çıkması sonucunda değişikliğe uğramıştır. Artan nüfusla birlikte mevcut kentler sur dışına taşmış ve yatayda genişlemiştir. Ticaret hayatının önem kazanması ve ticaret yollarının belirginleşmesi, bu güzergâhlar üzerinde yeni kentlerin kurulmasına sebep olmuştur.

Sanayi devrimiyle birlikte tarım toplumundan sanayi toplumuna doğru evrilen yaşam, kentler üzerinde devrimsel nitelikte değişikliklere yol açmıştır. Sanayi faaliyetleri için gerekli ucuz ve yoğun iş gücüne sahip kentsel alanlar büyük ölçekli sanayi tesislerinin yer seçiminde etkili rol oynamıştır. Aynı zamanda kentsel alanda yer seçen sanayi faaliyetleri bu tesislerde çalışacak yeni iş gücünü de kentlere çekmiştir. Sanayi devrimiyle birlikte kentlerin nüfus artış hızlarında belirgin bir artış görülmüştür. Tarihsel süreçte var oluşu itibariyle belirli nüfus eşiklerini aşmamış kentsel alanlarda sanayi devrimiyle birlikte kapasitenin üzerinde nüfus barındırmaya başlamıştır. Kırsal alandan kentlere artan göç, kentlerin yatayda genişlemesine ve yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Bu dönemde hem nüfus artışıyla hem de sanayileşmeyle birlikte kentlerde artan sağlık problemleri kentsel doku üzerinde yeni arayışlara neden olmuştur.

Sanayileşme sonrası dönemde kentlerde yaşam kalitesinin artırılması için sanayi faaliyetlerinin kent çeperine desantralizasyonu gerçekleşmeye başlamıştır. Sanayi faaliyetlerinin desantralizasyonu sonrasında kent merkezlerinde büyük boş alanlar ortaya çıkarken, kent çeperinde ise yeni çekim alanları oluşmuştur. Kent merkezinde sanayiden boşalan alanlar bazı kentlerde açık alan olarak değerlendirilirken bazı kentlerde ise bu mümkün olamamıştır. Özellikle planlama kültürü gelişmemiş, kurumsal yapılanması henüz tamamlanmamış, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde bu alanlar büyük ölçekli inşaat projelerinin yer seçtiği alanlar haline gelmiştir.

Kent merkezinden desantralize edilen sanayi alanları, kent çeperinde orman, tarım gibi doğal ve yarı doğal alanların yapılaşmaya açılmasına neden olmuştur. İstihdam olanakları ile ön plana çıkan kentlerde, kırdan kente göç eden nüfus kent çeperlerinde düzensiz yapılaşma talebini arttıran unsur olmuştur. Ekonomik gücü yetersiz, kaliteli kentsel yaşam şartlarına maddi imkânları yetersiz olan nüfusun barınma ihtiyacı, kamu otoritelerinin sorunla başa çıkamaması, sanayi alanlarının kent çeperine taşınması gibi çok farklı nedenlerle kentler yatayda genişlemiştir.

Yukarıda açıklanan kentsel gelişme eğilimleri birçok kentte benzerlik gösterse de farklı coğrafyalardaki kentlerde farklı büyüme biçimlenmeleri ortaya çıkmıştır. Avrupa ve Kuzey Amerika kentleri gelişmiş ülkeler arasında yer alsalar da birbirinden çok farklı mekânsal dinamikler ve kentsel büyüme süreçleri söz konusudur. Bu durum Çin, Hindistan, Rusya, Afrika kentleri için de birbirinden tamamen farklı olabilmektedir. Her kentin tarihsel süreç içerisindeki büyüme kalıpları ve türleri birbirinden farklı ayrıntılar içermektedir.

Her kent kendi iç, bölgesel veya ülkesel dinamikleri sonucunda çeşitli kentsel büyüme süreçlerine konu olmaktadır. Kırsal alanlardan kente yönelen göç hareketleri ve kentlerdeki doğurganlığa bağlı hızlı nüfus artışı kentsel büyümenin en önemli nedenlerindendir. Nüfus kentsel mekân üzerindeki talep miktarını şekillendiren en önemli unsurdur. Talebin miktarı aynı zamanda nüfusun yapısıyla ve özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Kentsel mekân üzerinde oluşan talebi, miktar ve tür olarak iki başlıkta değerlendirmek mümkündür. Her ne kadar bu iki özelliği birbirinden kesin sınırlarla ayırmak mümkün olmasa da alt başlıklara ayırmak talebin yapısını daha iyi ifade edebilmek için önemlidir (Şekil 2.1).

Kişi başına düşen kentsel alan ya da kişi başına düşen inşaat alanı, talebin miktar özelliği olarak tanımlanabilir. Talep miktarının en önemli etkileyicisi nüfus ve nüfus artış hızıdır. Nüfus arttıkça kentsel alanların yatayda veya dikeyde büyüme talebi miktarı da artmaktadır. Bununla birlikte hane halkı gelir durumu, hane halkı büyüklüğü, araç sahiplilik oranı, nüfusun yaşam alışkanlıkları vb. etkenler de talep miktarını etkilemektedir. Aynı miktar nüfus, büyük hane halkı özelliğine sahip nüfus dinamiklerinde daha az talep miktarı oluştururken hane halkı sayısının küçük olduğu nüfus dinamiklerinde daha fazla talep oluşturabilmektedir. Benzer şekilde hane halkının gelir durumu arttıkça kişi başına düşen kentsel alan miktarı ve/veya inşaat alanı miktarı da artmaktadır. Hane halkı gelir durumunun artması ikinci konut

sahipliliğın de artmasına neden olabilmektedir. Özel araç sahipliği, nüfusun hareket yeteneğini arttırmakta ve kentsel mekânın yatayda büyümesine neden olmaktadır. Kamu otoritelerinin kentsel mekân üzerindeki tasarrufları, ülke ve bölgesel planlama kararları ve politikaları da kentsel mekân üzerindeki talep miktarını yönlendirebilmektedir. Plan kararlarıyla önerilen nüfus artışı, yeni eğitim, sanayi, turizm vb. yatırımları ile kentin çekim gücünün artırılması, kent nüfusunun büyümesine ve dolayısıyla talebin artmasına etki etmektedir.

Kent üzerinde oluşan talebin türü kentin yatayda veya dikeyde büyümesinde yönlendiricidir. Örneğin hane halkı gelir durumu arttıkça kentlerin yatayda büyüyeceği öngörülebılır; bununla birlikte araç sahiplilik oranının artması, hane halkının hareket yeteneğini arttıracığından kentsel yayılmaya ya da saçaklanmaya sebep olabilir. Benzer şekilde hane halkı büyüklüğü talebin türü üzerinde de etkilidir; ancak bu sosyo-ekonomik değişkenler, talep türünü tek bir yönde etkilememektedir. Örneğin gelir durumu yüksek ailelerin bir kısmı kent çeperinde yatay yapılaşmayı tercih ederken, bir diğer kısmı ise kentin belli bir bölgesinde ve kent merkezinde yüksek katlı yapılaşmayı ya da arazi fiyatlarının yüksek olduğu kent bölgelerinde düşük katlı yapılaşmayı tercih edebilir. Bu durumda kentlilerin mevcut yapılaşma eğilimlerini irdelemek, analiz etmek büyüme tahminlerinin yapılabilmesi için önemlidir. Kentlilerin mevcut yapılaşma eğilimleri kentsel dokunun mevcut durumu hakkında bilgi verirken gelecek büyüme kalıpları hakkında da ipucu verecektir.

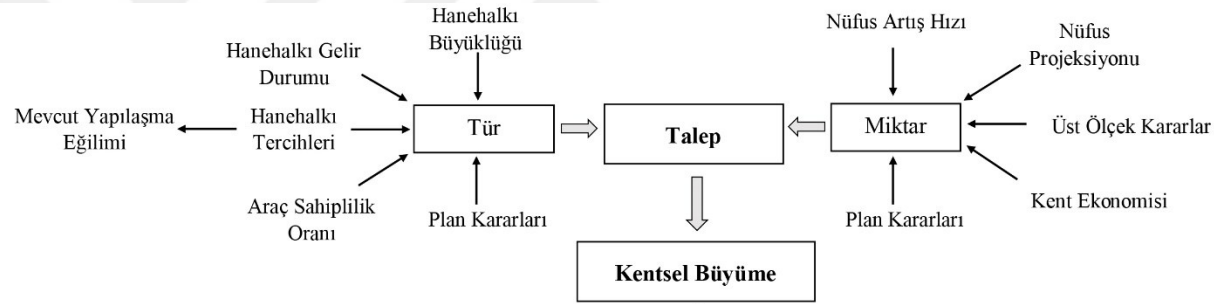
Hanehalkının sosyo-ekonomik yapısıyla birlikte mekânı yönlendiren plan kararları da talep türünü doğrudan etkilemektedir. Yapılaşmayı yönlendiren planların öngördüğü yapılaşma düzeni, ideal kentsel sistemde, kentsel dokuyu şekillendiren en önemli unsurlardan biridir. Ancak özellikle gelişmekte olan ülkelerde planlama sisteminin kurumsallaşmaması ve üretilen planların uygulanmasındaki zorluklar, plan kararlarının tek başına kentsel mekânın biçimlenmesinde etkili olamadığını göstermektedir. Kentsel mekân üzerindeki mevcut talep miktarı ve türü doğru analiz edilemeyen planlama çalışmaları, kentsel dokuyu biçimlendirmekte yetersiz kalmaktadır. Süreç içerisinde var olan plan, çoğu kez yapılaşma baskısı altında değişikliğe uğramakta ya da hiç uygulanamamaktadır. Durum böyle olsa da çoğu kentsel alanda planlama çalışmalarının mekânsal öngörülerini o kentsel alanın talep türü üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Kentsel mekân üzerinde artan taleple orantılı olarak kentler yatayda genişlemekte ve dikeyde yükselmektedir. Bununla birlikte kentsel dokuyu oluşturan doluluk-boşluk oranları, yapılaşma ve inşaat alanı miktarları talep kaynaklı olarak kentsel mekânda çeşitli değişkenlerin etkisiyle biçimlenmektedir. Bir diğer ifade ile kentsel mekân üzerinde oluşan talebin miktar ve türü kentsel mekânda çeşitli kıstaslar etkisinde yer seçmektedir.

Kentsel mekân üzerinde oluşan talebin mekânsal dağılımını şekillendiren kriterleri beş ana başlık altında detaylandırmak mümkündür. Bunlar;

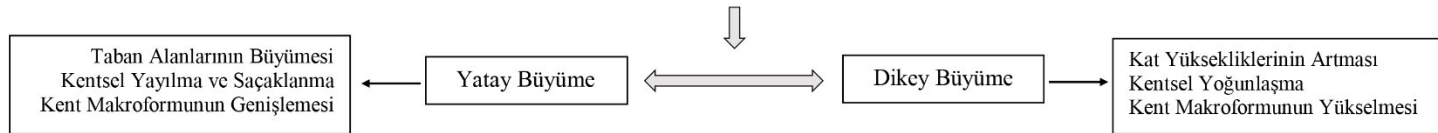
- Erişilebilirlik ya da yakınlık,
- Plan kararları,
- Doğal çevre unsurları,
- Sosyo-ekonomik çevre
- Mevcut yapılı çevre

Olarak tanımlanabilir. Kentsel mekân üzerinde oluşan talep bu kriterler bağlamında mekânda konumlanmaktadır. En temel yaklaşımla erişilebilirliği yüksek olan, ilgili planın yüksek oranda yapılaşma öngördüğü, doğal yapı açısında sorun barındırmayan, çevresinde yüksek oranda yapılaşmanın olduğu kent bölgeleri, kullanıcıların ve kentin sosyo-ekonomik özellikleri nedeniyle daha yüksek talep görecektir. Bu genel kabule rağmen çalışma yapılan kent özelinde mevcut durum yapılaşma eğilimleri ve sosyo-ekonomik yapıya dair özellikler, talebin dağılımını farklı açılardan etkileyebilir. Bu konuyu çözümleyebilmek için kent özelinde istatistiki ve mekânsal analizlerin yapılması gereklidir. Kentsel mekânda talep ve mevcut yapılaşma eğilimleri yukarıda tanımlanan kriterlerle ilişkisi içerisinde şekillenir. Bu şekillenme; bina taban alanlarının büyümesi, kentsel saçaklanma, kentsel yayılma ya da kent makroformunun genişlemesi olarak tanımlanabilecek yatay büyüme ya da kat yüksekliklerinin artması, kentsel yoğunlaşma ya da kent makroformunun yükselmesi olarak tanımlanabilecek dikey büyüme olarak gerçekleşebilir (Şekil 2.1).



*Kentsel Büyüme Talebinin Mekânda Dağılımı Etkileyen Kriterler*

| Erişilebilirlik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Plan Kararları                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Doğal Yapı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Sosyo-Ekonomik Yapı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Yapılı Çevre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ulaşım güzergâhlarına (karayolu, denizyolu, demiryolu, toplu taşıma vb. ) yakınlık</p> <p>Kentsel donatılara (eğitim, sağlık, dini, resmi, spor, kültür tesisleri vb. ) yakınlık</p> <p>Kent Merkezine ve Alt Merkezlere yakınlık</p> <p>Ticaret alanlarına yakınlık</p> <p>Çalışma alanlarına (sanayi, hizmetler vb. yakınlık)</p> <p>Su yüzeyleri, manzara noktaları ve cazibe alanlarına yakınlık</p> <p>...</p> | <p>Yoğunluk kararları</p> <p>Yapılaşma düzeni ve miktarı kararları</p> <p>Arazi kullanım kararları</p> <p>Kent içi karayolu kademelenme ve genişlik kararları</p> <p>Gelişme alanı kararları</p> <p>Koruma alanları</p> <p>Tevhid ve ifraz şartları</p> <p>En az ve en çok parsel cephesi kararları</p> <p>Üst ölçek plan kararları</p> | <p>Yükselti, eğim yönelme durumu</p> <p>Su toplama çizgileri ve akarsulara yakınlık</p> <p>Jeolojik yapı</p> <p>Doğal afetlerden kaynaklanan riskler (heyelan, taşkın, deprem vb.)</p> <p>Yer altı su seviyesi</p> <p>Toprak türü</p> <p>Arazi kullanımı (tarım, orman, mera, su yüzeyi vb.)</p> <p>Mikro ve makro iklim özellikleri (sıcaklık, yağış, rüzgâr vb.)</p> | <p>Hanehalkı büyüklüğü</p> <p>Hanehalkı gelir durumu</p> <p>Eğitim durumu</p> <p>Yaş dağılımı</p> <p>Araç sahiplilik oranı</p> <p>Konut ve ikinci konut sahipliliği</p> <p>Ulaşım türü kullanma alışkanlıkları (toplu taşıma, yaya, bisiklet, özel araç)</p> <p>Emlak fiyatları ve kira getirisi</p> <p>Gayrimenkul yatırım alışkanlıkları</p> | <p>Seyahat harcamaları</p> <p>Meslek grupları dağılımı</p> <p>İstihdam olanakları</p> <p>İş gücü sektörel dağılım durumu</p> <p>Sosyal kümelenme alışkanlıkları (hemşehri, sosyal statü, ırk, dil, din vb.)</p> <p>Yaşam alışkanlıkları</p> <p>Boş zaman aktiviteleri</p> <p>Banka kredileri</p> <p>Aile yapısı</p> <p>...</p> | <p>Mevcut durum yapılaşma yoğunlukları (TAKS, KAKS, kat yükseklikleri)</p> <p>Parsel büyüklüğü, şekli ve kullanım oranları</p> <p>Tarihi merkez, sit alanları ve geleneksel doku durumu</p> <p>Mevcut yol genişlikleri</p> <p>Mevcut yapılaşma eğilimleri (kentsel yayılma, kompakt yerleşme, saçaklanma vb.)</p> <p>...</p> |



**Şekil 2.1 : Kentsel büyüme süreci.**

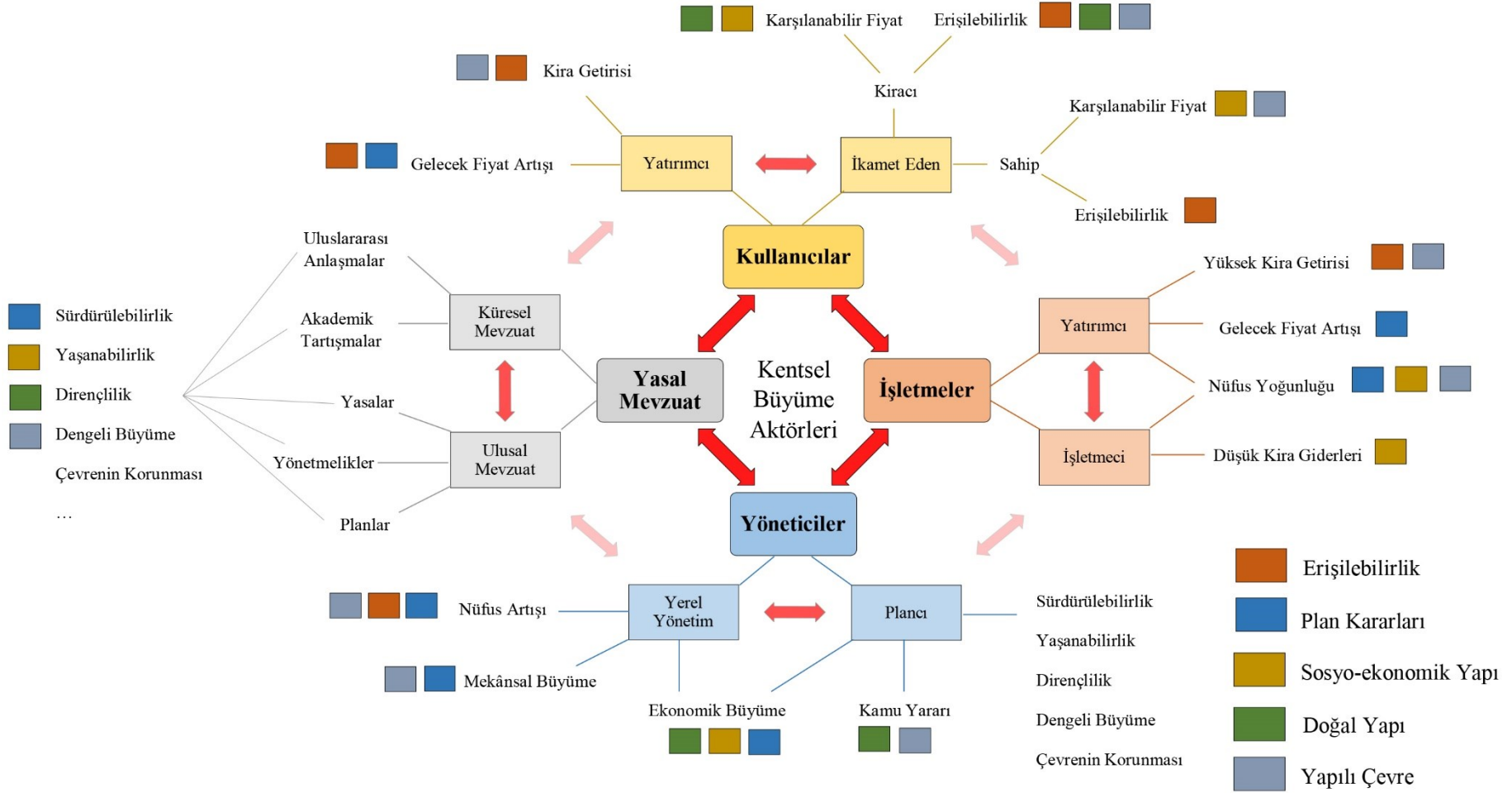
Kentsel büyüme sürecinde kentsel mekânda gerçekleşen değişiklikler, mekânsal olarak karmaşık ilişkiler barındırdığı gibi zamansal olarak da karmaşıktır. Bunun en temel nedeni kent mekânının şekillenme sürecinde yer alan aktörlerin zamansal olarak dinamik bir yapı içerisinde birbirleriyle etkileşim halinde olmasıdır. Çok çeşitli aktörlerin bir arada olduğu kent mekânları bu aktörlerin karşılıklı rekabeti, sinerjisi ya da tepkileşmesi ile değişikliğe uğramaktadır. Her aktörün kaygıları ve istekleri birbirine göre farklı olabildiği gibi, zaman içerisinde evrilerek başka bir forma da dönüşebilir.

Şekil 2.2’de orta ölçekli bir kentsel alanda var olan önemli aktörler ve aktörler arasındaki etkileşim açıklanmıştır. Buna göre kentsel alanda temelde konut alanlarını kullanan kullanıcılar, ticaret alanlarını kullanan işletmeler, tüm kentsel mekân üzerinde söz sahibi olabilen kamu idareleri ve plancılar, işletmeleri, konut kullanıcılarını ve kamu idarelerini yönlendiren yasal mevzuat olmak üzere dört ana aktörün varlığından söz edilebilir. Bu aktörleri kendi içinde de çeşitli alt gruplara ayırmak mümkündür. Örneğin konut alanlarını kullananlar; ikamet edenler ve yatırım amacı güdenler olmak üzere ikiye ayrılabilirken, işletmeler; yatırımcı ve işletmecisi olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Kamu idareleri ise ülke, bölge veya kent ölçeğinde söz sahibi aktörler olarak ayrıştırılabileceği gibi yerelde yerel yönetim organları ve şehir plancısı, sosyolog, mimar vb. teknik personel olarak da gruplandırılabilir. Kentsel mekânı yönlendiren yasal mevzuat; ülke politikaları, kanunlar, yönetmelikler ve anayasal düzenlemeler ile küresel ölçekte kentsel mekânlar üzerinde taraf olunan anlaşmalar olabilir. Bunun yanında tüm dünyada kabul gören sürdürülebilirlik, yaşanabilirlik, kentsel direçlilik, çevrenin korunması, dengeli büyüme vb. politikalar da küresel yönlendiriciler olarak ele alınabilir. Farklı farklı meslek grupları, uzmanlık alanları, sosyo-ekonomik özellikler barındıran kentsel mekân çok farklı aktörlerin etkileşimi içindedir. Sivil toplum kuruluşları, dernekler, hemşehri grupları, siyasi partiler kentsel mekânı etkileyen diğer aktörler arasında sayılabilir.

Kentsel mekân değişimlerinde söz sahibi her aktörün davranış kalıpları ve istekleri zamana ve mekâna göre değişiklik gösterebilir. Ancak temelde çeşitli kabuller yapmak mümkündür. Örneğin kentsel mekânda ikamet edenler en az maliyetle, erişilebilirliği yüksek, doğal unsurlar bakımından sorunsuz kent bölgelerinde yaşamak ister. Yatırımcılar ise zaman içerisinde değer kazanacak kent bölgelerini tercih etme

eğilimindedir. Şehir plancıları ve kent yöneticileri uluslararası ve ulusal yasal mevzuat çerçevesinde tüm kent için ekonomik büyüme ve kamu yararı yönlendiricilerine bağlı hareket eder. Küresel ve ulusal mevzuatlarda ise daha yaşanabilir, sürdürülebilir ve dirençli kentsel mekânların gelişmesi öngörülür. Aktörler ve isteklerini detaylandırmak, çeşitlendirmek mümkündür (Şekil 2.2).

Kentsel mekânda söz sahibi aktörler zaman zaman benzer amaçları ilke edinirken bazen farklı amaçlar doğrultusunda birbirleriyle çatışır. Kent yöneticileri bazen kentin ekonomik, demografik ve mekânsal büyümesini en önemli amaç olarak görürken şehir plancıları dengeli ve sürdürülebilir gelişmeyi amaç edinebilir. Benzer şekilde işletmeler erişilebilirliği yüksek, yatırım maliyetinin düşük, nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu kentsel mekânları tercih ederken, ikamet edenler kent çeperlerini tercih etme eğiliminde olabilir. Aktörler arası etkileşim, her aktörün alacağı kararlara bağlı olarak zamansal ve mekânsal olarak değişiklik gösterebilir. Zamansal olarak bazı aktörler belli dönemlerde mekânı diğerlerine göre daha çok etkileyebilir.



Şekil 2.2 : Kentsel büyümeyi yönlendiren aktörler ve ilişkiler.

## 2.2 Kentsel Büyüme Modelleri

Kentler başta nüfus artışı olmak üzere, arazi fiyatları, hane halkı sayısı, hane halkı gelir durumu, araç sahipliği oranı gibi kentsel mekân talebini şekillendiren çeşitli etkenlere bağlı olarak sürekli değişim içerisinde. Aynı zamanda kentin nüfus büyüklüğü ve yıllara göre nüfus artış hızı, kent dışından kente göç, kentin sahip olduğu turizm ve eğitim potansiyeli, büyük ölçekli sanayi yatırımları veya planları, çevre kentlerle ilişki düzeyi, ulaşım bağlantıları gibi birçok unsur kentsel alandaki yapılaşma talebini şekillendirmektedir. Kentsel mekân üzerinde oluşan talebe bağlı olarak kent makroformunun değişimi büyük oranda kentlerin yatayda büyümesi ve dikeyde yüksek katlı yapılaşması şeklinde gerçekleşmektedir. Kentsel mekânda talep miktarına bağlı değişim gerçekleşirken kentin özgün nitelikleri bu talebin mekânsal yapılanmasını yönlendirmektedir.

Kent üzerinde meydana gelebilecek değişiklikleri önceden tahmin etmek ve olumsuz sonuçlar doğurabilecek gelişmeleri gerçekleşmeden bertaraf etmek, kentsel planlama bağlamında en etkin yaklaşımlardan biridir. Bu doğrultuda akademik literatürde kentsel mekân değişikliklerine ilişkin modeller sıkça yer almaktadır (M. Batty et al., 1999). Kentlere ilişkin önceki eğilimlerin tespiti ve gelecek yıllar için tahmin üreten modeller, kentsel modeller olarak tanımlanabilir.

Kentsel modellerde, kentlerin mekânsal büyümesinin kestirimi (Fulong Wu, 2002), kent içinde gerçekleşen arazi kullanım değişikliklerinin tahmini (K. C. Clarke et al., 1997; Silva & Clarke, 2002), ulaşım-arazi kullanım etkileşiminin ön görülmesi (Yaolin Liu et al., 2015), yapılacak yatırımların ve mekânsal kararların doğuracağı sonuçların tespiti gibi çok farklı amaçlarla çeşitli yöntem ve teknikler kullanılmaktadır. Bu modellerin bir kısmı kentin belli bölgeleri için üretilen mikro ölçek modeller olurken bir kısmı kentin çevresiyle ilişkisini de değerlendirerek kentin tamamı için değerlendirme yapmaktadır. Bunun yanı sıra mikro ve makro ölçeği birlikte değerlendiren bütünleşik modeller de bulunmaktadır. Kentsel modeller aynı zamanda tahmin etme kapasitesine göre kısa, orta ve uzun erimli modeller olarak ayrıştırılabilir. Yine üretilen birçok model mekânsal değişkenlerle kurgulanırken bir kısmı da mekâna bağlı olmayan istatistikî veriler ışığında denenmiştir. Mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin birlikte değerlendirildiği modeller de bulunmaktadır.

Literatürde yer alan kentsel büyüme modellerinin büyük çoğunluğunda kentlerin yatayda büyümesi konu edinilmiştir. Bu modellerde kentlerin yapıli alan sınırlarının, kent çeperinde yer alan doğal yapı unsurları üzerinde oluşturduğu baskı ve muhtemel sorunlar öngörülmektedir. Özellikle büyük kentler için kentin zaman içerisindeki büyüme miktarını tespit edilerek gelecek kestirimleri yapılmaktadır. Bu gruptaki modellerin bazıları gerçek şehirlerde mekânsal olarak uygulanırken bazıları teorik veya istatistiksel çıkarımlarla son bulmaktadır. Kentlerde gerçekleşebilecek arazi kullanım değişikliklerine ilişkin tahmin modellerinde ise gelecekte kentsel mekânda gerçekleşmesi muhtemel konut, ticaret, sanayi, donatı ve yeşil alan kullanımları değişimlerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Hem kentsel yapıli çevrenin büyümesine yönelik hem de arazi kullanım değişikliklerine yönelik geliştirilen birçok model iki boyutlu düzlemde kurgulanmaktadır. Ancak kentsel alanlar sadece yatayda büyümektedir. Aynı zamanda üçüncü boyutta değişikliklere de konu olmaktadır. Kentin yatayda büyümesinin tahmini sürdürülebilir kentsel alanlar oluşturma amacına yönelik ne kadar önem arz ediyorsa üç boyutlu büyümenin tahmini de o derece önem arz etmektedir. Kentlerde dikeyde gerçekleşen değişimler yapı yoğunluğu ve dolayısıyla nüfus yoğunluğu üzerinde belirleyici unsurdur. Nüfus yoğunluğunun artması, başta ulaşım olmak üzere altyapı üzerinde baskı oluştururken kentsel donatı alanlarının ve yeşil alanların yetersizliğine neden olmaktadır. Bu bağlamda son yıllarda kentlerin dikeyde geçirdiği değişim ve dönüşümleri değerlendiren ve geleceğe yönelik tahminler üreten modeller üretilmiştir.

Kentsel büyümenin modellenmesinde istatistikî modeller (Hu & Lo, 2007a; M. Liu et al., 2009; Nong & Du, 2011) CBS tabanlı modeller, ajan tabanlı modeller (Bithell & Parry, 2012; Matthews et al., 2007a; H. Zhang et al., 2010), yapay sinir ağıları (C. Almeida & José, 2005; Pijanowski et al., 2005; Pijanowski et al., 2009; Q. Yang et al., 2008) markov zincirleri (Jenerette & Wu, 2001; López et al., 2001; Mitsova et al., 2011; Xin Yang et al., 2012), makine öğrenmesi algoritmaları (Yimin Chen et al., 2017a; J. He et al., 2018; Park et al., 2011a) ve hücreli otomata (M. Batty et al., 1999; Berberoğlu et al., 2016; Veldkamp & Fresco, 1996; White & Engelen, 1993a; Yüzer, 2004) gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerin birbirlerine göre güçlü yanlarını değerlendirebilmek ve zayıf yanlarını azaltabilmek amacıyla birden fazla yöntem ve tekniğin birlikte kullanıldığı modeller de bulunmaktadır.

### 2.2.1 Geleneksel kentsel büyüme kuramları

Dünya üzerinde bulunan tüm yerleşmeler, çeşitli doğal, toplumsal, ekonomik ve yapısal özellikleri nedeniyle birbirinden farklı kentsel büyüme kalıpları ortaya koymaktadır. Bununla birlikte farklı yerleşmeler için ortak kentsel büyüme süreçlerinin varlığı, kent araştırmacıları tarafından inceleme konusu olmuştur. Yirminci yüzyılın ilk yarısından itibaren özellikle Amerikan kentlerini temelinde çeşitli kentsel büyüme kuramları ortaya atılmıştır. Geleneksel kentsel büyüme kuramları olarak adlandırılan ilk kentsel büyüme araştırmaları, kentsel mekânda var olan arazi kullanım türlerinin mekânsal dağılımı ve bu arazi kullanım türleri arası ilişki irdelenmiştir. Bu modellerde konut, ticaret, sanayi, açık yeşil alanlar ve donatıların kentsel mekânda yer seçim tercihleri, bu kullanımlar arası itme-çekme ilişkileri, ulaşım bağlantıları, topografya ve sosyo-ekonomik etkenlerin arazi kullanım türlerinin dağılımı üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Kentsel büyüme modellerinde, kentsel alanda arazi kullanım türlerinin kent mekânında yer seçim özellikleri sorgulanarak çeşitli varsayımlar ve teoriler geliştirilmiştir. İlk kentsel büyüme modellerini 1925 yılında Burgess tarafından geliştirilen “eş merkezli çemberler” (Burgess, 1925), Hoyt tarafından 1939 yılında geliştirilen “sektör” (Hoyt, 1939) ve Harris ve Ullman tarafından 1945 yılında geliştirilen “çok merkezli gelişme” (Harris & Ullman, 1945) olmak üzere birbirinin devamı 3 farklı başlıkta incelemek mümkündür. Tek merkezli kentler için arazi kullanım türlerinin dağılımı, merkezi iş alanı çevresinde daireler halinde ve bu görüşün geliştirilmesi ile merkezden çepere dilimler halinde gerçekleştiği savunulmuştur. Tek merkezli kentsel arazi kullanım dağılım modellerinin, büyük kentsel yerleşmelerdeki kentsel mekân dinamiklerini açıklamadığı eleştirisi temelinde alt merkezleri de değerlendiren çok merkezli gelişim modeli geliştirilmiştir.

Bu modeller gerçek kentsel arazi kullanım dağılımının basitleştirilerek sistemselleştirilmesi sonucu kurgulanmıştır. Her üç teori de kentlerin sahip olduğu doğal, sosyal, ekonomik ve yapısal çeşitli özgün nitelikleri göz ardı etmesi bakımından eleştirilmektedir. Bununla birlikte zaman içerisinde bu teorilerin eksiklikleri kent araştırmaları literatüründe yaygın biçimde tartışılmış ve daha gerçekçi kentsel modellerin ortaya çıkmasında kritik rol oynamıştır. Geleneksel kentsel büyüme modelleri günümüz kentlerindeki karmaşık ve durağan olmayan mekânsal yapıyı ve

bu yapının zaman içerisindeki dönüşümünü yeteri düzeyde açıklamamaktadır. Bununla birlikte bu modellerin esas aldığı temel ilkeler geçerliliğini korumaktadır. Bu nedenle kentsel arazi kullanım türleri arasındaki ilişkiyi ve arazi kullanım türlerinin yer seçimi sonucu oluşan kentsel deseni açıklamayı hedef edinen ilk kentsel büyüme modelleri ve bu modellere yönelik eleştiriler bu bölümde açıklanmıştır.

#### 2.2.1.1 Eş merkezli çemberler modeli (Burgess arazi kullanım modeli)

Eş merkezli çemberler modeli, toplum bilimci Burgess tarafından 1925 yılında kurgulanmıştır. Model temelde gelir durumunu dikkate alarak, farklı sosyal grupların karşılayabilecekleri arazi fiyatları bağlamında kentsel mekânda yer seçimini açıklamaktadır. Buna göre bir kentsel mekânda arazi kullanım türleri, özellikle sosyo-ekonomik yapı temelinde merkezden başlayarak çepere doğru yayılan halkalar şeklinde yer seçmektedir. Burgess modeli olarak da adlandırılan eş merkezli çemberler modeli, Burgess tarafından başta Chicago olmak üzere çeşitli Amerikan şehirlerinin arazi kullanım desenini açıklamakta kullanılmıştır. Erişilebilirliğin en yüksek olduğu kent çekirdeği, merkezi iş alanı kullanımına ayrılmaktadır. Merkezi iş alanını takip eden ilk dış çember, konut ve ticaret kullanımlarının birlikte bulunduğu, görece düşük gelir grubundaki aileler tarafından tercih edilen geçiş bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Geçiş bölgesinin bitişiğinde, ucuz iş gücü avantajlarını değerlendirebilmek için sanayi tesisleri ve beraberinde işçi konutları yer seçmektedir. Takip eden bölgede ise yüksek gelir grubu bulunmaktadır. En dış halkada ise düşük yoğunluklu kırsal karakterli konutlar bulunmaktadır (Şekil 2.3). Kent çeperinde bulunan bölgelerde konut işletim maliyeti yüksek, merkez bölgelerde ise görece daha düşüktür. Burgess'e göre kentsel mekânda arazi kullanımları merkez bölgelerden çeper bölgelere doğru yayılma ve dönüşme eğilimindedir (Burgess, 1925).



Şekil 2.3 : Eş merkezli çemberler modeli.

Eş merkezli çemberler modeli ilk kentsel arazi kullanım dağılım modeli olması itibariyle büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte 1950'li yıllardan itibaren özel araç sahipliğinin ve motorlu taşıt kullanımının artması ile kentsel dinamikler değişikliğe uğramış ve modelin kentsel büyüme sürecini açıklama düzeyi zayıflamıştır. Aynı zamanda model, Amerikan şehirleri için anlamlı ilişkileri ortaya çıkarmasına rağmen özellikle Avrupa şehirlerinde bulunan arazi kullanım yapısını açıklamakta yetersiz kalmıştır. Bununla birlikte toplumu oluşturan sosyal yapının gelir durumunun ötesinde etnik yapı, kültür vb. özelliklerle birbirinden ayrışması, yer seçim tercihlerini etkilemektedir, ancak model bu özellikleri açıklamamaktadır. Kentsel mekânın sahip olduğu topografik özellikler ve iklim yapısı gibi doğal özelliklerin göz ardı edilmesi modele yapılan eleştirilerden bir diğeridir. Ek olarak, kentlilerin yer seçim tercihleri ve kentsel arazi kullanım deseni üzerinde büyük etkiye sahip kamu otoritelerinin gerçekleştirdiği plan ve politikaların model dışında bırakılması modelin olumsuz özelliklerini oluşturmaktadır.

Eş merkezli çemberler teorisi sıklıkla birçok yönden eleştirilmesine rağmen, özellikle Kuzey Amerika'da sanayi etkisinde hızla büyüyen kentlerin büyüme dinamiklerini tanımlamakta anlamlı sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Bunun yanında sonraki dönemlerde sektör modeli ve çok merkezli gelişme modelinin gelişmesine katkıda bulunmuştur.

#### **2.2.1.2 Sektör modeli**

Sektör modeli, 1939 yılında ekonomist Homer Hoyt tarafından eş merkezli çemberler teorisine getirilen eleştiriler doğrultusunda geliştirilmiştir. Hoyt, kentsel alanlarda arazi kullanım türlerinin merkezden çepere doğru çemberler şeklinde değil, ana ulaşım güzergâhları boyunca ve farklı arazi kullanım türleri birlikteliğinde yer seçtiğini savunmaktadır. Hoyt modeli olarak da bilinen sektör modelinde merkezi iş alanı, eş merkezli çemberler modeline benzer olarak kent merkezinde yer almaktadır. Ancak sanayi alanları, düşük, orta ve yüksek gelir grubuna hizmet veren konut alanları kent merkezinde bulunan merkezi iş alanından başlayarak önemli karayolu ve demiryolu bağlantıları boyunca kent çeperine doğru dilimler şeklinde yer seçmektedir (Hoyt, 1939).

Kenti oluşturan arazi kullanım dilimleri, ulaşım bağlantılarının yanı sıra, çeşitli sosyo-ekonomik ve topografik özelliklerin de etkisiyle şekillenebilmektedir. Bu modele göre

çoğunlukla sanayi tesislerinde çalışan düşük gelir grubuna dâhil aileler, ulaşım maliyetlerini düşürebilmek için sanayi tesisleri yakınında yer seçmektedir. Bu bölgede sanayi tesislerinin ve ulaşım bağlantılarının etkisiyle kirlilik düzeyi yüksek ve konut maliyetleri düşüktür. Orta gelir grubuna dâhil ailelerin yaşadığı bölge, sanayinin kirlenici etkilerinden uzak konumdadır. Bu aileler çoğunlukla kent merkezinde çalışmakta ve merkezi iş alanına kolay erişim imkânı sağlayan ulaşım bağlantıları yönünden güçlü bölgede yer seçmektedir. Kentsel mekânda konut alanlarının büyük çoğunluğu orta gelir grubuna hizmet vermektedir. Yüksek gelir seviyesine sahip aileler, çevre sorunlarının az, merkez ve çepere erişim imkânı yüksek kent bölgelerini tercih etmektedir (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4 : Sektör modeli.**

Sektör modeli ulaşım ve topografyanın yarattığı ekonomik ve ekolojik özelliklerin dikkate alınması bakımından önemlidir. Ancak bölgelerin sadece demiryolu ve toplu taşıma esasına dayalı kurgulanması, özel araç sahipliğinin ve hareketliliğinin etkisinin göz ardı edilmesi eleştiri konusu olmuştur. Tek merkezli kentsel alanlarda kentsel arazi kullanım ilişkilerini açıklamakta güçlü iken çok merkezli kentlerde yeterli düzeyde değildir. Bununla birlikte sosyo-ekonomik yapının özellikleri yüzeysel olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekilde modelde kamu otoritelerinin plan ve politikalarla mekân etkileme gücü model dışında bırakılmıştır. Hoyt modeli sadece Amerikan şehirleri incelenerek kurgulanmıştır ve Amerika dışındaki şehirlerde arazi kullanım ilişkilerini yeterli düzeyde açıklamamaktadır. Aynı zamanda model yirminci yüzyılın değişen kentsel yaşam alışkanlıklarıyla birlikte kentsel arazi kullanım dağılımını tanımlamada yetersiz kalmıştır.

### 2.2.1.3 Çok merkezli gelişme modeli

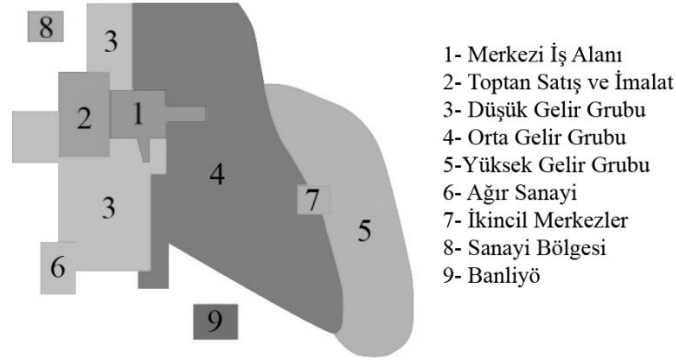
Tek merkezli kentsel büyüme modellerinin değişen dünyadaki çok merkezli kentsel arazi kullanım desenini açıklamada yetersiz kalması, çok merkezli gelişme modelinin

kurgulanmasına neden olmuştur. Çok merkezli gelişme modeli 1945 yılında Harris ve Ullman tarafından Şikago kenti esas alınarak kurgulanmıştır. Kentsel mekânın daha gerçekçi modellenmesi amacıyla çok merkezli gelişme modeli geliştirilmiştir. Modele göre kentsel alanlar, her ne kadar tarihsel süreçte tek bir merkezi iş alanı etrafında gelişmeye başlamış olsa da zaman içerisinde kent çevresinde arazi maliyetlerinin yüksek olduğu alt merkezler ve ikincil merkezler oluşturmaya başlamıştır. Oluşan alt merkezlerle birlikte kentin arazi kullanım yapısı da değişikliğe uğramıştır. Her alt merkez, kentsel büyümeyi yönlendirici özellik taşımaktadır (Harris & Ullman, 1945).

Çok çekirdekli kentsel büyüme modelinin temel prensipleri; kentlerin her zaman düz bir topografyaya sahip olmadığı, konut, sanayi ve ticaret alanlarının kent mekânında erişilebilirlik düzeyi yüksek ve ulaşım maliyeti düşük olacak şekilde dağılım eğiliminde olduğudur. Bunlara ek olarak her kentsel arazi kullanımı en düşük maliyetle en yüksek kar elde edebilmek amacıyla kentin farklı bölgelerinde konumlanmaktadır.

Özel araç kullanım oranlarının artmasına paralel olarak hareketliliğin artması, çok merkezli gelişmeyi destekleyen önemli unsurlardan biridir. Bununla birlikte bazı arazi kullanım türleri birbirine yakın olma eğiliminde olurken, bazı arazi kullanımları ise birbirine uzak bölgelerde yer seçme eğilimindedir. Örneğin sanayi tesisleri ve açık yeşil alan kullanımları, konut alanları ve havaalanları birbiri yakınında olma ihtiyacı taşımazken, konut alanları ticaret alanlarına yakın olma eğilimindedir. Çok çekirdekli kentsel büyüme modeli büyük kentsel alanlardaki arazi kullanım dağılımını açıklamakta başarılı olmaktadır.

Çok çekirdekli kentsel büyüme modelinde arazi kullanımları; merkezi iş alanı, toptan satış ve hafif imalat, alt orta ve yüksek gelir grubu konut bölgeleri, ağır sanayi bölgeleri, ikincil merkezler, banliyöler ve sanayi bölgeleri olarak değerlendirilmektedir (Şekil 2.5).



**Şekil 2.5 : Çok merkezli gelişme modeli.**

Bu model kurgulandığı dönemde kentsel arazi kullanım ilişkilerini açıklamakta oldukça başarılı bulunmuştur. Ancak sonraki dönemlerde, kentsel mekânın durağan bir yapıda olmayıp, dinamik bir şekilde sürekli değişikliğe uğraması ve kullanımların zaman içerisinde yer seçim tercihlerinin değişebilmesi nedeniyle eleştirilmiştir. Bu eleştirilere karşın bu günün kentlerinde bu modelin özelliklerini izlemek mümkündür.

### **2.2.2 Sayısal tahmin tabanlı kentsel büyüme modelleri**

Geliştirilen ilk kentsel büyüme kuramları literatürde sıkça tartışılmakta ve eleştiriler doğrultusunda çeşitli yeniliklerle güçlendirilerek gelişmiş kentsel büyüme modelleri kurgulanmaktadır. Özellikle kentsel büyümenin izlenme olanaklarının artması, coğrafi veri elde etme kapasitesinin ve yeteneğinin ilerlemesi, gelişen bilgisayar teknolojileri ile büyük miktarda veriyi hızlı ve güvenilir işleme imkânlarının oluşması kentsel büyüme modellerinin yaygınlaşmasını sağlamıştır. Zamansal çözünürlükte uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen veriler, coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla mekânsallaştırılmakta, görselleştirilmekte ve çeşitli katmanlar arası ilişkiler sorgulanabilmektedir. Benzer şekilde arazi kullanım türleri arası tespit edilen dönüşüm eğilimleri esas alınarak geleceğe dair simülasyonlar ve öngörüler yapılmaktadır. Aynı zamanda hücresel otomata, makine öğrenmesi, istatistik yazılımları karmaşık mekânsal ilişkilerin analiz edilmesinde ve sonuçlar üretilmesinde zaman ve emek tasarrufu sağlamaktadır. Tüm bu gelişmeler sonucunda, günümüzde tespit ve tahmin kapasitesi yüksek, gerçek kentsel mekân dinamiklerine benzer kentsel büyüme modelleri sıklıkla kurgulanmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde kentsel büyüme modellerinde kullanılan başlıca yöntem ve teknikler incelenmektedir.

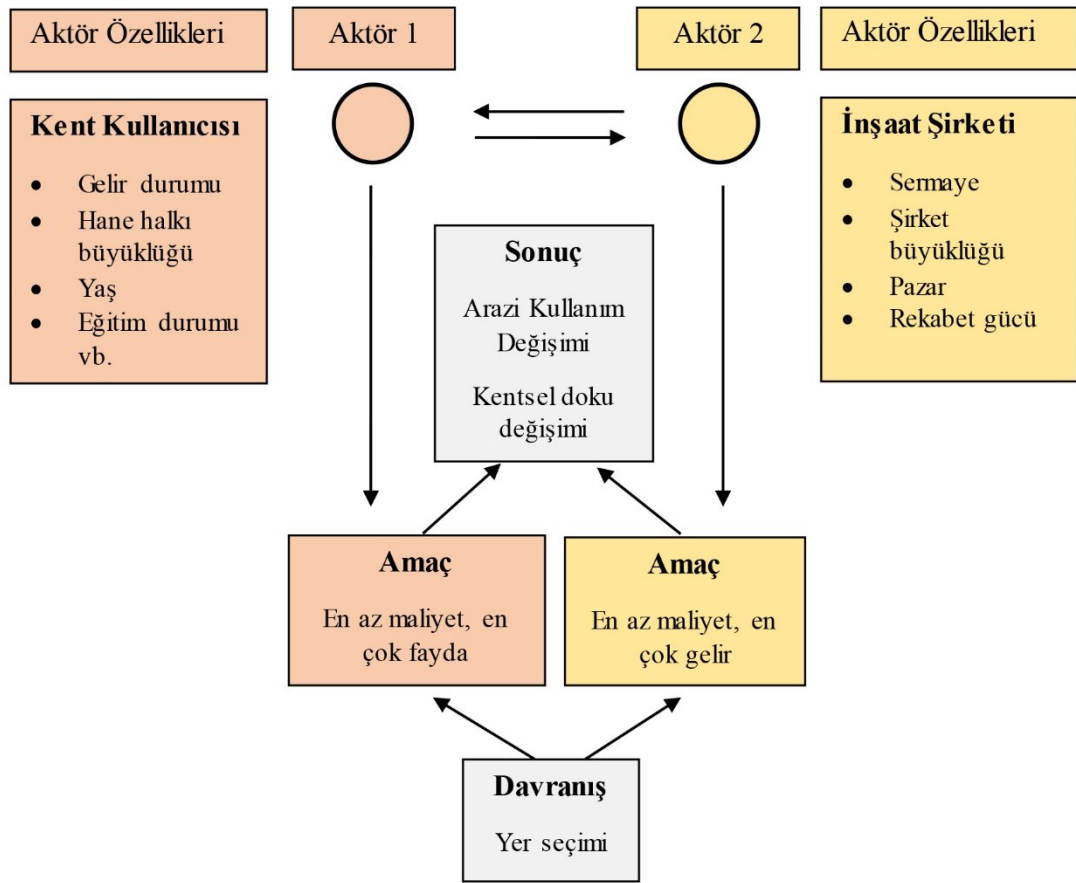
### 2.2.2.1 Ajan tabanlı modeller

Ajan tabanlı modelleme kentsel büyüme sürecinde etkisi olan aktörlerin ve her aktörün muhtemel davranış biçimlerinin dikkate alınarak birlikte değerlendirildiği modelleme sürecidir. Modelde tanımlanan ajanlar, bir diğer ifadeyle aktörler birbirinden bağımsız ancak karar süreçlerinde birbirleri ile ilişki içerisinde (Hosseinali et al., 2013). Bir aktörün gerçekleştireceği davranış bir başka aktörün davranışının sonucu olabilir. Ajanların karar süreçleri model kurgusuna göre bir başlangıç noktası esas alınarak, her ajanın verebileceği kararlar dışarıdan modele entegre edilmesiyle tanımlanır. Ajanların kararları uzman görüşleri ya da anket ve görüşmelerle belirlenebilir (van Schroyen et al., 2011). Bu durum model sonuçlarının dışarıdan belirlenen kurallara büyük oranda bağımlı olduğunu gösterir (Dimitrios Triantakostas & Mountrakis, 2012).

Bu yöntem diğer kentsel modelleme yöntemleriyle birlikte kullanıldığında model doğruluğu artarken tek başına kullanılması dış göç, bölgesel ve küresel ekonomik değişkenler, arazi değişiminin kentsel dokuya yansımaları gibi bazı önemli unsurların model dışında kalmasına sebep olabilmektedir (Dang & Kawasaki, 2016; Matthews et al., 2007b). Ajan tabanlı modelde ajanlar; kent kullanıcıları, kırsal alandan kente göç etme ihtimali olan bireyler, kamu kurumları, arazi yöneticileri, köy meclisi gibi sosyal organizasyonlar, yerel yönetim birimleri ve komşu yerleşmeler olabilir (Parker et al., 2003; H. Zhang et al., 2010). Normal şartlarda kent kullanıcıları kentsel mekânda çeşitli kriterler doğrultusunda yer seçimi yapar, arazi geliştirme ve arsa yatırımcıları bu kriterleri göz önünde bulundurarak kentlilere konut üretim alanlarını belirler. Aynı zamanda inşaat şirketleri yeni yapı yeri seçerken elde edebilecekleri kar oranını da maksimize etmek ister. Kamu kurumları ise kentsel mekânda ortaya çıkabilecek gelişimi plan ve politikalarla yönlendirmeyi amaçlar. Kullanıcılar, inşaat şirketleri ve kamu otoriteleri olmak üzere üç ana aktörün karar ve istekleri kentsel mekân üzerinde etkili olduğu savunulmasına rağmen, kent kullanıcıların etkisinin diğerlerine göre yüksek olduğu kabul edilebilir. Kent kullanıcıları topografya eğiminin kabul edilebilir düzeyde olduğu, kentsel donatılara, ticaret alanlarına ve ulaşım güzergâhlarına erişilebilir alanlarda yer seçmek ister. Bununla beraber her kent kullanıcısı için yer seçimini etkileyen kriterlerin önem dereceleri farklılık gösterebilir (Jokar Arsanjani et al., 2013; G. Wu et al., 2007). Ek olarak bazı çalışmalarda bu ana aktörler eğitim

seviyesi, gelir durumu, yaş aralığı gibi bilgiler kullanılarak detaylandırılmıştır. Şekil 2.6'da iki aktörden oluşan basit bir ajan tabanlı modelleme örneği gösterilmektedir. Buna göre kent kullanıcıları gelir durumu, hane halkı büyüklüğü, eğitim durumu, yaş aralığı gibi çeşitli özelliklerine göre en az maliyetle en çok fayda elde edebileceği konumda yer seçmek ister. İnşaat şirketleri ise sermaye, şirket büyüklüğü, pazar gücü vb. özelliklerine göre yatırım maliyeti en düşük, en yüksek kar elde edebileceği konumda yer seçmek ister. Bu ilişkilerin sonucunda kentsel mekânda arazi kullanım değişiklikleri ve kentsel doku değişiklikleri gerçekleşir (Xuecao Li & Gong, 2016).

Swarm, Repast, Mason, StarLogo and NetLogo gibi programlar ajan tabanlı modellemenin çalıştırılabileceği uygulamalardır.

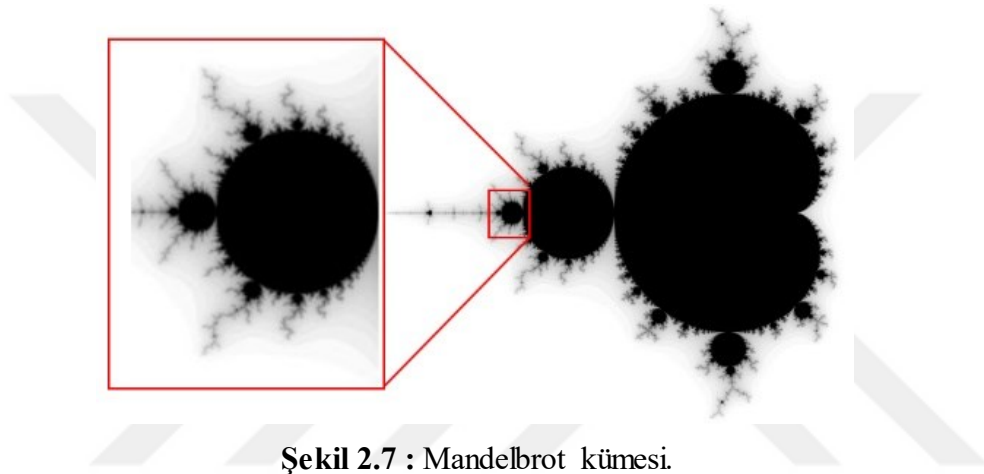


Şekil 2.6 : Ajan tabanlı modelleme süreci (Li & Gong, 2016'dan uyarlanmıştır).

#### 2.2.2.2 Fraktaller

Fraktal geometri ilk olarak 1980'li yılların başında Mandelbrot tarafından geliştirilmiş (Mandelbrot, 1983), sonraki süreçte kentsel büyüme modellerinde kullanılmaya başlanmıştır. Mandelbrot dünyada var olan şekillerin açıklanmasında öklit

geometrisinin yetersiz kaldığını ifade ederek düzensizlik (irregularity) ve pürüzlülük (roughness) kavramlarını tanıtmıştır. Şekillerin ölçek değişimi ile yaşadığı detay değişimi temelde fraktal geometri olarak adlandırılmaktadır. Örneğin denize kıyısı olan bir yerleşmenin kıyı şeridinin uzunluğu ölçüm yapılan ölçeğe göre değişiklik göstermektedir. Ölçüm yapılan nesneye yaklaştıkça bir üst ölçekte görülmeyen detaylar ortaya çıkmakta ve ölçüm uzunluğu değişmektedir (Jiang & Yin, 2014). Benzer şekilde en iyi bilinen fraktal yapılardan biri olan Mandelbrot kümesinde bulunan her detay, bir alt ölçekte benzer yapısını devam ettirmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Mandelbrot kümesi.

Kentler geometrik yapı itibariyle fraktal bir yapı içerisindedir. Kentlerin mevcut durumda sergilediği fraktal yapının gelecek yıllarda da benzer özellikler içereceği varsayılmaktadır. Bu durum kentlerin kendi iç dinamikleri ile organize olma (self-organizations) kapasitesine sahip olduğunu ifade etmektedir (Murcio & Rodríguez-Romo, 2013). Fraktal geometri, kentlerin doğrusal olmayan, karmaşık mekânsal yapısını çözümlemede araç olarak kullanılmaktadır. Bu varsayımlara dayanarak kentlerde gerçekleşecek arazi kullanım değişikliklerinin ve kentsel büyüme oranlarının tahmin edilmesinde fraktal geometri sıklıkla kullanılmaktadır (Yanguang Chen & Lin, 2009; Tannier et al., 2011; D. P. Triantakostas, 2012). Bunun yanında fraktal geometri, kentsel morfolojinin farklı kentler ve bölgeler özelinde karşılaştırılabilmesi için kullanışlı bir indeks olmaktadır.

Fraktal boyutun ölçülmesinde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kutu sayma metodu fraktal boyutun ölçülmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde fraktal boyutu ölçülmek istenen şekli kapsayacak şekilde karolajlar oluşturulur ve şeklin karolajları

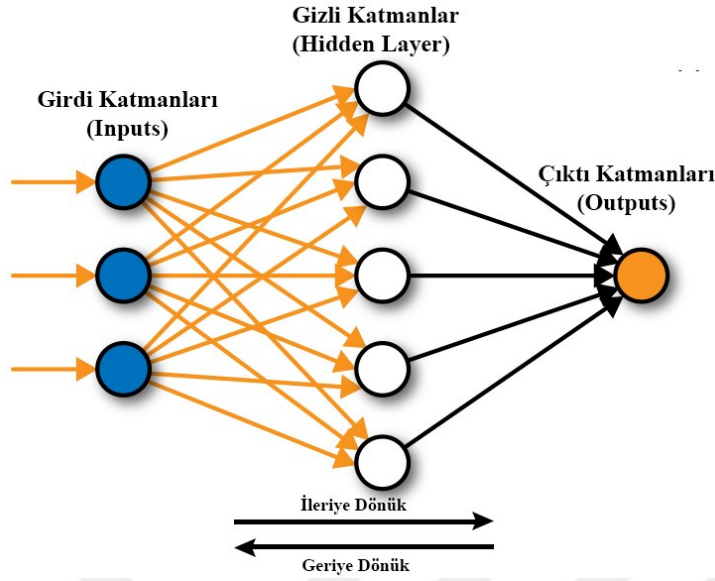
doldurma oranı tespit edilir (M Batty et al., 1989; M Batty & Longley, 1986; Michael Batty, 1991, 1991; Musa et al., 2017).

Fraktal geometrinin ölçülmesinde farklı teknikler bulunmaktadır. Aynı nesnenin farklı tekniklerle ölçülmesi farklı fraktal geometri sonuçlarını ortaya çıkarabilmektedir. Aynı zamanda farklı morfolojik karaterlere sahip farklı objeler aynı fraktal geometriye sahip olabilir. Bir diğer unsur ise benzer fraktal grupta bulunan objeler gerçekte birbirinden çok farklı morfolojik özellikler gösterebilir (Myint, 2003).

### **2.2.2.3 Yapay sinir ağları**

Yapay sinir ağları ilk olarak Rosenblatt tarafından geliştirilmiştir (Dang & Kawasaki, 2016). Çok değişkenin kullanıldığı diğer modelleme yöntemlerinden farklı olarak yapay sinir ağlarında değişkenler arasındaki ilişkinin önceden bilinmesine gerek olmamaktadır. Aynı zamanda değişkenler arasında çoklu doğrusallık gibi konuların önceden araştırılmasına gerek yoktur. Yapay sinir ağları, insan beyninin karar verme süreçlerinin kentsel modellerde kullanılmasıdır. Çok katmanlı algılayıcı (multi-layer perceptron) kentsel büyüme kalıplarının ölçülmesinde kabul görmüştür. Tipik bir yapay sinir ağı modelinde girdi katmanları, neronlar aracılığıyla gizli katmana aktarılır, daha sonra yine neronlar sayesinde sonuç ürüne erişilir. Gizli katmanların model doğruluk oranına göre sayısı değişebilmektedir. Yapay sinir ağı öğrenme sürecinde geriye dönük ya da ileriye dönük algoritmalar kullanabilir (Şekil 2.8).

Yöntemde değişkenler arası ilişkinin boyutu ve yönü daha önceden hazırlanmış eğitim setleri ile bilgisayar tarafından denenerek saptanmaktadır. Bunun için öncelikle mevcut durumda kentsel büyümeye etkisi olduğu savunulan kriterler ve buna karşılık gelen yerleşik alan olma-olmama durumu eğitim setinde modele dâhil edilerek model eğitilmektedir. Buradan belirlenen ağırlıklar tüm veri setinde kullanılarak sonuç ürüne erişilir. Kentlerin büyüme kalıplarının karmaşıklığı ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi yapay sinir ağlarının kullanımının önünü açmıştır. Yapay sinir ağları parametrik olmayan yapısıyla mekânsal heterojenliği yakalamakta etkilidir. Modele yapılan en büyük eleştirilerden biri ise değişkenler arası ilişkilerin belirlenmesinin tamamen bilinmeyen yöntemlerle gerçekleşiyor olmasıdır (Triantakontantis et al., 2015).



**Şekil 2.8 :** Yapay sinir ağı model yapısı.

Arazi Dönüşüm Modeli (Land Transformation Model) sosyal ekonomik ve politik birçok kriteri ve her kriterin arazi dönüşümündeki bireysel katkısını sorgulayan, coğrafi bilgi sistemleri ve yapay sinir ağlarının birlikte kullanıldığı bir modeldir (Pijanowski et al., 2005, 2009, 2014). Değişim-Doku-Değer (Change-Pattern-Value) modeli benzer şekilde yapay sinir ağı ve uzaktan algılama verilerini kullanarak çeşitli sosyo-ekonomik kriterler doğrultusunda arazi kullanım değişimlerini tahmin etmektedir (E. Dai et al., 2005).

Kentsel Büyüme Modeli (Urban Expansion Model) kentin yerleşik alan sınırlarının gelecekte olması muhtemel değişimlerini tahmin etmeye çalışan yapay sinir ağı tabanlı modeldir. Modelde arazi kullanımı, yerleşik alan sınırlarını etkileyen bir kriter olarak kullanılırken model sonucunda arazi kullanım değişikliğine ilişkin tahmin yapılmamaktadır. Modelde kullanılan diğer kriterler ise; ulaşım ağı, yükseklik, yönelme ve kent merkezinin konumu şeklindedir (Pijanowski et al., 2009). Kentsel Büyüme Sınırları Modelinde (Urban Growth Boundary Model) raster formatında yollar, açık alanlar, eğim, yönelme, yükselti, donatılar ve yerleşik alan olmak üzere 7 kriter temel alınarak yapay sinir ağı tekniği kullanılmaktadır (Tayyebi et al., 2011).

Maithani (2009), birincil yollara yakınlık, ikincil yollara yakınlık, kent merkezine yakınlık, yerleşik alan sınırına yakınlık ve komşuluktaki yerleşik alan miktarı olmak üzere 5 kriteri kullanarak yapay sinir ağı tekniği ile mekânsal büyüme modeli üretmiştir. Berberoğlu et al. (2016), Adana kenti için Markov Zincirleri, SLEUTH,

Lojistik Regresyon, Regresyon Ağacı ve yapay sinir ağları tekniklerini kullanarak elde ettiği sonuçları karşılaştırmalı değerlendirmiştir.

Triantakontantis et al. (2015), Atina kenti için yapay sinir ağları tabanlı bir model uygulamışlardır. Modelde 1990 ve 2000 yılına ait Corine arazi örtüsü, yollara yakınlık, eğim ve yükselti verileri kullanılarak 2006 yılına dair kentsel yerleşik alan sınırı tahmin edilmiştir. Mohammady et al. (2014), Sanandaj şehri için yükselti, eğim, yollara yakınlık, arazi kullanımı, kent merkezi ve alt merkezler verileri kullanılmıştır. Yapay sinir ağları yöntemi bu modelde de kullanılmıştır. Grekousis et al. (2013), yapay sinir ağları ve bulanık mantık kullanarak Atina Metropoliten alanı için kentsel büyüme modeli üretmiştir.

Park et al. (2011), çalışmalarında logistic regresyon, analitik hiyerarşi süreci, sıklık oranı ve yapay sinir ağları yöntemlerini kullanarak birçok arazi uygunluk haritası oluşturmuşlardır. Çalışmada arazi kullanım değişikliğini tahmin etmek için; eğim, yönelme, kentsel alana yakınlık, yollara yakınlık, mevcut arazi kullanımı, yasal kısıtlamalar ve arazi uygunluk haritaları kullanılmıştır.

Literatürde yapay sinir ağlarının kentsel büyüme ve kentsel arazi kullanım değişikliği modellerinde tek başına ve hücresel otomata gibi diğer tekniklerle birlikte kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur (Almeida et al., 2008; Guan et al., 2005; Liu & Lathrop, 2002; Maithani, 2009; X. Zhang, 2016; Zhou, 2012).

#### **2.2.2.4 İstatistiksel modeller**

Doğrusal ve lojistik regresyon kentsel büyümenin ve arazi kullanım değişikliklerinin öngörülmesinde kullanılan bir diğer yöntemdir. Bu yöntemde arazi kullanımları bağımlı değişken olarak değerlendirilmekte ve arazi kullanım değişikliklerine sebep olduğu varsayılan kriterler bağımsız değişken olarak modele dâhil edilmektedir. Bağımsız değişkenler sürekli veri ve ikili verilerden oluştuğunda lojistik regresyon daha anlamlı sonuçlar üretebilmektedir. Nüfus büyüme hızı, topografik analizler, ulaşım güzergâhları ve erişilebilirlik bu tür modellerde kullanılan temel bağımlı değişkenlerdir (Musa et al., 2017).

Literatürde yaygın olarak kullanılan CLUE (Conversion of Land Use and its Effect) modeli talep ve talebin mekânda yer seçimi olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır (Peter H. Verburg et al., 2002). Talep belirlenirken geçmiş yıllarda yerleşmenin sahip olduğu nüfus artışı veya arazi talebi trendi değerlendirilebilir. Buna ek olarak daha

kapsamlı ekonomik modelleme teknikleri de kullanılabilir. Belirlenen talebin mekânda yer seçimi ise logistic regresyon kullanılarak belirlenmektedir. CLUE modeli çeşitli çalışmalarda farklı yeniliklerle geliştirilmiştir (Lourdes et al., 2011; Veldkamp & Fresco, 1996; P.H. Verburg & Overmars, 2007; Wassenaar et al., 2007). Arazi Kullanımı Tarama Modeli (Land Use Scanner Model) logistic regresyon yardımıyla en uygun gelişme alanlarının belirlemektedir (Hoymann, 2010, 2011). Arazi Uygunluk İndeksi (Land Suitability Index) arazi kullanımının görülme sıklığı, analitik hiyerarşi süreci, logistic regresyon ve yapay sinir ağlarını aynı çalışma alanında birlikte değerlendirilerek doğruluk sonucu yüksek modeli saptamaya çalışmaktadır (Park et al., 2011b).

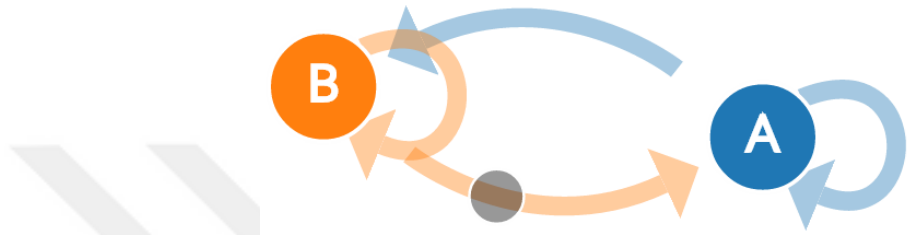
Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (Geographic Weighted Regression) diğer regresyon modellerinin mekânı durağan algılama kapasitesini arttırmak amacıyla kurgulanmaktadır. Bu tür modellerde mekânsal komşuluk içerisinde değişken ağırlıklarını saptamaktadır (Mirbagheri & Alimohammadi, 2017).

Regresyon analizlerine dayalı kentsel modellerde değişkenler arası çoklu doğrusallık olmadığı ve değişkenlerin birlikte hareket etmediği kabul edilmektedir. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri etkileme dereceleri ve güven aralığı model sonucunda net olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak kentsel mekânsal dinamikler içinde belirlenen birçok değişkenin birbiriyle ilişkili olması ve kentin alt bölgelerinde bu ilişkinin düzeyinin değişmesi bu modelleme tekniğinin olumsuz özellikleri olarak sayılabilir. Aynı zamanda uzun erimli modellemeler modelin doğruluk oranının görece düşmesine sebep olabilmektedir (Hu & Lo, 2007a; Lesschen et al., 2005).

#### **2.2.2.5 Markov zincirleri**

Markov zincirlerinin arazi kullanım modellemesinde kullanılması 1965’li yıllara dayanmaktadır (Irwin & Geoghegan, 2001). Markov zincirlerine dayalı modellerde yıllara göre değişim oranı ve toplam değişim miktarı sabit kabul edilmektedir. Modelde birden fazla arazi kullanım türünün birbirine dönüşme miktarları matris kullanılarak hesaplanmaktadır. Arazi kullanım türlerinin dönüşme potansiyelleri ise uzman görüşleri, tarihsel trendler ve zaman içerisinde gerçekleşmiş arazi kullanım dönüşümleri esas alınarak belirlenir. Basit bir markov zincirinde arazi kullanım türlerinin bir sonraki zaman diliminde bir başka arazi kullanım türüne dönüşme oranı

ve aynı arazi kullanım türünde kalma oranı hesaplanır. Gerekli tekrar sayısına erişildikten sonra arazi kullanım türleri arası dönüşüm miktarı bulunmuş olur. Şekil 2.9'da iki arazi kullanım türünün olduğu bir markov zinciri modelinde turuncu renkli oklar B arazi kullanım türünün bir sonraki zaman diliminde A arazi kullanım türüne dönüşme ihtimalini veya B arazi kullanım türünde kalma ihtimalini göstermektedir. Benzer şekilde mavi renkli oklar A arazi kullanım türü için dönüşüm ihtimallerini vermektedir. Kompleks bir markov zinciri arazi kullanım dönüşüm modelinde, arazi kullanım türleri arası dönüşüm potansiyelleri matrisler aracılığıyla hesaplanır.



**Şekil 2.9 : Basit Markov zinciri model gösterimi.**

Markov zincirleri kullanılarak herhangi bir arazi kullanım türünün zaman içerisinde bir diğer arazi kullanım türüne dönüşme miktarı niceliksel olarak hesaplanabilirken, tekniğin coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilmesi mekânsal tahmin yeteneğini güçlendirmiştir (D. Luo & Zhang, 2014; Ma et al., 2012). Ancak hücreler arası komşuluk ilişkilerinin değerlendirilmemesi modelin olumsuz özelliğini oluşturmaktadır (Dang & Kawasaki, 2016). Markov zincirlerinin bu eksikliği hücresel otomata yöntemi ile birlikte kullanılarak giderilmekte ve literatürde sıkça kullanılmaktadır (Al-sharif & Pradhan, 2014; D. J. Guan et al., 2011; Xiuquan Li et al., 2018; López et al., 2001; Mitsova et al., 2011; Qiu et al., 2017).

#### **2.2.2.6 Dinamik sistem**

Dinamik sistem (System dynamic), 1950'li yıllarda karmaşık problemlerin çözümünde kullanılması amacıyla Jay W. Foster tarafından ortaya atılmıştır (Dang & Kawasaki, 2016). Dinamik sistem temelde bilgi ve mal akışlarının ve yönetim politikalarının arasındaki dinamik süreci açıklamayı hedeflemektedir (Costanza et al., 1993; Liu et al., 2013). Literatürde dinamik sistem yöntemine dayalı kentsel modeller yaygın olarak kullanılmaktadır.

Büyüme Sınırları (Limit to Growth) modeli, kirlilik, nüfus artışı ve kaynak kullanımlarının olası etkilerini tartışmaktadır. Patuxent Peyzaj Modeli (Patuxent

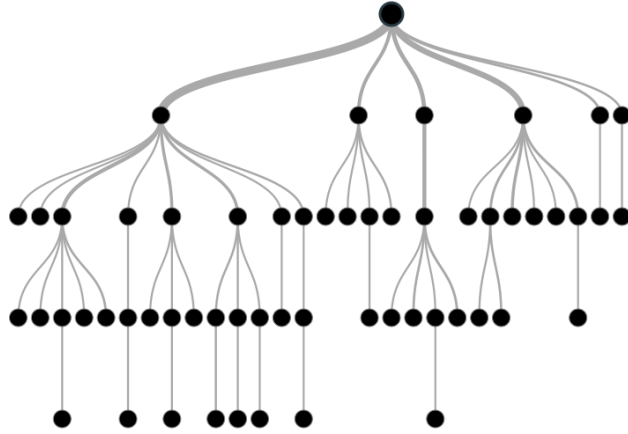
Landscape Model) bir havzada gerçekleşmesi muhtemel arazi kullanım değişimlerini tespit etmeyi amaçlamaktadır (Voinov et al., 1999). SALU bölge ölçeğinde arazi kullanım değişimlerini tahmin eden bir diğer dinamik sistem entegreli modeldir. Bu modelde talep arazi kullanım değişiklik miktarını şekillendiren temel öğedir (Stéphenne & Lambin, 2001). Dinamik sistem süreçlerinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Shen et al., 2009; C. H. Yu et al., 2003; W. Yu et al., 2011).

Kentsel mekânda meydana gelen arazi kullanım değişiklikleri durağan bir yapı içerisinde değildir. Değişikliği etkileyen sebepler ve arazi kullanım türleri arasında dinamik ve zamansal bir etkileşim söz konusudur. Dinamik sistem modeli bu yönüyle güçlüyken diğer modelleme tekniklerine göre düşük mekânsal çözünürlük ve mekânsal ilişkilerin çözümleme kapasitesi tekniğin zayıf yönlerini oluşturmaktadır (Deng & Deng, 2011). Bu nedenle hücresel otomata, istatistiksel modeller gibi tekniklerle birlikte kullanılarak model tahmin kapasitesi artırılmaktadır (C. He et al., 2005, 2006).

#### **2.2.2.7 Karar ağaçları**

Karar ağaçları veri setini sınıflandırmaya yarayan tümden gelim yöntemidir. Uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen görüntülerin sınıflandırılmasında ve arazi kullanım değişikliklerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Yöntem, mevcut veri setini birbirine benzeyen özelliklerine göre gruplara ve alt gruplara ayırarak sınıflandırmayı amaçlamaktadır (Şekil 2.10).

Teknikte kaç sınıfa ve alt sınıfa ayrılacağı kullanıcı tarafından düzenlenebilir. Alt gruplara ayırma işleminde kurallar dışarıdan modele girdi olarak verilir. Model sınıflandırma ya da regresyon yöntemlerinden birini kullanarak veri setini gruplara ayırır. Bu durum karar ağaçları yönteminin mekânsal farklılıkların çok olduğu yerleşme sistematığına tam uyumlu halde çalışmasını engeller. Benzer şekilde kentsel mekânda elde edilen veriler mekânsal özellikleri bakımından benzerlikler ve farklılıklar barındırabilir. Bu durumun karar ağaçlarında yakalanması zordur. Modelin analiz ve tahmin gücünün geliştirilmesi için diğer modelleme teknikleriyle kullanılmaktadır (Arentze et al., 2000, 2010; W. Cheng et al., 2010; Jin & Mountrakis, 2013; Spekkers et al., 2014; Dimitrios Triantakostas et al., 2011).



Şekil 2.10 : Karar ağaçları model kurgusu.

#### 2.2.2.8 Hücresel otomata tabanlı kentsel büyüme modelleri

Hücresel otomata ilk olarak 1940'lı yıllarda S. Ulan ve J. Von Neumann tarafından Turing makinesinin üretilmesiyle ortaya çıkmıştır. Sonraki yıllarda teknik Tobler (1979), tarafından mekânsal modellerde kullanılmaya başlanmıştır. 1980'li yıllarda ilk hücresel otomata tabanlı kent modelleri üretilmiştir (M. Batty & Xie, 1994a; Couclelis, 1985; White & Engelen, 1993b). Hücresel otomatanın kolaylıkla çeşitli mekânlara uygulanabilmesi, kolay tanımlanabilmesi, kentsel etkileşimlerin doğrusal sonuçlar doğurmaması ve hücresel otomatanın bu gerçekliğin modellenmesine imkân tanınması ve coğrafi bilgi sistemleri ile eşgüdümlü çalışabilmesi tekniğin kentsel modellerde yaygınlaşmasının önünü açmıştır. Hücresel otomata kendi kendine yeniden üretim ve rastgelelik gibi matematiksel temellere dayanmaktadır. Tipik bir hücresel otomata modeli beş temel unsuru bünyesinde barındırmaktadır. Bunlar; hücreler, hücrelerin alabileceği durumlar, zaman aralıkları, dönüşüm kuralları ve komşuluk kavramıdır (Moreno et al., 2009). Simülasyonun her aşamasında değişim gösterecek toplam hücre miktarı belirlendikten sonra dönüşüm kuralları çerçevesinde, komşuluk ilişkisine göre hücreler yeni durumlarını alır.

Hücresel otomata modelleri amaçlarına göre; mevcut kentsel arazi kullanımlarının dönüşümünü etkileyen faktörleri inceleyen tanımlayıcı modeller ve yakın geleceğe dair sonuçlar ortaya koymaya çalışan tahmin edici modeller olmak üzere başlıca iki gruba ayrılabilir.

Hücresel otomata kentsel alanın eşit büyüklükteki piksellere ayrıldığı bir düzlemde çalışmaktadır. Teknikte her hücrenin sahip olabileceği durumlar önceden

belirlenmiştir ve hücre durumları arasında zaman içerisinde gerçekleşebilecek dönüşüm, komşuluğunda bulunan hücrelerin durumlarına bağlı olarak çeşitli kurallarla tanımlanmıştır. Teknik ilk kullanımından sonra çeşitli modifikasyonlarla farklı çalışmalar tarafından kullanılmıştır. Teknik üzerinde yapılan modifikasyonların başında piksellerin yerine altıgenlerin (Iovine et al., 2005) veya Voronoi poligonlarının (W. Shi & Pang, 2000) kullanılması denemesi gelmektedir. Düzensiz kadastral parsellerin kullanılmasının (Daniel Stevens & Dragičević, 2007) gerçeğe daha yakın modeller üretilebileceğini öne süren çalışmalar da mevcuttur (Santé et al., 2010). Bunun yanında kentsel mekânın topografik durumunun bazı fonksiyonlara daha elverişli olması nedeniyle her hücrenin sahip olabileceği arazi kullanım türünün önceden belirlenmesi gerektiğini savunan görüşler de bulunmaktadır. Hücresel otomata modellerinde bir diğer önemli konu ise komşuluk kavramının iyi tanımlanmasıdır. Komşuluk birimlerinin büyüklüğü ve bu büyüklüğünün farklı arazi kullanım türüne sahip hücreler için farklı değerlendirilmesi gerekliliği söz konusu olabilir. Hücresel otomata modellerinde dönüşüm kuralları önceden tanımlanmış statik kurallar olabileceği gibi mevcut duruma veya önceki zaman dilimlerinin karşılaştırılması ile elde edilecek kurallara göre belirlenmesi de mümkündür. Aynı zamanda her şartta her hücre için aynı dönüşüm kurallarının geçerli olmayabileceği de tekniğe yapılan eleştirilerdendir (K. C. Clarke et al., 1997; Phipps & Langlois, 1997). Belirlenen zaman aralığında yerleşik alanın toplam büyüme miktarı ya da dönüşüme uğrayacak hücrelerin miktarının belirlenmesi ve arazi parçaları üzerinde yasal ya da doğal kısıtlayıcılar da dikkat edilmesi gereken bir diğer husustur.

İlk hücresel otomata modeli uygulamaları teorik olarak, basit kentsel yapıların simulasyonunda kullanılmıştır. Bu teorik modeller çeşitli hipotezlerin sınanmasına ve kentin genel formuna ilişkin kestirimlerin yapılabilmesine olanak sağlamıştır (Michael Batty & Xie, 2004). Bununla birlikte teorik olarak üretilmiş ancak gerçek bir kente uygulanmamış birçok model bulunmaktadır (Cecchini, 1996; Kocabas & Dragicevic, 2006; Phipps & Langlois, 1997; Portugali & Benenson, 1995; Webster & Wu, 1999; F. Wu & Webster, 1998).

Sonraki aşamada üretilen hücresel otomata modelleri gerçek yerleşmelere uygulanmaya başlanmıştır. Coğrafi bilgi sistemlerinde kaydedilen gelişmeler bu süreci hızlandırmıştır. Batty & Xie, (1994b) ürettikleri hücresel otomata modelini New York

kentine uygulamışlardır. Ancak ilk kapsamlı deneysel model White et al. (1997) tarafından ortaya atılmıştır. Bu modelde hücrelerin dönüşüm potansiyellerini bir komşuluk fonksiyonu, arazi kullanım durumları için hücrenin uygunluğu, hücrelerin mevcut durumunu koruma isteği ve rastgelelik çerçevesinde değerlendirmişlerdir. Bu tipte hücresel otomata modelleri; St. Lucia (Engelen et al., 1995), Cincinnati (White et al., 1997b), IJmond/Kennemerlve (Engelen et al., 1999), Netherlands (White & Engelen, 2000), Dublin (Barredo et al., 2003), Lagos (Barredo et al., 2004) ve San Diego (Kocabas & Dragicevic, 2006) gibi birçok gerçek kente uygulanmıştır. Bu çalışmalar hücresel otomata modellerinin gerçek yerleşmelerde doğruluk payı yüksek sonuçlar ortaya koyabileceğini göstermiştir (Santé et al., 2010).

Dünya akademik literatüründe geniş bir etki alanı bulan en önemli hücresel otomata modellerinden bir diğeri ise Clarke et al. (1997) tarafından ortaya atılan SLEUTH (Eğim, Arazi Kullanımı, Kısıtlayıcılar, Yerleşik Alan, Ulaşım ve Kabartma) modelidir. Modelde arazi, büyüme dönüşüm kuralları ile yaşayan bir organizma gibi hareket eder. Model; San Francisco ve diğer Kuzey Amerika şehirlerinde (Clarke & Gaydos, 1998; Herold et al., 2003; Yang & Lo, 2003), Avrupa'da (Silva & Clarke, 2002), Güney Amerika'da (Leao et al., 2004) ve Asya'da (Mahiny & Clarke, 2012; Rafiee et al., 2009) birçok yerleşmede kullanılmıştır.

Hücresel otomata modelleri diğer kentsel modellerle entegre edilerek literatürde sıkça kullanılmaktadır. Ekonomik modeller ve hücresel otomata, markov zincirleri ve hücresel otomata (Al-sharif & Pradhan, 2014; D. J. Guan et al., 2011; Xiuquan Li et al., 2018; López et al., 2001; Mitsova et al., 2011) yapay sinir ağları ve hücresel otomata (Xia Li & Yeh, 2002; Park et al., 2011a; Pijanowski et al., 2005; Q. Yang et al., 2008), ajan tabanlı modeller ve hücresel otomata (Ligtenberg et al., 2001; Yaolin Liu et al., 2013; Macy & Willer, 2002; Parker et al., 2003) sistem dinamik ve hücresel otomata (Han et al., 2009; C. He et al., 2005) gibi farklı teknikler daha gerçekçi sonuçlar elde etmek amacıyla birlikte kullanılabilir (Dang & Kawasaki, 2016).

Hücresel otomata tabanlı modelleri, modeli oluşturan çeşitli öğelerin farklı tasarlanması nedeniyle çeşitli gruplara ayırmak mümkündür.

- **Mekân (Space)**

Geleneksel hücresel otomata modelleri mekânın eş büyüklükteki piksellere ayrılmasıyla kurgulanmaktadır. Bu yöntem çözünürlüğün düşük olduğu, bir bölgeyi

ya da metropolü esas alan büyük ölçekli modelleme çalışmalarında nispeten doğruluk oranı yüksek sonuçlar üretmektedir. Ancak özellikle mekânsal çözünürlüğün yüksek olduğu, belirli büyüklükteki kentsel mekânların modellenmesinde yetersiz kalmaktadır. Gerçek dünyada kentsel mekânda arazi kullanım değişiklikleri veya kentlerin büyümesi organik, bir başka deyişle amorf şekillerde gerçekleşmektedir. Bu noktada modellemenin geliştirilmesi için mekânsal değişikliklerinin gerçekleştiği en küçük birim olan kadastral parsellerin önemi ortaya çıkmaktadır. Hücresel otomata modellerinde, gerçek dünyaya ilişkin problemlerin daha iyi analiz edilebilmesi ve model doğruluk oranlarının, tahmin yeteneklerinin geliştirilmesinde kadastral parseller son yıllarda yeni arayışların konusu olmuştur. ParCA, (Abolhasani et al., 2016; Barreira-González et al., 2015; Dahal & Chow, 2014) VegGCA (Moreno et al., 2009; Pinto & Antunes, 2010) ve Icity (Stevens et al., 2007; Wang & Marceau, 2013), hücresel otomata modellerinde belirli büyüklükteki piksellerin yerine amorf mekânsal objelerin kullanıldığı modellerin başlıcalarıdır (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1 : Kullanılan mekâna göre hücresel otomata modelleri.**

| Hücre                    | Poligon ve Geometrik Şekiller | Parsel                      |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Besussi vd. 1998         | Iovine vd., 2005              | Stevens ve Dragicevic, 2007 |
| Jenerette ve Wu, 2001    | Shi ve Pang, 2000             | Abolhasani vd., 2016        |
| Yüzer, 2004              |                               | Barreira-González vd., 2015 |
| Yüzer, 2014              |                               | Dahal ve Chow, 2014         |
| Ward vd., 2000           |                               | Moreno vd., 2009            |
| Veldkamp ve Fresco, 1996 |                               | Wang ve Marceau, 2013       |
|                          |                               | Pinto ve Antunes, 2010      |

#### • Arazi Kullanım Sınıfları (Land Use Classes)

Hücresel otomata temelli kentsel büyüme modelleri arazi kullanım durumunu tahmin etme yeteneğine göre temelde iki ana gruba ayırmak mümkündür (Çizelge 2.2). Bunlardan ilkinde arazi kullanımı, kentsel yerleşik alan ve üzerinde kentsel yerleşim bulunmayan alan olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Kentin yerleşik alan sınırlarının yıllara göre değişimi detaydan bağımsız olarak irdelenmektedir. Diğer grupta bulunan modellerde ise arazi kullanımı, konut alanı, ticaret alanı, sanayi alanı, tarım alanı, orman alanı vb. fonksiyonlara ayrılarak modelde değerlendirilmektedir. Bu tür modellerde her kullanımın yıllar içinde birbirine dönüşme potansiyeli ve miktarı sorgulanmaktadır (Santé et al., 2010).

**Çizelge 2.2 : Arazi kullanım türüne göre hücresel otomata modelleri.**

| Yerleşik Alan-Boş Alan | Detay Arazi Kullanımı       |
|------------------------|-----------------------------|
| Ward vd. 2000          | White vd. 1997              |
| Sui ve Zeng 2001       | Engelen vd. 1999            |
| Caruso vd. 2005        | Lau and Kam 2005            |
| Cheng ve Masser, 2004  | Barredo vd., 2004           |
| He vd. 2008            | Almeida vd.,2003            |
| Li vd. 2008            | Yüzer 2004                  |
|                        | Stevens ve Dragicevic, 2007 |

• **Dönüşüm Kuralları (Transition Rules)**

Dönüşüm kuralları uzman görüşlerine dayalı oluşturulabileceği gibi istatistiki yöntemlerle de elde edilebilir (White & Engelen, 2000). Literatürde dönüşüm kuralları, hücrenin mevcut fonksiyonunun ve belirli komşuluğundaki hücrelerin mevcut fonksiyonlarının dikkate alınmasıyla (Besussi et al., 1998; Jenerette & Wu, 2001; D. Stevens et al., 2007; Ward et al., 2000; Yüzer, 2004; Yüzer & Yüzer, 2014) ya da buna ek olarak komşuluktaki hücrelerin dönüşüm potansiyellerini de değerlendirerek (C. Almeida & José, 2005; Cláudia Maria de Almeida et al., 2003; Sui & Zeng, 2001; White et al., 1997b; White & Engelen, 2000; F. Wu & Webster, 1998; Fulong Wu, 2002; X. Wu et al., 2009) belirlenebilir. SLEUTH (Jantz et al., 2004) ve DİNAMİCA (Soares et al., 2002) modelinde ise dönüşüm kuralları kentin şekline ve büyüme kalıplarına bağlı olarak belirlenmektedir. Dönüşüm kurallarının belirlenmesinde yapay sinir ağlarının (C. M. Almeida et al., 2008; X. Li & Yeh, 2001; Xia Li & Yeh, 2002; X. P. Liu et al., 2007; Moghaddam & Samadzadegan, 2009; D Triantakontantis et al., 2015) veya bulanık mantık tekniğinin (Yan Liu & Phinn, 2003a; F. Wu, 1998) kullanılması da yaygındır.

Hücresel otomata tabanlı modelleri, dönüşüm kurallarının belirlenmesi temelinde beş ana gruba ayırmak mümkündür.

Birinci grupta dönüşüm kuralları, hücrenin mevcut fonksiyonu ve belirli büyüklükte komşuluğundaki hücrelerin mevcut fonksiyonlarının dikkate alınmasıyla belirlenmektedir (Besussi et al., 1998; Jenerette & Wu, 2001; D. Stevens et al., 2007; Ward et al., 2000; Yüzer, 2004; Yüzer & Yüzer, 2014).

İkinci grup hücresel otomata modellerinde hücrelerin dönüşüm kuralları, hücrelerin mevcut durumu ve komşuluğundaki hücrelerin mevcut durumuna ek olarak dönüşüm

potansiyeline ilişkin kriterler de sisteme entegre edilmektedir. Bu kriterler bazı çalışmalarda önceden belirlenirken bazı çalışmalarda ise yerleşime özgü yeniden değerlendirilerek uygulamaya koyulmaktadır (C. Almeida & José, 2005; Cláudia Maria de Almeida et al., 2003; Sui & Zeng, 2001; White et al., 1997b; White & Engelen, 2000; F. Wu & Webster, 1998; Fulong Wu, 2002; X. Wu et al., 2009).

Üçüncü grupta dönüşüm kuralları kentsel alanın şekline ve formuna göre kentsel büyüme kalıpları dikkat edilerek belirlenmektedir. SLEUTH (Jantz et al., 2004) ve DİNAMİCA (Soares et al., 2002) modelinde dönüşüm kuralları kentin şekline ve büyüme kalıplarına bağlı olarak belirlenmektedir.

Dördüncü tür modellerde dönüşüm kuralları yapay sinir ağları kullanılarak belirlenmektedir (Moghaddam et al., 2018; X. Li & Yeh, 2001; Xia Li & Yeh, 2002; X. P. Liu et al., 2007; Moghaddam & Samadzadegan, 2009; Triantakostas et al., 2015). Moghaddam & Samadzadegan (2009), hücrel otomata tabanlı kentsel büyüme modelinde kullanılmak üzere en etkili parametreleri yapay sinir ağları kullanarak belirlemiştir. Tarımsal uygunluk, komşuluktaki yerleşik alan miktarı, kent merkezine yakınlık, ikincil merkezlere yakınlık, karayolları ve arazi kullanımı verileri modelde kullanılmıştır. Benzer şekilde X. Li & Yeh, (2001) ve Xia Li & Yeh, (2002), dönüşüm kurallarının yapay sinir ağları tarafından tahmin ettirildiği hücrel otomata modeli geliştirmişlerdir. Tarımsal uygunluk, kent merkezine ve ikincil merkezlere yakınlık, demiryolları, karayolları ve komşuluktaki yerleşik alan miktarı kriterleri değerlendirilmiştir. Almeida et al., (2008) geliştirdikleri hücrel otomata modelinde yapay sinir ağlarını kullanmıştır.

Beşinci tür modellerde bulanık mantık esas alınmaktadır. Al-Ahmadi et al. (2009), Al-Kheder et al. (2008) ve Yan Liu & Phinn (2003) bu türdeki modellere örnektir (Santé et al., 2010).

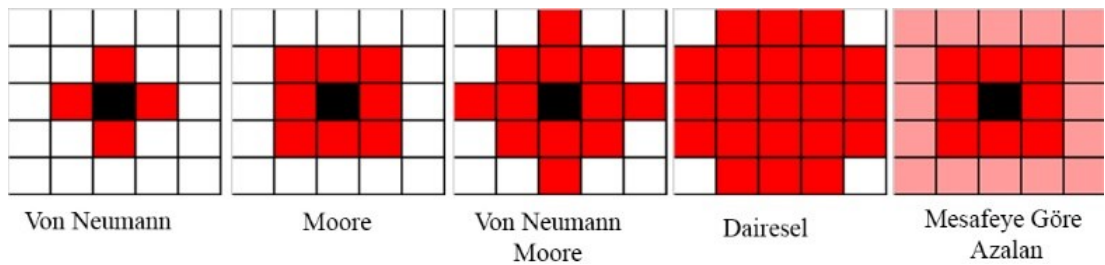
Bununla birlikte hücrel otomata modellerinde arazi kullanım türlerinin birbirine dönüşme kurallarını temelde, uzman görüşleri, istatistiksel yöntemler ve yapay sinir ağları olmak üzere 3 başlıkta değerlendirmek mümkündür (Çizelge 2.3).

**Çizelge 2.3 : Dönüşüm kurallarına göre hücresel otomata örnekleri.**

| Uzman Görüşleri ve Dışarıdan | İstatistik                       | Yapay Sinir Ağları              |
|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Stevens vd., 2007            | Mirbagheri ve Alimohammadi, 2017 | Moghaddam ve Samadzadegan, 2009 |
| Ward vd., 2000               | Li vd., 2014                     | X. Li ve Yeh, 2001              |
| Liu ve Phinn 2003            | Verburg vd, 2002                 | C. M. Almeida vd., 2008         |
| Yüzer 2004                   | Zhu vd., 2010                    | Triantakonstantis vd., 2015     |
|                              |                                  | Park vd., 2011                  |
|                              |                                  | Xia Li ve Yeh, 2002;            |
|                              |                                  | Pijanowski vd., 2005            |

- **Komşuluk (Neighborhood)**

Geleneksel hücresel otomata modellerinde mekânı oluşturan bir birimin arazi kullanım sınıfının bir başka arazi kullanım sınıfına dönüşmesi o birimin komşuluğunda var olan arazi kullanım sınıflarının miktarına ve türüne göre değişmektedir. Vektör hücresel otomata modellerinde de bu ilke esas alınmaktadır. Bu aşamada komşuluğun nasıl tanımlandığı model sonucu üzerinde büyük bir etki oluşturmaktadır. Ancak hücresel otomata modellerinde komşuluk kavramı yeterli teorik kanıta sahip değildir ve genellikle kurgulanan model özelinde deneme yanılma yöntemiyle saptanır. Bununla birlikte Tobler (1979), coğrafyanın ilk kuralını “coğrafi mekânda tüm birimler birbirleriyle ilişki içerisinde ancak birbirine yakın olan birimler daha kuvvetli bir ilişki içindedir” şeklinde tanımlamıştır. Geleneksel hücresel otomata modellerinde komşuluk genel olarak Von Neuman (bitişik 4 hücre) veya Moore (bitişik 8 hücre) komşuluğu olarak kurgulanmaktadır. Bu komşuluk kavramlarında bir pikselin bitişikindeki 4 veya 8 hücre o pikselin komşuluğu olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.11’de eş büyüklükte piksellerden oluşan bir hücresel otomata modelinde farklı tanımlanabilen komşuluk türleri gösterilmektedir.



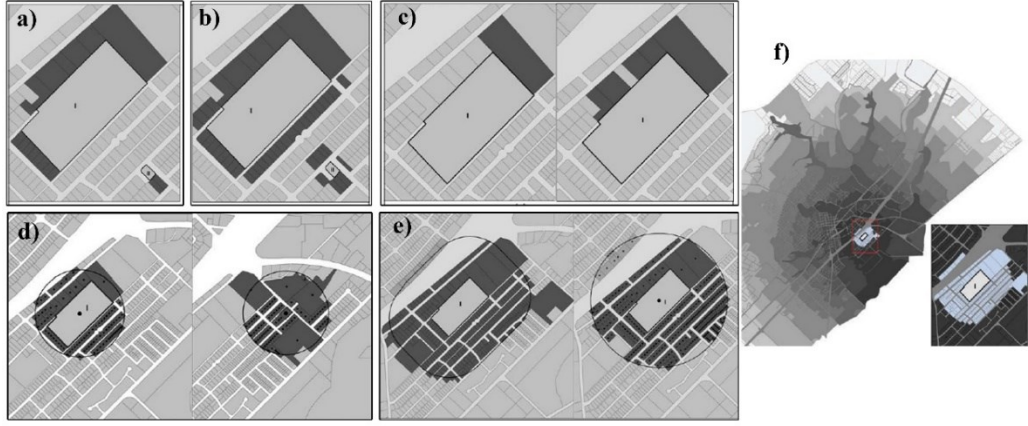
**Şekil 2.11 : Geleneksel hücresel otomata modellerinde komşuluk.**

Vektör hücresel otomata modellerinde ise komşuluğu bu şekilde tanımlamak en küçük mekânsal birimin amorf yapısı ve kentsel mekânda yer alan su yolu, karayolu,

demiryolu vb. ayırıcı ögeler nedeniyle mümkün olamamaktadır. Literatürde bu soruna farklı çözüm yaklaşımları geliştirilmeye çalışılmıştır.

Dahal & Chow (2015) çalışmasında vektör hücresel otomata modellerinde mümkün olan çeşitli komşuluk tanımlamalarını ele almaktadır. Toplam 6 farklı komşuluk tanımını ve bu tanımlara ilişkin çeşitli büyüklükleri tartışmaktadır. Çalışmada tanımlanan komşuluklar; bitişiklik (adjacency), genişletilmiş bitişiklik (extended adjacency), kısıtlı topolojik komşuluk (restricted topological neighborhood), yakınlık (proximity), engelle ayrılmış komşuluk (intercepted buffer neighborhood) ve tüm çalışma alanını içine alan komşuluk (extent-wide) olarak sıralanmaktadır (Şekil 2. 12)

Bitişik komşulukta konu parsel herhangi bir şekilde dokunan tüm parseller komşu parsel olarak tanımlanırken genişletilmiş bitişik komşulukta konu parsel bitişik olan ya da karayoluyla ayrılan tüm parseller komşu kabul edilmektedir. Kısıtlı topolojik komşulukta bitişiklik oranı belirli miktarın üzerinde olan parseller değerlendirilmektedir. Yakınlık komşuluğunda ise konu parselin geometrik orta noktasına ya da kenar çizgisine belli mesafede bulunan parsellerin orta noktaları ya da bu mesafe içine herhangi bir kenarı dokunan parsellerin tümü ele alınmaktadır. Burada mesafe kullanıcı tarafından ön kabulle veya model kapsamında denenerek bulunmaktadır. Engelle ayrılmış komşulukta ise yakınlık komşuluğundan farklı olarak belirlenen mesafe içinde komşuluğu etkileyecek düzeyde karayolu, akarsu vb. erişimi kısıtlayıcı ögelerin olması durumunu tanımlamaktadır. Çalışma alanındaki tüm parsellerin birbirine komşu olduğu ancak birbirlerini etkileme derecelerinin aralarındaki mesafeyle ters orantılı olarak değiştiğini ifade eden komşuluk türü de bu çalışmada değerlendirilmektedir.



**Şekil 2.12 :** Parsel tabanlı hücresel otomata modellerinde komşuluk ( a-bitişiklik, b- genişletilmiş bitişiklik, c-kısıtlı topolojik komşuluk, d-yakınlık, e-engelle ayrılmış komşuluk f-tüm çalışma alanını içine alan komşuluk) (Dahal & Chow, 2015).

Stevens & Dragičević (2007), farklı arazi kullanım türleri için bitişiklik ve belirli mesafede yakınlık kavramlarını birlikte değerlendirerek komşuluğu tanımlamıştır. Crooks et al. (2008) belirli mesafedeki tüm birimlerin nehir vb. engelle ayrılmadığı müddetçe komşu olarak değerlendirmiştir. Moreno et al. (2008) modelinde kullandığı arazi parçalarının sınırından itibaren 10, 30, 60 ve 120 m olmak üzere çeşitli büyüklükteki alan içine giren birimleri komşu olarak ifade etmiştir. Moreno et al. (2009) ise her arazi birimi için mesafeye dayalı ve konu arazi birimine ve komşuluğundaki birimlerin karakteristiğine dayalı dinamik bir komşuluk tanımı yapmıştır. Jr & Qiu (2012) arazi parçasının dış çevresinden itibaren 3 farklı mesafeyi modelde denemiş ve mesafe değiştiğinde modelde büyük çaplı değişikliklerin olmadığını saptamıştır. Abolhasani et al. (2016) komşuluğu belirli bir dairesel alan içerisinde kalan parsellerin alanı, arazi kullanım türü, servis düzeyi ve farklı arazi kullanım türlerinin birbirleriyle ilişkisini de dikkate alarak tanımlamıştır. Barreira-González et al. (2015), vektör hücresel otomata modellerinde her hücrenin farklı boyuttaki ve şekildeki birimlerden oluşması dolayısıyla farklı bir komşuluk etkisine sahip olduğunu ifade etmektedir. Farklı arazi kullanım türlerinin birbirine itme-çekme durumlarını da göz önünde bulundurarak belirli dairesel uzaklık içinde kalan birimlerin birbirinin komşusu olduğunu ifade etmişlerdir. 25 m ve 1000 m arasındaki çeşitli mesafeleri deneyerek 500 m mesafenin çalışma alanları için en uygun komşuluk mesafesi olduğunu saptamışlardır.

Literatürde homojen olmayan poligonları en küçük birim olarak ele alan hücresel otomata modellerinde, konu birime sadece bitişik birimlerin komşu olarak değerlendirilmesinden tüm çalışma alanında yer alan birimlerin komşu olarak

değerlendirilmesine kadar çok farklı komşuluk tanımları yapılmakta ve kullanılmaktadır. Bununla birlikte genel olarak birbirine yakın birimler birbiriyle daha yakından ilişki içindedir. Söz konusu birimlerin arazi kullanım türlerinden ve servis düzeylerinden kaynaklı itme-çekme durumlarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca çalışma alanı büyüklüğü ve yapısı göz önünde bulundurularak komşuluk mesafesinin tanımlanması önem arz etmektedir. Kullanılan komşuluk türüne göre modeller Çizelge 2. 4’de örneklendirilmiştir.

**Çizelge 2.4 : Komşuluk türüne göre hücresele otomata modelleri.**

| Von Neumann ve Moore<br>Komşuluğu | Dairesel Komşuluk     |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Li vd. 2008                       | Cheng ve Masser, 2004 |
| Sui ve Zeng 2001                  | He vd. 2008           |
| Wu, 2002                          | White ve Engelen, 200 |
| Wu and Martin 2002                | Barredo vd., 2003     |
| Caruso vd. 2005                   | Li and Yeh 2000       |

- **Zaman (Time Interval)**

Hücresele otomata modellerinde seçilen örneklem alanın özelliklerine, elde edilen verinin zamansal dağılımına ve kalibrasyon durumuna göre farklı zaman aralıklarında tahminlerin üretilmesi mümkündür. Modelin tahmin yeteneği, aynı yıl içinde farklı dönemlerin tahmin edilmesinden onar yıllık sürelerde tahmin edilmesine kadar çeşitlendirilebilir.

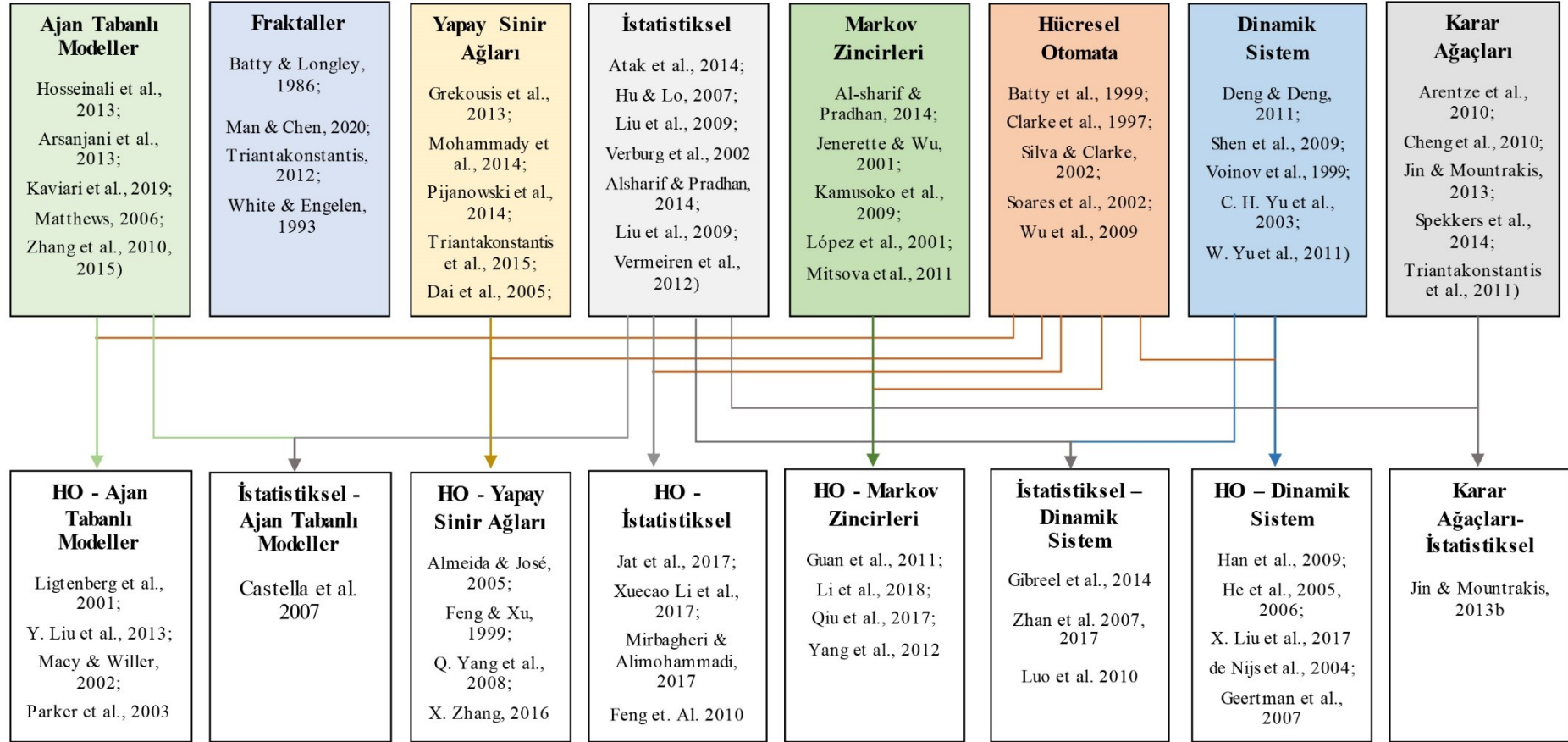
### 2.2.3 Kentsel büyüme modellerinin değerlendirilmesi

Kentsel büyüme modellerinde kullanılan yöntemlerin birbirine göre çeşitli güçlü ve zayıf yönlenleri bulunmaktadır. İstatistiksel modellerde bağımlı ve bağımsız değişkenler tanımlanarak değişkenler arası ilişki doğrusal, logaritmik ya da diğer fonksiyonlarla açıklanmaya çalışılmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları değişkenler arası karmaşık ilişkilerin çözülmesinde, değişken ağırlıklarının ve mevcut değişim kalıplarının ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır. Ajan tabanlı modellerde mekân üzerinde etki sahibi aktörlerin davranış kalıpları irdelenmekte ve aktör kararlarının mekânsal sonuçlarının belirlenmesinde ön plana çıkmaktadır. Fraktal geometriyi esas alan kentsel büyüme modelleri yaygın öklit tabanlı ölçüm çalışmalarından farklı olarak kentlerin bünyesinde barındırdığı fraktal boyutun zaman

içindeki değişimini ölçmeyi amaç edinmektedir. Hücresel otomata ise kent dinamikleri arasında doğrusal olmayan, ölçülmesi ve izlenmesi zor ilişkilerin ortaya çıkardığı sonuçları mekânsallaştırmak konusunda ön plana çıkmaktadır. Literatürde yer alan her yöntemin bir diğerine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Kentsel büyüme modelleme yöntemlerinin olumlu özelliklerini güçlendirmek ve eksiklerini en aza indirmek için birden fazla yöntem sıklıkla birlikte kullanılmaktadır. Özellikle hücresel otomata yöntemi diğer yöntemlerle güçlendirilmekte ve kurgulanan modelin analiz kapasitesi, tahmin yeteneği ve gerçekliği arttırılmaktadır.

Hücresel otomata modellerinde kentsel büyüme etkileyen değişkenler arasındaki ilişkinin ölçülmesinde ve ortaya çıkarılmasında istatistiksel yöntemler ve karar ağaçları, yapay sinir ağları gibi makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmaktadır. Benzer şekilde kentsel mekân üzerinde etki sahibi aktörlerin muhtemel davranış kalıpları, birbirleriyle etkileşimleri ajan tabanlı modelleme yöntemleri yardımıyla tespit edilmekte ve hücresel otomatanın mekânsal sonuçlar ortaya koyma yeteneği ile birleştirilmektedir.

Tahmin gücü yüksek kentsel büyüme modelleri üretebilmek amacıyla hücresel otomata ve ajan tabanlı modeller, hücresel otomata ve yapay sinir ağları, hücresel otomata ve istatistiksel yöntemler, hücresel otomata ve karar ağaçları, hücresel otomata ve markov zincirleri, hücresel otomata ve dinamik sistem modelleri bir arada değerlendirilebilmektedir. Şekil 2.13 birlikte kullanılan kentsel büyüme modellerini özetlemektedir.



**Şekil 2.13 : Kentsel büyüme modelleri ve birliktelikler.**

## 2.3 Kentsel Büyüme Modellerini Destekleyici Yöntemler

Kentsel büyüme modellerinin kurgulanmasında önceki bölümde açıklanan tekniklerle birlikte çeşitli destekleyici yöntemler kullanılmaktadır. Kentsel büyümeye etki eden değişkenlere ait verilerin zamansal ve mekânsal çözünürlükte elde edilmesinde uzaktan algılama, elde edilen verilerin coğrafi mekânla ilişkisinin kurulmasında ve analiz edilmesinde coğrafi bilgi sistemleri, değişkenlerin birbirine göre önem derecelerinin tespitinde bulanık mantık ve analitik hiyerarşi süreci ve verilerin sentezlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemleri etkili olmaktadır.

### 2.3.1 Çok kriterli karar verme yöntemi

Birden fazla değişkenin etkisi göz önünde tutularak yapılan modelleme çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKY) sıklıkla kullanılmaktadır. ÇKKY, çeşitli değişkenler arasındaki ilişkinin, değişkenlerin ağırlık ve etki derecelerinin saptanarak birlikte değerlendirilmesi ve sonuç ürüne ulaşılmasını ifade etmektedir (Malczewski, 2004, 2006; Mardani et al., 2015). Yöntem, yeni kentsel gelişme alanlarının belirlenmesinin yanı sıra sanayi tesisleri yer seçimi (Rikalovic et al., 2014), katı atık depolama tesisi yer seçimi (Chang et al., 2008; Karimi et al., 2019; Sener et al., 2006; G. Wang et al., 2009), enerji tesisleri yer seçimi (Akash et al., 1999; Aydın et al., 2010; Kaya & Kahraman, 2010; Uyan, 2013; Van Haaren & Fthenakis, 2011), hastane tesisleri yer seçimi (Vahidnia et al., 2009; C. R. Wu et al., 2007), alışveriş tesisi yer seçimi (Önüt et al., 2010), kamu kurumları yer seçimi (Takamura & Tone, 2003), kentsel zarar görülebilirlik değerlendirmesi (Hadi et al., 2017; Kanani-Sadat et al., 2019; Peng, 2015; Sadrykia et al., 2017; Vahdat et al., 2014) gibi konularda sıklıkla kullanılmaktadır.

ÇKKY’de ilk aşamada sonuç ürüne etki eden değişkenler; anket, uzman görüşü, akademik bilgi, literatür araştırması veya ön kabul gibi alternatiflerle belirlenebilmektedir. İkinci aşamada bu değişkenlerin ağırlıkları konuda uzman kişilerle yapılan görüşmelere dayalı puanlama, analitik hiyerarşi süreci (Lee & Chan, 2008; Önüt & Soner, 2008), doğrusal ve lojistik regresyon (J. Cheng & Masser, 2003; Hu & Lo, 2007b; J. Luo & Wei, 2009; G. Shi et al., 2019) gibi istatistik yöntemleri veya karar ağaçları, destek vektörleri, rastgele orman, en yakın komşu, yapay sinir ağları, derin öğrenme gibi makine öğrenmesi algoritmaları (Yimin Chen et al., 2017b; Feng et al., 2016; Huang et al., 2010; Shafizadeh-Moghadam et al., 2017) ile

belirlenmekte ya da tahmin edilmektedir. Son aşamada ise sıralanan yöntemlerle elde edilen değişken ağırlıkları birlikte değerlendirilerek nihai sonuca ulaşılmaktadır.

Katmanların üst üste çakıştırılmasında ağırlıklı doğrusal çakıştırma (weighted linear combination) (F. C. Dai et al., 2001; Moeinaddini et al., 2010), ağırlıklı potansiyel-kısıt (weighted potential-constraint), ideal nokta (the ideal point method (IPM)) (Ekmekçioğlu et al., 2010), sıralı ağırlıklı çakıştırma (ordered weighted averaging (OWA)) (Gorsevski et al., 2012; Malczewski, 2006), EVIAVE (Zamorano et al., 2008), basit toplamalı ağırlıklandırma (simple additive weighting) (Sener et al., 2006) gibi teknikler kullanılmaktadır (R. Liu et al., 2014).

### **2.3.2 Analitik hiyerarşi süreci (AHS)**

Analitik hiyerarşi süreci (AHS) karar vermede birden fazla kriterlerin birlikte değerlendirilerek kriterler arası önem derecesinin belirlenmesine ve seçim yapılmasına yarayan nicel bir yöntemdir. Özellikle farklı uzmanlık alanlarından çok sayıda karar vericinin yargılarına ihtiyaç duyulan problemlerin çözümünde kullanılır. İlk olarak Myers & Alpert (1968) tarafından ortaya atılmış, sonraki yıllarda (Saaty, 1977) tarafından bir model olarak geliştirilmiştir. Bundan sonraki süreçte çok çeşitli disiplinlerce karmaşık problemlerin çözümünde araç olarak kullanılmıştır. Özellikle nesnel bir şekilde ölçülemeyen ve birlikte değerlendirilemeyen kriterlerin sonuca etkisini belirlemede sıkça kullanılmaktadır. Yöntemde belirlenen soruna etki eden kriterlerin birbirine göre farklı ağırlıklarda ve önem derecelerinde olduğundan yola çıkılarak kriterler önceliklendirilir.

Yöntemin ilk aşamasında sorun ve soruna etki eden kriterler hiyerarşik düzen içerisinde yapılandırılır. İkinci aşamada soruna etki eden kriterler ikili matrislerle karşılaştırılarak birbirlerine göre önem dereceleri saptanır. Bu aşamada probleme etki eden çok sayıda kriter ikili olarak karşılaştırıldığı için sürecin karmaşıklığı önemli derecede azalır. Karar vericilere uygulanan ikili karşılaştırma matrisleri ile kriterler arası ağırlıklar belirlendikten sonra tutarlılık analizi yapılarak tutarlılık oranının belirlenmesi önemlidir. Kriterler arası karşılaştırma yapılırken karar vericilerden söz konusu kriterler arası ilişkinin 1 eşit öneme sahip ve 9 çok güçlü öneme sahip olmak üzere 1'den 9'a kadar puan dereceleri verilerek karşılaştırması istenir ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Tüm kriterler ikili olarak karşılaştırıldıktan sonra

Wind & Saaty (1980) tarafından belirtilen en yüksek Eigen değerin (Eigen value), tutarlılık indeksinin (consistencye index (CI)), tutarlılık oranı (consistence ratio (CR)) ve her kriter için normalize edilmiş değerlerin bulunması için hesaplamalar yapılır. Beklenen Eigen değerine, tutarlılık indeksine ve oranına erişildiği takdirde elde edilen normalize edilmiş indeks değerleri nihai ürün olarak kullanılır. Beklenen değerlere ulaşılmadığı takdirde hesaplamalar gözden geçirilerek süreç tekrarlanır (Vaidya & Kumar, 2006).

AHS, planlama ve gelişim (Crary et al., 2002; Kara, 2019; Korpela et al., 2001; Su et al., 2003), en iyi alternatif seçimi (Al-Harbi, 2001; Kengpol & O'Brien, 2001; Lai et al., 2002) kaynak dağıtım ve yer seçimi (Erden & Coşkun, 2011; Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2008; Korpela et al., 2002; Saaty et al., 2003; Yang & Lee, 1997) fayda maliyet analizleri (Chin et al., 1999; Rao Tummala et al., 1997), önceliklerin belirlenmesi (Dweiri, 1999; Hafeez et al., 2002), çeşitli tahmin süreçleri (Blair et al., 2006; Kim, 1998) vb. birçok konuda ve kişisel, sosyal, üretim, politika, mühendislik, eğitim, sanayi, spor, yönetim vb. birçok alanda kullanılmaktadır (Vaidya & Kumar, 2006).

### **2.3.3 Bulanık mantık**

Birçok kentsel büyüme modeli kentsel arazi kullanım türlerini yapılaşmış ve yapılaşmamış olmak üzere iki grup altında değerlendirmektedir. Ancak gerçek kentsel mekânda yapılaşmış alanlar ve yapılaşmamış alanları keskin sınırlarla birbirinden ayırmak imkânsızdır. Kentsel büyümeyi mekânın eş büyüklükteki karolajlara bölünerek değerlendiren modellerde her pikselin alabileceği değer, ya yapılaşmış ya da yapılaşmamış olmak zorundadır. Bunun yanında farklı arazi kullanım türlerini değerlendiren çalışmalarda da benzer şekilde her piksel sadece tek bir arazi kullanım türüne sahip olabilmektedir. Ancak gerçek hayatta, kentsel mekânda farklı kullanımların ve yapılaşmış, yapılaşmamış alanların birlikte bulunması çok yaygındır. Çözünürlüğü nispeten düşük olduğu üst ölçek modelleme çalışmalarında bu durum göz ardı edilebilecek bir husus olsa da görece iyi çözünürlük ölçeğinde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için bulanık mantık kavramı kentsel büyüme modelleri ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır.

Bulanık mantık insan davranışlarının ve konuşma dilinin yansımalarını modelleme ortamına yansıtmayı hedeflemektedir. Örneğin, insanlar günlük yaşamda olayları ve

durumları iyi-kötü şeklinde ikili bir değerlendirmenin ötesinde çok kötü, kötü, az kötü az iyi, iyi, orta iyi, çok iyi, mükemmel gibi terimlerle açıklamaktadır. Bununla birlikte bu terimler bile bazı durumlarda yetersiz kalmakta ve daha ara kavramlar kullanılabilir. Bu durum kentsel büyüme modellerine uyarlandığında, bir mekân üzerinde yerleşik alan olma ve olmama durumu belli yüzdelerle veya oranlarla birlikte bulunabilir. Örneğin bir konut alanı parselinde, parselin belli bir bölümü yapıya ayrılırken diğer bölümü açık alan olarak değerlendirilebilmektedir. Aynı zamanda ana yapının yanında yardımcı yapılar, sadece çatıyla örtülü alanlar, çatıyla örtülü olmasa da zemini yapılaşmış alanlar bulunması muhtemeldir. Eş büyüklükteki hücre çözünürlüğünde de benzer durum söz konusudur. Bir hücre tamamen yapılı veya tamamen boş olabileceği gibi bu ikisi arasında sonsuz miktarda alternatif de sahip olabilir. Örneğin hücrenin yarısı dolu yarısı boş ya da yarısı konut yarısı tarım alanı olabilir. Kentsel büyüme modellerinde hücrenin alabileceği durumlar bir zaman kesitinde bulanık bir imaj sergilerken farklı zaman aralıklarında yaşayacağı değişimler de bulanık bir süreç takip edebilir. Kentsel büyüme hem mekânsal hem de zamansal olarak kesin sınırlarla ayrılarak ifade edilmesi mümkün olmayacak kadar karmaşık bir süreci ifade eder. Bu durum hücresel otomata modelleri perspektifinden bakıldığında hem arazi kullanım türlerinin hem de dönüşüm kurallarının bulanık mantık kavramıyla açıklanmasını mümkün kılmaktadır (Berling-Wolff & Wu, 2004).

Bulanık mantık kavramı özellikle hücresel otomata modellerinin geliştirilmesinde sıkça kullanılan yardımcı bir araçtır. Bulanık mantık aracılığıyla gerçeğe daha yakın modeller üretmek mümkündür. Literatürde bulanık mantık ile diğer modelleme tekniklerinin birlikte kullanıldığı modeller bu tezi savunmaktadır (Al-Ahmadi et al., 2009, 2009; Al-Kheder et al., 2008b; Dragicevic & Marceau, 2000; Yan Liu & Phinn, 2003a, 2003b; F. Wu, 1998).

#### **2.3.4 Coğrafi bilgi sistemleri**

Birden fazla kriterin birlikte değerlendirilmesi söz konusu olduğunda ön plana çıkan bir diğer araç ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'dir. CBS büyük miktarda ve karmaşık bilginin mekânla ilişkilendirilmesi, depolanması, görselleştirilmesi ve analiz edilmesi konularında getirdiği yenilikler sayesinde kentsel modellerde sıkça kullanılmaktadır (Allen, 2016; Daniel Stevens & Dragičević, 2007). Farklı verilerin birlikte

değerlendirilmesi, veriler arasındaki ilişkinin sorgulanması ve sonuçların üretilmesi aşamalarında kullanıcılara sağladığı kolaylıklar tercih edilme sebebidir. Hücresel otomata ve çok kriterli karar verme süreçleriyle birlikte kullanılabilirliği kent büyüme modellerinin kurgulanmasını kolaylaştırmakta ve yaygınlaşmasını sağlamaktadır (M. Batty et al., 1999; Feng et al., 2016).

### **2.3.5 Uzaktan algılama**

Gökyüzünde belli bir yükseklikten yeryüzünde bulunan cisimlere dair veriler elde edilmesi işlemi uzaktan algılama olarak tanımlanmaktadır. Bir enerji kaynağından çıkan ışınlar yeryüzündeki nesnelere yansyarak atmosferde bulunan uydular tarafından yakalanır. Bu bilgiler bir yer istasyonuna iletilerek görüntü ve bilgi olarak depolanır. Elde edilen görüntüler uydunun sahip olduğu teknolojik kapasiteye göre farklı çözünürlüğe sahiptir. Uzaktan algılama sistemlerinin gelişmesiyle yeryüzünde gerçekleşen arazi kullanım değişikliklerinin zamansal olarak takip edilmesi mümkün hale gelmiştir. Uzaktan algılama, zaman içerisinde arazi kullanım türlerinin birbirine dönüşmesi, kentsel alanların doğal alanlar üzerine yayılması, bitki varlığının tespit edilmesi, tarımsal ürün miktarının öngörülmesi, askeri alanlar ve topografik haritaların oluşturulması gibi çok çeşitli alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Kentsel büyüme modellerinde, zamansal ve mekânsal çözünürlükte kullanıcılara sağladığı esneklikler nedeniyle uzaktan algılama yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Uzaktan algılama ile elde edilen verilerin coğrafi bilgi sistemleri ve hücresel otomata ile eşgüdümü olarak kullanılabilirliği tekniğin önemini arttırmaktadır (E. Dai et al., 2005; Hua et al., 2014; J. Luo & Wei, 2009; Qin et al., 2015).

### **2.4 Üç Boyutlu Modelleme Çalışmaları**

Üç boyutlu kentsel büyümenin analiz edilmesi için gerekli olan bina yükseklikleri verisi zamansal çözünürlükte birçok yerleşme için bulunmamaktadır. Bu gibi durumlarda bina yükseklikleri verisi çeşitli yöntemler kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu yöntemlerin başında arazi çalışması yapılarak yerinde tespit edilmesi gelmektedir. Ancak geçmiş yıllara ait bina yüksekliği verilerini bu yöntemle elde etmek mümkün değildir. Aynı zamanda güncel durumda arazi çalışması ile bu verilerin elde edilmesi büyük bir zaman ve emek gerektirmektedir. Bir diğer yöntem ise Lidar tarayıcı özelliği olan hava araçları ve mobil cihazlar kullanılmasıdır. Lidar

tarama yönteminde çalışma alanı için Lidar tarayıcılar yardımıyla Lidar nokta bulutu verisi elde edilmesi gerekmektedir. Bu yöntemde de bir öncekine benzer olarak geçmiş yıllara ait veri elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Lidar tarama yönteminde doğruluk oranı yüksek veriler elde edilebilirken yüksek maliyet gerektirmektedir. Bu durum 3 boyutlu kentsel büyüme değişimlerinin analizinde en çok kullanılan üçüncü yöntemi zorunlu hale getirmektedir. Üçüncü yöntemde yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde, oluşan bina gölgeleri ilgili binanın yüksekliği hakkında bilgi vermektedir. Çeşitli kalibrasyonlar sonucunda bu yöntemle hem bugüne hem de geçmiş yıllara ait üç boyutlu kent verisi üretmek mümkündür. Bu yöntemin olumsuz özellikleri; elde edilen verinin doğruluk oranının nispeten düşük olması, aynı çalışma alanı için farklı yıllarda çekilen uydu görüntülerinin çekim açılarının ve gün içi çekim saatlerinin farklı olması, dolayısıyla bina gölgelerinin farklı zamanlarda farklı boyutlarda oluşması şeklinde sıralanabilir. Bununla birlikte eski tarihlerde çekilen uydu görüntülerinin çözünürlük değerleri ile güncel uydu görüntülerinin çözünürlük değerleri farklılık gösterebilmektedir. Bu durum da elde edilen verinin doğruluk payının üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır.

Kentlerde üçüncü boyutta gerçekleşen değişiklikleri konu edinen çalışmaları, çalışma alanının büyüklüğü, kullanılan yöntemler ve değişkenler bakımından çeşitlilik gösterse de temelde iki ana başlık altında incelemek mümkündür. Birinci grup, kentlerde geçmiş yıllara ait veriler aracılığıyla kentin geçirdiği değişimin saptandığı ve olası nedenlerinin araştırıldığı çalışmalar, ikinci grup ise ileriye dönük tahminlerin yapıldığı çalışmalardır.

#### **2.4.1 Üç boyutlu kentsel değişimi ölçen çalışmalar**

Longyu et al. (2009), Çin'in Shanghai kentinde kentsel büyüme ile çeşitli değişkenlerin ilişkisini araştırmışlar ve kentsel büyümeye etki eden olası değişkenleri belirlemişlerdir. Çalışmada kentlerin yatayda büyümesi bina taban alanlarının değişimi, dikeyde büyümesi ise ortalama yüksek katlı yapıların değişimi ile açıklanmıştır. 1985 ve 2006 yılları arasında her yıl için yatayda ve dikeyde büyüme oranları hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken çalışma kapsamında oluşturulan; yüksek katlı yapıların ortalama yüksekliği, kentsel genişleme miktarı ve üç boyutlu mekânsal indeks değerlerinden yararlanılmıştır. Yıllar içinde gerçekleşen bu değişim

miktarlarının; nüfus artışı, ekonomik gelişme, sanayi yapısındaki gelişme, sosyal gelişme ve ulaşım ağındaki gelişme ana başlıklarında çeşitli sosyo-ekonomik değişkenlerle ilişkisi irdelenmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen kentin yatayda büyümesinin en önemli sebebi sanayi sektöründeki değişim olarak saptanırken, dikeyde büyümesinin en önemli sebebi ise nüfus artışı olarak saptanmıştır. Çalışma kapsamında ikili korelasyon analizleri, temel bileşenler analizi ve regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Kentsel büyümenin nicelik olarak yatayda ve dikeyde büyümesinin sebepleri araştırılırken mekânsal ilişki kurulmamış ve mekânsal büyüme haritalanmamıştır.

Qin et al. (2015), çalışmasında Çin'in Yangzhou şehri için 2003 ve 2012 yıllarına ait üç boyutlu kent modellerini değerlendirerek kentsel büyümeyi nicelik ve mekânsal olarak irdemiştir. 2012 yılına ait veriler resmi kurumlardan elde edilirken 2003 yılına ait yapı taban alanları ve yapı yükseklik verileri 0,61 m çözünürlüklü QuickBird ve 0,50 m çözünürlüklü GeaEye uydu görüntüleri kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada yapı taban alanları ve yapı yükseklikleri temel veri olarak kullanılmış ve 4 adet indeks oluşturulmuştur. Ağırlıklı ortalama yapı yüksekliği indeksi ve yapı volümü (inşaat alanı) indeksi kullanılarak belirtilen yıllarda kentin yatayda ve dikeyde büyüme oranları zamansal olarak tespit edilmiştir. Yayılma oranı ve fraktal boyut indeksleriyle ise kentsel mekânın genel morfolojik değişimine ilişkin çıkarımlar yapılmıştır. Çalışma alanında 2003 yılında 9,09 m olan ortalama yapı yüksekliği 2012 yılında 10,23 m'ye çıkmıştır. En fazla ortalama yapı yüksekliği artışı konut yapılarında gerçekleşirken, ikinci sırada hizmet ve ticaret en son sırada ise sanayi yapılarında gerçekleşmiştir. Konut alanlarındaki ortalama yapı yüksekliği 2003 yılında 9,53 m iken, 2012 yılında 12,48 m'ye yükselmiştir. Bu yıllar için en büyük inşaat alanı artımı ise yine konut alanlarında gerçekleşmiştir. 2003 ve 2012 yılları için yapı yükseklikleri ortalaması yüzde 12,62 artarken inşaat alanı yüzde 119,19 oranında artmıştır. Bu da zaman içerisinde kentsel mekânın yatayda daha çok büyüdüğünü göstermektedir. Çalışmada nicelik açısından yapılan değişim tespitinin yanında, gerçekleşen değişim mekânsal olarak da irdelenmiştir. Çalışma alanı antik, eski, yeni ve çeper kent olmak üzere 4 bölgeye ayrılmış ve her bölgedeki değişim 2003 ve 2012 yıllarına dair oluşturulan Arcscene modeli ile karşılaştırılarak tartışılmıştır. Ayrıca çalışmada kentin büyüme dinamikleri kentsel imaj öğeleri ve doğal yapı öğeleri ile tartışılmıştır.

Zambon et al. (2019), tüm Yunanistan için 1910-2010 yılları arasındaki 12 zaman diliminde kentsel mekânlarda gerçekleşen yatay ve dikey büyüme durumlarını analiz etmişler ve olası nedenlerini tartışmışlardır. Çalışmada; Yunanistan'daki ortalama kat yüksekliğinin 3 olmasından yola çıkarak 4 kattan daha düşük kat adedine sahip yapılar yatay gelişme olarak adlandırılırken, 4 ve üzeri kat adedine sahip yapılar dikey büyüme olarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında dikey-yatay büyüme oranı endeksi oluşturulmuştur. Bu endeks 4 kat ve daha büyük yeni yapı sayısının, 4 kattan küçük yeni yapı sayısına oranını ifade etmektedir. Toplam 12 zaman dilimi için elde edilen dikey-yatay büyüme oranı endeksi ile aynı dönemlere ait sosyal ve ekonomik faktörler arasında parametrik olmayan korelasyon analizi ve temel bileşen analizi yapılmıştır. Bu analizler sonucunda hangi sosyo-ekonomik değişkenin endeks üzerinde nasıl bir etkisi olduğu araştırılmıştır. Çalışmada kapsamlı sosyo-ekonomik değişkenler kullanılmıştır. Başlıcaları; nüfus artış hızı, nüfus yoğunluğu, iş gücüne katılım oranı, ortalama yaş büyüklüğü, bağımlı nüfus oranı, üniversite ve yüksek okul mezunu oranı, işsizlik oranı, sanayi ve hizmet sektöründe çalışanların oranı olarak sıralanabilir.

Magarotto et al. (2016) Brezilya'nın Boga Viem kenti için 1961 – 2011 yılları arasında 6 farklı döneme ait uydu görüntülerini ve hava fotoğraflarını kullanarak kentin 3 boyutlu büyümesini değerlendirmiştir. Kentin çeşitli parçaları örneklem alanı olarak incelenmiş ve değişimin muhtemel sebepleri sorgulanmıştır. Çalışma kapsamında; çalışma alanı olarak seçilen nüfus sayım bölgelerinde bulunan bina taban alanları ve yükseklikleri, çalışma alanına bölünerek Volumetrik Endeks oluşturulmuştur. Bu endeksler kullanılarak çalışma alanında gerçekleşen kütleli artışlar zamansal ve mekânsal olarak tespit edilmiş ve yorumlanmıştır. Bu kapsamda kentteki en hızlı büyüme döneminin 1996 ve 2011 yılları arası olduğu tespit edilmiştir.

Chen et al. (2020), 1985-2018 yılları arasında Danimarka'da gerçekleşen kentsel yayılma ve 3 boyutlu büyümeyi, Landsat uydu görüntüleri kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada görüntü işleme yöntemi olarak çeşitli teknikler ve tekniklerden elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Kentsel büyüme, yapılaşma yoğunluğu ve yapı yüksekliği kriterleri temel alınarak 6 farklı grupta incelenmiştir. Bunlar yapılaşma yoğunluğuna göre; seyrek, açık ve kompakt; yüksekliğine göre ise

düşük katlı yapılaşma, orta yükseklikte yapılaşma ve yüksek katlı yapılaşma şeklindedir.

Kentsel mekânın zaman içerisinde yaşadığı 3 boyutlu değişimi araştıran çalışmalar bina taban alanlarını, kat yüksekliklerini ve inşaat alanlarını ölçüm kriteri olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmalarda kentsel büyümeye etki eden unsurların, nüfus artışı, nüfusun sektörel dağılımı, hane halkı gelir durumu vb. sosyo-ekonomik değişkenler olduğu savunulmaktadır.

#### **2.4.2 Üç boyutlu kentsel büyümeyi tahmin eden çalışmalar**

Weber et al. (2009), tek bir noktadan başlayarak zaman içerisinde çeşitli kurallar çerçevesinde büyüyen üç boyutlu kentsel büyüme modeli kurgulamıştır. Kurgulanan model teorik olarak üretilmiş ancak sonraki aşamada Las Vegas şehri için denenmiştir. Las Vegas'ın 1950 yılındaki verileri kullanılarak model çalıştırılmış ve kentin gerçek büyüme kalıplarıyla modelin öngördüğü büyüme deseninin uyumluluk içinde olduğu görülmüştür. Modelde topografik veriler, kent merkezi, büyüme merkezleri, yıllara göre sokak büyüme oranları, arazi kullanım türleri ve miktarları, simülasyon sonunda elde edilecek maksimum arazi kullanım miktarları, ortalama arazi değerleri, yapı çekme mesafeleri ve yapı simülasyon kuralları gibi çeşitli kriterler kullanıcılar tarafından modele girilmektedir. Modelde sokaklar belli zaman aralıklarında belli oranlarda büyümektedir. Büyüyen sokaklar işlek olma durumuna göre üzerinde trafik barındırmaktadır ve kademelenmektedir. Sokaklar arasında oluşan arazi parçalarında arazi kullanım türleri işlenmektedir. Arazi kullanım türleri yerleştirilirken toplam arazi kullanım türü miktarı dışarıdan verilmektedir. Arazi kullanımlarının mekânda yer seçimi; kümelenme, komşuluk ilişkileri, kent merkezine, orman alanlarına ve su yüzeylerine yakınlık, trafik durumu, arazi parçasının eğim değerleri ve yükselti değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Modelin son aşamasında arazi kullanım türü belirlenen arazi parçaları daha küçük alt parçalara çeşitli kurallar tanımlanarak ayrılmakta ve yapı inşaat ekonomisi ve yapılaşma kuralları çerçevesinde üç boyutlu yapılar üretilmektedir.

Xia et al. (2016), çalışmasında Çin'in Liuzhou kentini örneklem alan olarak seçmişlerdir. Çalışma kapsamında üç boyutlu kentsel büyüme için en uygun gelişme alanlarını saptamışlardır. Bu amaçla modelde, arazi uygunluğu, ekonomik talebin yeterliliği ve yeni yapılaşmanın dağ ve nehir manzarasını engellememesi olmak üzere

üç ana başlık tanımlanmıştır. Arazi uygunluğu ana başlığı altında arazinin yüksek katlı yapı yapılmasına uygunluğu; jeoloji, jeolojik risk, hidroloji ve planlama kriterleri kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca modelde bu kriterlerle ilişkili olarak; eğim, zemin sağlamlığı, jeolojik riskler, zemin suyu seviyesi, su temini, yer üstü ve yer altı için yasal düzenlemeler ve planlar alt kriterler olarak değerlendirilmiştir. Bu kriterler belli ağırlıklarla birleştirilmiş ve arazi için yapılaşmaya uygunluk dereceleri saptanmıştır. Çalışmada ekonomik talebin yeterliliğini belirleyebilmek için ise; nüfus, ekonomi ve altyapı ana başlıklarıyla ilişkili nüfus miktarı, birim arazi fiyatı, ortalama arazi fiyatı, iş merkezi yoğunluğu, arsa oranı, yapılaşma katsayısı, yapılaşma yoğunluğu ve yol yoğunluğu alt kriterleri kullanılmıştır. Modelde analitik hiyerarşi süreci kullanılarak kriterlerin ağırlıkları saptanmış ve sonuç ekonomik uygunluk analizi elde edilmiştir. Model sonucunda arazi yapılaşmaya uygunluk ve ekonomik talebin uygunluğu verileri birlikte değerlendirilerek sonuç ürün üzerinde görünebilirlik analizine göre değişiklikler yapılmıştır. Çalışma kapsamında verilerin kolay işlenebilmesi ve elde edilen sonuç ürünün çözünürlüğünün yüksek olması için yapı adası boyutundan büyük ancak komşuluk biriminden küçük 13.400 birim oluşturulmuş ve tüm analizler bu detayda yapılmıştır. Bu çalışmada kentin mekânsal gelişiminde üç boyutlu yapılaşmaya en uygun alanlar belirlenerek şehir plancılarına ve yerel idarelere karar verme süreçlerinde yardımcı bir araç üretme amaçlanmıştır.

Lin et al. (2014), hücresel otomata tabanlı üç boyutlu kentsel büyüme modeli üretmiştir. Kentsel büyüme dikeyde bina kat yüksekliklerinin artışı, yatayda ise bina taban alanlarının artışı olarak tanımlanmaktadır. Üretilen modelde 20 m çözünürlüklü raster formatında veriler kullanılmıştır. Guangzhou kenti örneklem alanında 2000 yılına ait yapı ve kat yükseklikleri verileri kullanılarak 2005 yılı için tahmin modeli üretilmiş, üretilen model aynı yıl için gerçek yapılaşma durumunu ile karşılaştırılmıştır. Toplam doğruluk yüzde 81,2, kappa indexi ise yüzde 74,2 olmuştur. Sonraki aşamada 2005 yılı verileri kullanılarak 2010 yılı için tahmin üretilmiştir. 2010 yılı için düşük katlı yapılaşmanın kent çeperine doğru yayılacağı, yüksek katlı yapıların ise kompakt bir büyüme eğilimi göstereceği tahmin edilmiştir. Çalışmada arazi kullanım sınıfları konut, ticaret, sanayi ve konut-ticaret karma kullanımı olmak üzere 4 başlık halinde değerlendirilmiştir. Çalışma alanında 1 ve 83 kat arasında yapılar bulunmaktadır ve yazarlar kat adetlerini 1-2, 3-5, 5-7, 7-9, 9-19, 19-29 ve 29+

olmak üzere 7 gruba ayırmıştır. Kat yüksekliklerine göre gruplandırılan yapıların kendileri için en uygun alanı seçmek istedikleri varsayılmaktadır. Arazi uygunluğu, komşuluk ilişkileri ve erişilebilirlik olmak üzere 3 ana başlık altında kurgulanan değişken seti kullanılmıştır. Arazi uygulugu; nüfus yoğunluğu ve yazarlar tarafından yapılan bölgeleme alt kriterleri ile tespit edilmiştir. Bölgelemede kentin eski merkezinin geometrik ortası başlangıç noktası kabul edilerek 4, 7, 10, 16 km mesafeli daireler kullanılmış ve sırasıyla çekirdek, kenar, hinterland ve saçak olarak adlandırılmıştır. Komşuluk ilişkileri kurgulanırken 10 m çember şeklinde komşuluk birimi belirlenmiş ve komşuluktaki yapı yoğunluğu ve kat yükseklik durumu dikkate alınmıştır. Erişilebilirlik, birincil ve ikincil karayolu güzergahları, metro istasyonları ve otoban çıkış noktaları baz alınarak hesaplanmıştır. Modelde yazılım dili olarak Python ve Arcpy'dan kullanılmıştır.

Benguigui et al. (2008), üç boyutlu öznitelik verileri kullanarak iki boyutlu hücresel otomata modeli üretmiştir. Kentin üç boyutlu profilindeki değişim, başlangıçtaki yapı taban alanı, komşuluk ilişkisi, atalet (inertia) ve bilinmezlik (noise) değişkenleri kullanılarak üretilen gelişme potansiyeli fonksiyonu ile modellenmiştir. Komşuluk ilişkisi, söz konusu hücreyi saran 8 hücre esas alınarak irdelenmiştir. Atalet, mevcut durumda yapılaşmış bir hücrenin gelecek dönemde de yapılaşmış kalmasıdır. Bilinmezlik değişkeni 0 ve 1 arasında rastgele değerler alabilen değişkendir. Kullanılan fonksiyon sürekli bir fonksiyon değil 0 veya 1 değerlerini alabilen Boolean bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun 0 değerini alması bir sonraki zaman dilimi için söz konusu hücrede herhangi bir değişiklik olmayacağını, 1 değeri alması ise gelecek dönemde hücrede daha yüksek bir yapı olacağını ifade etmektedir. Modelde kullanılan her hücre kendine ait yapı taban alanı miktarı, komşuluk ilişkisi, atalet ve bilinmezlik değerine sahiptir. Çalışma kapsamında Starlogo yazılımı kullanılarak üretilen model gerçek bir şehirde denenmemiştir. Doğal yapı, arazi kullanımı ve ulaşım ilişkilerinin dikkate alınmamış olması, gerçek şehir uygulaması ve kalibrasyon yapılmamış olması modelin eksiklikleridir.

Frenkel (2007), Tel Aviv çalışma alanında 10 ve daha yüksek katlı yapıların yer seçim dinamiklerini araştırmakta ve geleceğe dair kestirimler yapmaktadır. Metropolen kentsel alanı; çekirdek, iç ring, orta ring ve dış çeper olmak üzere 4 bölüme ayırmıştır. Yüksek katlı yapıların kentsel alanda hangi bölümde bulunduğu, merkezi iş alanı ya da konut alanında yer aldığı, arazi kullanım türü, yüksek katlı yapının bulunduğu

istatistiksel birimin ortalama yaş aralığı ve gelir durumu gibi kriterler değerlendirilerek lojistik regresyon modeli kurulmuştur. 10 ve daha yüksek katlı yapıların mevcut konumları arazi çalışması ile tespit edilmiştir. Çalışmada literatür araştırmasına dayalı yüksek katlı yapılar için çeşitli yer seçimi ön kabulleri sorgulanmıştır. Mekânsal gösterim ve analizlere yer verilmemiştir.

Tamošaitiene et al. (2013). Vilnius kent merkezi çalışma alanında 35 ve daha yüksek katlı yapılar için yer seçim kriterleri tartışmaktadır. Modelde kullanılan kriterler SWOT (Güçlü, Zayıf, Potansiye, Tehdit) analizi kullanılarak belirlenmekte ve uzman görüşleri doğrultusunda puanlanmaktadır. Yüksek katlı yapılar için en uygun yer seçiminde oyun teorisi kullanılmaktadır. Kent merkezinde veya kent çeperinde olma, önemli transfer noktalarına yakınlık, önemli karayollarına yakınlık, yeniden geliştirilmiş eski sanayi alanlarında olma, tarihi kent merkezinin yakınındaki modern kent merkezinde olma gibi kriterler aracılığıyla muhtemel yüksek katlı yapı yapılabilecek alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar; şehir planlama ilkeleri doğrultusunda analiz edilmiştir. Çalışmada dikkate alınan şehir planlama ilkeleri şu şekildedir: Kent merkezinin karakterinin korunması, trafik sıkışıklığına neden olmaması, atıl durumdaki alanların canlandırılması, ulaşım altyapısını verimli kullanabilme ve doğal yapıya saygılı yapılaşma. Bunun yanında yatırımcılar için ilgi odağı oluşturma, özel mülk üzerinde olumsuz etki oluşturmama, tarihi kent merkezinin korunması, mevcut altyapı olanaklarının kullanılması, kent silüetine zarar verilmemesi, yaşam şartları üzerinde olumsuz etki oluşturmaması ve kaotik düzenden kaçınılmasıdır.

Xu & Coors (2012), küçük-orta ölçekli bir kent ölçeğinde üzerinde uzlaşılan çeşitli kriterleri kullanarak oluşturdukları sürdürülebilirlik indeksinin zaman içerisindeki değişimini irdelemiştir. Çalışma alanı olarak Almanya'nın Stuttgart kentine bağlı Pleningen şehri seçilmiştir. Ekonomi, toplum, konut yerleşmesi ve çevre ana kriterler olarak ele alınmıştır ve 1991-2020 yılları için derlenmiştir. Toplam 24 adet alt kriter belirlenmiştir. Bunlardan bazıları; nüfus, aile büyüklüğü, kişi başına düşen gelir, kişi başına düşen yaşam alanı, kentsel hava kirliliği ve karbondioksit salınım oranı, yoksulluk sınırı altındaki nüfus, arazi kira ve fiyatları şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmada belirlenen 24 kriter analitik hiyerarşi yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve sürdürülebilirlik indeksi oluşturulmuştur. Kriterler arasındaki ilişkiler Sistem Dinamik yaklaşımı ile de değerlendirilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde örneklem alanın

2020 yılında ihtiyaç duyacağı konut alanı miktarı modele girdi olarak verilerek kompakt ve yayılmış olmak üzere iki farklı gelişme senaryosu oluşturulmuştur. Model sonucunda elde edilen senaryolar Esri Arcmap ve City Engine programları yardımıyla üç boyutlu olarak görselleştirilmiştir. Kapsamlı bir üç boyutlu kentsel büyüme modeli olarak sayılamayacak olsa da çalışmada üç boyutlu görselleştirmenin önemi vurgulanmıştır. Kompakt ve yayılmış olmak üzere iki farklı perspektifte oluşturulan senaryolarda yeni gelişecek konut alanları için yer seçimi kriterlere dayandırılmamıştır. Çalışma, sadece konut alanlarının büyümesine ve mekânsal dağılımına odaklanmış, diğer arazi kullanım sınıfları ile etkileşim göz ardı edilmiştir. Aynı zamanda doğal ve yapay eşikler dikkate alınmamıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan sürdürülebilirlik indeksinin mekân ile ilişkisi kurulmamıştır.

Koziatek et al. (2016), kadastral düzeyde düzensiz mekânsal birimleri esas alarak, çok kriterli karar verme yöntemi, hücresel otomata ve CBS tabanlı prosedürel modelleme tekniğiyle 3 boyutlu kentsel büyüme modeli üretmiştir. Çalışmada orta ve yüksek katlı yapıların kentsel mekânda yer seçim kriterleri belirlenmiş, belirlenen kriterler analitik hiyerarşi süreci yardımıyla ağırlıklandırılmış ve yüksek katlı yapıların mekânda yer seçimi için en uygun gelişme alanları belirlenmiştir. Çalışma Kanada'nın Surrey kentinin bir bölümünde denenmiştir. Çalışma kapsamında; nüfus artışı, ekonomik avantajlar, arazi kullanımı, ulaşım, sosyal ve ekonomik çekim noktalarına erişilebilirlik, iş merkezlerine erişilebilirlik, rekreasyonel aktivite alanlarına erişilebilirlik kriterleri esas alınmıştır. Doğal kriterler başlığı altında eğim, yönlenme, hidroloji ve jeoloji verileri de dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan üç boyutlu kentsel büyüme modeli, mevcut kentsel yerleşik alan sınırları içinde yapı yoğunluğunun artışı modellemektedir.

Koziatek & Dragičević (2019), çalışmada kompakt kentsel büyümenin kentsel sürdürülebilirlik açısından daha olumlu bir kentsel gelişme dinamiği oluşturduğu savından hareketle Kanada'nın Vancouver kenti için olası kompakt gelişme tahmin modeli üretmiştir. Resmi kurumlardan 2011 yılı için elde edilen veriler kullanılarak 10'ar yıllık arayla 2041 yılı tahmini yapılmıştır. Çalışmada üç boyutlu kentsel büyümenin; arazinin uygunluğu, arazi kullanım sınıfları ve ortalama yapı yükseklikleri ile ilişkili olduğu savunulmaktadır. Uygunluk ana başlığı altında; otobüs, metro ve karayollarına yakınlık, tehlikeli ve yapılaşma kısıtla alanlar, eğitim tesislerine yakınlık, yürüyüş ve bisiklet rotalarına yakınlık, merkezi iş alanına yakınlık, alt

merkezlere yakınlık, sağlık kuruluşlarına yakınlık, su yüzeylerine yakınlık ve arazinin eğim durumu irdelenmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde analitik hiyerarşı süreci kullanılmıştır.

Koziatek & Dragićević (2017) bir diğer çalışmada (iCity 3D) önceki çalışmalarında benzer olarak Kanada'nın Surrey kentinde 3 boyutlu kentsel gelişme tahmin modeli üretmişlerdir. Modelde yazarların önceki çalışmalarda kullandıkları kriterler ve yöntemler kullanılmıştır. Bu modelin önceki modellerden farkı, model sonucunda elde edilen uygunluk analizi yardımıyla üç boyutlu prosedürel modelleme yöntemi kullanılarak gerçekleşmesi muhtemel yapılaşmanın görselleştirilmesidir. 2041 yılı için yapılan kestirimde, yeni yapıların üretim sürecinde mevcut kadastral parseller dikkate alınmış ve bu kadastral desenin zaman içerisinde geçirmesi muhtemel değişim, küçük parsellere ayrılma işleminin, modele dâhil edilmiştir.

Dikey kentsel büyüme tahmin eden modellerde öncelikle kentsel büyüme etki eden değişkenler belirlenmektedir. Elde edilen değişkenler analitik hiyerarşı süreci ya da geçmiş yapılaşma eğilimleri dikkate alınarak ağırlıklandırılmakta ve gelecek için 3 boyutlu kentsel büyüme en uygun yerler saptanmaktadır. 3 boyutlu büyüme çoğu modelde yüksek katlı yapılaşma olarak kabul edilmektedir. Kentlerde gerçekleşen dikey büyüme ağırlıklı olarak kat yükseklikleri ile ilişkilidir ancak bu durum sadece kat yüksekliği ile açıklanamaz, yapı taban alanları, inşaat alanları ve emsal değerleri de dikey büyümenin önemli yönlendiricileridir. Aynı zamanda bütüncül olarak bir kentin tamamını yerine kent parçalarının örneklem alanı olarak seçilmesi dikey büyümenin tahmin edilmesinde çevresel ilişkilerin etkinliğini zayıflatabilmektedir.

### 3. PARSEL TABANLI 3 BOYUTLU KENTSEL BÜYÜME MODELİ (PURGOM)

Bir kentsel mekânın geçmiş yıllarda gerçekleşen kentsel büyüme kalıpları, o kentsel mekânın gelecekteki kentsel büyüme kalıpları hakkında bilgi içermektedir. Kentsel büyüme, her kentin kendine özgü iç dinamikleri, çevre yerleşmelerle olan ilişkisi ve bölge ve ülke içindeki etkileşimler sonucunda gerçekleşmektedir. Kentin kendi iç dinamikleri kentsel mekânın şekillenmesini etkileyen en önemli unsurdur. Kentin iç dinamiklerini, nüfus miktarı ve nüfusun sosyo-ekonomik özellikleri, arazi kullanım türleri ve mekânsal dağılımı, donatı tesisleri yer seçimi, ulaşım türleri ve kademelenmesi, kenti etkileyen üst ölçek ve alt ölçek planlama kararları olmak üzere çeşitli başlıklar altında incelemek mümkündür. Tarihsel süreç içerisinde kent dokusu bu dinamikler etkisinde şekillenmektedir. Aynı zamanda mevcut kent dokusu da bu dinamikleri etkilemektedir. Kentsel doku değişimi veya büyüme kalıpları ile kentin iç dinamikleri arasında karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır.

Bu çalışmada “bir kentsel yerleşmede kentsel büyüme, öncelikle o yerleşmenin kendine özgü iç dinamikleri etkisinde gerçekleşmektedir” hipotezi sorgulanmaktadır. Bu kapsamda kentin iç dinamiklerini tanımlayan geniş bir kriter havuzu oluşturulmuş ve her kriterin kentsel mekanı şekillendirme gücü sorgulanarak o kente özgü dinamikler arası etkileşim oranı tespit edilmiştir. Bu amaçla önceki yıllara ait kriterler yine aynı yıla ait kentsel doku ile mekânsal ve istatistiksel olarak karşılaştırılarak aralarındaki ilişkiler ortaya çıkarılmıştır. Bu ilişkiler kullanılarak güncel duruma yönelik bir tahmin üretilmiş ve elde edilen ilişki düzeylerinin kentsel doku değişimini açıklama gücü, güncel yapılaşma durumu ile karşılaştırılarak test edilmiştir. Kurgulanan modelin tahmin kapasitesi sılandıktan sonra ileriki yıllar için senaryo tabanlı tahminler üretilmiştir.

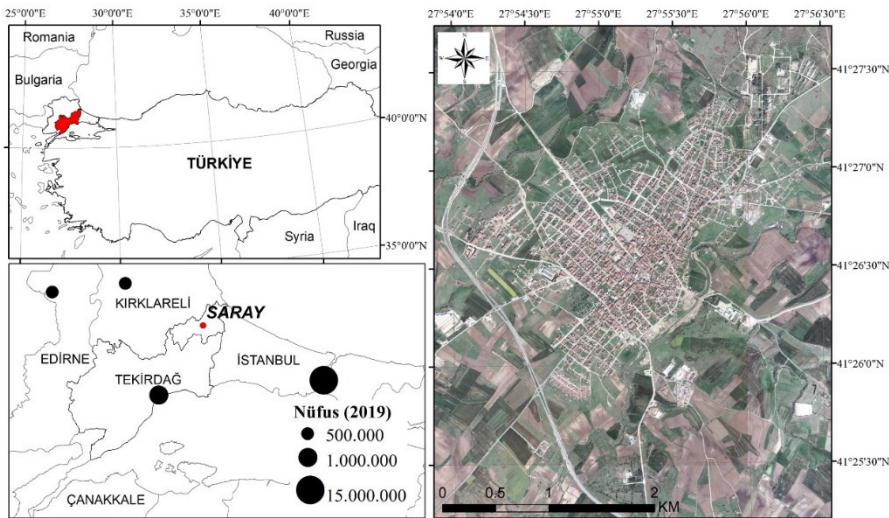
Tez çalışmasının bu bölümünde üç boyutlu kentsel büyümenin izlenmesi, ölçülmesi ve tahmin edilmesi için kullanışlı bir araç olan emsal oranları esas alınarak parsel tabanlı kurgulanan model açıklanmaktadır. Model uygulama alanı olarak küçük ve orta

büyükölükteki bir kent kategorisinde yer alan Tekirdağ ili Saray ilçesi kent merkezi seçilmiştir.

### 3.1 Çalışma Alanı Genel Özellikleri

Saray ilçesi kent merkezi, çalışma kapsamında kurgulanan parsel tabanlı kentsel büyüme modelinin (PURGOM) sınanması için uygun büyüklükte olması, model kurgusu için gerekli niteliksel ve niceliksel veri altyapısının güçlü olması, alan çalışması ile veri toplama ve elde edilen verilerin doğruluğunu ölçme imkânının bulunması nedeniyle örneklem alan olarak seçilmiştir.

Saray ilçe merkezi Kuzeybatıda Kırklareli ili Vize ilçesine, Güney ve Güneydoğuda Tekirdağ ili Kapaklı ve Çorlu ilçelerine komşudur. Kent coğrafi koordinat düzleminde 27 derece 55 dakika doğu meridyenleri ve 41 derece 27 dakika kuzey paralellerinde konumlanmıştır (Şekil 3.1). Kent, İstanbul il sınırlarından başlayıp Bulgaristan ülke sınırlarına kadar uzanan Yıldız dağlarının, Ergene nehrinin ve kollarının oluşturduğu Ergene vadisi ile buluştuğu alçak yamaçlarda kurulmuştur. Trakya bölgesinin en önemli akarsuyu olan Ergene nehrinin ana kolu, Saray ilçe merkezinden geçmektedir. Kent doğudan ve batıdan iki adet akarsu ile sınırlanmaktadır. Ergene ovası üzerinde kurulan kent, verimli ve sulanabilir tarım alanları ile çevrelenmiştir. Kentin Kuzeyinde Istranca ormanları yer almaktadır. Bu yönüyle Saray kentsel yerleşik alanı çeşitli ekolojik birimlerle etkileşim içindedir (Şekil 3.2). Bu durum kentsel büyüme sürecinin izlenmesi ve yönlendirilmesini kritik derecede önemli hale getirmektedir.

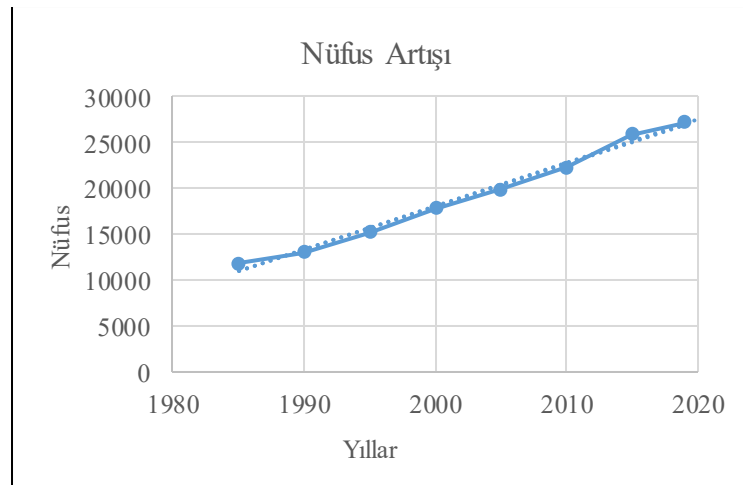


Şekil 3.1 : Çalışma alanının konumu.

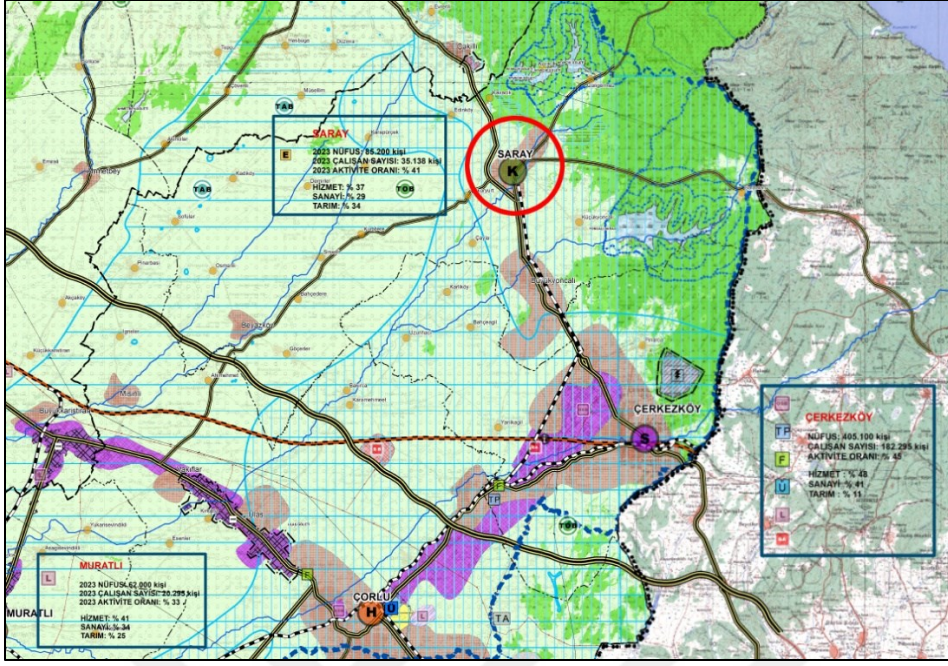


**Şekil 3.2 :** Saray kent merkezinin Ergene Nehri, Ergene Havzası ve Yıldız Dağları ile ilişkisi.

Örnekleme alan olarak seçilen Saray kentinin nüfusu 1985-2019 yılları arasında doğrusal bir artış göstermektedir. Kentin 2019 yılı nüfusu 27.204 kişidir. Tarihsel süreç içerisinde küçük-orta ölçekli bir kent olarak büyük nüfus değişiklikleri gerçekleşmemiştir (Şekil 3.3). Ancak dünyanın en büyük metropol yerleşmelerinden biri olan İstanbul'a 125 km mesafede bulunması ve İstanbul'dan desantralize edilen sanayi alanlarının yerleştiği Çorlu, Çerkezköy yerleşmelerine yakınlığı sebebiyle yakın gelecekte nüfus artışıyla birlikte yapılaşma baskısıyla yüzleşmesi kaçınılmazdır. Trakya Alt Bölgesi Ergene Havzası 1/100.000 Ölçekli Revizyon Çevre Düzeni Planında, Saray kent merkezi 2040 yılı nüfusu 55.000 kişi olarak öngörülmüş ve kent merkezi yakın çevresinde büyük ölçekli sanayi alanları için yer ayrılmıştır (Şekil 3.4) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2009).

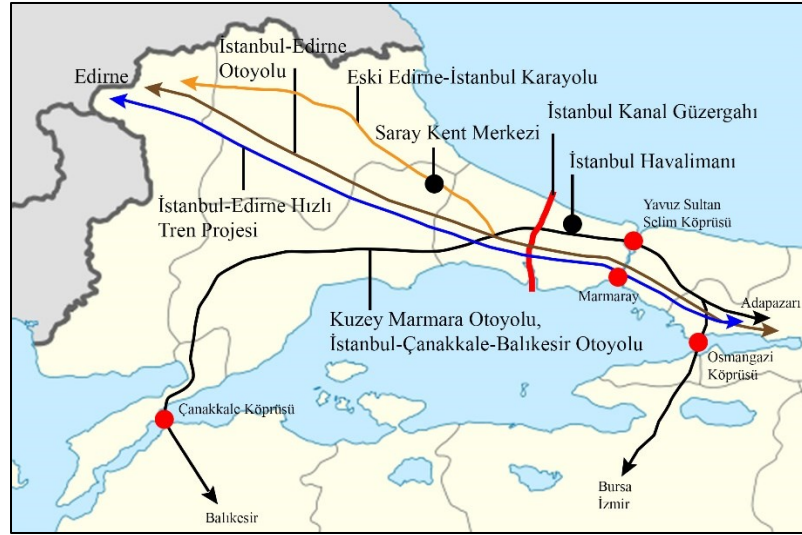


**Şekil 3.3 :** Saray kent merkezi 1980-2020 yılları arası nüfus değişimi.



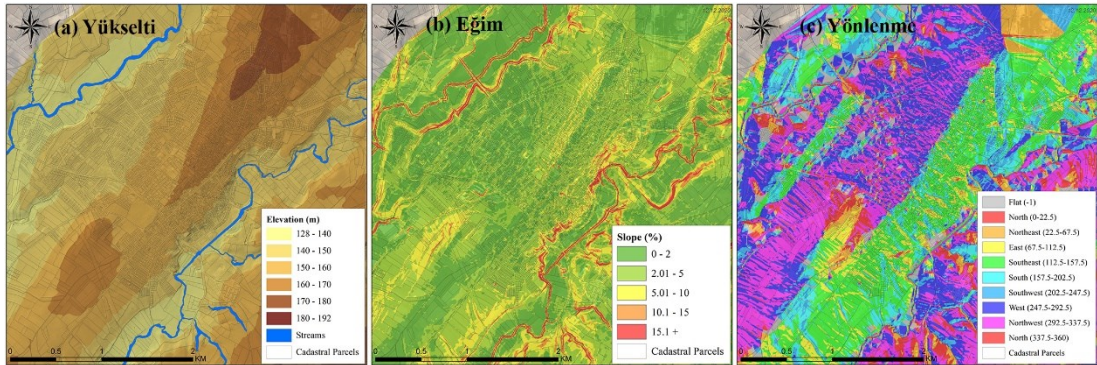
**Şekil 3.4 :** Trakya Alt Bölgesi Ergene Havzası 1/100.000 Ölçekli Revizyon Çevre Düzeni Planı Saray yakın çevresi kararları.

Bununla birlikte Kuzey Marmara Otoyolu, Tekirdağ-Çanakkale-Balıkesir Otoyol projesi, Eski Edirne-İstanbul karayolunda gerçekleştirilen bölünmüş yol yapım çalışmaları, İstanbul-Edirne Hızlı Tren Projesi, Kanal İstanbul Projesi, İstanbul Havalimanı gibi büyük ölçekli projelerin güzergâh ve konumlarına yakınlığı Saray kent merkezi üzerinde yapılaşma baskısının artmasına neden olacaktır. Şekil 3.5'te çalışma alanı olarak seçilen Saray kenti yakın çevresinde gerçekleşmiş, inşaat ve proje aşamasında olan büyük ölçekli yatırım kararlarının yerleşme ile olan ilişkisi haritalanmıştır.



Şekil 3.5 : Çalışma alanı yakın çevresi büyük ölçekli proje ve yatırımlar.

Saray kenti topografik olarak deniz seviyesinden 120 m ve 200 m yükseklikler arasında, Yıldız Dağlarının Ergene Ovasına uzanan düşük eğimli güney yamaçlarında kurulmuştur. Kent merkezinin büyük bölümü yüzde 0 ve yüzde 5 eğim aralığında yer almaktadır. Bununla birlikte alanın kuzeydoğu ve kuzeybatısında yer alan akarsu yatakları boyunca görece yüksek eğimli vadiler bulunmaktadır. Topografyanın düz ve düze yakın olması, arazi yüzeylerinin yönlendirilmesi açısından sorunlu alanların varlığını azaltmaktadır. Kentin kurulduğu arazi parçasının büyük kısmı güney, güneydoğu ve güneybatı yönlerine sahiptir. Şekil 3.6'da çalışma alanının yükselti, eğim ve yönlendirme durumu görülmektedir.



Şekil 3.6 : Çalışma alanı yükselti, eğim ve yönlendirme analizi.

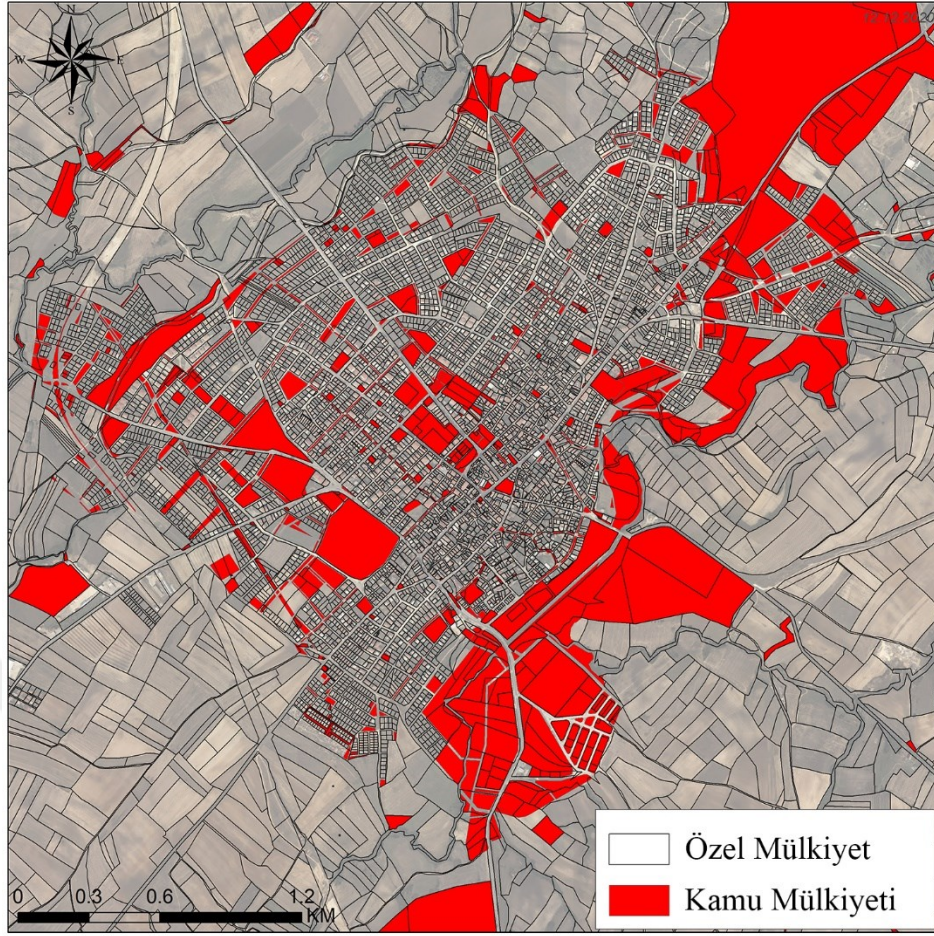
### 3.2 Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışma kapsamında 2012 yılına ait emsal değerleri ve emsal değerleri üzerinde etkili olduğu varsayılan çeşitli kriterler arası ilişki, istatistiksel ve mekânsal olarak karşılaştırılarak kriterlerin emsal değerlerini etkileme dereceleri tespit edilmiştir.

Tespit edilen etki dereceleri yardımıyla 2019 yılına dair simülasyon gerçekleştirilmiş ve elde edilen simülasyon sonuçları 2019 yılı gerçek emsal dağılımı ile kıyaslanarak modelin doğruluk oranı irdelenmiştir. Modelin tahmin etme kapasitesi teyit edildikten sonra 2030 ve 2040 yılları için senaryo temelinde simülasyonlar oluşturulmuştur.

Bu kapsamda modelde kullanılan; 2012 yılına ait bina kütlesi, kat adetleri, bina kullanımı, kadastral parseller, mülkiyet durumu, 1/5.000 Nazım İmar Planı ve 1/1.000 Uygulama İmar Planı, plan notları, plan raporu ve arazi değerleri verileri Saray Belediyesi'nden temin edilmiştir. 2019 yılına ait; bina kütlesi ve bina kat adetleri verisi Google uydu görüntüleri (Google, n.d.) ve arazi çalışmaları kapsamında oluşturulmuştur. Bununla birlikte Çevre Düzeni Planı ve Plan Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı internet sitesinden temin edilmiştir. Elde edilen ham veriler ve analizler, Esri Arcmap programı kullanılarak derlenmiş, sadeleştirilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm veriler için WGS 1984 UTM Zone 35N projeksiyonu tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında tüm mekansal analizler Arcmap programı 10.7 versiyonu (ESRI, 2019), istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 23 versiyonu (IBM, 2016) ve Microsoft Excel 2013 versiyonu (Microsoft, 2010) ve üç boyutlu görselleştirmeler ArcScene 10.7 versiyonu (ESRI, 2019) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında kurgulanan model, konut ve ticaret fonksiyonlarının yer seçebileceği özel mülkiyete konu parseller özelinde kurgulanmıştır. Bu parseller üzerindeki emsal dağılımı kentleşme sistematığında çeşitli kriterler etkisinde gerçekleşmektedir. Çalışma kapsamından çıkarılan kamusal donatı, yeşil alan, sanayi ve askeri parsellerde ise ilgili kullanımın ihtiyacına göre farklı emsal oranı kararları idarece verilmekte ve uygulanmaktadır. Dolayısıyla, konut ve ticaret fonksiyonuna konu olabilecek parseller ile donatı parselleri üzerinde gerçekleşen yapılaşma durumu farklı kriterler etkisiyle biçimlenmektedir. Bu nedenle mülkiyeti kamuya ait parseller, mevcut durumda kentsel donatı, sanayi, turizm tesisi vb. arazi kullanımına sahip parseller ve kentsel yeşil alanlar çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Aynı zamanda ileriki yıllarda plan kararları doğrultusunda kamu mülkiyetine geçmesi öngörülen parseller de çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Şekil 3.7'te model kurgusundan çıkarılan parseller gösterilmektedir.

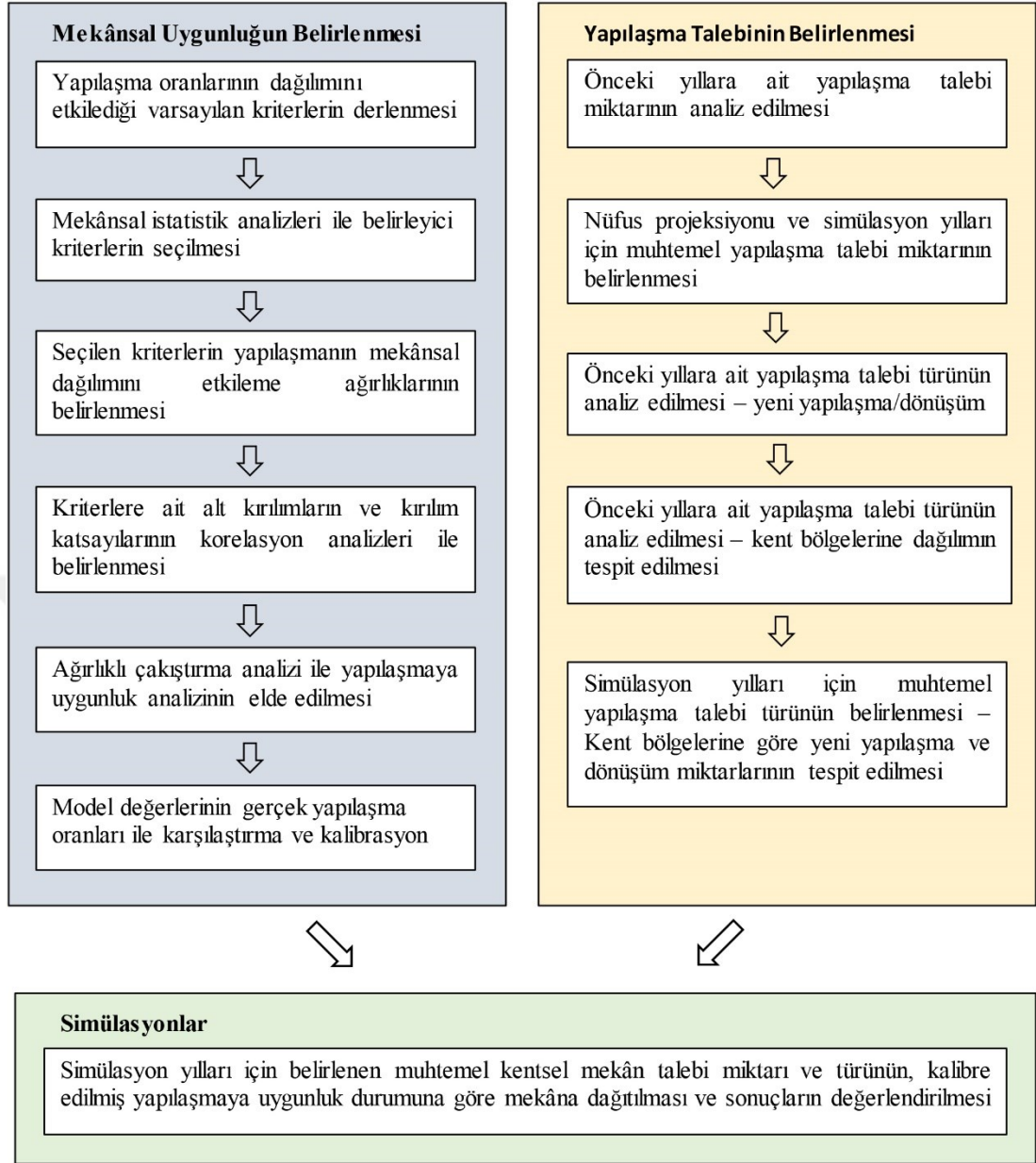


**Şekil 3.7 :** Modelin mekânsal kapsamı dışında bırakılan parseller (Mevut durum ve planlanan kentsel donatı alanları, askeri alanlar, sanayi tesisleri, yeşil alanlar, kamusal mülkiyetteki parseller).

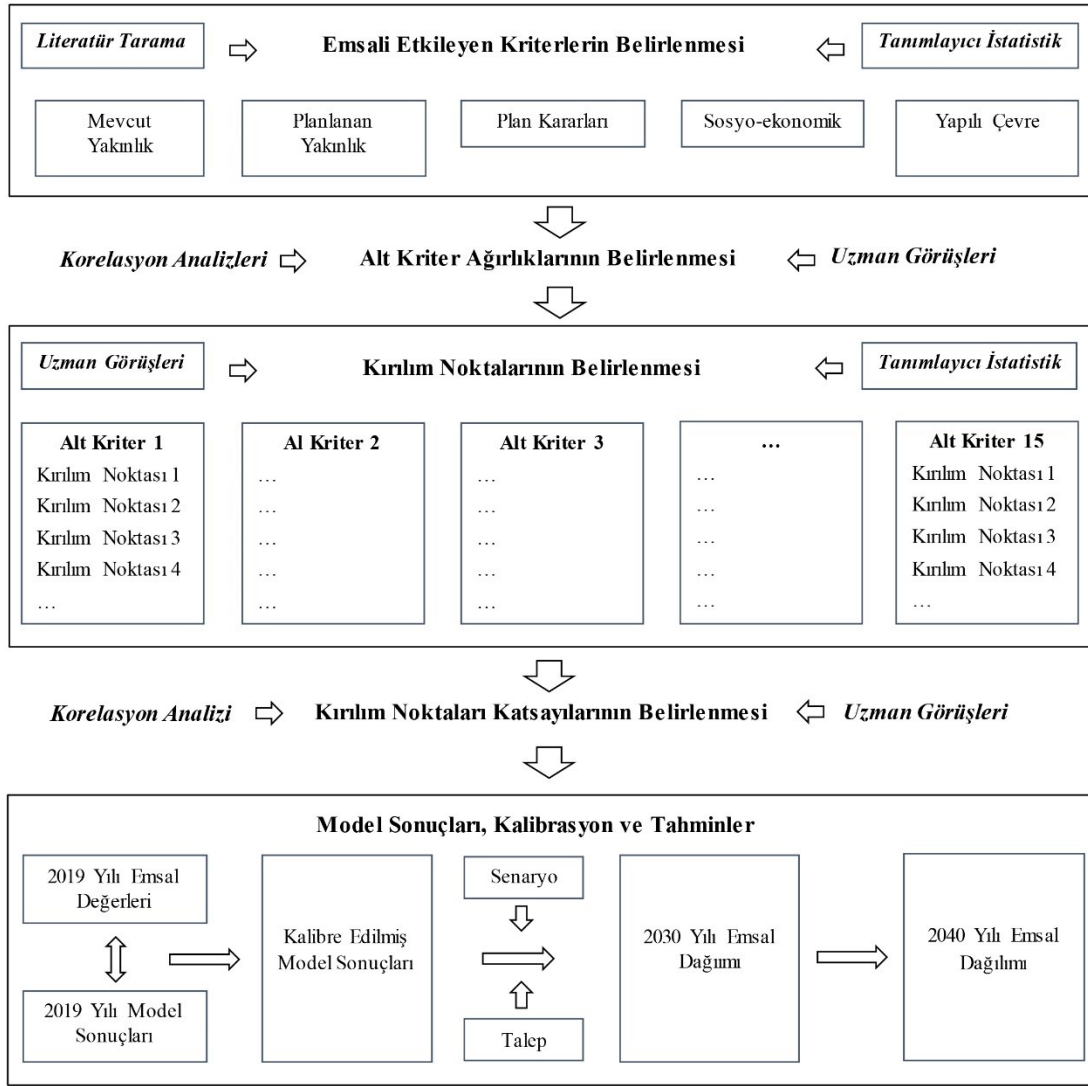
### 3.3 Model Kurgusu ve Aşamaları

Çalışma kapsamında ilk olarak kent içinde emsal oranları dağılımını etkilemesi muhtemel kriterler literatür araştırması ve uzman görüşleri aracılığıyla derlenmiş ve altı başlıkta çeşitli alt kriterler derlenmiştir. Çalışma alanında bulunan yapılaşmış parseller özelinde gerçekleştirilen mekânsal ve istatistiksel analizler sonucunda bazı kriterler elenmiş ve modelde kullanılacak nihai kriterler tespit edilmiştir. Model uygulama alanı olarak seçilen yerleşme özelinde yükselti, eğim, yönlenme, akarsu yataklarına yakınlık, jeolojik yapı gibi doğal yapıya ilişkin kriterlerin emsal dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle bu kriterler model kurgusu dışında bırakılmıştır. Seçilen kriterlerin, alt kriterlerin ve kısıtlıların etki dereceleri yine mekânsal ve istatistiksel analizler sonucunda belirlenmiştir. Elde edilen kriterler çerçevesinde konut ve ticaret kullanımına konu olabilecek tüm parseller değerlendirilmiş ve ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle sentezlenerek model sonuçlarına

ulaşılmıştır. 2012 yılı mevcut durum verileri kullanılarak elde edilen model sonuçları 2019 yılı emsal dağılımı ile karşılaştırılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sonucunda 2012-2019 yılları arasında emsal artışı yaşayan parsellerde modelin ön gördüğü değerler sorgulanmıştır. Sorgulama sonucunda modelin tahmin kapasitesi teyit edildikten sonra aynı yıllar arasında yapılaşma değişiminin mekânsal dağılım eğilimi araştırılmıştır. Bu aşamada kent, merkez, orta-merkez, orta ve dış çeper olmak üzere 4 bölgeye ayrılmış ve değişim yeni yapılaşma ve dönüşüm başlıkları altında kent bölgeleri için ayrı ayrı incelenmiştir. Bu aşama ile elde edilen yapılaşma eğilimlerinin 2030 ve 2040 yıllarında devam edeceği kabul edilerek simülasyon sürecine geçilmiştir. Son aşamada simülasyon sonuçları zamansal ve mekânsal olarak irdelenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen modelin örneklem alan özelinde değişimi yakaladığı saptanmıştır. İleriki planlama çalışmalarında karar vermeye yardımcı bir analiz yöntemi olarak kullanılabilirliği vurgulanmıştır. Model aşamaları Şekil 3.8’de ve metodoloji akış şeması Şekil 3.9’da verilmektedir.



**Şekil 3.8 : Model aşamaları.**



**Şekil 3.9 : Metodoloji akış şeması.**

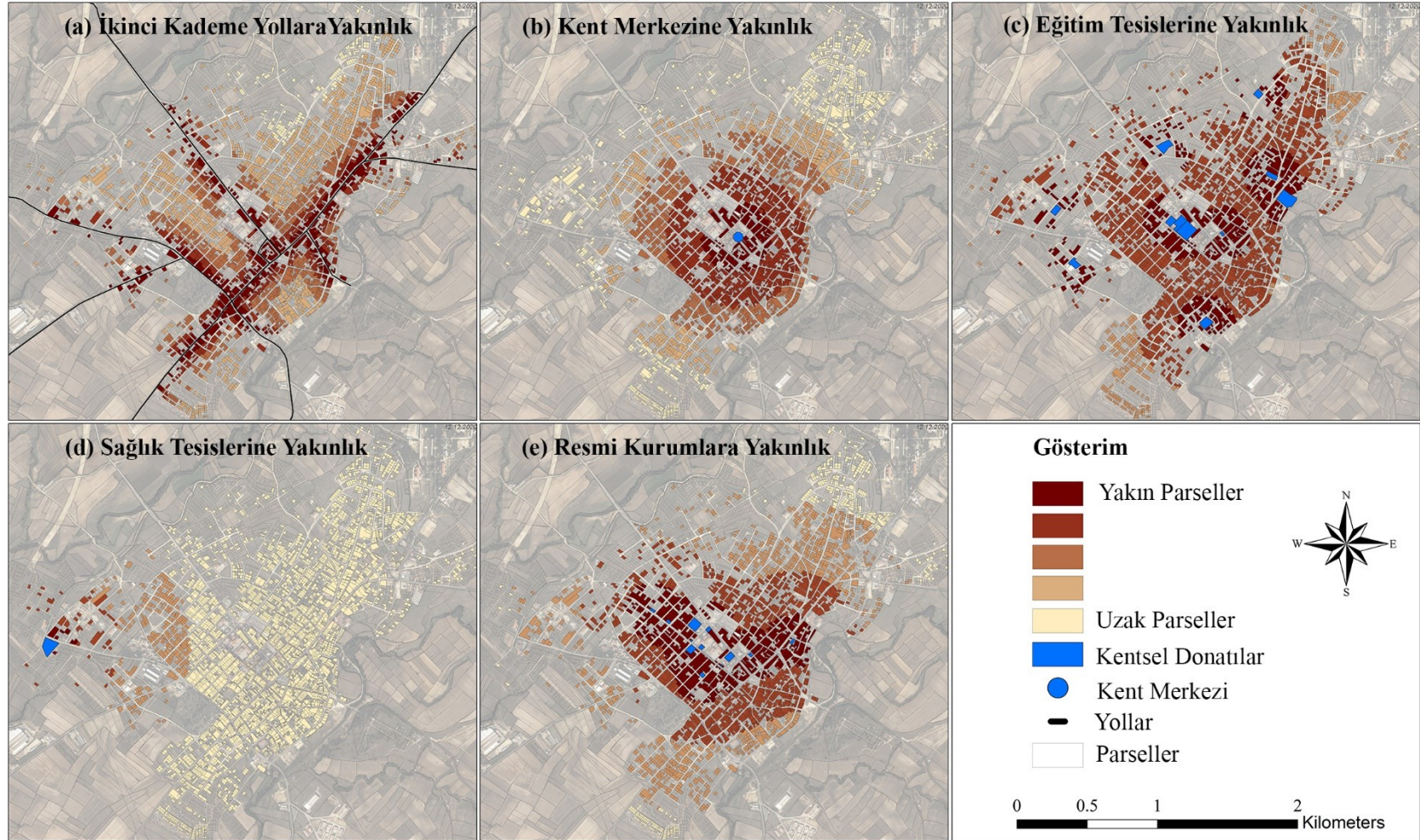
### 3.3.1 Kriter ve alt kriterlerin belirlenmesi

Literatürdeki kentsel büyüme modelleri ve uzman görüşlerine dayandırılarak oluşturulan kriterlerin, çalışma alanındaki yapıli parseller emsal değerleri ile ilişkisi sorgulanmıştır. Emsal değerleri, mevcut durumda parselin çeşitli çekim noktalarına yakınlık durumuna, nazım imar planı'nın öngördüğü çekim noktalarına yakınlık durumuna, parsel için uygulama imar planının ön gördüğü yapılaşma koşullarına, doğal yapı unsurlarına, yapıli çevre koşullarına ve sosyo-ekonomik özelliklere ilişkin değişkenler ile mekânsal ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmadan elde edilen verilerin kentin yapılaşma eğilimini gösterdiği varsayılmaktadır. Bu eğilimin çalışma alanı için ileriki yıllarda da devam edeceği, dolayısıyla gelecek yıllarda aynı kriterlerin emsal dağılımına etki edeceği kabul edilmektedir. Çalışma

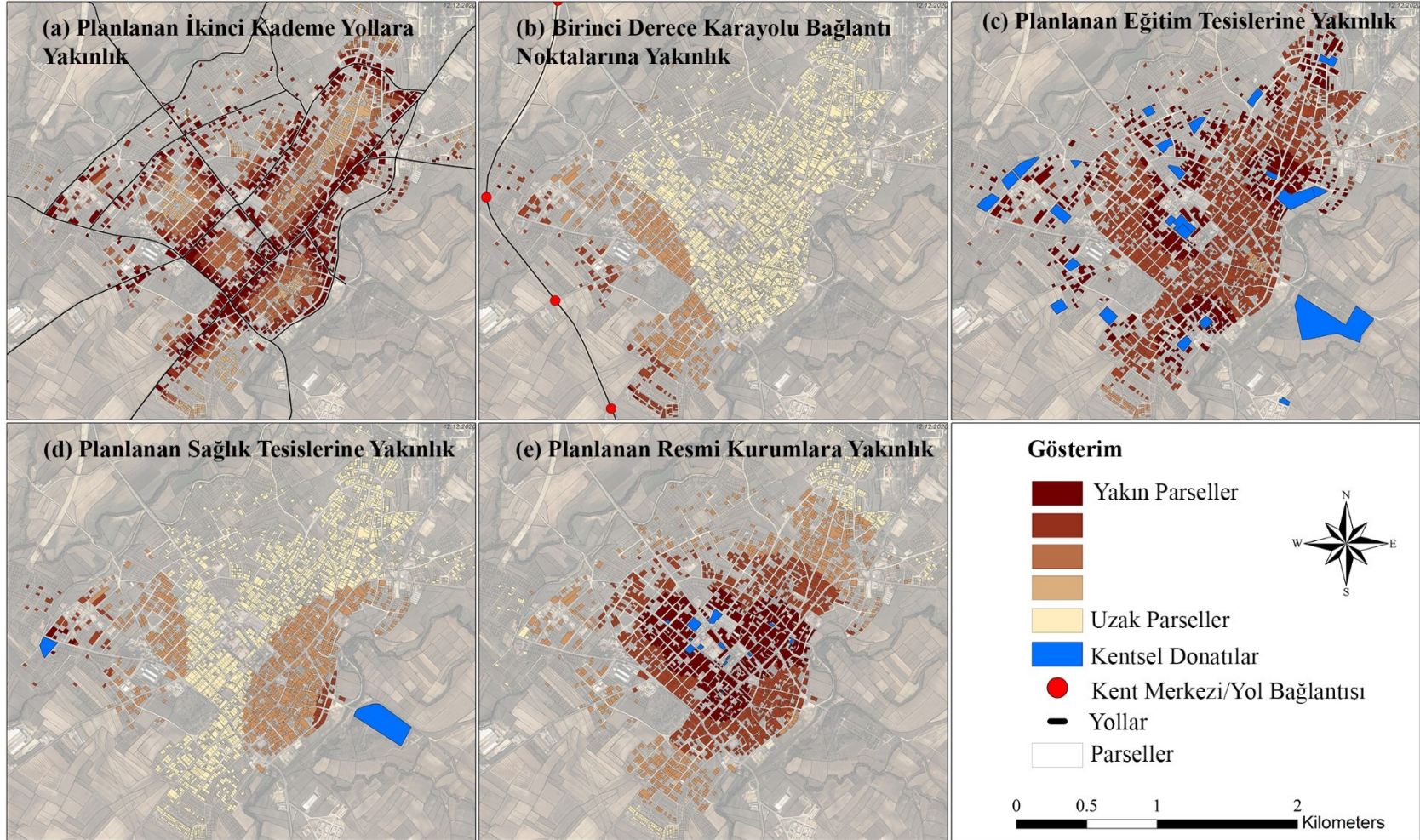
kapsamında uzman görüşleri ve önceki modeller dikkate alınarak 6 ana başlıkta toplam 26 alt kriterin mevcut emsal oranları ile ilişkisi hem mekânsal hem de istatistiksel olarak incelenmiştir. Çalışma alanı özelinde emsal dağılımı ile anlamlı bir ilişki içinde olmadığı korelasyon analizleri aracılığıyla tespit edilen kriterler bu aşamanın sonunda modelden çıkarılmıştır. Model dışında bırakılan kriterler; mevcut durumdaki sanayi alanlarına yakınlık, yeşil alanlara yakınlık, planın öngördüğü sanayi alanlarına yakınlık ve eğim, yönlenme, yükselti, akarsu yataklarına yakınlık ve jeolojik yapı olmak üzere tüm doğal yapı kriterleridir. Bununla birlikte komşuluk ilişkisi 50 m, 100 m ve 200 m olmak üzere 3 farklı dairesel komşuluk türünde analiz edilmiş ve emsal dağılımının modellenmesinde 50 m komşuluğun görece anlamlı sonuçlar ürettiği tespit edilmiştir.

Bu kriterler, çalışma alanı olarak seçilen kent özelinde emsal değerlerinin dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Ancak kurgulanan modelin uygulama alanı olarak seçilebilecek farklı kentsel alanlarda emsal değerlerinin dağılımı üzerinde etkili olabilir. Bu nedenle model farklı uygulama alanlarında kullanılırken ilişkinin incelenmesi önemlidir.

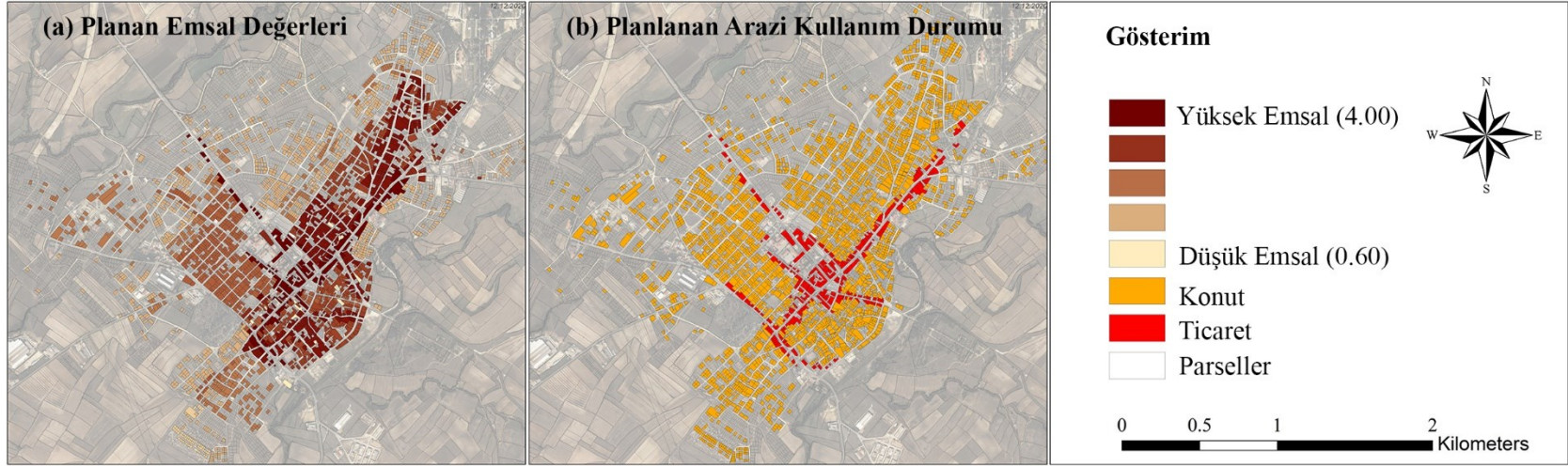
Saray kenti özelinde emsal değerlerinin mekansal dağılımı üzerinde belirleyici etkiye sahip kriterler Şekil 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, ve 3.14’de mekansal olarak gösterilmektedir. Mekansal analizlerin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda, kriterler ve kırılım noktaları için saptanan ağırlık ve katsayı değerleri Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’te belirtilmektedir.



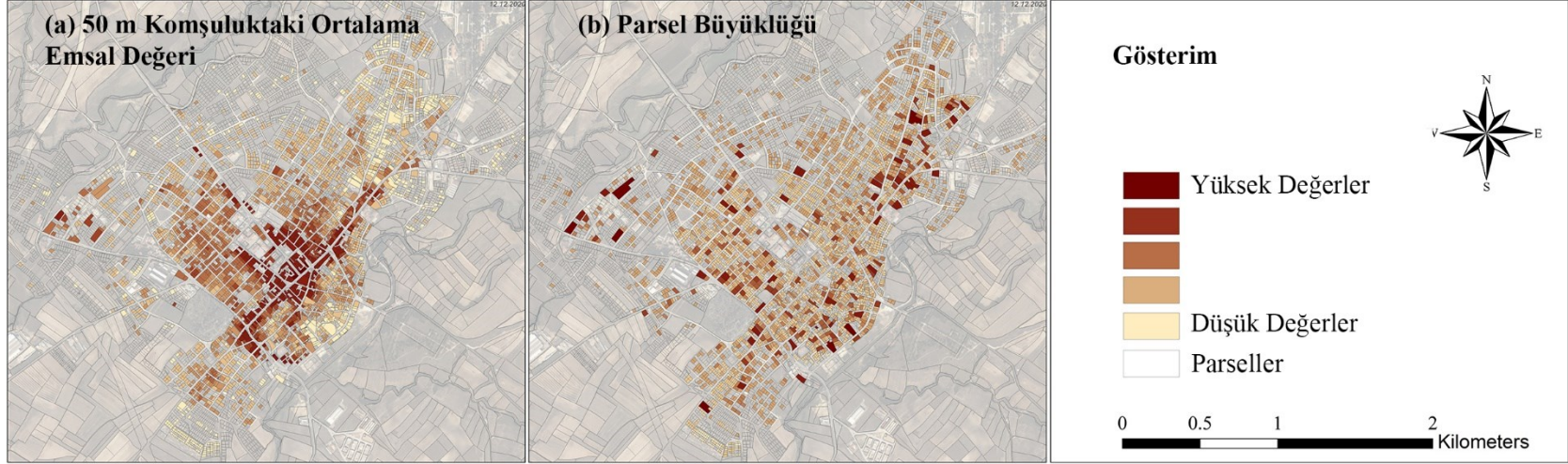
Şekil 3.10 : 2012 yılı mevcut durum yakınlık analizleri.



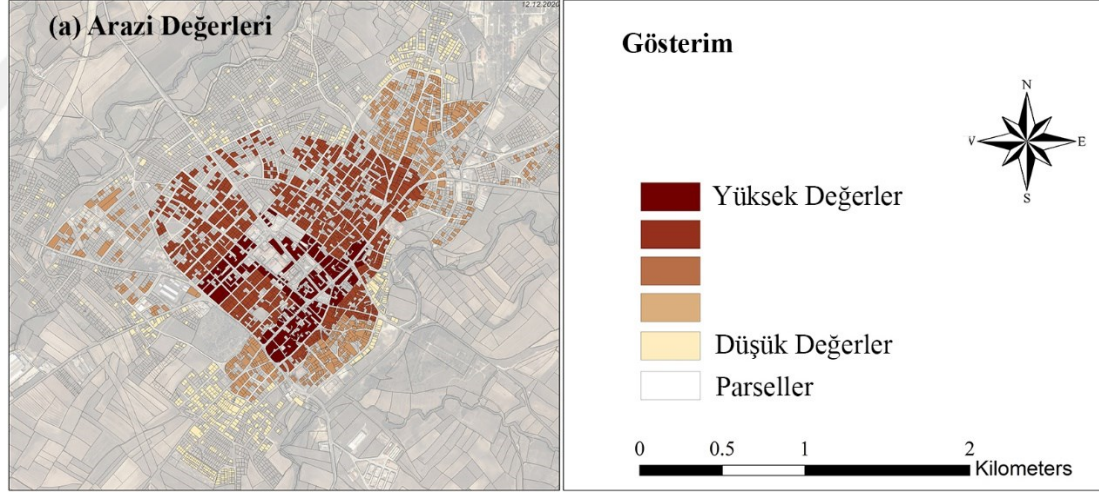
Şekil 3.11 : Nazım imar planı kararları doğrultusunda yakınlık analizleri.



Şekil 3.12 : Uygulama imar planının öngördüğü emsal ve arazi kullanım kararları.



Şekil 3.13 : 50 m dairesel komşuluktaki ortalama emsal değerleri ve parsel büyüklüğü analizi.



Şekil 3.14 : Arazi değerleri analizi.

### 3.3.2 Analiz sürecinin açıklanması

Model kurgusu içinde tüm parsellerin çekim noktalarına yakınlık durumları ve 50 m dairesel komşuluktaki ortalama emsal değerleri analiz edilmiştir. Yakınlık analizi için her parselin geometrik orta noktası esas alınmıştır. Karayoluna erişilebilirlikte parselin geometrik orta noktasının yol orta çizgisine dik uzaklığı ölçülürken, kentsel donatılara erişilebilirlikte ilgili donatı parselinin geometrik orta noktası esas alınmıştır. Komşuluk analizi için her parselin geometrik orta noktası merkez kabul edilerek 50 m yarıçapında bir daire içinde kalan yapılaşmış parsellerin toplam emsal miktarı, komşuluktaki toplam parsel sayısına bölünerek ortalama emsal değeri hesaplanmıştır. (Şekil 3.15). Denklem 3.1 komşulukta yer alan ortalama emsal değerinin hesaplanmasını göstermektedir.

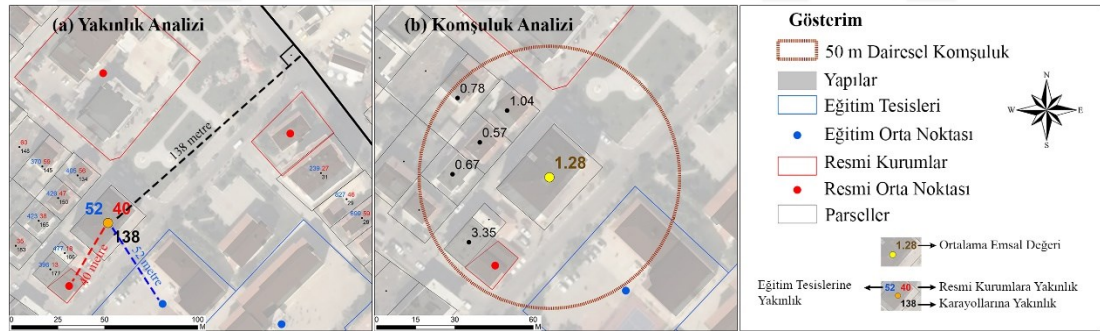
$$N_a = \frac{\sum_{i=1}^{i_n} F_{i_n}}{n_a} \quad (3.1)$$

$N_a$  = a parselinin ortalama komşuluk emsal değeri

$F_{i_n}$  = Komşuluğundaki parsellerin toplam emsal değerleri

$i_1, i_n$  = a parselinin komşuluğundaki parseller

$n_a$  = Komşuluktaki toplam parsel sayısı



Şekil 3.15 : Yakınlık ve komşuluk analiz süreci

Yakınlık ve komşuluk analizleri gerçekleştirilirken, ilgili yerel idareden vektörel olarak çokgen formatında elde edilen kadastral parsel verisi, ArcMap programında “feature to point” aracı ile her parselin geometrik orta noktası esas alınarak nokta veri formatına dönüştürülmüştür. Parsellerin kentsel donatılara ve en yakın karayoluna yakınlık miktarı ArcMap “near” aracı vasıtasıyla hesaplanmıştır. Parsel komşuluk analizi gerçekleştirilirken, nokta formatındaki her parsel için 50 m yarıçapında ArcMap “buffer” aracı kullanılarak dairesel çemberler oluşturulmuştur. Parsel orta noktası 50 m yarıçapındaki çemberler içinde kalan yapılaşmış parsellerin emsal

değerleri ortalaması, Arcmap “join” aracı yardımıyla komşuluk ilişkisi sorgulanan parselle aktarılmıştır.

### 3.3.3 Alt kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Emsal değerleri üzerinde etkili olduğu varsayılan kriterlerin etki ağırlıkları, yapılı tüm parsellerin üzerindeki emsal değerlerinin yine yapılı tüm parsellerin kriter değerleri ile olan ilişkisi irdelenerek tespit edilmiştir. Emsal değerleri bağımlı değişkeni ile seçilen bağımsız değişkenler arası ilişkinin derecesi ve yönü korelasyon analizi ile ölçülmüştür. Korelasyon analizi, iki değişken arasında ilişki olup olmadığını ölçerken neden-sonuç ilişkisi hakkında bilgi vermemektedir. Analize dâhil edilen kriterlerin emsal ile ilişkisi olduğu savunulduğundan, emsal değeri ve kriterler arasındaki ilişkinin yönü ve niteliğini belirlemek için korelasyon analizi uygun bir araçtır. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alabilmektedir. Korelasyon katsayısının pozitif bir değer alması iki değişken arasında paralel bir ilişki olduğunu gösterirken negatif bir değer alması bir değişkenin artarken diğerinin azaldığı anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısı ne kadar büyükse iki değişken arasındaki ilişki de o derece kuvvetlidir. Korelasyon katsayısı 0.15 değerinden düşük bulunan kriterler model kurgusu dışında bırakılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan tüm korelasyon analizleri 0.05 güvenilirlik düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Emsal değerleri ve bağımsız değişkenler arasında gerçekleştirilen korelasyon analizleri sonucunda, korelasyon katsayısı 0.15 ve üzerinde bulunan değişkenlerin ağırlıkları tespit edilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde denklem (3.2) kullanılmıştır.

$$W_{ci} = \frac{Co_{ci}}{\sum_{Co_i}^{Con} Co_n} \quad (3.2)$$

$W_{ci}$  = *i* kriterinin ağırlık değeri

$Co_{ci}$  = *i* kriterinin korelasyon katsayısı

$Con$  = tüm kriterlerin korelasyon katsayısının toplamı

### 3.3.4 Kırılım noktası katsayılarının belirlenmesi

Emsal değerleri ile değişkenler arası korelasyon analizi sonucunda seçilen her kriter, kriterin özelliğine göre alt kırılımlara ayrılarak kırılım bazında ortalama emsal

değerleri tespit edilmiştir. Kriterlerin kırılım noktaları veri toplama ve analiz sürecindeki tecrübeler ve uzman görüşleri esas alınarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak bütün alt kriterler için her alt kırılımın katsayısı belirlenmiştir. Katsayı belirlenirken denklem (3.3) kullanılmıştır.

$$C_{bpi} = \frac{Fbpi}{\sum_{bpi} Fbpi} \quad (3.3)$$

$C_{bpi}$  = Kırılma noktasının katsayısı

$Fbpi$  =  $i$  kırılma noktasının emsal değeri

$Fbpi$  = Tüm kırılma noktalarının ortalama emsal değerlerinin toplamı

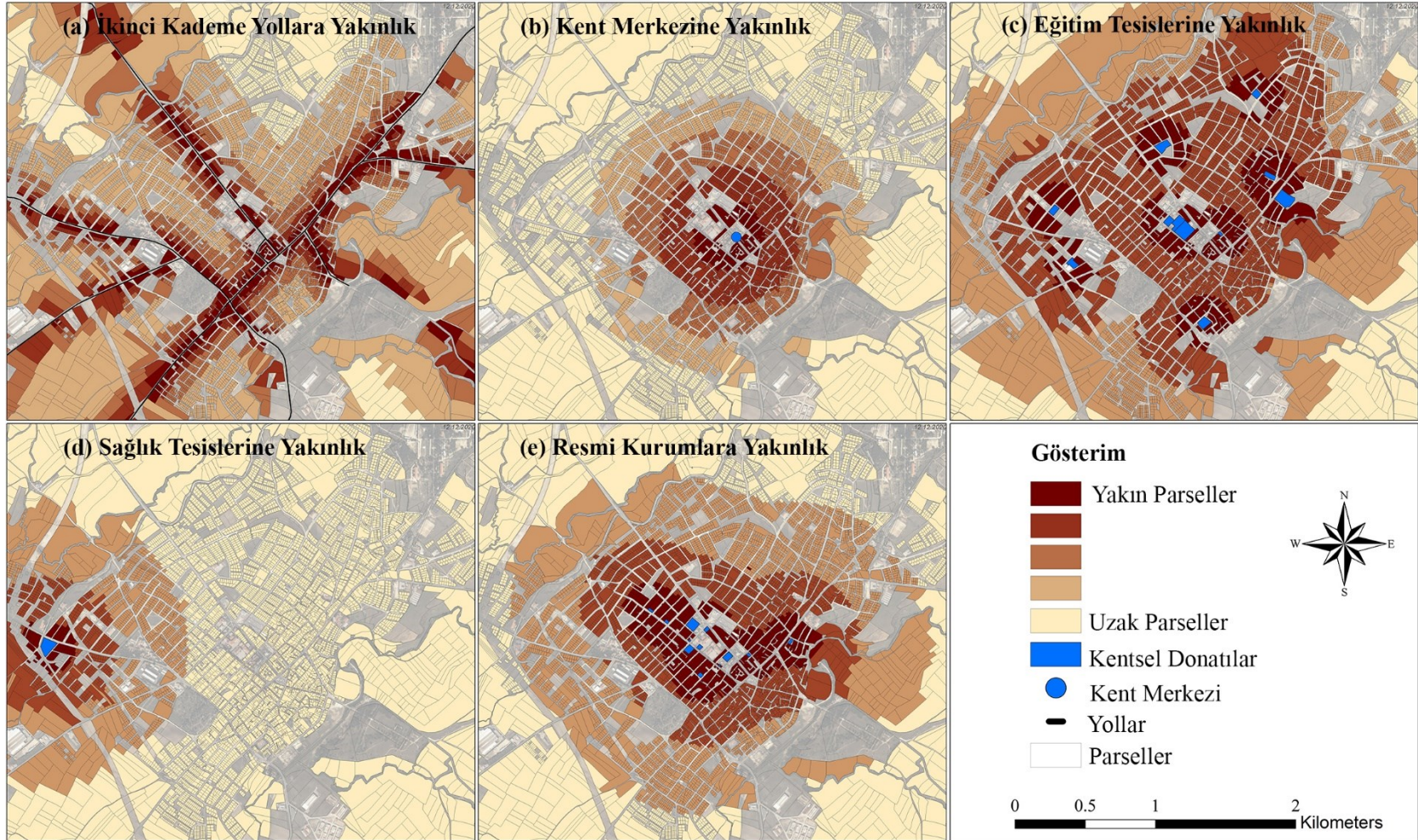
2012 yılı mevcut duruma ait yakınlık analizleri ile ilişkili kriterlere bakıldığında; kent içinde yer alan ana ulaşım güzergâhlarına, kentin ticari merkezine, sağlık, eğitim ve resmi kurum tesislerine yakın parsellerin ortalama emsal değerlerinin yüksek, uzak parsellerin ise emsal değerlerinin düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 3.1). Nazım imar planının öngördüğü ulaşım ve arazi kullanım kararlarına yakınlık durumunda da benzer bir ilişkiden söz etmek mümkündür. Ancak nazım imar planı kararları doğrultusunda çalışma alanını çevre yerleşmelere bağlayacak birinci derece karayolu bağlantı noktalarının beklenenin aksine emsal dağılımını etkileme ağırlığının düşük kaldığı görülmektedir (Çizelge 3.2). Bu değişkenin korelasyon katsayısı 0.15 değerinin altında kalmasına rağmen, ileriki yıllarda emsal dağılımını etkileme olasılığı değerlendirilerek model kurgusu içinde tutulmuştur.

Parsel üzerinde uygulama imar planının ön gördüğü emsal değeri arttıkça parselin mevcut durumdaki emsal değeri de artmaktadır. Ticaret alanlarında emsal yüksek iken konut alanlarında görece daha düşüktür (Çizelge 3.3). Parsel büyüklüğü ve emsal arasında görece düşük bir ilişki olmasına rağmen küçük parsellerde yüksek emsal, büyük parsellerde ise daha düşük emsal görülmektedir. Parselin 50 m dairesel komşuluğundaki ortalama emsal değeri ile parsel üzerindeki emsal değeri arasındaki ilişki de doğru orantılıdır. Eğer komşulukta yüksek emsal değerinde yapılaşma var ise parsel üzerinde de yüksek emsal değerinde bir yapılaşma bulunmaktadır (Çizelge 3.4). Benzer şekilde emsal değerleri, arazi fiyatlarına paralel olarak arazi fiyatları arttıkça artmaktadır (Çizelge 3.5).

### 3.3.5 Model sonuçları ve kalibrasyon

Saray kenti için emsal değerleri dağılımını etkileyen kriterler; mevcut durumda var olan karayolu bağlantılarına ve kentsel donatılara yakınlık, nazım imar planı kararları ile üretilen karayolu bağlantıları ve kentsel donatı alanlarına yakınlık, uygulama imar planının ön gördüğü yapılaşma ve arazi kullanım kararları, yapıli çevre kriterleri ve sosyo-ekonomik kriterler olmak üzere 5 ana başlık altında 15 alt kriter olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında bulunan tüm parseller için, emsal değerleri dağılımında etkili olduğu tespit edilen her alt kriter sorgulanmıştır. Önceki aşamalarda belirlenen kriter ağırlıkları ve kırılım katsayıları kullanılarak “ağırlıklı doğrusal karşılaştırma” analizi gerçekleştirilmiştir.

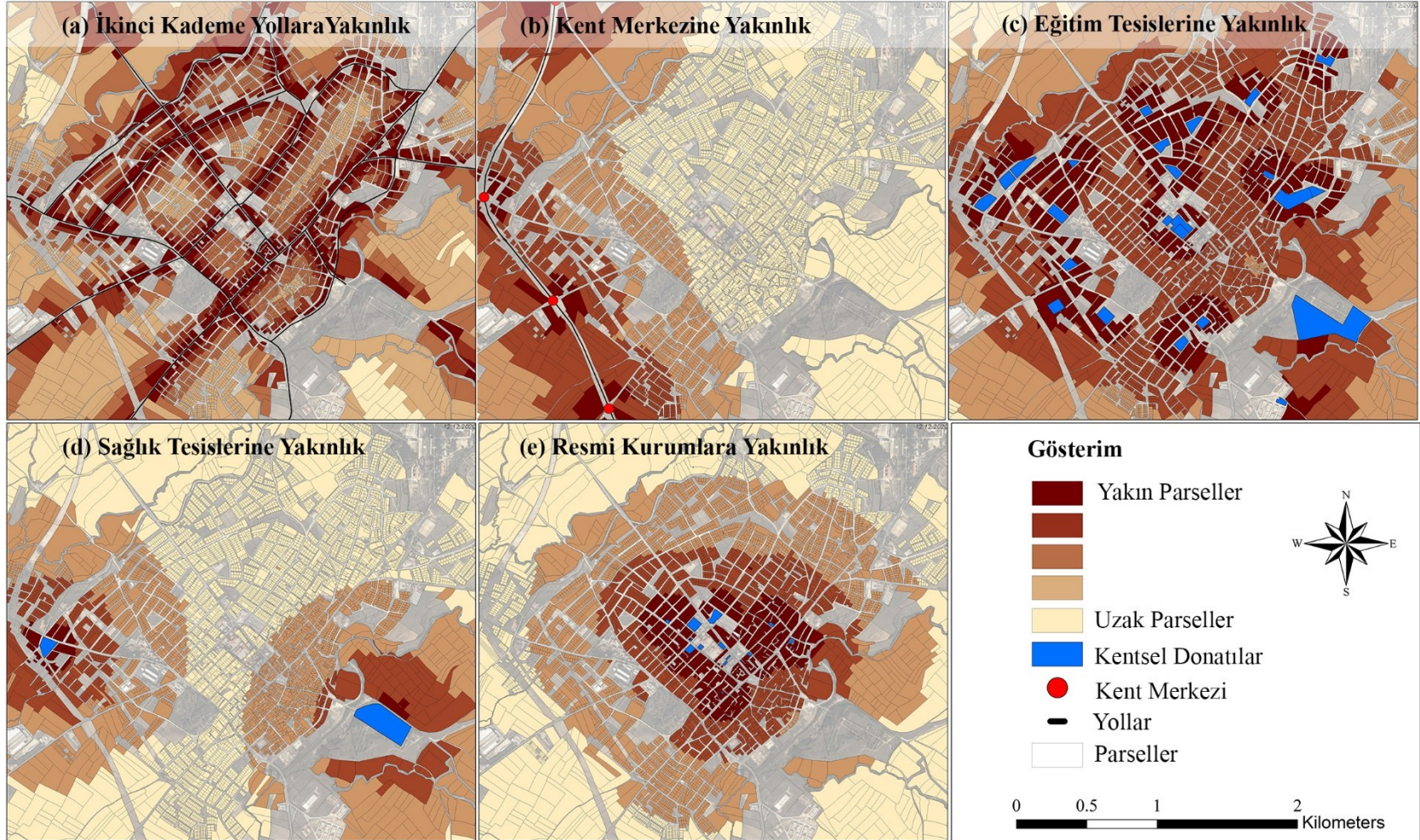
Mevcut durumda yakınlık analizleri başlığı altında değerlendirilen, ikinci kademe karayollarına yakınlık, kent merkezine yakınlık, eğitim tesislerine yakınlık, sağık tesislerine yakınlık ve resmi kurumlara yakınlık analizleri Şekil 3.16’da, bu kriterlere ait istatistiksel bilgiler Çizelge 3.1’de gösterilmektedir. Nazım imar planı kararları doğrultusunda yakınlık analizleri başlığı altında değerlendirilen, birinci kademe karayolu bağlantı noktalarına yakınlık, ikinci kademe karayollarına yakınlık, eğitim tesislerine yakınlık, sağık tesislerine yakınlık ve resmi kurumlara yakınlık analizleri Şekil 3.17’de, bu kriterlere ait istatistiksel bilgiler ise Çizelge 3.2’de belirtilmektedir. Uygulama imar planının ön gördüğü arazi kullanım ve emsal dağılımı kararları Şekil 3.18’de ve bu kriterlere ilişkin istatistiksel değerler Çizelge 3.3’te açıklanmaktadır. Yapılı çevre başlığı içinde değerlendirilen 50 m komşuluktaki yapıli parsellerin ortalama emsal değerleri dağılımı ve parsel büyüklüğü analizleri Şekil 3. 19’da ve bu kriterlere ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3. 4’te ifade edilmektedir. Son olarak arazi değerleri analizi, sosyo-ekonomik kriterler başlığı altında Şekil 3.20’de ve bu kritere ilişkin açıklayıcı bilgiler Çizelge 3.5’te gösterilmektedir.



Şekil 3.16 : Tüm parseller mevcut durum yakınlık analizleri.

**Çizelge 3.1 : 2012 yılı emsal değerlerinin mevcut durum yakınlık kriterleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri.**

| Kriter                           | Alt Kriter (Yakınlık)  | Korelasyon Katsayısı | Ağırlık | Kırılma Noktası (m) | Emsal | Katsayı | Grafik (x-Kırılma Noktası, y-Emsal) |
|----------------------------------|------------------------|----------------------|---------|---------------------|-------|---------|-------------------------------------|
| Mevcut Durum Yakınlık Kriterleri | İkinci Kademe Karayolu | -0.3035              | 0.06    | 0-50                | 2.18  | 0.36    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 50-100              | 1.30  | 0.21    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 100-200             | 1.27  | 0.21    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 200-500             | 0.92  | 0.15    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 500+                | 0.42  | 0.07    |                                     |
|                                  | Kent Merkezi           | -0.4515              | 0.09    | 0-250               | 3.02  | 0.41    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 250-500             | 1.58  | 0.21    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 500-750             | 1.26  | 0.17    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 750-1000            | 0.87  | 0.12    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 1000+               | 0.64  | 0.09    |                                     |
|                                  | Sağlık Tesisi          | -0.2475              | 0.05    | 0-200               | 1.87  | 0.34    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 200-500             | 1.28  | 0.23    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 500-1000            | 1.03  | 0.19    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 1000+               | 1.32  | 0.24    |                                     |
|                                  | Eğitim Tesisi          | -0.347               | 0.07    | 0-200               | 1.86  | 0.46    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 200-500             | 1.23  | 0.30    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 500-100             | 0.64  | 0.16    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 1000+               | 0.33  | 0.08    |                                     |
|                                  | Resmî Kurum            | -0.416               | 0.08    | 0-200               | 2.03  | 0.43    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 200-500             | 1.34  | 0.28    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 500-100             | 0.94  | 0.20    |                                     |
|                                  |                        |                      |         | 1000+               | 0.43  | 0.09    |                                     |



Şekil 3.17 : Nazım imar planı kararları doğrultusunda yakınlık analizleri.

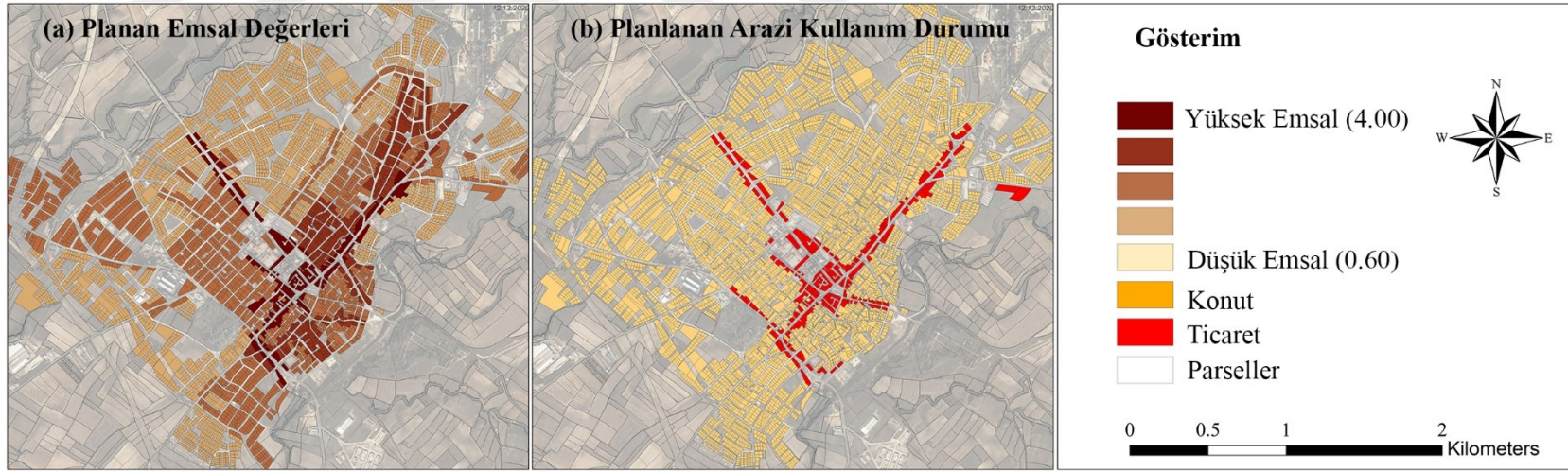
**Çizelge 3.2 : 2012 yılı emsal değerlerinin nazım imar planı kararları doğrultusunda yakınlık kriterleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri.**

| Kriter                                           | Alt Kriter (Yakınlık)              | Korelasyon Katsayısı | Ağırlık | Kırılım Noktası (m) | Emsal | Katsayı | Grafik (x-Kırılma Noktası, y-Emsal) |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------|---------------------|-------|---------|-------------------------------------|
| Plan Kararları Doğrultusunda Yakınlık Kriterleri | Planlanan İkinci Kademe Karayolu   | -0.2535              | 0.05    | 0-50                | 1.55  | 0.35    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 50-100              | 1.02  | 0.23    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 100-200             | 1.03  | 0.23    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 200-500             | 0.73  | 0.17    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 500+                | 0.07  | 0.02    |                                     |
|                                                  | Birinci Kademe Karayolu Bağlantısı | -0.0585              | 0.01    | 0-200               | 0.29  | 0.09    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 200-500             | 0.57  | 0.18    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 500-1000            | 1.01  | 0.33    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 1000+               | 1.22  | 0.39    |                                     |
|                                                  | Sağlık Tesisi                      | -0.2405              | 0.05    | 0-200               | 1.26  | 0.28    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 200-500             | 0.81  | 0.18    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 500-100             | 1.43  | 0.32    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 1000+               | 0.95  | 0.21    |                                     |
|                                                  | Eğitim Tesisi                      | -0.171               | 0.03    | 0-200               | 1.14  | 0.40    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 200-500             | 1.23  | 0.43    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 500-100             | 0.37  | 0.13    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 1000+               | 0.09  | 0.03    |                                     |
|                                                  | Resmi Kurum                        | -0.4275              | 0.08    | 0-200               | 1.77  | 0.45    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 200-500             | 1.07  | 0.27    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 500-100             | 0.69  | 0.17    |                                     |
|                                                  |                                    |                      |         | 1000+               | 0.42  | 0.11    |                                     |

Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5'te, ana kriter başlığı, bu başlık altında değerlendirilen alt kriterler, her alt kritere ait korelasyon katsayısı, korelasyon katsayılarına dayanarak denklem (3.2) kapsamında hesaplanan kriter ağırlık değerleri, kriterlerin belirlenen kırılma noktalarında bulunan yapıli parsellerin ortalama emsal değeri, ortalama emsal değeri esas alınarak denklem (3.3) ile hesaplanan katsayı değeri yer almaktadır. Ayrıca her bir kriterin belirlenen kırılım noktalarına göre emsal değeri ile ilişkisini gösteren açıklayıcı grafikler bulunmaktadır.

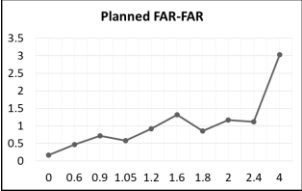
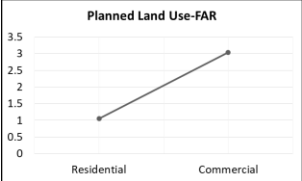
İlgili çizelgeler incelendiğinde; mevcut durumda kent merkezine yakınlık, eğitim tesislerine yakınlık ve resmi kurumlara yakınlık durumunun emsal dağılımını görece daha fazla etkilediği görülmektedir. Benzer şekilde planlanan resmi kurumlar da emsal değeri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Planlanan arazi kullanım türü ve ilgili planın öngördüğü emsal değeri ile söz konusu parsel üzerinde bulunan emsal değeri yakından ilişkilidir. Arazi değeri ve 50 m dairesel komşuluk içinde bulunan parsellerin sahip olduğu emsal değeri de benzer şekilde önemlidir.

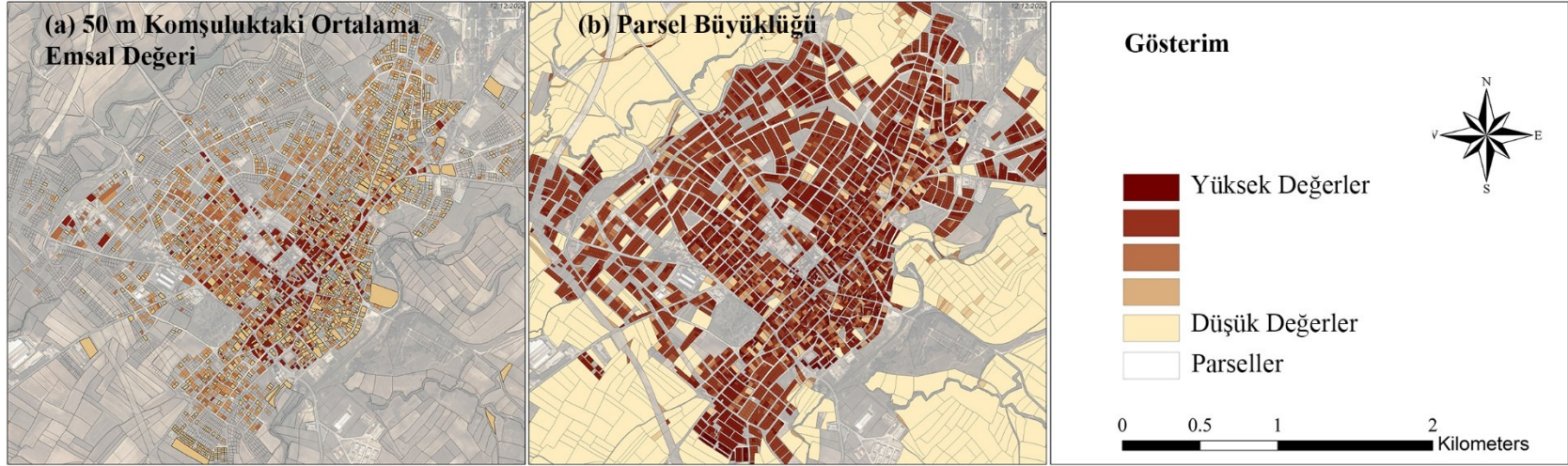
Saray kenti özelinde, emsal değeri'nin mekânsal dağılımı; kent merkezine yakınlık, resmi kurumlara ve eğitim tesislerine yakınlık, uygulama imar planı ve nazım imar planının öm gördüğü yapılaşma koşulları ve arazi kullanım türleri dağılımı ve arazi değeri ile doğrudan ilişkilidir.



Şekil 3.18 : Uygulama imar planının öngördüğü emsal değerleri ve arazi kullanım kararları.

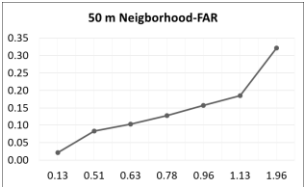
**Çizelge 3.3 : 2012 yılı emsal değerlerinin uygulama imar planı kararları ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri.**

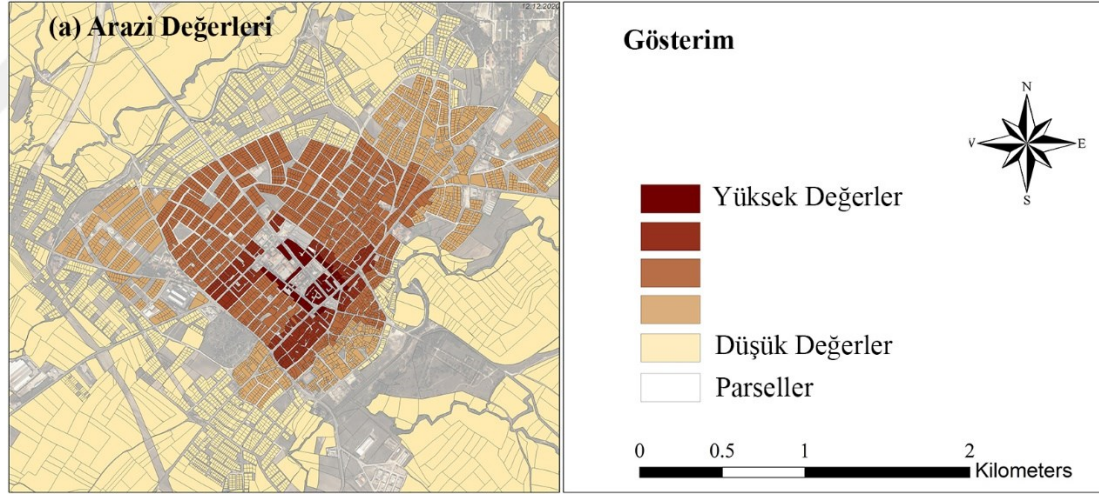
| Kriter         | Alt Kriter (Yakınlık)     | Korelasyon Katsayısı | Ağırlık | Kırılma Noktası (m) | Emsal | Katsayı | Grafik (x-Kırılma Noktası, y-Emsal)                                                  |
|----------------|---------------------------|----------------------|---------|---------------------|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Plan Kararları | Planlanan Emsal Değerleri | 0.488                | 0.09    | 0                   | 0.16  | 0.02    |   |
|                |                           |                      |         | 0.6                 | 0.47  | 0.05    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 0.9                 | 0.71  | 0.07    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 1.05                | 0.58  | 0.06    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 1.2                 | 0.91  | 0.09    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 1.6                 | 1.31  | 0.13    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 1.8                 | 0.85  | 0.08    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 2                   | 1.17  | 0.11    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 2.4                 | 1.11  | 0.11    |                                                                                      |
|                |                           |                      |         | 4                   | 3.03  | 0.29    |                                                                                      |
|                | Planlanan Arazi Kullanımı | 0.5395               | 0.10    | Konut               | 1.05  | 0.26    |  |
|                |                           |                      |         | Ticaret             | 3.03  | 0.74    |                                                                                      |



Şekil 3.19 : Tüm parseller komşuluk ve parsel büyüklüğü analizleri.

**Çizelge 3.4 : 2012 yılı emsal değerlerinin yapılı çevre kriterleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri.**

| Kriter                  | Alt Kriter (Yakınlık)                      | Korelasyon Katsayısı | Ağırlık | Kırılım Noktası (m) | Emsal | Katsayı | Grafik (x-Kırılma Noktası, y-Emsal)                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------|----------------------|---------|---------------------|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Yapılı Çevre Kriterleri | Parsel Büyüklüğü                           | -0.268               | 0.05    | 0-200               | 2.1   | 0.21    |   |
|                         |                                            |                      |         | 200-400             | 1.3   | 0.13    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 400-600             | 1.05  | 0.10    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 600-800             | 1.33  | 0.13    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 800-1000            | 1.38  | 0.14    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 1000-1500           | 1.12  | 0.11    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 1500-2500           | 1.32  | 0.13    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 2500+               | 0.44  | 0.04    |                                                                                      |
|                         | 50 m Komşuluktaki Ortalama Emsal Değerleri | 0.5015               | 0.10    | 0                   | 0.13  | 0.02    |  |
|                         |                                            |                      |         | 0-0.60              | 0.51  | 0.08    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 0.61-0.90           | 0.63  | 0.10    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 0.91-1.20           | 0.78  | 0.13    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 1.21-1.60           | 0.96  | 0.16    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 1.61-2.00           | 1.13  | 0.19    |                                                                                      |
|                         |                                            |                      |         | 2.01-4.00           | 1.96  | 0.32    |                                                                                      |



Şekil 3.20 : Tüm parseller arazi değerleri analizi.

Çizelge 3.5 : 2012 yılı emsal değerlerinin arazi değerleri ile ilişkisine bağlı olarak elde edilen ağırlık ve katsayı değerleri.

| Kriter                   | Alt Kriter (Yakınlık) | Korelasyon Katsayısı | Ağırlık | Kırılım Noktası (m) | Emsal | Katsayı | Grafik (x-Kırılma Noktası, y-Emsal) |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|---------|---------------------|-------|---------|-------------------------------------|
| Sosyo-ekonomik Kriterler | Arazi Değerleri       | 0.48                 | 0.09    | 0-50                | 0.64  | 0.07    |                                     |
|                          |                       |                      |         | 50-100              | 0.98  | 0.11    |                                     |
|                          |                       |                      |         | 100-200             | 1.23  | 0.14    |                                     |
|                          |                       |                      |         | 200-300             | 2.1   | 0.25    |                                     |
|                          |                       |                      |         | 300-400             | 3.59  | 0.42    |                                     |

Çalışma alanında bulunan tüm parseller, emsal değerlerinin mekânsal dağılımı üzerinde etkili olan kriterler bazında sorgulanarak bir öznetelik değeri almıştır. Bu öznetelik değerlerine, her kriter için belirlenen kırılma noktalarına göre katsayı değerleri tanımlanmıştır. Kriterlerin katsayı değerleri tanımlandıktan sonra tüm kriterler, tespit edilen kriter ağırlıkları ile çarpılarak “ağırlıklı doğrusal çakıştırma (weighted linear combination)” yöntemi aracılığıyla bir araya getirilmiştir. Bu işlem sonucunda her parselin alması muhtemel emsal değeri ile ilişkili olarak model etki katsayıları elde edilmiştir.

Model etki katsayıları en küçük 0,07 ve en büyük 0,4038 olmak üzere çeşitli değerlerden oluşmaktadır. Bu değerler parsellerin birbirine göre emsal değeri ilişkisini göstermektedir. Ancak emsal ile doğrudan ilişkili olmasına rağmen bu değerleri emsal olarak kullanabilmek için çalışma alanı özelinde kalibrasyon sürecinden geçmesi gerekmektedir. Bir diğer ifade ile model etki katsayıları ile çalışma alanında bulunan emsal değerleri arası ilişki tespit edilmeli ve model etki katsayıları emsal değerlerine dönüştürülmelidir. Kalibrasyon sürecinde 2019 yılı emsal değerleri ile model sonucu elde edilen değerler arasındaki ilişkiyi araştırmak için Microsoft Excel 2013 ortamında, grafik eğilim çizgileri aracılığıyla çeşitli formüller denenmiştir. Doğrusal, logaritmik, polinomsal ve üstel fonksiyonlar, kalibrasyon sürecinde denenilen ancak düşük doğruluk oranı nedeniyle tercih edilmeyen denklemlerdir (Çizelge 3.6).

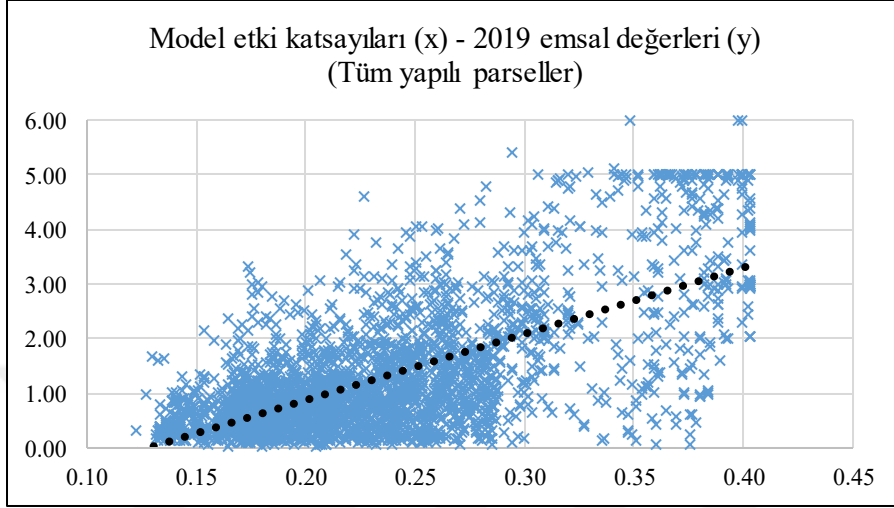
Model etki katsayıları ve 2019 yılı emsal değerlerine ilişkin nokta saçılım grafiği incelendiğinde, bu iki veri seti arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Şekil 3.21). Bununla birlikte tüm yapıli parseller esas alınarak oluşturulan eğilim çizgisi en küçük ve en büyük değer arası ilişkiyi yakalamamaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında model etki katsayıları ve 2019 emsal değerleri arasındaki ilişki bu iki veri setine ait en küçük ve en büyük değerler esas alınarak irdelenmiştir.

Buna göre; elde edilen en küçük model değeri çalışma alanındaki mevcut en küçük emsal değerine, elde edilen en büyük model değeri de çalışma alanındaki mevcut en büyük emsal değerine eşitlenerek bir denklem üretilmiştir (Şekil 3.22). Tüm model etki katsayıları bu denklem (3.4) kullanılarak emsal değerlerine dönüştürülmüştür. 2019 yılı gerçek emsal değerleri dağılımı analizi ve kalibrasyon sonucu elde edilen model emsal değerleri dağılımı analizi Şekil 3.23'te gösterilmektedir.

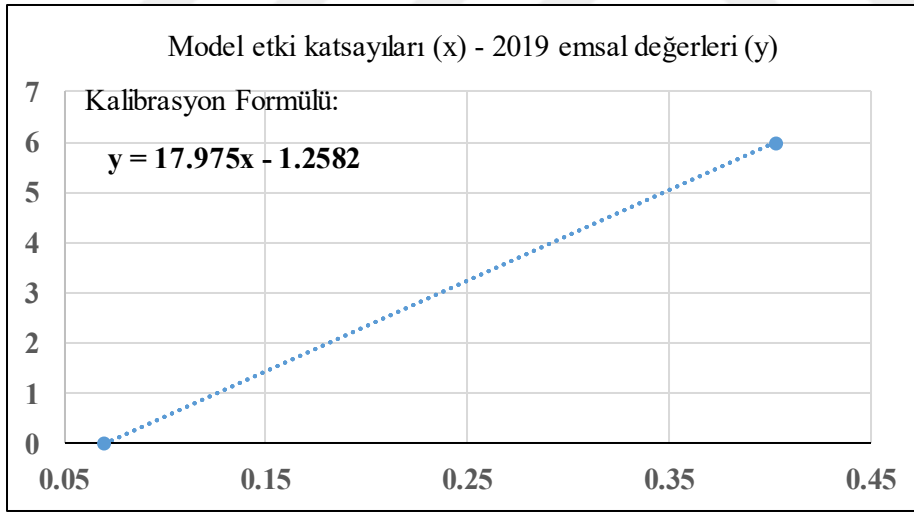
$$Y_a = 17.975x_a - 1.2582 \quad (3.4)$$

$Y_a$ : a parselinin gerçek emsal değeri

$X_a$ : a parselinin model sonucu elde edilen değeri

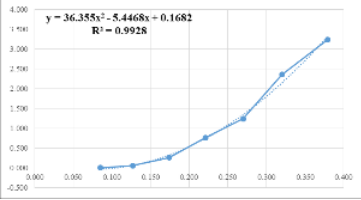
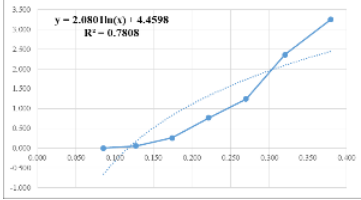
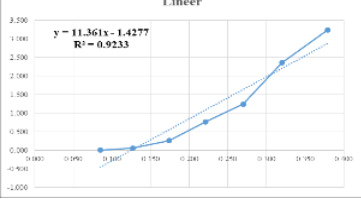
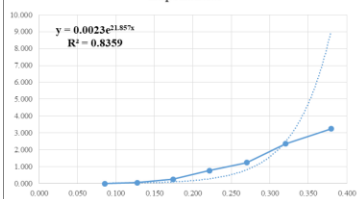


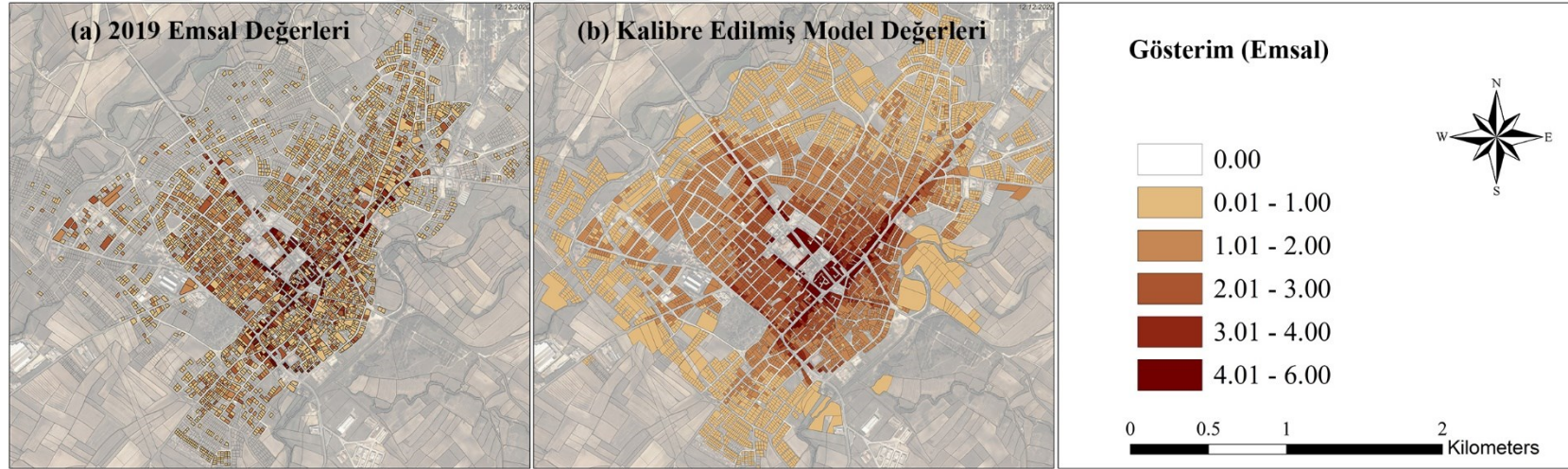
Şekil 3.21 : Model etki katsayıları ve 2019 yılı emsal değeri nokta saçılım grafiğı.



Şekil 3.22 : Kalibrasyon grafiğı ve denklemi.

**Çizelge 3.6 : Model sonuçları - 2019 emsal ilişkisi ve kalibrasyon sürecinde test edilen fonksiyonlar.**

| Model Değerleri | Model Değerleri (Ortalama) | 2019 Emsal (Ortalama) | Polynomial                                                                         | Logarithmic                                                                         |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.07-010        | 0.085                      | 0.003                 |  |  |
| 0.11-0.15       | 0.127                      | 0.058                 |                                                                                    |                                                                                     |
| 0.16-0.20       | 0.174                      | 0.261                 |                                                                                    |                                                                                     |
| 0.21-0.25       | 0.221                      | 0.768                 |                                                                                    |                                                                                     |
| 0.26-0.30       | 0.270                      | 1.240                 |                                                                                    |                                                                                     |
| 0.31-0.35       | 0.320                      | 2.357                 |                                                                                    |                                                                                     |
| 0.36-0.40       | 0.379                      | 3.246                 |  |  |



Şekil 3.23 : 2019 yılı emsal değerleri ve kalibre edilmiş model değeri.

### 3.3.6 Model performansının ölçülmesi

Kalibre edilmiş model değerlerinin doğruluğunun ölçülmesinde 2012-2019 yılları arasında emsal değişimine konu olan parseller dikkate alınmıştır. Bu çalışma kapsamında kurgulanan model, parsellerin sahip olması muhtemel emsal değerlerini tespit etmeyi ve parsel üzerindeki yapılaşma baskısını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Model sonucunda parsellerin sahip olabileceği emsal değerleri belirlenirken, hangi parsellerin yapılaşacağının veya parsel üzerinde gerçekleşecek emsal değerinin tespit edilmesi bu ölçekte kesin olarak belirlenemez. Modelin de buna yönelik bir iddiası bulunmamaktadır. Parsel üzerinde yüksek oranda yapılaşma baskısı olsa dahi, parsel mülkiyeti ve parsel mülkiyeti bulunan hane halkının çeşitli sosyo-ekonomik özellikleri parselin yapılaşmaması üzerinde belirleyici olabilir. Benzer şekilde gerçekte düşük yapılaşma baskısı altında bulunan parseller mülkiyet durumu ve mülkiyet sahibinin sosyo-ekonomik özellikleri neticesinde yüksek oranda yapılaşmaya konu olabilir.

Bu gerçeklikten hareketle, kurgulanan modelin doğruluğunu 2012-2019 yılları arasında değişim geçiren parsellerin 2019 yılı emsalleri ile modelin öngördüğü emsaller üzerinden yapmak anlamlı olacaktır. Buna göre, çalışma alanında model tarafından tahmin edilen değerler 1.00-2.00, 2.01-3.00, 3.01-4.00, 4.01-5.00 ve 5.01-6.00 olmak üzere 6 eşit aralığa bölünmüştür. Oluşturulan aralıklar için 2012 yılı gerçek ortalama emsal değerleri, modelin öngördüğü ortalama emsal değerleri, 2019 yılı gerçek emsal değerleri ve 2019-2019 yılları arasında ortalama artış değerleri derlenmiştir. 2012 yılı gerçek ortalama emsal değeri 0.04 olan ve model emsal değeri 1.64 olarak belirlenen parsellerde 2019 yılı gerçek ortalama emsal değeri 1.39 olmuştur. 2012 yılı gerçek ortalama emsal değeri 0.12 olan parsellerde, modelin öngördüğü ortalama emsal değeri 2.49 olurken 2019 yılı gerçek ortalama emsal değeri 2.05 olarak bulunmuştur. Paralel olarak, 2012 yılında ortalama emsali 0.36 olup, 2019 yılında 2.36 birim artışla 2.72 olan parsellerde model emsal değerini 3.39 olarak öngörmüştür. 2019 yılında ortalama 3.64 emsal değerine sahip olan parseller için model 4.54 emsal değeri hesaplarken, 3.74 olan parseller için 5.33 emsal değeri hesaplamıştır.

Çizelge 3.7 ve Şekil 3.24 incelendiğinde kurgulanan modelin değişime konu olan parsellerin emsal değerlerini açıklamakta oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte model, emsal değerlerini parsel üzerinde gerçekte var olan emsal

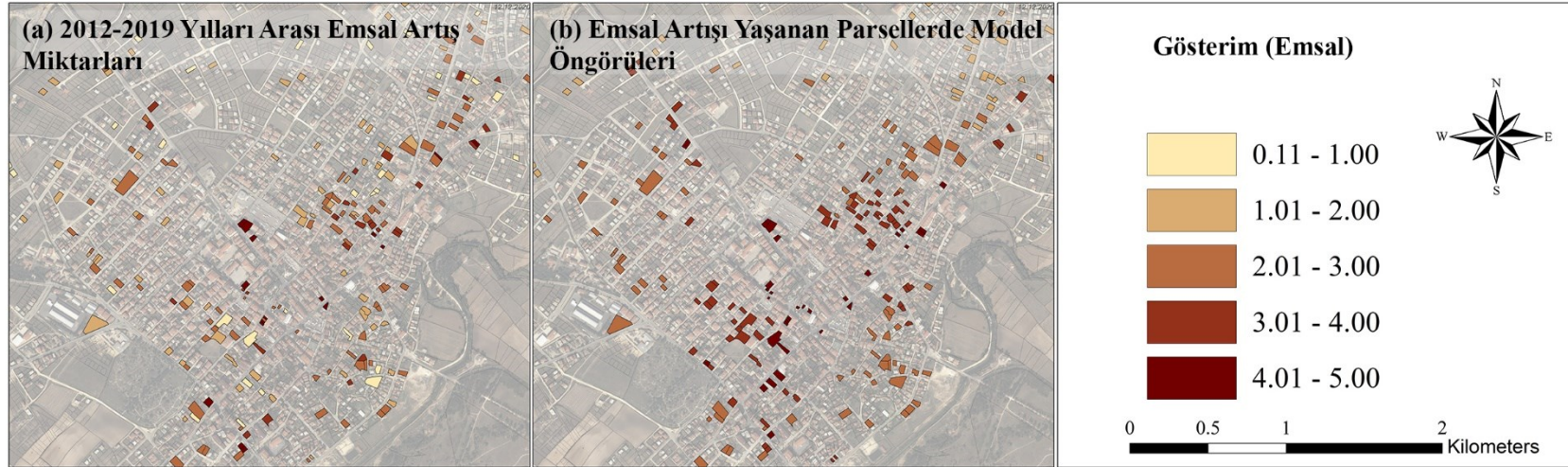
değerinden küçük oranda yüksek tahmin etme eğilimindedir. Bu durum çalışma alanı özelinde parsellerin, üzerindeki yapılaşma baskısına oranla düşük emsal değerine sahip olduğunu göstermektedir. Model değerlerinin gerçek emsal değerlerinden görece yüksek sonuçlar tahmin etmesi, yakın gelecekte parsel üzerinde dönüşüm temelli emsal artışı gerçekleşme ihtimalinin yüksek olduğunu şeklinde de yorumlanabilir. Model performansının ortalama değerler aracılığıyla ölçülmesi sonucunda modelin tahmin yeteneğine, çalışma alanındaki emsal dağılım eğilimlerine ve yakın gelecekte gerçekleşebilecek emsal değerleri değişimine yönelik çıkarımlar yapmak mümkündür.

Ortalama değerler üzerinden yapılan incelemelere ek olarak, 2019 yılı tüm parsellere ait gerçek emsal değerleri ile modelin tüm parseller için öngördüğü emsal değerleri arası Pearson korelasyon değeri 0.01 anlamlılık düzeyinde 0.672 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde Spearman korelasyon değeri de 0.01 anlamlılık düzeyinde 0.536 olmuştur. Bu bakımdan bu iki veri seti arasında pozitif yönlü ve güçlü bir ilişkinin varlığı görülmektedir.

Kurgulanan PURGOM modeli, yıllar içinde emsal değeri değişimi gerçekleştiren parsellerin değer artışını tahmin etmede istatistiksel olarak başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ancak gelecek yıllara dair simülasyonlar yapılabilmesi için, yıllar içinde gerçekleşen değişimin mekânsal olarak da analiz edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda çalışma alanı özelinde 2012-2019 yılları arası ortaya çıkan yapılaşma eğilimlerini tespit etmek amacıyla yeni yapılaşma ve dönüşüm olmak üzere iki grupta yapılaşma türü analiz edilmiştir. Aynı zamanda yapılaşmanın kent mekânına dağılımını tanımlayabilmek için kent; merkez bölge, orta-merkez bölge, orta bölge ve çeper bölge olmak üzere 4 bölgeye ayrılarak yıllar içindeki değişim oranları bölgeler özelinde irdelenmiştir.

**Çizelge 3.7 : 2012-2019 emsal değerleri ve model öngörülleri arası ilişki.**

| Model Özeti | 2012 Emsal (Ortalama) | Model Değeri (Ortalama) | 2019 Emsal (Ortalama) | Artış Miktarı (Ortalama) | Model Summary(x)-FARs (y)                                                                                         |
|-------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.00-2.00   | 0.04                  | 1.64                    | 1.39                  | 1.34                     | <p>Model Summary(x)-FARs (y)</p> <p>2012 FAR (Mean) Model Value (Mean)<br/>2019 FAR (Mean) Accrue ment (Mean)</p> |
| 2.01-3.00   | 0.12                  | 2.49                    | 2.05                  | 1.93                     |                                                                                                                   |
| 3.01-4.00   | 0.36                  | 3.39                    | 2.72                  | 2.36                     |                                                                                                                   |
| 4.01-5.00   | 0.48                  | 4.54                    | 3.64                  | 3.16                     |                                                                                                                   |
| 5.01-6.00   | 0.57                  | 5.33                    | 3.74                  | 3.17                     |                                                                                                                   |



**Şekil 3.24 : 2012-2019 yılları arasında emsal artışına konu olan parseller ve bu parsellere ilişkin model öngörü değerleri.**

### 3.3.7 2012-2019 yılları arası yapılaşma eğilimleri ve talep türü analizi

Çalışmanın önceki bölümlerinde, kentlilerin çeşitli kriterler temelinde rasyonel karar vererek eylem gerçekleştirdiği varsayılarak, kent genelindeki tüm parsellerin yapılaşma baskısı tanımlanmıştır. Ancak modele dâhil edilemeyen sosyo-ekonomik kriterler ve kentlilerin kişisel tercihleri doğrultusunda rasyonel hareket etmeme durumları gerçek hayatta yapılaşmanın mekânsal dağılımını, türünü ve miktarını etkilemektedir. Mekânsal çözünürlüğü yüksek sosyo-ekonomik yapıya ilişkin kapsamlı veriye ulaşma zorluğu nedeniyle, gelecek yıllar yapılaşma tahmininde geçmiş yıllarda gerçekleşen yapılaşma eğilimleri analiz edilmelidir. Bu kapsamda kent üzerinde oluşan yapılaşma talebinin kent mekânına dağılımını açıklayabilmek için, 2012-2019 yılları arası kentsel büyümenin mekânsal dağılımı kent bölgelerine ve yapılaşma türüne göre incelenmiştir.

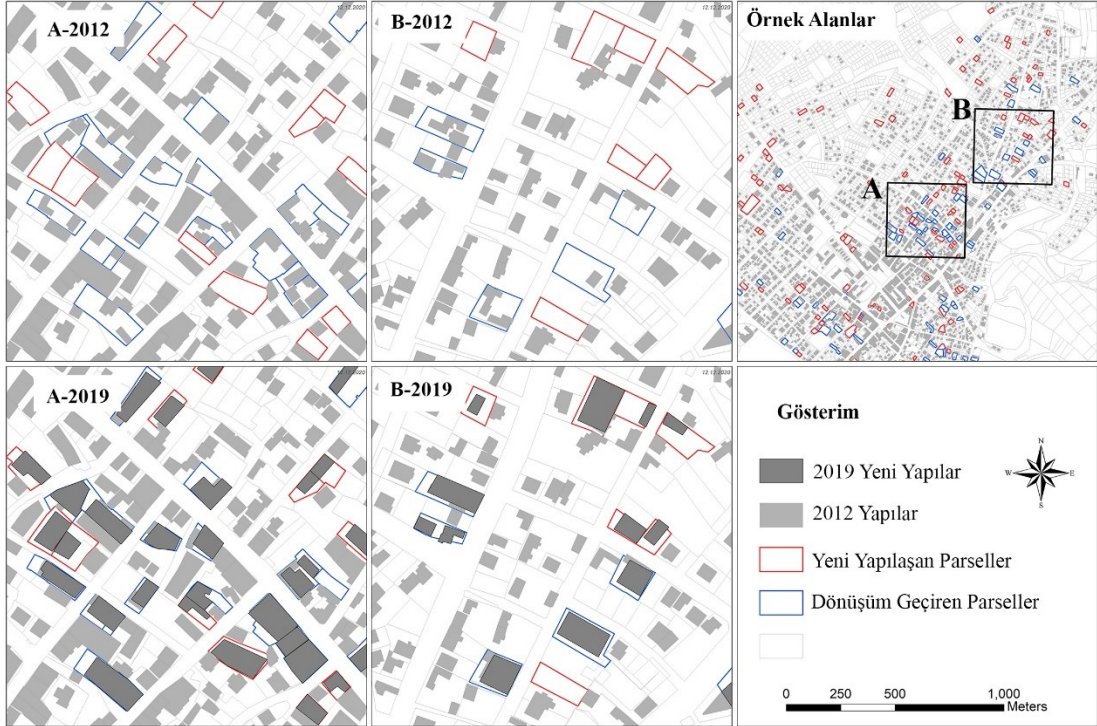
Çalışma alanı yapılaşma eğilimlerini ortaya çıkarabilmek için 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen değişikliklerin niceliği ve niteliği toplamda ve kent bölgeleri özelinde irdelenmiştir. Önceki zaman diliminde kentin geçirdiği değişimleri analiz etmek gelecek öngörülerini bu doğrultuda yapmak daha gerçekçi sonuçlar verecektir. Bu bölümün sonucunda elde edilen veriler bir sonraki bölümde senaryo üretilmesinde ve gelecek simülasyonları gerçekleştirilmesinde girdi olarak değerlendirilmiştir.

2012-2019 yılları arasında kentte gerçekleşen değişimleri temelde iki grupta incelemek mümkündür. Birinci grupta emsal artışı daha önce yapılaşmaya konu olmamış bir parsel üzerinde gerçekleşmektedir. Bu durum “yeni yapılaşma” olarak tanımlanabilir. İkinci grupta ise parselin sahip olduğu emsal parsel üzerinde hâlihazırda var olan yapılaşmanın dönüşüm geçirmesiyle artış göstermektedir. Bu durumu “kentsel dönüşüm” ya da “yeniden yapılaşma” olarak tanımlamak mümkündür. Şekil 3.25’te çalışma alanında her iki yapılaşma türüne ait örnekler görülmektedir. Geçmiş yıllara ait yeni yapılaşma ve dönüşüm oranları, tahmin sürecinde talep türü senaryosu oluşturabilmek için kullanılmıştır.

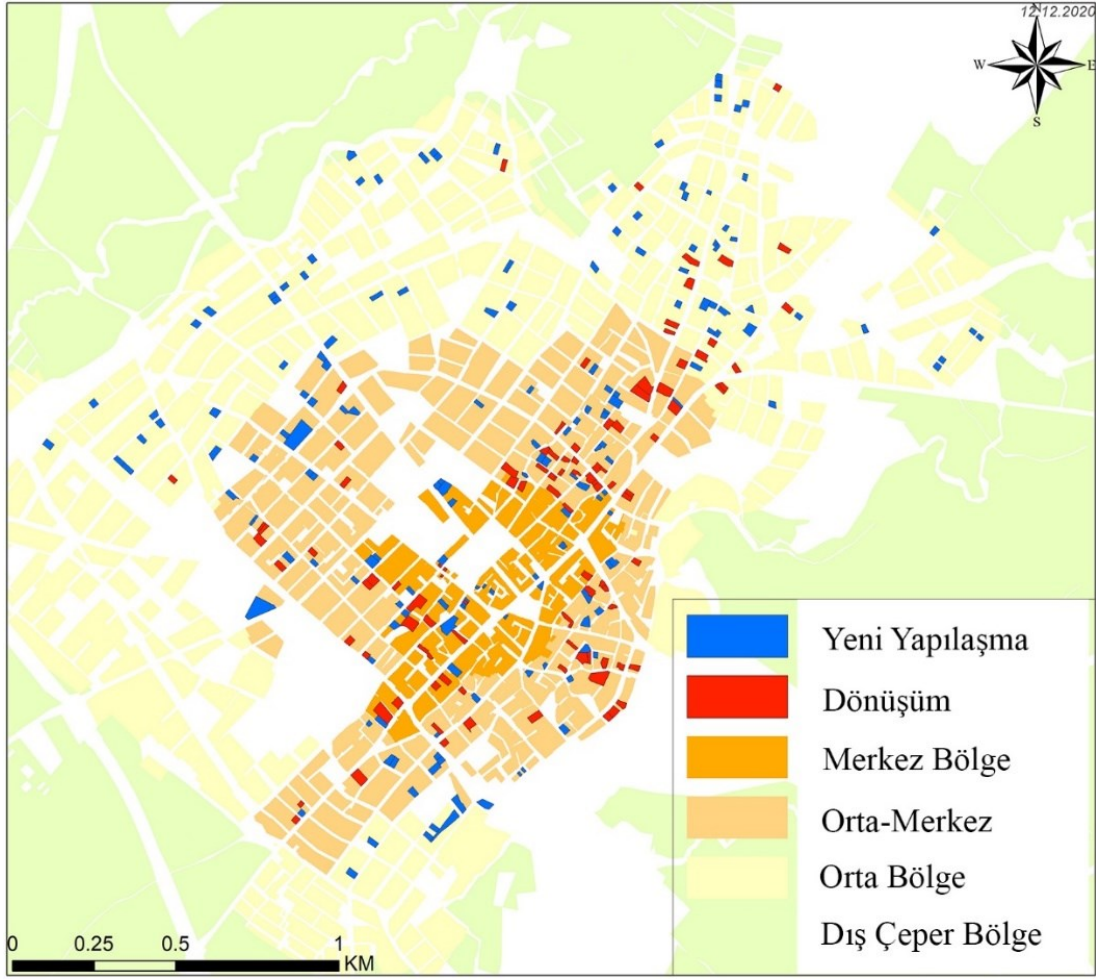
Bunun yanında gerçekleşen yapılaşmanın aynı yıllar için kent bölgelerine dağılımı da kent üzerinde oluşacak talep miktarının mekâna dağıtabilmek için gereklidir. Bu amaçla, parsellerin 100 m komşuluğundaki ortalama emsal oranlarının dağılımı dikkate alınarak, benzer emsal oranlarına sahip bölgeler tespit edilmiş ve kent 4

bölgeye ayrılmıştır. Her bölge için 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen değişim miktarları ve türleri tespit edilmiştir. Şekil 3.26, 2012-2019 yılları arasında yeni yapılaşma ve dönüşümün kent bölgelerine dağılımını göstermektedir. Bölgelere göre değişim miktarları ve değişim türlerine ilişkin sayısal bilgiler Çizelge 3.8’de görülmektedir. Buna göre toplam değişimin yüzde 24’ü merkez bölgede, yüzde 52’si orta-merkez bölgede, yüzde 24’ü ise orta bölgede gerçekleşmiştir. Merkez bölgedeki değişimin yüzde 67’si yeni yapılaşma, yüzde 33’ü ise dönüşüm şeklinde gerçekleşmiştir. Orta-merkez bölgede yüzde 52 yeni yapılaşma, yüzde 48 ise mevcut yapıların dönüşümü sonucu emsal artışı olmuştur. Orta bölgede ise yeni yapılaşma oranı yüzde 74 olurken, dönüşüm oranı yüzde 26’ya gerilemiştir. 2012-2019 yılları arasında çeper bölgede belirgin bir yapılaşma gerçekleşmediği için bu bölge analiz dışında bırakılmıştır.

İlgili yıllar arasındaki bu yapılaşma istatistikleri incelendiğinde Saray kent merkezinin orta-merkez bölgesi yüksek yapılaşma baskısı altında olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte orta bölge ve çeper bölgede görece düşük yapılaşma oranı tek merkezli bir kent özelliği taşıyan yerleşmenin yakın gelecekte bu özelliğini devam ettirme eğiliminde olduğu çıkarımı yapılabilir.



**Şekil 3.25 : 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen yeni yapılaşma ve dönüşüm örnekleri.**



Şekil 3.26 : 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen değişimin kent bölgelerine göre dağılımı.

**Çizelge 3.8 : 2012-2019 yılları arası gerçekleşen değişimin kent bölgelerine göre sayısal dağılımı.**

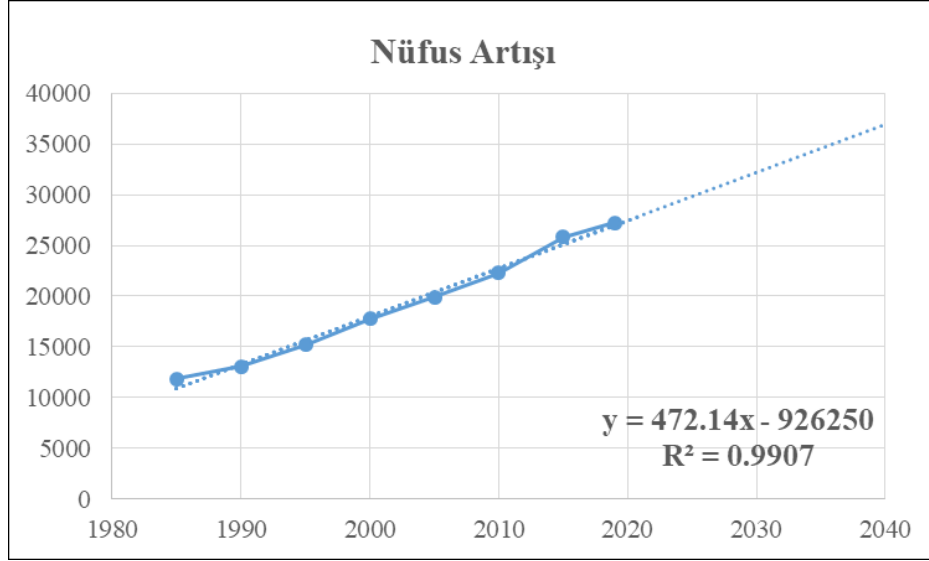
| Bölgeler          | Yeni Yapılaşma |                                |                              | Dönüşüm |                                |                              | Toplam |                                |                              |                   |
|-------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|---------|--------------------------------|------------------------------|--------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|
|                   | Adet           | Ortalama Emsal Değişim Miktarı | Toplam Emsal Değişim Miktarı | Adet    | Ortalama Emsal Değişim Miktarı | Toplam Emsal Değişim Miktarı | Adet   | Ortalama Emsal Değişim Miktarı | Toplam Emsal Değişim Miktarı | Değişim Oranı (%) |
| Merkez Bölge      | 28             | 3,17                           | 88,85                        | 19      | 2,32                           | 44,13                        | 47     | 2,83                           | 132,99                       | <b>24</b>         |
| %                 |                |                                | <b>67</b>                    |         |                                | <b>33</b>                    |        |                                |                              |                   |
| Orta-Merkez Bölge | 66             | 2,24                           | 148,00                       | 66      | 2,06                           | 135,64                       | 132    | 2,15                           | 283,64                       | <b>52</b>         |
| %                 |                |                                | <b>52</b>                    |         |                                | <b>48</b>                    |        |                                |                              |                   |
| Orta Bölge        | 73             | 1,29                           | 94,34                        | 16      | 2,12                           | 33,93                        | 89     | 1,44                           | 128,27                       | <b>24</b>         |
| %                 |                |                                | <b>74</b>                    |         |                                | <b>26</b>                    |        |                                |                              |                   |
| Toplam            | 167            |                                | 332,39                       | 101     |                                | 214,51                       | 268    |                                | 544,90                       | <b>100</b>        |
| %                 |                |                                | <b>61</b>                    |         |                                | <b>39</b>                    |        |                                | <b>100</b>                   |                   |

### 3.3.8 Talep tahmini

Kentsel mekânda inşaat alanlarına, dolayısıyla emsal oranlarına olan talep başta nüfus miktarı olmak üzere birçok değişkenin birleşiminden oluşmaktadır. Hane halkı büyüklüğü, hane halkı gelir durumu, aile yapısı ve alışkanlıklar, ikinci konut kullanımı vb. değişkenler hem kişi başına düşen inşaat alanı oranını hem de toplam inşaat alanı miktarını ve dolayısıyla emsal oranlarını etkilemektedir.

Bu çalışma kapsamında talep, temelde nüfus miktarı ile doğru orantılı olarak değerlendirilmiştir. 2012-2019 yılları arasında nüfus değişimine paralel olarak gerçekleşen toplam inşaat alanı miktarı ve paralelinde emsal oranları artış miktarı belirlenmiş ve gelecek 2030 ve 2040 yılları için bu eğilimin devam edeceği varsayılmıştır. 2030 ve 2040 yıllarındaki nüfus miktarı ise 1980’li yıllardan itibaren her 5 yıl için nüfus verileri dikkate alınarak doğrusal fonksiyonun bir ürünü olarak hesaplanmıştır. Buna göre çalışma alanında 2030 yılı nüfus büyüklüğünün 32.336 kişi, 2040 yılı nüfus büyüklüğünün ise 37.002 kişi olacağı varsayılmıştır (Şekil 3.27).

Toplam talep miktarı (Çizelge 3.9) belirlendikten sonra bir önceki bölümde analiz edilen yapılaşma eğilimi değerlendirmesi esas alınarak kent bölgeleri özelinde talep miktarları belirlenmiştir (Çizelge 3.10). Buna göre 2030 yılı için 2019 yılı toplam emsal miktarına ek olarak 430.767 m<sup>2</sup> inşaat alanına eşit 841 birim emsale ihtiyaç varken, 2040 yılı için 2030 yılı toplam emsal miktarına ek olarak 391.606 m<sup>2</sup> inşaat alanına eşit 765 birim emsale ihtiyaç vardır. 2040 yılı emsal ihtiyacının 2030 yılı emsal ihtiyacından az olması yatay büyümenin hızının dikey büyüme hızına göre fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Mevcut eğilimler çerçevesinde yoğunlaşan bir kentleşme görülmektedir. Simülasyon aşamasında kent bölgeleri için belirlenen talep miktarları karşılanmıştır.



**Şekil 3.27 :** Yıllara göre nüfus artışı ve 2030-2040 yılı nüfus projeksiyonu.

Çalışma alanında 2012 yılı itibariyle toplam yapıli parsel alanı 1.233.517 m<sup>2</sup>, toplam inşaat alanı ise 1.313.738 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Aynı yıl için çalışma alanındaki ortalama emsal değeri ise yaklaşık 1.06 olarak bulunmuştur. 2019 yılında ise, toplam yapıli parsel alanı 1.313.742 m<sup>2</sup>, toplam inşaat alanı 1.587.862 m<sup>2</sup> ve ortalama emsal değeri ise 2012 yılına göre 0.14 birim artarak yaklaşık 1.20 olmuştur. 2012 yılında çalışma alanında bulunan yapıli parsellerin emsal değerleri toplamı 3,470 birim iken bu değer 2019 yılında 4,005 birim olarak gerçekleşmiştir. Benzer eğilimlerin devam etmesi durumunda 2030 yılı için toplam inşaat alanı 2.018.629 m<sup>2</sup>, toplam yapıli parsel alanı 1.439.811 m<sup>2</sup>, ortalama emsal değeri ise yaklaşık 1.40 olacaktır.

2030 yılı için çalışma alanındaki toplam emsal değerinin ise 4.846 birim olması beklenmektedir. 2019-2030 yılları arasında 430.767 m<sup>2</sup> inşaat alanına karşılık gelen 841 birim emsal artışı oluşacaktır.

2040 yılında ise çalışma alanındaki toplam emsal değeri 5.611 birim olacaktır. 2030-2040 yılları arasında 391.606 m<sup>2</sup> inşaat alanına karşılık gelen 765 birim emsal artışı gerçekleşecektir.

2012 yılından 2040 yılına doğru gidildikçe kişi başına ortalama parsel alanı azalacak, parsel başına ortalama inşaat alanı ve kişi başına ortalama inşaat alanı miktarı artacaktır. Bu durum kompakt bir kentsel gelişim senaryosu ortaya çıkarmaktadır (Çizelge 3.9).

**Çizelge 3.9 :** Kentsel doku öğelerinin yıllara göre değişimi ve senaryo tabanlı değişim öngörülleri.

|                                                     | Yıl            | Nüfus  | Toplam Parsel Alanı (m <sup>2</sup> ) | Ortalama Parsel Alanı (m <sup>2</sup> ) | Kişi Başına Düşen Parsel Alanı (m <sup>2</sup> ) | Toplam İnşaat Alanı (m <sup>2</sup> ) | Parsel Başına Ortalama İnşaat Alanı (m <sup>2</sup> ) | Kişi Başına Ortalama İnşaat Alanı (m <sup>2</sup> ) | Toplam Emsal Miktarı |
|-----------------------------------------------------|----------------|--------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Gerçek Durum</b>                                 | 2012           | 23.938 | 1.233.517                             | 418,28                                  | 51,53                                            | 1.313.738                             | 445,49                                                | 54,88                                               | 3.470                |
|                                                     | 2019           | 27.204 | 1.313.742                             | 421,75                                  | 48,29                                            | 1.587.862                             | 509,75                                                | 58,37                                               | 4.005                |
| <b>Artış Miktarı</b>                                | 7 Yıl          | 3.266  | 80.226                                | 3,46                                    | -3,24                                            | 274.124                               | 64,26                                                 | 3,49                                                | 535                  |
| <b>Yıllık Artış Miktarı</b>                         | 1 Yıl          | 467    | 11.461                                | 0,49                                    | -0,46                                            | 39.161                                | 9,18                                                  | 0,50                                                | 76                   |
| <b>Mevcut Eğilimlerin Devam Etmesi Senaryosunda</b> | <b>2030</b>    | 32.336 | 1.439.811                             | 427,19                                  | 43,20                                            | 2.018.629                             | 610,73                                                | 63,85                                               | 4.846                |
|                                                     | <b>İhtiyaç</b> |        | 126.069                               |                                         |                                                  | 430.767                               |                                                       |                                                     | 841                  |
|                                                     | <b>2040</b>    | 37.002 | 1.554.419                             | 432,14                                  | 38,58                                            | 2.410.235                             | 702,53                                                | 68,83                                               | 5.611                |
|                                                     | <b>İhtiyaç</b> |        | 114.608                               |                                         |                                                  | 391.606                               |                                                       |                                                     | 765                  |

### 3.3.9 İleriye yönelik senaryo tabanlı tahmin simülasyonları

2019-2030 yılları arasında 430.767 m<sup>2</sup> inşaat alanına karşılık gelen 841 birim emsal artışı, 2030-2040 yılları arasında ise 391.606 m<sup>2</sup> inşaat alanına karşılık gelen 765 birim emsal artışı gerçekleşmesi öngörülmektedir. Kentsel mekân üzerinde oluşan büyüme talebi miktarı, bir önceki bölümde tespit edilen 2012-2019 yılları arası yapılaşmanın mekânsal dağılımı istatistikleri esas alınarak, kent bölgelerine göre belirlenmiştir.

2012-2019 yılları arası gerçekleşen yapılaşma istatistiklerine göre, 2030 yılına kadar ortaya çıkacak olan 841 birim emsalin yüzde 24'üne karşılık gelen 201 birim emsal merkez bölgede, yüzde 52'sine karşılık gelen 437 birim emsal orta-merkez bölgede, yüzde 24'üne karşılık gelen 201 birim emsal ise orta bölgede yer seçecektir. 2030-2040 yılları arası ortaya çıkacak olan 765 birim emsalin 183 birim emsali merkez bölgede, 397 birim emsali orta-merkez bölgede ve 183 birim emsali ise orta bölgede gerçekleşecektir.

2019-2030 ve 2030-2040 yılları arasında merkez bölgede gerçekleşecek emsal artış değerinin yüzde 67'si yeni yapılaşma, yüzde 33'ü dönüşüm şeklinde oluşacaktır. Orta bölgede gerçekleşecek emsal artış değerinin yüzde 52'si yeni yapılaşma, yüzde 48'i ise dönüşüm şeklinde, orta bölgede gerçekleşecek emsalin yüzde 74'ü yeni yapılaşma, yüzde 26'sı ise dönüşüm şeklinde ortaya çıkacaktır. Aynı yıllar arasında toplam emsal değerleri değişiminin toplam yüzde 61'i yeni yapılaşma olarak gerçekleşirken yüzde 39'u dönüşüm olarak gerçekleşecektir (Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.10).

Çalışmanın son bölümünde önceki bölümlerde kalibre edilen model emsal değerleri ve 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen yapılaşma değişim eğilimleri kullanılarak 2030 ve 2040 yılları için simülasyonlar üretilmiştir. Doğrusal olarak artacağı varsayılan nüfusun oluşturduğu talebe karşılık verecek toplam emsal miktarı, kuşaklara göre mevcut yapılaşma eğilimlerinin mevcut haliyle devam edeceği senaryoda ortaya çıkabilecek mekânsal emsal dağılımı ön görülmüştür. Bu kapsamda oluşturulan senaryo, kompakt bir kentsel büyüme öngörmektedir. Zaman içerisinde mevcut yapılar dönüşmesi ve kentin yerleşik alan sınırları içinde boş parsellerin yapılaşmasıyla yapı inşaat alanları ve emsal oranları artacaktır. Buna bağlı olarak kentsel mekânda yapı ve nüfus yoğunluğu da artış gösterecektir.

Çalışma kapsamında kurgulanan senaryo mevcut kentsel büyüme eğilimleri esas alınarak tek merkezli kompakt bir gelişme öngörmektedir. Bu senaryo temelinde

Çalışma alanı için parsellerin yapılaşma baskısı dikkate alınarak 2030 ve 2040 yılları erimli kentsel gelişme tahminleri üretilmiştir.

PURGOM modeli tek merkezli küçük-orta ölçekli bir kent özelliğı gösteren Saray yerleşmesi için, kentin merkez bölgesinde ve kent merkezini evre yerleşmelere bağlayan kent içi ana ulaşım güzergâhları boyunca görece yüksek yapılaşma gerçekleşeceğini ön görmektedir (Şekil 3.28, 3.29, 3.30). Bu durum kentin merkez bölgesinde kentsel donatı eksikliği ve trafik sıkışıklığı sorununu gündeme getirirken, özellikle kent merkezine erişilebilirliği yüksek, yoğun yapılaşma dokusu ortaya çıkaracaktır. Kent merkezini evre yerleşmelere ve çeper bölgelere bağlayan ulaşım güzergâhları boyunca gerçekleşecek yüksek yapılaşma ise ulaşım sistemi üzerinde baskı oluşturacaktır. Yeterli genişlikte olmayan ve yoğun araç hareketliliğine kullanıma maruz kalacak ulaşım güzergâhları günlük hayatta yayaaların hareket kabiliyetini kısıtlayabilecektir. Benzer şekilde acil ulaşım aksı olarak kullanılabilecek bu ana güzergâhlar, ihtiyaç halinde erişim sürelerinin uzamasına neden olacaktır.

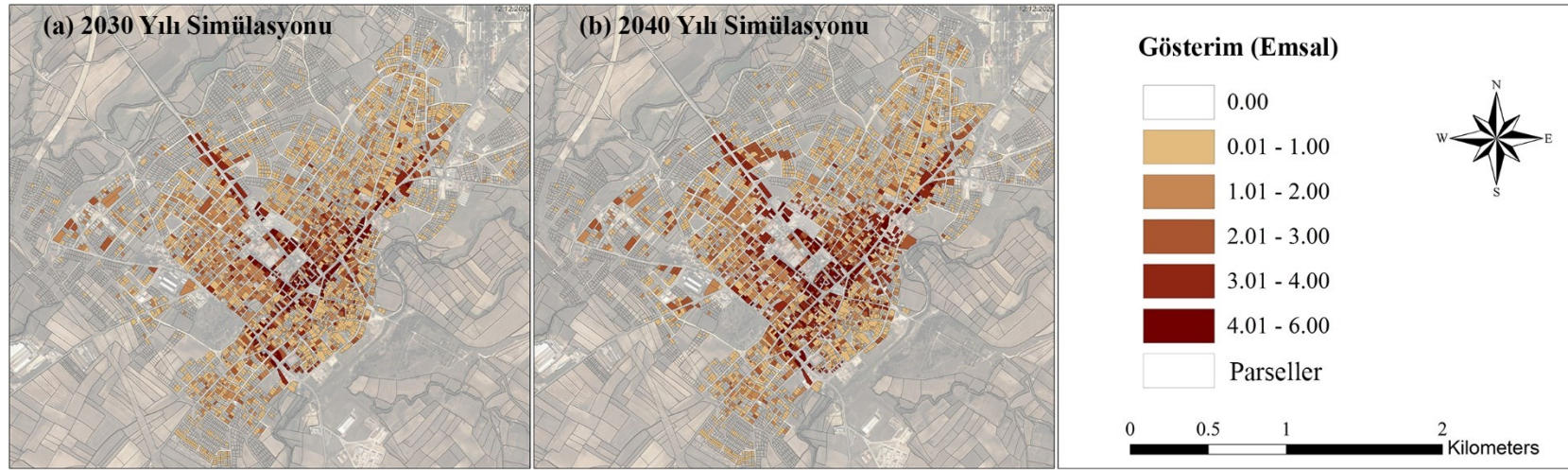
Kent merkezinde ve ana ulaşım güzergâhları boyunca, mevcut durum bitişik nizam yapılaşma şartları, parseller üzerinde emsal artışı ile birlikte yoğun yapı dokusunu meydana getirecektir. Bu durum konut kullanımlarının iklimsel konfor özellikleri üzerinde olumsuz etki oluşturacaktır. Saray kenti küçük-orta büyüklükte bir yerleşme kategorisinde olmasına rağmen, yoğun konut dokusu içlerine etki edemeyen rüzgâr nedeniyle doğal havalandırma koşullarından yeterli verimi alamayacaktır. Aynı zamanda yine yoğun yapılaşma dokusu, konutların güneş alabilirliğini düşürecektir.

Kent merkezinde ve bağlantı yollarında gerçekleşecek yoğun yapılaşma dokusu, nüfus yoğunluğunun artmasına ve özellikle çalışma alanında miktar olarak da yetersizliği ön plana çıkan açık ve yeşil alanların erişilebilirliğinin azalmasına neden olacaktır.

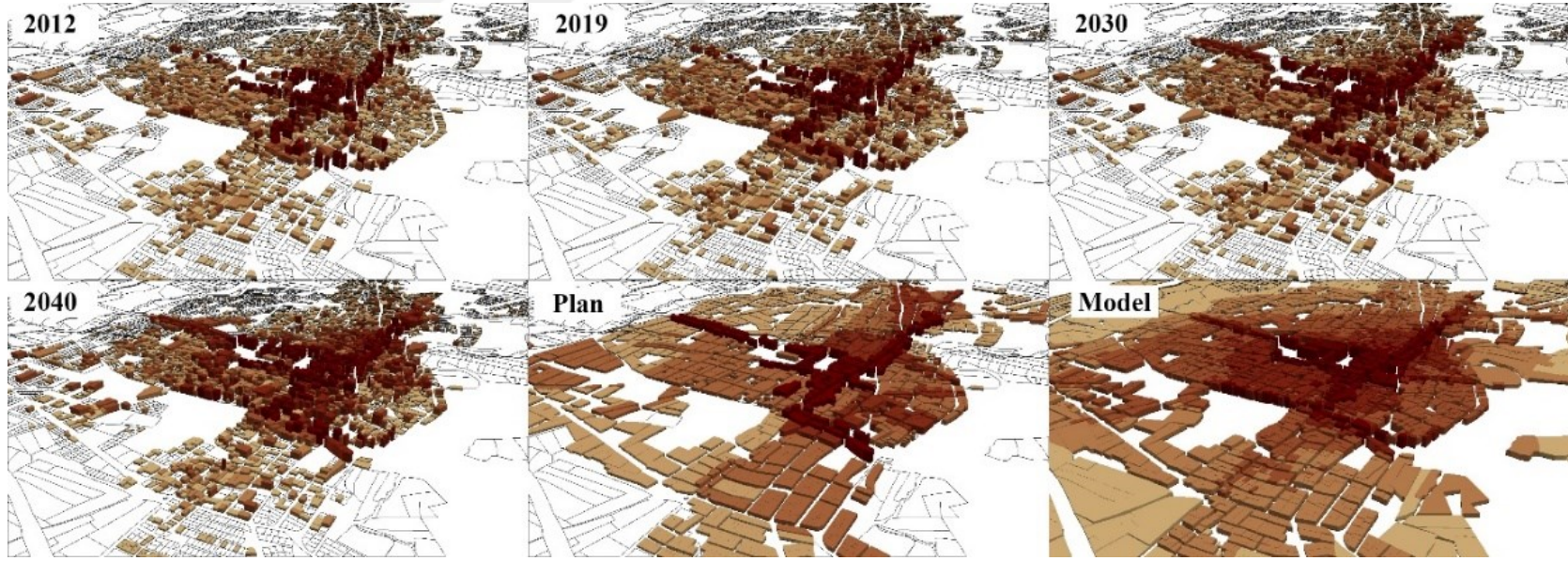
Çalışma alanında gerçekleştirilecek nazım imar planı ve uygulama imar planı çalışmalarında bu hususların göz önünde bulundurulması, PURGOM modelinin ön gördüğü muhtemel kentsel sorunların gerçekleşebileceğı kent bölgelerinin daha dikkatli incelenmesi gerekmektedir. Daha yaşanabilir, sürdürülebilir ve dirençli kentsel mekân üretilmesinde, kentin karşılaşması muhtemel doku değışimlerinin yatay kentsel büyümenin yanı sıra, yapı taban alanları ve kat yükseklikleri de dikkate alınarak değılendirilmesi önem arz etmektedir.

**Çizelge 3.10 : 2030 ve 2040 yılı simülasyonunda kuşaklara göre emsal değerleri.**

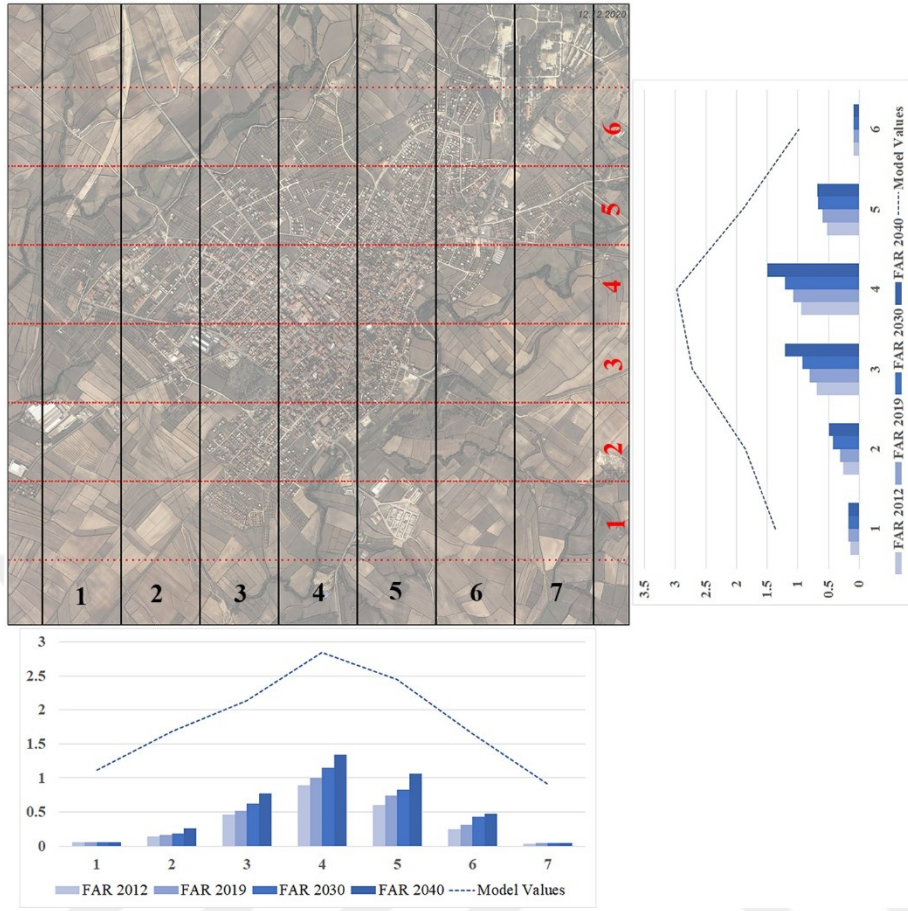
| Yıllar    | Merkez Bölge |                |         | Orta Merkez Bölge |                |         | Orta Bölge |                |         | Toplam |
|-----------|--------------|----------------|---------|-------------------|----------------|---------|------------|----------------|---------|--------|
|           | Toplam       | Yeni Yapılaşma | Dönüşüm | Toplam            | Yeni Yapılaşma | Dönüşüm | Toplam     | Yeni Yapılaşma | Dönüşüm |        |
| 2019-2030 | 201.84       | 135.23         | 66.61   | 437.32            | 227.41         | 209.91  | 201.84     | 149.36         | 52.48   | 841.00 |
| 2030-2040 | 183.60       | 123.01         | 60.59   | 397.80            | 206.86         | 190.94  | 183.60     | 135.86         | 47.74   | 765.00 |



**Şekil 3.28 : 2030 ve 2040 yılı emsal dağılım simülasyonu.**



Şekil 3.29 : Yıllara göre, plan ve model emsal değerleri değişimi.



Şekil 3.30 : Yıllara göre emsal değerlerinin kent genelinde değişimi.



#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kentsel dokuyu şekillendiren en önemli unsurlardan biri olan emsal (toplam inşaat alanının parsel büyüklüğüne oranı) değerlerinin çeşitli kriterler kullanılarak tahmin edilmesini amaçlamaktadır. Çalışmada hücrel otomata, çok kriterli karar verme yöntemleri ve CBS avantajları birleştirilerek kentsel mekânda değişimin gerçekleştiği en küçük birim olan kadastral parseller kullanılmıştır. Kentsel yeşil alanlar, kamusal donatı parselleri, askeri alanlar, sanayi alanları gibi emsal kullanımı ihtiyaç özelinde şekillenen fonksiyona sahip parseller modele dâhil edilmemiştir. Benzer şekilde mülkiyeti kamunun elinde bulunan veya plan kararları doğrultusunda gelecekte mülkiyeti kamunun eline geçmesi öngörülen parseller de çalışmadan ayrı tutulmuştur. Bu çalışmada özel mülkiyete konu, konut ve ticaret kullanımı gerçekleşebilecek parsellerin gelecek yıllarda sahip olabileceği muhtemel emsal değerlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Bu model kentsel büyümenin sadece yatayda gerçekleşmesinin doğurabileceği sorunları değerlendirmenin sürdürülebilir kentsel mekânlar üretiminde yeterli olmadığı savunmasından yola çıkarak 3 boyutlu büyümenin ölçülmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Kurgulanan parsel tabanlı 3 boyutlu kentsel büyüme modeli kentin deneyimleyeceği muhtemel değişimleri ön görmeyi ve kent plancılarına, yöneticilerine ve tüm paydaşlara proaktif politikalar üretme bağlamında karar destek sistemi oluşturmayı amaçlamaktadır.

Çalışmada öncelikle, uzman görüşleri ve literatürdeki çalışmalar yardımıyla oluşturulan kriterler çalışma alanı özelinde irdelenerek yapılaşma oranları üzerinde etkisi olanlar mevcut eğilimler doğrultusunda tespit edilmiştir. Tespit edilen kriterlerin birbirlerine göre etki dereceleri de yine mevcut yapılaşma eğilimleri esas alınarak mekânsal tanımlayıcı istatistikler yardımıyla belirlenmiştir. Mevcut durum eğilimleri kullanılarak elde edilen kriterler, ağırlıklar, alt kriterler ve katsayılar bazında çalışma

alanındaki konut ve ticaret kullanımına konu olabilecek tüm parseller değerlendirilmiştir. Elde edilen model etki değerleri 2019 yılı emsal değerleri ile karşılaştırılarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kalibre edilen model sonuçları 2012-2019 yılları arasında emsal değişimi yaşayan parsellerde karşılaştırılarak modelin tahmin gücü ölçülmüştür. Model sonucunda elde edilen değerler, parselin gelecekte sahip olması muhtemel emsal değerini kent özelindeki mevcut emsal oranları dağılımına bağlı olarak sunmaktadır. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde 2012-2019 yılları arasında emsal oranları değişen parseller dikkate alınarak kentteki yapılaşma eğilimleri kentin merkez, orta, çeper ve uzak kuşak bölgelerine göre ölçülmüştür. Buradan elde edilen veriler ışığında 2030 ve 2040 yılları için nüfus artış hızının değişmemesi durumunda oluşacak talep temelinde mekânsal dağılım öngörülerinde bulunulmuştur.

### **Hipotezlerin Test Edilmesi**

***Hipotez I:** Kentsel mekânda yapılaşma dağılımı doğal, yapısal, yakınlık, sosyo-ekonomik ve plan kararları gibi çeşitli faktörlerin etkisinde gelişmektedir.*

Kentlerde başta nüfus artışı olmak üzere çeşitli nedenlerle kentsel mekân talebi artmaktadır. Kent üzerinde oluşan mekân talebi, talebin türü ve miktarına bağlı olarak mekânda yer seçmektedir. Talebin kentsel mekâna dağılımında çeşitli mekânsal özellikler yönlendirici olmaktadır. Bu yönlendiricileri; doğal özellikler, yapısal özellikler, yakınlık durumu, sosyo-ekonomik özellikler ve planlama kararları başlıklarında gruptandırmak mümkündür. Çalışma kapsamında kurgulanan birinci hipotezin test edilmesi amacıyla örneklem alandaki mevcut yapılaşma eğilimleri irdelenmiştir. Buna göre Saray kenti yerleşmesi için doğal yapıyı oluşturan eğim, yönelme, yükselti, jeoloji, yer üstü su kaynakları gibi özelliklerin belirleyici değildir. Ancak parsel büyüklüğü ve komşuluk ilişkisi olarak tanımlanan yapısal özelliklerin, kentsel donatılara ve ulaşım güzergâhlarına yakınlık durumunun, sosyo-ekonomik özellikler başlığı altında değerlendirilen arazi değerlerinin ve uygulama imar planı kararlarının yapılaşma oranlarını yönlendirici etkisi olduğu tespit edilmiştir.

***Hipotez II:** Coğrafi düzlemde her nesne birbiriyle ilişkilidir ancak yakın nesneler birbiriyle daha çok ilişkilidir prensibiyle, parsellerin çeşitli donatılara, ulaşım*

*akslarına ve ticaret merkezlerine yakınlık durumu, gelecekte o parseldeki yapılaşma miktarını etkiler.*

Kentsel mekânda gerçekleşen değişimler, kenti oluşturan en küçük mekânsal birim olan kadastral parseller temelinde gerçekleşmektedir. Süreç içerisinde kenti çevreleyen doğal ve yarı doğal alanlar çeşitli etkenler sonucunda kentsel parsellere dönüşmekte ve ortaya çıkan parseller çeşitli etkenler sonucunda farklı miktar ve büyüklüklerde yapılaşmaya konu olmaktadır. Benzer şekilde kentsel yerleşik alan sınırı içinde bulunan parsellerde de çeşitli etkenler nedeniyle yapılaşma oranları değişmektedir. Kadastral parseller üzerinde gerçekleşen yapılaşma değişimlerinin en önemli nedenleri; ilgili parselin kentsel donatı alanlarına, kentsel yeşil alanlara, ticaret alanlarına ve diğer çekim noktalarına olan yakınlığıdır. Çalışma alanı olarak seçilen Saray yerleşmesinde 2012-2019 yılları arası gerçekleşen yapılaşma eğilimleri irdelenerek kurgulanan hipotezin doğruluğu test edilmiştir. Kent özelinde parsel bazında yapılaşma oranları eğiliminin ilgili parselin ticaret alanlarına, resmi kurumlara, sağlık ve eğitim tesislerine, kent içi önemli ulaşım güzergâhlarına yakınlık durumu ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir. 2030 ve 2040 yılı simülasyonlarında kent merkezi ve kentiçi ana ulaşım güzergâhları üzerinde yapılaşma baskısının artacağı öngörülmüştür.

***Hipotez III:*** *Hücresele otomata hem yukarıdan aşağıya (talebin mekâna dağıtılması) hem de aşağıdan yukarıya (birimler arası ilişki temelinde kent bütününde sonuçlar üretmesi) doğru kullanılabilmesi ve doğrusal olmayan ilişkileri çözümleme gücü nedeniyle kentsel doku değişiminin modellenmesinde bir yöntem olarak kullanılabilir.*

Kentsel mekân üzerinde çeşitli nedenlerle oluşan talep, kentsel mekânı oluşturan en küçük birim olan kadastral parsellerin özellikleri doğrultusunda mekânda yer seçmektedir. Bu yönüyle talebin kentsel mekânda yer seçmesi talebin türüne ve miktarına bağlı olarak yukarıdan aşağıya (bütünden parçaya) ve birimler arası ilişkiye bağlı olarak aşağıdan yukarıya (parçadan bütüne) dinamik bir sürecin sonucunda gerçekleşmektedir. Kentsel mekân değişimindeki bu gerçeklik hücresele otomata tekniğinin başarılı sonuçlar üretmesini sağlamaktadır. Hücresele otomatanın özellikleri esas alınarak çalışma kapsamında kurgulanan üç boyutlu kentsel büyüme modeli, çalışma alanında 2012-2019 yılları arasında gerçekleşen yapılaşma oranları değişimini tahmin etmede başarılı sonuçlar ortaya koymuştur. 2012 verileri temelinde kurgulanan modelin yüksek oranda yapılaşma ön gördüğü kadastral parsellerde 2019 yılında

yüksek yapılaşma gerçekleşirken, modelin düşük oranda yapılaşma ön gördüğü parsellerde 2019 yılında düşük yapılaşma oranları gerçekleşmiştir. 2019 yılı model tahmin sonuçları ile 2019 yılı gerçek yapılaşma oranları dağılımı arasında kuvvetli paralellik bulunmaktadır. Bu yönüyle hücresel otomatanın kentsel doku değişiminin modellenmesinde etkili bir araç olduğu doğrulanmıştır.

### **Üç Boyutlu Kentsel Büyüme Tahmin Modelinin Değerlendirilmesi**

Çalışma kapsamında kurgulanan model kentte oluşabilecek tüm emsal değerinin parsel bazında tahmin edilmesi açısından özgünlük taşımaktadır. Bunun yanında emsale etki eden kriterlerin kent özelinde değerlendirilmesi çalışmanın başka kentlerde uygulanabilirliğini arttırmaktadır. Bu çalışmada oluşturulan emsal modeli diğer kentsel büyüme modelleriyle birlikte kullanılabilir ve tahmin yeteneği güçlendirilebilir.

Kurgulanan üç boyutlu kentsel büyüme modelinin (PURGOM) en önemli özelliği, kent bütününde kentsel dokuyu belirleyen en önemli unsurlardan biri olan emsal değerlerinin zamansal ve mekânsal olarak, değişimin gerçekleştiği en küçük birim olan parsel ölçeğinde tahmin edilmesidir. Literatürde yer alan kentsel büyüme modellerinden farkı yatay büyümenin yanında dikey büyümenin de dikkate alınması ve tüm parseller için emsal oranları tahmin etme amacı gütmesidir. Aynı zamanda modelde kullanılan kriterler geniş bir kriter havuzundan çalışma alanı özelinde ve çalışma alanındaki mevcut yapılaşma eğilimleri dikkate alınarak belirlenmiş ve ağırlıklandırılmış. Bu durum modelin farklı kentsel alanlarda uygulanabilirliğini arttırmaktadır.

Model sonuçları kent mekânında yer alan parsellerin üzerindeki yapılaşma baskısını gösterdiği gibi, parsel üzerinde yer alabilecek muhtemel inşaat alanını da göstermektedir. Bu sayede kent plancıları ve kent yöneticilerine karar destek sistemi üretilmesi amaçlanmıştır. Tahmin edilen emsal değerleri ve inşaat alanları, yapılaşmanın kentli sağlığı üzerinde doğurabileceği olumsuz etkilere önceden müdahale şansı oluşturmakta ve yeni yapılacak planlama çalışmalarında yönlendirme kabiliyeti taşımaktadır.

Bu model, yeni yapılacak planlama çalışmalarında plan müelliflerine ve kent yöneticilerine mevcut mekânsal emsal dağılımı eğilimini göstermektedir. Bu sayede

planlama çalışmalarında bir analiz aracı olarak kullanılabilir. Bunun yanında gölgelenme, ısı adası oluşumu, güneş alabilirlik, görünürlük gibi mikroklimalı etkileyen unsurların gerçekleşmeden analiz edilebilmesine de olanak sağlamaktadır.

Sosyo-ekonomik değişkenlerin mekânsal olarak komşuluk ölçeğinde tutulmuyor oluşu nedeniyle bu çalışmada hane halkı büyüklüğü, hane halkı geliri, sosyal kümelenme vb. kriterler modele dâhil edilememiştir. Modelden elde edilen sonuçlar, modele dâhil edilmeyen parseller üzerinde gerçekleşecek emsal değerleri ile birlikte değerlendirilebilir. Küçük-orta ölçekli yerleşmelerde radikal arazi kullanım değişikliklerine rastlanmasa da model uygulama alanının leğine göre konut ve ticaret kullanımı dışında; donatı, sanayi ve açık yeşil alanlar gibi arazi kullanım türlerinin emsal üzerindeki etkileşimi gelecek çalışmalarda tartışılması gereken muhtemel model iyileştirmeleri olarak değerlendirilebilir.



## KAYNAKLAR

- Abolhasani, S., Taleai, M., Karimi, M., & Rezaee Node, A. (2016). Simulating urban growth under planning policies through parcel-based cellular automata (ParCA) model. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(11), 2276–2301. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1184271>
- Akash, B. A., Mamlook, R., & Mohsen, M. S. (1999). Multi-criteria selection of electric power plants using analytical hierarchy process. *Electric Power Systems Research*, 52(1), 29–35. [https://doi.org/10.1016/S0378-7796\(99\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7796(99)00004-8)
- Al-Ahmadi, K., See, L., Heppenstall, A., & Hogg, J. (2009). Calibration of a fuzzy cellular automata model of urban dynamics in Saudi Arabia. *Ecological Complexity*, 6(2), 80–101. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.09.004>
- Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), 19–27. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00038-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1)
- Al-Kheder, S., Wang, J., & Shan, J. (2008a). Fuzzy inference guided cellular automata urban-growth modelling using multi-temporal satellite images. *International Journal of Geographical Information Science*, 22(11–12), 1271–1293. <https://doi.org/10.1080/13658810701617292>
- Al-Kheder, S., Wang, J., & Shan, J. (2008b). Fuzzy inference guided cellular automata urban-growth modelling using multi-temporal satellite images. *International Journal of Geographical Information Science*, 22(11–12), 1271–1293. <https://doi.org/10.1080/13658810701617292>
- Al-sharif, A. A. A., & Pradhan, B. (2014). Monitoring and predicting land use change in Tripoli Metropolitan City using an integrated Markov chain and cellular automata models in GIS. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(10), 4291–4301. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1119-7>
- Alaei Moghadam, S., Karimi, M., & Habibi, K. (2018). Simulating urban growth in a megalopolitan area using a patch-based cellular automata. *Transactions in GIS*, 22(1), 249–268. <https://doi.org/10.1111/tgis.12309>
- Allen, J. (2016). *a Gis-Based Analysis and Prediction of Parcel Land-Use Change in a. February*.
- Almeida, C., & José, M. (2005). Cellular automata and neural networks as a

modelling framework for the simulation of urban land use change. *XII Simposio Brasileiro de Sensoramento Remoto*, 3697–3705.

- Almeida, C. M., Gleriani, J. M., Castejon, E. F., & Soares-Filho, B. S.** (2008). Using neural networks and cellular automata for modelling intra-urban land-use dynamics. *International Journal of Geographical Information Science*, 22(9), 943–963. <https://doi.org/10.1080/13658810701731168>
- Arentze, T. A., Hofman, F., Mourik, H., Timmermans, H. J. P., & Wets, G.** (2010). Using Decision Tree Induction Systems for Modeling Space-Time Behavior. *Geographical Analysis*, 32(4), 330–350. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2000.tb00431.x>
- Arentze, T. A., Hofman, H., & van Mourik, H.** (2000). Using decision tree induction systems for modeling space-time behavior. *Geographical Analysis*, 32(4).
- Aydin, N. Y., Kentel, E., & Duzgun, S.** (2010). GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 14, Issue 1, pp. 364–373). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.023>
- Barredo, J. I., Demicheli, L., Lavalle, C., Kasanko, M., & McCormick, N.** (2004). Modelling Future Urban Scenarios in Developing Countries: An Application Case Study in Lagos, Nigeria. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 65–84. <https://doi.org/10.1068/b29103>
- Barredo, J. I., Kasanko, M., McCormick, N., & Lavalle, C.** (2003). Modelling dynamic spatial processes: Simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning*, 64(3), 145–160. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00218-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00218-9)
- Barreira-González, P., Gómez-Delgado, M., & Aguilera-Benavente, F.** (2015). From raster to vector cellular automata models: A new approach to simulate urban growth with the help of graph theory. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.07.004>
- Batty, M., & Xie, Y.** (1994a). From cells to cities. *Environment & Planning B: Planning & Design*, 21(Celebration Issue), 531–548. <https://doi.org/10.1068/b21s031>
- Batty, M., & Xie, Y.** (1994b). From cells to cities. *Environment & Planning B: Planning & Design*, 21(Celebration Issue), 531–548. <https://doi.org/10.1068/b21s031>
- Batty, M., Xie, Y., & Sun, Z.** (1999). Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata. *Computers, Environment and Urban Systems*, 23(3), 205–233. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(99\)00015-0](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(99)00015-0)
- Batty, M., & Longley, P. A.** (1986). The Fractal Simulation of Urban Structure. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 18(9), 1143–1179. <https://doi.org/10.1068/a181143>
- Batty, M., Longley, P., & Fotheringham, S.** (1989). Urban Growth and Form: Scaling, Fractal Geometry, and Diffusion-Limited Aggregation.

- Environment and Planning A: Economy and Space*, 21(11), 1447–1472.  
<https://doi.org/10.1068/a211447>
- Batty, Michael.** (1991). Cities as Fractals: Simulating Growth and Form. In *Fractals and Chaos* (pp. 43–69). Springer New York.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3034-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3034-2_4)
- Batty, Michael, & Xie, Y.** (2004). Integrated Urban Evolutionary Modeling. *GeoDynamics*, January, 273–293.  
<https://doi.org/10.1201/9781420038101.ch19>
- Belediye Kanunu (Municipal Law),** (2005).  
<https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5393.pdf>
- Benguigui, L., Czamanski, D., & Roth, R.** (2008). Modeling cities in 3D: A cellular automaton approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(3), 413–430. <https://doi.org/10.1068/b33075>
- Berberoğlu, S., Akin, A., & Clarke, K. C.** (2016). Cellular automata modeling approaches to forecast urban growth for adana, Turkey: A comparative approach. *Landscape and Urban Planning*, 153, 11–27.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.04.017>
- Berling-Wolff, S., & Wu, J.** (2004). Modeling urban landscape dynamics: A review. *Ecological Research*, 19(1), 119–129. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00611.x>
- Besussi, E., Cecchini, A., & Rinaldi, E.** (1998). The diffused city of the Italian north-east: Identification of urban dynamics using cellular automata urban models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(5), 497–523.  
[https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(98\)00022-2](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(98)00022-2)
- Bithell, H. R., & Parry, M.** (2012). Large Scale Agent-Based Modelling: A Review and Guidelines for Model Scaling. In *Agent-Based Models of Geographical Systems*.
- Blair, A. R., Nachtmann, R., Saaty, T. L., & Whitaker, R.** (2006). Forecasting the resurgence of the u.S. economy in 2001: An expert judgment approach. In *International Series in Operations Research and Management Science* (Vol. 95, pp. 27–43). Springer New York LLC.  
[https://doi.org/10.1007/0-387-33987-6\\_2](https://doi.org/10.1007/0-387-33987-6_2)
- Burgess, E. W.** (1925). The Growth of the City: An Introduction to a Research Project. In *The City* (pp. 47–62). The University of Chicago Press.  
<https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/C/bo38823801.html>
- Cecchini, A.** (1996). Urban modelling by means of cellular automata: generalised urban automata with the help on-line (AUGH) model. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 23(6), 721–732.  
<https://doi.org/10.1068/b230721>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.** (2009). *Trakya Alt Bölgesi Ergene Havzası 1/100.000 Ölçekli Revizyon Çevre Düzeni Planı (Thrace Sub-region Ergene Basin 1/100.000 Scale Revision Environmental Plan)*.  
<https://mpgm.csb.gov.tr/trakya-alt-bolgesi-ergene-havzasi-i-82194>
- Chang, N. Bin, Parvathinathan, G., & Breeden, J. B.** (2008). Combining GIS with

fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.011>

- Chen, T. H. K., Qiu, C., Schmitt, M., Zhu, X. X., Sabel, C. E., & Prishchepov, A. V.** (2020). Mapping horizontal and vertical urban densification in Denmark with Landsat time-series from 1985 to 2018: A semantic segmentation solution. *Remote Sensing of Environment*, 251(April), 112096. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112096>
- Chen, Yanguang, & Lin, J.** (2009). Modeling the self-affine structure and optimization conditions of city systems using the idea from fractals. *Chaos, Solitons and Fractals*, 41(2), 615–629. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2008.02.035>
- Chen, Yimin, Liu, X., & Li, X.** (2017a). Calibrating a Land Parcel Cellular Automaton (LP-CA) for urban growth simulation based on ensemble learning. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(12), 2480–2504. <https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1367004>
- Chen, Yimin, Liu, X., & Li, X.** (2017b). Calibrating a Land Parcel Cellular Automaton (LP-CA) for urban growth simulation based on ensemble learning. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(12), 2480–2504. <https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1367004>
- Cheng, J., & Masser, I.** (2003). Urban growth pattern modeling: A case study of Wuhan City, PR China. *Landscape and Urban Planning*, 62(4), 199–217. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00150-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00150-0)
- Cheng, W., Wang, K., & Zhang, X.** (2010). Implementation of a COM-based decision-tree model with VBA in ArcGIS. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.006>
- Chin, K. S., Chiu, S., & Rao Tummala, V. M.** (1999). An evaluation of success factors using the AHP to implement ISO 14001-based EMS. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 16(4), 341–361. <https://doi.org/10.1108/02656719910248226>
- 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(2), 247–261. <https://doi.org/10.1068/b240247>
- 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(2), 247–261. <https://doi.org/10.1068/b240247>
- Clarke, Keith C., & Gaydos, L. J.** (1998). Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: Long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *International Journal of Geographical Information Science*, 12(7), 699–714. <https://doi.org/10.1080/136588198241617>
- Costanza, R., Wainger, L., & Folke, C.** (1993). Modeling Complex Ecological

- Economic Systems. *BioScience*, 43(8), 545–555.  
<https://doi.org/10.2307/1311949>
- Couclelis, H.** (1985). Cellular Worlds: A Framework for Modeling Micro—Macro Dynamics. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 17(5), 585–596. <https://doi.org/10.1068/a170585>
- Crary, M., Nozick, L. K., & Whitaker, L. R.** (2002). Sizing the US destroyer fleet. *European Journal of Operational Research*, 136(3), 680–695. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00031-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00031-5)
- Crooks, A., Castle, C., & Batty, M.** (2008). Key challenges in agent-based modelling for geo-spatial simulation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(6), 417–430. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2008.09.004>
- Dahal, K. R., & Chow, T. E.** (2014). An agent-integrated irregular automata model of urban land-use dynamics. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(11), 2281–2303. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.917646>
- Dahal, K. R., & Chow, T. E.** (2015). Characterization of neighborhood sensitivity of an irregular cellular automata model of urban growth. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(3), 475–497. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.987779>
- Dai, E., Wu, S., Shi, W., Cheung, C. K., & Shaker, A.** (2005). Modeling Change-Pattern-Value dynamics on land use: An integrated GIS and Artificial Neural Networks approach. *Environmental Management*, 36(4), 576–591. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0165-z>
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Zhang, X. H.** (2001). GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: A case study. *Engineering Geology*, 61(4), 257–271. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(01\)00028-X](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00028-X)
- Dang, A. N., & Kawasaki, A.** (2016). A review of methodological integration in land-use change models. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 7(2), 1–25. <https://doi.org/10.4018/IJAEIS.2016040101>
- de Almeida, Cláudia Maria, Batty, M., Monteiro, A. M. V., Câmara, G., Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L.** (2003). Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: Empirical development and estimation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(5), 481–509. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00042-X](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00042-X)
- Deng, X., & Deng, X.** (2011). Modeling the Dynamics of the Land System in an Agriculture-Pasture Transition Zone in China. In *Modeling the Dynamics and Consequences of Land System Change* (pp. 209–240). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-15447-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-15447-8_7)
- Dragicevic, S., & Marceau, D. J.** (2000). A fuzzy set approach for modelling time in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*,

14(3), 225–245. <https://doi.org/10.1080/136588100240822>

- Dweiri, F.** (1999). Fuzzy development of crisp activity relationship charts for facilities layout. *Computers and Industrial Engineering*, 36(1), 1–16. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(98\)00102-8](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(98)00102-8)
- Ekmekçioğlu, M., Kaya, T., & Kahraman, C.** (2010). Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste. *Waste Management*, 30(8–9), 1729–1736. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.031>
- Engelen, G., Geertman, S., Smits, P., & Wessels, C.** (1999). *Dynamic GIS and Strategic Physical Planning Support: A Practical Application* (pp. 87–111). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-03954-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03954-0_5)
- Engelen, G., White, R., Uljee, I., & Drazan, P.** (1995). Using cellular automata for integrated modelling of socio-environmental systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 34(2), 203–214. <https://doi.org/10.1007/BF00546036>
- Erden, T., & Coşkun, M. Z.** (2011). Acil durum servislerinin yer seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS entegrasyonu. *İTÜDERGİSİ/D*, 9(6). [http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi\\_d/article/view/1247](http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/view/1247)
- Ertuğrul, I., & Karakaşoğlu, N.** (2008). Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(7–8), 783–795. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1249-8>
- ESRI.** (2019). *ArcGIS Desktop Version 10.7*, Redland, CA. Environmental Systems.
- Feng, Y., Liu, Y., & Batty, M.** (2016). Modeling urban growth with GIS based cellular automata and least squares SVM rules: a case study in Qingpu–Songjiang area of Shanghai, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(5), 1387–1400. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1128-z>
- Frenkel, A.** (2007). Spatial distribution of high-rise buildings within urban areas: The case of the Tel-Aviv metropolitan region. *Urban Studies*, 44(10), 1973–1996. <https://doi.org/10.1080/00420980701560059>
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Meijers, E., Rudolf Giffinger, M., Christian Fertner, D.-I., & Hans Kramar, D.I.** (n.d.). *City-ranking of European Medium-Sized Cities*.
- Google.** (n.d.). *Google Maps Imagery of Saray, Turkey*. Retrieved December 20, 2020, from <https://www.google.com/maps/@40.9127162,29.1739508,15z>
- Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D., & Frizado, J. P.** (2012). Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. *Waste Management*, 32(2), 287–296. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.023>
- Grekousis, G., Manetos, P., & Photis, Y. N.** (2013). Modeling urban evolution using

- neural networks, fuzzy logic and GIS: The case of the Athens metropolitan area. *Cities*, 30(1), 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.03.006>
- Guan, D. J., Li, H. F., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K.** (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222(20–22), 3761–3772. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.09.009>
- Guan, Q., Wang, L., & Clarke, K. C.** (2005). An artificial-neural-network-based, constrained CA model for simulating urban growth. *Cartography and Geographic Information Science*, 32(4), 369–380. <https://doi.org/10.1559/152304005775194746>
- Hadi, L. A., Naim, W. M., Adnan, N. A., Nisa, A., & Said, E. S.** (2017). GIS based multi-criteria decision making for flood vulnerability index assessment. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 9(1–2), 7–11.
- Hafeez, K., Zhang, Y., Malak, N., Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N.** (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 76(1), 39–51. <https://econpapers.repec.org/RePEc:eee:proeco:v:76:y:2002:i:1:p:39-51>
- Han, J., Hayashi, Y., Cao, X., & Imura, H.** (2009). Application of an integrated system dynamics and cellular automata model for urban growth assessment: A case study of Shanghai, China. *Landscape and Urban Planning*, 91(3), 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.002>
- Harris, C. D., & Ullman, E. L.** (1945). The Nature of Cities. In *Source: The Annals of the American Academy of Political and Social Science* (Vol. 242).
- He, C., Okada, N., Zhang, Q., Shi, P., & Zhang, J.** (2006). Modeling urban expansion scenarios by coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China. *Applied Geography*, 26(3–4), 323–345. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2006.09.006>
- He, C., Shi, P., Chen, J., Li, X., Pan, Y., Li, J., Li, Y., & Li, J.** (2005). Developing land use scenario dynamics model by the integration of system dynamics model and cellular automata model. *Science in China, Series D: Earth Sciences*, 48(11), 1979–1989. <https://doi.org/10.1360/04yd0248>
- He, J., Li, X., Yao, Y., Hong, Y., & Jinbao, Z.** (2018). Mining transition rules of cellular automata for simulating urban expansion by using the deep learning techniques. *International Journal of Geographical Information Science*, 32(10), 2076–2097. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1480783>
- Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C.** (2003). The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 286–302. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0)

- Hosseinali, F., Alesheikh, A. A., & Nourian, F.** (2013). Agent-based modeling of urban land-use development, case study: Simulating future scenarios of Qazvin city. *Cities*, 31, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.09.002>
- Hoymann, J.** (2010). Spatial allocation of future residential land use in the Elbe River Basin. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(5), 911–928. <https://doi.org/10.1068/b36009>
- Hoymann, J.** (2011). Accelerating urban sprawl in depopulating regions: A scenario analysis for the Elbe River Basin. In *Regional Environmental Change* (Vol. 11, Issue 1, pp. 73–86). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0120-x>
- Hoyt, H.** (1939). *The Structure and Growth of Residential Neighbourhoods in American Cities*.
- Hu, Z., & Lo, C. P.** (2007a). Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31(6), 667–688. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2006.11.001>
- Hua, L., Tang, L., Cui, S., & Yin, K.** (2014). Simulating urban growth using the SLEUTH model in a coastal peri-urban district in China. *Sustainability (Switzerland)*, 6(6), 3899–3914. <https://doi.org/10.3390/su6063899>
- Huang, B., Xie, C., & Tay, R.** (2010). Support vector machines for urban growth modeling. *GeoInformatica*, 14(1), 83–99. <https://doi.org/10.1007/s10707-009-0077-4>
- IBM.** (2016). *SPSS Statistics Version 23*, Chicago. <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>
- Iovine, G., D'Ambrosio, D., & Di Gregorio, S.** (2005). Applying genetic algorithms for calibrating a hexagonal cellular automata model for the simulation of debris flows characterised by strong inertial effects. *Geomorphology*, 66(1-4 SPEC. ISS.), 287–303. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.017>
- Irwin, E. G., & Geoghegan, J.** (2001). Theory, data, methods: Developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85(1–3), 7–24. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00200-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00200-6)
- Jantz, C. A., Goetz, S. J., & Shelley, M. K.** (2004). 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*, 31(2), 251–271. <https://doi.org/10.1068/b2983>
- Jenerette, G. D., & Wu, J.** (2001). Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona - Phoenix region, USA. *Landscape Ecology*, 16(7), 611–626. <https://doi.org/10.1023/A:1013170528551>
- Jiang, B., & Yin, J.** (2014). Ht-Index for Quantifying the Fractal or Scaling Structure of Geographic Features. *Annals of the Association of American Geographers*, 104(3), 530–540.

<https://doi.org/10.1080/00045608.2013.834239>

- Jin, H., & Mountrakis, G.** (2013). Integration of urban growth modelling products with image-based urban change analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 34(15), 5468–5486. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.791760>
- Jokar Arsanjani, J., Helbich, M., & de Noronha Vaz, E.** (2013). Spatiotemporal simulation of urban growth patterns using agent-based modeling: The case of Tehran. *Cities*, 32, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.01.005>
- Jr, F. B., & Qiu, Z.** (2012). An integrated parcel-based land use change model using cellular automata and decision tree. *Ecology*, 2(2), 53–69.
- Kanani-Sadat, Y., Arabsheibani, R., Karimipour, F., & Nasser, M.** (2019). A new approach to flood susceptibility assessment in data-scarce and ungauged regions based on GIS-based hybrid multi criteria decision-making method. *Journal of Hydrology*, 572, 17–31. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.034>
- Kara, Y.** (2019). Measuring the Sustainability of Cities in Turkey with the Analytic Hierarchy Process. *Open Journal of Social Sciences*, 07(04), 322–334. <https://doi.org/10.4236/jss.2019.74025>
- Karimi, H., Amiri, S., Huang, J., & Karimi, A.** (2019). Integrating GIS and multi-criteria decision analysis for landfill site selection, case study: Javanrood County in Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(11), 7305–7318. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2151-7>
- Kaya, T., & Kahraman, C.** (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy*, 35(6), 2517–2527. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.02.051>
- Kengpol, A., & O'Brien, C.** (2001). Development of a decision support tool for the selection of advanced technology to achieve rapid product development. *International Journal of Production Economics*, 69(2), 177–191. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00016-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00016-5)
- Kim, J.** (1998). Hierarchical Structure of Intranet Functions and Their Relative Importance: Using the Analytic Hierarchy Process for Virtual Organizations. *Decision Support Systems*, 23(1), 59–74. [https://doi.org/10.1016/s0167-9236\(98\)00036-0](https://doi.org/10.1016/s0167-9236(98)00036-0)
- Kocabas, V., & Dragicevic, S.** (2006). Coupling bayesian networks with CIS-based cellular automata for modeling land use change. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4197 LNCS, 217–233. [https://doi.org/10.1007/11863939\\_15](https://doi.org/10.1007/11863939_15)
- Korpela, J., Kyläheiko, K., Lehmusvaara, A., & Tuominen, M.** (2002). An analytic approach to production capacity allocation and supply chain design. *International Journal of Production Economics*, 78(2), 187–195. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00101-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00101-3)

- Korpela, J., Lehmusvaara, A., & Tuominen, M.** (2001). An analytic approach to supply chain development. *International Journal of Production Economics*, 71(1–3), 145–155. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00114-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00114-6)
- Koziatek, O., Dragičević, S., & Li, S.** (2016). Geospatial modelling approach for 3D urban densification developments. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41(July), 349–352. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B2-349-2016>
- Koziatek, Olympia, & Dragičević, S.** (2017). iCity 3D: A geosimulation method and tool for three-dimensional modeling of vertical urban development. *Landscape and Urban Planning*, 167(June), 356–367. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.06.021>
- Koziatek, Olympia, & Dragičević, S.** (2019). A local and regional spatial index for measuring three-dimensional urban compactness growth. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(1), 143–164. <https://doi.org/10.1177/2399808317703983>
- Lai, V. S., Wong, B. K., & Cheung, W.** (2002). Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, 137(1), 134–144. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00084-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00084-4)
- Leao, S., Bishop, I., & Evans, D.** (2004). Simulating Urban Growth in a Developing Nation's Region Using a Cellular Automata-Based Model. *Journal of Urban Planning and Development*, 130(3), 145–158. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2004\)130:3\(145\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2004)130:3(145))
- Lee, G. K. L., & Chan, E. H. W.** (2008). The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of urban renewal proposals. *Social Indicators Research*, 89(1), 155–168. <https://doi.org/10.1007/s11205-007-9228-x>
- Lesschen, J. P., Verburg, P. H., & Staal, S. J.** (2005). *Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems*. LUCC Focus 3 Office and ILRI. <https://research.wur.nl/en/publications/statistical-methods-for-analysing-the-spatial-dimension-of-change>
- Li, X., & Yeh, A. G.** (2001). Calibration of cellular automata by using neural networks for the simulation of complex urban systems. *Environment and Planning A*, 33(8), 1445–1462. <https://doi.org/10.1068/a33210>
- Li, Xia, & Yeh, A. G. O.** (2002). Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 16(4), 323–343. <https://doi.org/10.1080/13658810210137004>
- Li, Xiuquan, Wang, M., Liu, X., Chen, Z., Wei, X., & Che, W.** (2018). MCR-modified CA-Markov model for the simulation of urban expansion. *Sustainability (Switzerland)*, 10(9), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su10093116>

- Li, Xuecao, & Gong, P.** (2016). Urban growth models: progress and perspective. *Science Bulletin*, 61(21), 1637–1650. <https://doi.org/10.1007/s11434-016-1111-1>
- Ligtenberg, A., Bregt, A. K., & Van Lammeren, R.** (2001). Multi-actor-based land use modelling: Spatial planning using agents. *Landscape and Urban Planning*, 56(1–2), 21–33. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00162-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00162-1)
- Lin, J., Huang, B., Chen, M., & Huang, Z.** (2014). Modeling urban vertical growth using cellular automata-Guangzhou as a case study. *Applied Geography*, 53(May 2016), 172–186. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.06.007>
- Liu, M., Hu, Y., Chang, Y., He, X., & Zhang, W.** (2009). Land use and land cover change analysis and prediction in the upper reaches of the minjiang river, China. *Environmental Management*, 43(5), 899–907. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9263-7>
- Liu, R., Zhang, K., Zhang, Z., & Borthwick, A. G. L.** (2014). Land-use suitability analysis for urban development in Beijing. *Journal of Environmental Management*, 145, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.06.020>
- Liu, X., & Lathrop, J. G.** (2002). Urban change detection based on an artificial neural network. *International Journal of Remote Sensing*, 23(12), 2513–2518. <https://doi.org/10.1080/01431160110097240>
- Liu, X. P., Li, X., Yeh, A. G. O., He, J. Q., & Tao, J.** (2007). Discovery of transition rules for geographical cellular automata by using ant colony optimization. *Science in China, Series D: Earth Sciences*, 50(10), 1578–1588. <https://doi.org/10.1007/s11430-007-0083-z>
- Liu, Xiaoping, Ou, J., Li, X., & Ai, B.** (2013). Combining system dynamics and hybrid particle swarm optimization for land use allocation. *Ecological Modelling*, 257, 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.02.027>
- Liu, Yan, & Phinn, S. R.** (2003a). Modelling urban development with cellular automata incorporating fuzzy-set approaches. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(6), 637–658. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00069-8)
- Liu, Yaolin, Kong, X., Liu, Y., & Chen, Y.** (2013). Simulating the conversion of rural settlements to town land based on multi-agent systems and cellular automata. *PLoS ONE*, 8(11), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079300>
- Liu, Yaolin, Wang, H., Jiao, L., Liu, Y., He, J., & Ai, T.** (2015). Road centrality and landscape spatial patterns in Wuhan Metropolitan Area, China. *Chinese Geographical Science*, 25(4), 511–522. <https://doi.org/10.1007/s11769-015-0749-y>
- Longyu, S., Guofan, S., Shenghui, C., Xuanqi, L., Tao, L., Kai, Y., & Jingzhu, Z.** (2009). Urban three-dimensional expansion and its driving forces - A case study of Shanghai, China. *Chinese Geographical Science*, 19(4),

291–298. <https://doi.org/10.1007/s11769-009-0291-x>

- López, E., Bocco, G., Mendoza, M., & Duhau, E.** (2001). Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe. *Landscape and Urban Planning*, 55(4), 271–285. [https://doi.org/10.1016/s0169-2046\(01\)00160-8](https://doi.org/10.1016/s0169-2046(01)00160-8)
- Lourdes, L., Karina, Z., Pedro, L., Héctor, M., & Néstor, M.** (2011). A dynamic simulation model of land cover in the Dulce Creek Basin, Argentina. *Procedia Environmental Sciences*, 7, 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.07.034>
- Luo, D., & Zhang, W.** (2014). A comparison of Markov model-based methods for predicting the ecosystem service value of land use in Wuhan, central China. *Ecosystem Services*, 7, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.11.001>
- Luo, J., & Wei, Y. H. D.** (2009). Modeling spatial variations of urban growth patterns in Chinese cities: The case of Nanjing. *Landscape and Urban Planning*, 91(2), 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.11.010>
- Ma, C., Zhang, G. Y., Zhang, X. C., Zhao, Y. J., & Li, H. Y.** (2012). Application of Markov model in wetland change dynamics in Tianjin Coastal Area, China. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 252–262. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.024>
- Macy, M. W., & Willer, R.** (2002). From factors to actors: Computational sociology and agent-based modeling. *Annual Review of Sociology*, 28(Resnick 1997), 143–166. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.28.110601.141117>
- Magarotto, M. G., da Costa, M. F., Tenedório, J. A., & Silva, C. P.** (2016). Vertical growth in a coastal city: an analysis of Boa Viagem (Recife, Brazil). *Journal of Coastal Conservation*, 20(1), 31–42. <https://doi.org/10.1007/s11852-015-0415-7>
- Mahiny, A. S., & Clarke, K. C.** (2012). Guiding SLEUTH land-use/land-cover change modeling using multicriteria evaluation: Towards dynamic sustainable land-use planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 39(5), 925–944. <https://doi.org/10.1068/b37092>
- Maithani, S.** (2009). A neural network based urban growth model of an Indian city. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37(3), 363–376. <https://doi.org/10.1007/s12524-009-0041-7>
- Malczewski, J.** (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. In *Progress in Planning* (Vol. 62, Issue 1, pp. 3–65). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2003.09.002>
- Malczewski, J.** (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2006.01.003>
- Mandelbrot, B.** (1983). *The fractal geometry of nature*. Macmillan.

- Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K. M. D., Khalifah, Z., Zakwan, N., & Valipour, A.** (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications - A review of the literature from 2000 to 2014. In *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja* (Vol. 28, Issue 1, pp. 516–571). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>
- Matthews, R. B., Gilbert, N. G., Roach, A., Polhill, J. G., & Gotts, N. M.** (2007a). Agent-based land-use models: A review of applications. *Landscape Ecology*, 22(10), 1447–1459. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9135-1>
- Microsoft.** (2010). *Excel Version 2013*, Redmond, Washington.
- Milletler, B.** (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights*. ST/ESA/SER.A/423. <https://population.un.org/wpp/Publications/>
- Mirbagheri, B., & Alimohammadi, A.** (2017). Improving urban cellular automata performance by integrating global and geographically weighted logistic regression models. *Transactions in GIS*, 21(6), 1280–1297. <https://doi.org/10.1111/tgis.12278>
- Mitsova, D., Shuster, W., & Wang, X.** (2011). A cellular automata model of land cover change to integrate urban growth with open space conservation. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.10.001>
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A. A., & zienalyan, M.** (2010). Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste Management*, 30(5), 912–920. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.01.015>
- Moghaddam, H. K., & Samadzadegan, F.** (2009). Urban simulation Using Neural Networks and Cellular Automata for Land Use Planning Hamid Kiavarz Moghaddam, Farhad Samadzadegan. *Real Corp 2009*, 6(April), 571–577.
- Mohammady, S., Delavar, M. R., & Pahlavani, P.** (2014). Urban growth modeling using an Artificial Neural Network a case study of Sanandaj city, Iran. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(2W3), 203–208. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W3-203-2014>
- Moreno, N., Ménard, A., & Marceau, D. J.** (2008). VecGCA: A vector-based geographic cellular automata model allowing geometric transformations of objects. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(4), 647–665. <https://doi.org/10.1068/b33093>
- Moreno, N., Wang, F., & Marceau, D. J.** (2009). Implementation of a dynamic neighborhood in a land-use vector-based cellular automata model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33(1), 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2008.09.008>
- Murcio, R., & Rodríguez-Romo, S.** (2013). Modeling urban patterns across geographical scales by a fractal diffusion-aggregation approach. In

*Springer Proceedings in Complexity* (pp. 841–848). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-00395-5\\_102](https://doi.org/10.1007/978-3-319-00395-5_102)

- Musa, S. I., Hashim, M., & Reba, M. N. M.** (2017). A review of geospatial-based urban growth models and modelling initiatives. *Geocarto International*, 32(8), 813–833. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1213891>
- Myers, J. H., & Alpert, M. I.** (1968). Determinant Buying Attitudes: Meaning and Measurement. *Journal of Marketing*, 32(4\_part\_1), 13–20. <https://doi.org/10.1177/002224296803200404>
- Myint, S. W.** (2003). Fractal approaches in texture analysis and classification of remotely sensed data: Comparisons with spatial autocorrelation techniques and simple descriptive statistics. *International Journal of Remote Sensing*, 24(9), 1925–1947. <https://doi.org/10.1080/01431160210155992>
- Nong, Y., & Du, Q.** (2011). Urban growth pattern modeling using logistic regression. *Geo-Spatial Information Science*, 14(1), 62–67. <https://doi.org/10.1007/s11806-011-0427-x>
- OECD.** (n.d.). *Urban population by city size*. Retrieved December 24, 2020, from <https://data.oecd.org/popregion/urban-population-by-city-size.htm>
- Önüt, S., Efendigil, T., & Soner Kara, S.** (2010). A combined fuzzy MCDM approach for selecting shopping center site: An example from Istanbul, Turkey. *Expert Systems with Applications*, 37(3), 1973–1980. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.06.080>
- Önüt, S., & Soner, S.** (2008). Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*, 28(9), 1552–1559. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.019>
- Park, S., Jeon, S., Kim, S., & Choi, C.** (2011a). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.09.001>
- Park, S., Jeon, S., Kim, S., & Choi, C.** (2011b). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.09.001>
- Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J., & Deadman, P.** (2003). Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 314–337. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.9302004>
- Peng, Y.** (2015). Regional earthquake vulnerability assessment using a combination of MCDM methods. *Annals of Operations Research*, 234(1), 95–110. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1253-8>
- Phipps, M., & Langlois, A.** (1997). Spatial dynamics, cellular automata, and parallel processing computers. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24(2), 193–204. <https://doi.org/10.1068/b240193>

- Pijanowski, B. C., Pithadia, S., Shellito, B. A., & Alexandridis, K.** (2005). Calibrating a neural network-based urban change model for two metropolitan areas of the Upper Midwest of the United States. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2), 197–215. <https://doi.org/10.1080/13658810410001713416>
- Pijanowski, B. C., Tayyebi, A., Doucette, J., Pekin, B. K., Braun, D., & Plourde, J.** (2014). A big data urban growth simulation at a national scale: Configuring the GIS and neural network based Land Transformation Model to run in a High Performance Computing (HPC) environment. *Environmental Modelling and Software*, 51, 250–268. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.09.015>
- Pijanowsld, B. C., Tayyebi, A., Delavar, M. R., & Yazdanpanah, M. J.** (2009). Urban expansion simulation using geospatial information system and artificial neural networks. *International Journal of Environmental Research*, 3(4), 495–502.
- Pinto, N. N., & Antunes, A. P.** (2010). A cellular automata model based on irregular cells: Application to small urban areas. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(6), 1095–1114. <https://doi.org/10.1068/b36033>
- Portugali, J., & Benenson, I.** (1995). Artificial Planning Experience by Means of a Heuristic Cell-Space Model: Simulating International Migration in the Urban Process. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 27(10), 1647–1665. <https://doi.org/10.1068/a271647>
- Qin, J., Fang, C., Wang, Y., Li, G., & Wang, S.** (2015). Evaluation of three-dimensional urban expansion: A case study of Yangzhou City, Jiangsu Province, China. *Chinese Geographical Science*, 25(2), 224–236. <https://doi.org/10.1007/s11769-014-0728-8>
- Qiu, C. X., Han, D., Dong, Q. K., & Mao, Q. Q.** (2017). Study on Spatial Model of Land Use Based on CA - Markov Model after Returning Cropland to Forest. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 78(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/78/1/012013>
- Rafiee, R., Mahiny, A. S., Khorasani, N., Darvishsefat, A. A., & Danekar, A.** (2009). Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *Cities*, 26(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2008.11.005>
- Rao Tummala, V. M., Chin, K. S., & Ho, S. H.** (1997). Assessing success factors for implementing CE a case study in Hong Kong electronics industry by AHP. *International Journal of Production Economics*, 49(3), 265–283. [https://doi.org/10.1016/s0925-5273\(97\)00016-9](https://doi.org/10.1016/s0925-5273(97)00016-9)
- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D.** (2014). GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection. *Procedia Engineering*, 69, 1054–1063. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.090>
- Saaty, T. L.** (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

- Saaty, T. L., Vargas, L. G., & Dellmann, K. (2003). The allocation of intangible resources: The analytic hierarchy process and linear programming. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(3), 169–184. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(02\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(02)00039-3)
- Sadrykia, M., Delavar, M. R., & Zare, M. (2017). A GIS-based decision making model using fuzzy sets and theory of evidence for seismic vulnerability assessment under uncertainty (case study: Tabriz). *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 33(3), 1969–1981. <https://doi.org/10.3233/JIFS-17075>
- Santé, I., García, A. M., Miranda, D., & Crecente, R. (2010). Cellular automata models for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis. *Landscape and Urban Planning*, 96(2), 108–122. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.03.001>
- Sener, B., Süzen, M. L., & Doyuran, V. (2006). Landfill site selection by using geographic information systems. *Environmental Geology*, 49(3), 376–388. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-0075-2>
- Shafizadeh-Moghadam, H., Asghari, A., Tayyebi, A., & Taleai, M. (2017). Coupling machine learning, tree-based and statistical models with cellular automata to simulate urban growth. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 297–308. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.002>
- Shen, Q., Chen, Q., Tang, B. sin, Yeung, S., Hu, Y., & Cheung, G. (2009). A system dynamics model for the sustainable land use planning and development. *Habitat International*, 33(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2008.02.004>
- Shi, G., Shan, J., Ding, L., Ye, P., Li, Y., & Jiang, N. (2019). Urban road network expansion and its driving variables: A case study of Nanjing city. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph16132318>
- Shi, W., & Pang, M. Y. C. (2000). Development of voronoi-based cellular automata -an integrated dynamic model for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(5), 455–474. <https://doi.org/10.1080/13658810050057597>
- Silva, E. A., & Clarke, K. C. (2002). Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26(6), 525–552. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(01\)00014-X](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(01)00014-X)
- Soares, B. S., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L. (2002). DINAMICA - a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, 154, 217–235.
- Spekkers, M. H., Kok, M., Clemens, F. H. L. R., & Ten Veldhuis, J. A. E. (2014). Decision-tree analysis of factors influencing rainfall-related building structure and content damage. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(9), 2531–2547. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-2531->

- Stéphenne, N., & Lambin, E. F.** (2001). A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85(1–3), 145–161. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00181-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00181-5)
- Stevens, D., Dragicevic, S., & Rothley, K.** (2007). iCity: A GIS-CA modelling tool for urban planning and decision making. *Environmental Modelling and Software*, 22(6), 761–773. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.02.004>
- Stevens, Daniel, & Dragičević, S.** (2007). A GIS-based irregular cellular automata model of land-use change. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(4), 708–724. <https://doi.org/10.1068/b32098>
- Su, J. C. Y., Chen, S. J., & Lin, L.** (2003). A structured approach to measuring functional dependency and sequencing of coupled tasks in engineering design. *Computers and Industrial Engineering*, 45(1), 195–214. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(03\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(03)00031-7)
- Sui, D. Z., & Zeng, H.** (2001). Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: A case study in Shenzhen. *Landscape and Urban Planning*, 53(1–4), 37–52. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00136-5](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00136-5)
- Takamura, Y., & Tone, K.** (2003). A comparative site evaluation study for relocating Japanese government agencies out of Tokyo. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(2), 85–102. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(02\)00049-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(02)00049-6)
- Tamošaitienė, J., Gaudutis, E., & Kračka, M.** (2013). Integrated model for assessment of high-rise building locations. *Procedia Engineering*, 57, 1151–1155. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.145>
- Tannier, C., Thomas, I., Vuidel, G., & Frankhauser, P.** (2011). A Fractal Approach to Identifying Urban Boundaries. *Geographical Analysis*, 43(2), 211–227. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2011.00814.x>
- Tayyebi, A., Pijanowski, B. C., & Tayyebi, A. H.** (2011). An urban growth boundary model using neural networks, GIS and radial parameterization: An application to Tehran, Iran. *Landscape and Urban Planning*, 100(1–2), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.10.007>
- Tobler, W. R.** (1979). Cellular geography. *Philosophy in Geography*, 379–386. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-9394-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-94-009-9394-5_18)
- Triantakostas, D. P.** (2012). Urban Growth Prediction Modelling Using Fractals and Theory of Chaos. *Open Journal of Civil Engineering*, 02(02), 81–86. <https://doi.org/10.4236/ojce.2012.22013>
- Triantakostas, D., Stathakis, D., & Area, A. S.** (2015). *Urban Growth Prediction in Athens, Greece, Using Artificial Neural Networks*. 9(3), 234–238.
- Triantakostas, Dimitrios, & Mountrakis, G.** (2012). Urban Growth Prediction: A Review of Computational Models and Human Perceptions. *Journal of Geographic Information System*, 04(06), 555–587. <https://doi.org/10.4236/jgis.2012.46060>

- Triantakontantis, Dimitrios, Mountrakis, G., & Wang, J.** (2011). A Spatially Heterogeneous Expert Based (SHEB) Urban Growth Model using Model Regionalization. *Journal of Geographic Information System*, 03(03), 195–210. <https://doi.org/10.4236/jgis.2011.33016>
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)** (2018). *Yıllara ve cinsiyete göre il/ilçe merkezleri ve belde/köyler nüfusu, 1927-2018 (City/district centers and population of towns/villages by years and gender)*.
- UCLG.** (n.d.). *Intermediate Cities (i-cities) | UCLG*. Retrieved December 24, 2020, from <https://www.uclg.org/en/agenda/intermediary-cities>
- United Cities and Local Governments.** (n.d.). *Intermediary cities*. Retrieved December 24, 2020, from <https://www.uclg.org/en/agenda/intermediary-cities>
- Uyan, M.** (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region Konya/Turkey. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 28, pp. 11–17). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.042>
- Vahdat, K., Smith, N. J., & Amiri, G. G.** (2014). Fuzzy multicriteria for developing a risk management system in seismically prone areas. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(4), 235–248. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.05.002>
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., & Alimohammadi, A.** (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, 90(10), 3048–3056. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.04.010>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S.** (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Van Haaren, R., & Fthenakis, V.** (2011). GIS-based wind farm site selection using spatial multi-criteria analysis (SMCA): Evaluating the case for New York State. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 15, Issue 7, pp. 3332–3340). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.010>
- van Schrojenstein Lantman, J., Verburg, P. H., Bregt, A., & Geertman, S.** (2011). *Core Principles and Concepts in Land-Use Modelling: A Literature Review* (pp. 35–57). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1822-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1822-7_3)
- Veldkamp, A., & Fresco, L. O.** (1996). CLUE-CR: An integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. *Ecological Modelling*, 91(1–3), 231–248. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00158-1](https://doi.org/10.1016/0304-3800(95)00158-1)
- Verburg, P.H., & Overmars, K. P.** (2007). Dynamic Simulation of Land-Use Change Trajectories with the Clue-s Model. In *Modelling Land-Use Change* (pp. 321–335). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/1-4020-5648-6\\_18](https://doi.org/10.1007/1-4020-5648-6_18)

- Verburg, Peter H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., & Mastura, S. S. A.** (2002). Modeling the spatial dynamics of regional land use: The CLUE-S model. *Environmental Management*, 30(3), 391–405. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2630-x>
- Vienna University of Technology.** (n.d.). *European Smart Cities*. Retrieved December 24, 2020, from <http://www.smart-cities.eu/?cid=-1&ver=3>
- Voinov, A., Costanza, R., Wainger, L., Boumans, R., Villa, F., Maxwell, T., & Voinov, H.** (1999). Patuxent landscape model: Integrated ecological economic modeling of a watershed. *Environmental Modelling and Software*, 14(5), 473–491. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00092-9](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00092-9)
- Wang, F., & Marceau, D. J.** (2013). A patch-based cellular automaton for simulating land-use changes at fine spatial resolution. *Transactions in GIS*, 17(6), 828–846. <https://doi.org/10.1111/tgis.12009>
- Wang, G., Qin, L., Li, G., & Chen, L.** (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2414–2421. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008>
- Ward, D. P., Murray, A. T., & Phinn, S. R.** (2000). A stochastically constrained cellular model of urban growth. *Computers, Environment and Urban Systems*, 24(6), 539–558. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(00\)00008-9](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(00)00008-9)
- Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P. H., Rosales, M., Ibrahim, M., & Steinfeld, H.** (2007). Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change*, 17(1), 86–104. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.007>
- Weber, B., Müller, P., Wonka, P., & Gross, M.** (2009). Interactive geometric simulation of 4D cities. *Computer Graphics Forum*, 28(2), 481–492. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2009.01387.x>
- Webster, C. J., & Wu, F.** (1999). Regulation, Land-Use Mix, and Urban Performance. Part 1: Theory. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 31(8), 1433–1442. <https://doi.org/10.1068/a311433>
- White, R., & Engelen, G.** (1993). Cellular Automata and Fractal Urban Form: A Cellular Modelling Approach to the Evolution of Urban Land-Use Patterns. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 25(8), 1175–1199. <https://doi.org/10.1068/a251175>
- White, R., & Engelen, G.** (2000). High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 24(5), 383–400. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(00\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(00)00012-0)
- White, R., Engelen, G., & Uljee, 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(3), 323–343. <https://doi.org/10.1068/b240323>

- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 26(7), 641–658. <https://doi.org/10.1287/mnsc.26.7.641>
- Wu, C. R., Lin, C. T., & Chen, H. C. (2007). Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 42(3), 1431–1444. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.12.016>
- Wu, F. (1998). Simulating urban encroachment on rural land with fuzzy-logic-controlled cellular automata in a geographical information system. *Journal of Environmental Management*, 53(4), 293–308. <https://doi.org/10.1006/jema.1998.0195>
- 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(1), 103–126. <https://doi.org/10.1068/b250103>
- Wu, Fulong. (2002). Calibration of stochastic cellular automata: The application to rural-urban land conversions. *International Journal of Geographical Information Science*, 16(8), 795–818. <https://doi.org/10.1080/13658810210157769>
- Wu, G., Zhong, B., Si, H., Wei, B., Wu, Q., & Song, C. (2007). Agent-based modeling in land use and land cover change studies. In W. Ju & S. Zhao (Eds.), *Geoinformatics 2007: Remotely Sensed Data and Information* (Vol. 6752, p. 675232). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.761292>
- Wu, X., Hu, Y., He, H. S., Bu, R., Onsted, J., & Xi, F. (2009). Performance evaluation of the SLEUTH model in the shenyang metropolitan area of Northeastern China. *Environmental Modeling and Assessment*, 14(2), 221–230. <https://doi.org/10.1007/s10666-008-9154-6>
- Xia, F., Shen, Y., Yan, J., & Bao, H. X. H. (2016). On the potential of urban three-dimensional space development: The case of Liuzhou, China. *Habitat International*, 51, 48–58. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.10.012>
- Xu, Z., & Coors, V. (2012). Combining system dynamics model, GIS and 3D visualization in sustainability assessment of urban residential development. *Building and Environment*, 47(1), 272–287. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.012>
- Yang, J., & Lee, H. (1997). An AHP decision model for facility location selection. *Facilities*, 15(9–10), 241–254. <https://doi.org/10.1108/02632779710178785>
- Yang, Q., Li, X., & Shi, X. (2008). Cellular automata for simulating land use changes based on support vector machines. *Computers and Geosciences*, 34(6), 592–602. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.08.003>
- Yang, Xiaojun, & Lo, C. P. (2003). Modelling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area. *International Journal of Geographical*

- Information Science*, 17(5), 463–488.  
<https://doi.org/10.1080/1365881031000086965>
- Yang, Xin, Zheng, X. Q., & Lv, L. N.** (2012). A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata. *Ecological Modelling*, 233, 11–19.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.03.011>
- Yu, C. H., Chen, C. H., Lin, C. F., & Liaw, S. L.** (2003). Development of a system dynamics model for sustainable land use management. *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A/Chung-Kuo Kung Ch'eng Hsueh K'an*, 26(5), 607–618. <https://doi.org/10.1080/02533839.2003.9670815>
- Yu, W., Zang, S., Wu, C., Liu, W., & Na, X.** (2011). Analyzing and modeling land use land cover change (LUCC) in the Daqing City, China. *Applied Geography*, 31(2), 600–608.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.11.019>
- Yüzer, M. A.** (2004). Growth estimations in settlement planning using a Land Use Cellular Automata Model (LUCAM). *European Planning Studies*, 12(4), 551–561. <https://doi.org/10.1080/0965431042000212786>
- Yüzer, M. A., & Yüzer, A. Ş.** (2014). Changes in Land-Use Preferences of Small-, Medium- and Large-Scale Industries Located in Metropolitan Areas (Case Study in Istanbul). *European Planning Studies*, 22(6), 1127–1142. <https://doi.org/10.1080/09654313.2013.764156>
- Zambon, I., Colantoni, A., & Salvati, L.** (2019). Horizontal vs vertical growth: Understanding latent patterns of urban expansion in large metropolitan regions. *Science of the Total Environment*, 654, 778–785.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.182>
- Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, Á., Grindlay, A., & Ramos, Á.** (2008). Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology. *Journal of Hazardous Materials*, 160(2–3), 473–481.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.03.023>
- Zhang, H., Zeng, Y., Bian, L., & Yu, X.** (2010). Modelling urban expansion using a multi agent-based model in the city of Changsha. *Journal of Geographical Sciences*, 20(4), 540–556.  
<https://doi.org/10.1007/s11442-010-0540-z>
- Zhang, X.** (2016). Urban Growth Modeling Using Neural Network Simulation: A Case Study of Dongguan City, China. *Journal of Geographic Information System*, 08(03), 317–328.  
<https://doi.org/10.4236/jgis.2016.83027>
- Zhou, L.** (2012). *Integrating Artificial Neural Networks, Image Analysis and Gis for Urban Spatial Growth Characterization*.



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Azem Kuru

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İTÜ, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü
- **Ön Lisans** : 2016, Anadolu Üniversitesi, Yerel Yönetimler
- **Yüksek Lisans** : 2017, Yıldız Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kentsel Dönüşüm ve Planlama
- **Yüksek Lisans/Erasmus**: 2015, Blekinge Institute of Technology, Department of Spatial Planning, Karlskrona, Sweden.

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013-2014 yılları arasında BETA Gayrimenkul Değerleme Firması'nda değerlendirme uzman yardımcısı olarak çalıştı.
- 2014 yılından itibaren Kırklareli Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışıyor.

### DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Kuru A., Yüzer M.** 2021. Urban growth prediction with parcel based 3D urban growth model (PURGOM), *MethodsX*, 8, 101302.
- **Kuru A., Yüzer M.** 2021. Parcel based 3D urban growth model for mid-sized cities. 4th Prague - International Conference on Social Science & Humanities (ICSSH), June 24-25, 2021 Czech Technical University in Prague, Masarykova Kolej, Prague, Czech Republic.
- **Kuru A., Yüzer M.** 2021. Urban growth modelling and 3D urban growth models. Abstracts & Proceedings of DARCH 2021- 1st International Conference On Architecture & Design, 12-13 July 2021, <https://doi.org/10.46529/darch.202137>
- **Kuru A., Yüzer M.** 2021. Kentsel büyüme modelleri üzerine bir inceleme. 20. Ulusal Bölge Bilimi ve Planlama Kongresi, Mayıs 20-22, 2021 Erzincan, Türkiye.

## DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

### Projelerde Yaptığı Görevler:

- Kırklareli İl Merkezindeki Kamusal Alanların Sosyo-Psikolojik Etkilerinin Araştırılması, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, **Araştırmacı**, 01/11/2017 - 13/01/2020 (Ulusal)
- Kırklareli Merkez Bölgesi Parselasyon ve Yapılanma Şartları Değişiminin Araştırılması ve Etkilerinin Kullanıcı Memnuniyeti Açısından Değerlendirilmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, **Araştırmacı**, 28/09/2015 - 18/08/2017 (Ulusal)

### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

- Gundogdu, M.; **Kuru, A.**; Özkök, M.K.; Yeler, G.; Erşan, Ş. (2019). Yapılı Çevre Özellikleri ve Konut-Konut Çevresi Kullanıcı Memnuniyeti Etkileşimi: Kırklareli Merkez Örneği. Megaron / Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal, 14(4), 579–597. <https://doi.org/10.14744/megaron.2019.57070>
- **Kuru, A.** (2019). Yangın Olaylarının Haritalanması ve Yangın İstasyonların Servis Alanlarının Değerlendirilmesi: Fatih Örneği. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2, 111–124. <https://doi.org/10.34186/klujes.476239>
- **Kuru, A.**, Cengiz H. (2018). Sürdürülebilir Ulaşım Planlaması Bağlamında Bisiklet Yolu Güzergâhı Belirleme Çalışması: Kırklareli. International Journal of Geography and Geography Education (IGGE), 221–241.
- **Kuru, A.**, & Özkök, M. K. (2017). Yaşanabilirlik Kavramı Bağlamında Kamusal/Açık Mekânların Değerlendirilmesi: Kırklareli Kent Merkezi Örneği. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1–18.
- **Kuru, A.**, Özkök, M. K., Birik, M., Tok, E., Gündoğdu, H. M., & Demir, G. (2018). Kırklareli İli Merkez İlçede Yer Alan İlkokul ve Ortaokul Tesislerinin Mevcut Durumunun Analiz Edilmesi Ve 2026 Yılı İçin Öngörülerde Bulunulması.
- **Kuru, A.**, & Terzi, F. (2018). Determination of New Development Area in Kırklareli by GIS Based Weighted Overlay Analysis. International Journal of Environment and Geoinformatics, 5(3), 244–259. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.427330>
- **Kuru, A.**, & Tezer, A. (2020). New approach to determine the protection zones for drinking water basins: The case study of Kırklareli dam. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35(1), 519–535. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.486855>
- Tok, E., Guroglu Agdas, M., Korhan Ozkok, M., & **Kuru, A.** (2020). Socio-Psychological Effects of Urban Green Areas: Case of Kırklareli City Center. Journal of Contemporary Urban Affairs, 4(1), 47–60. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2020.v4n1-5>
- **Kuru, A.**, Tok E., Guroglu Agdas, M., Demir H.H., Ozcan, K., Demir., G. (2021) GIS and Multicriteria Decision Analysis for Landfill Site Selection in Edirne

Province, Turkey. Journal of The Institute of Science and Technology (JIST), 11(2), 969-981. <https://doi.org/10.21597/jist.792249>

#### **Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler**

- Gündoğdu, M., **Kuru, A.**, & Özkök, M. K. (2018). Kırklareli Kent Algısı Üzerine Deneyisel Bir Çalışma. *İdealkent*, 18(7), 48–79.
- **Kuru, A.** (2018). İklim Değişikliği ve Çevre Ergene Havzası 1990 , 2000 ve 2012 Yılları Arazi Kullanım Değişikliklerinin Tespiti. 27–36.

#### **Uluslararası Konferans**

- Tok E., Güroğlu Ağdaş, M., Özkök M.K., **Kuru A** (2019). Socio-Psychological Effects of Urban Green Areas: Case Of Kırklareli City Center. 2nd International Conference Of Contemporary Affairs İn Architecture And Urbanism (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
- **Kuru A.** (2018). Ergene Havzası 1990, 2000 ve 2012 Yılları Arazi Kullanım Değişikliklerinin Tespiti. Uluslararası Su ve Çevre Kongresi, 1733-1744. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
- **Kuru A.**, Tok E., Güroğlu Ağdaş M., Demir G. (2017). Multicriteria Decision Analysis for Selection of Landfill Site in Edirne Province. EcoHCC’17 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
- **Kuru A.**, Cengiz H. (2016). Kırklareli Kent Merkezinde Yaşanan Kent İçi Ulaşım Sorunlarının Sürdürülebilir Ulaşım Planlaması Bağlamında Değerlendirilmesi. International Multidisciplinary Congress of Eurasian, 2, 366-377. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)

#### **Ulusal Konferans**

- **Kuru A.** (2018). Edirne Kent Merkezi En Uygun Kentsel Yayılma Alanlarının CBS Temelli Eşik Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi. 1. İstanbul Konut Kurultayı (Poster).
- Özkök M.K., **Kuru A.** (2015). Kentsel Dokuda Görülen Değişimlerin İncelenmesi: Kırklareli Kent Merkezinde Morfolojik Bir Analiz Çalışması. Kentsel Morfoloji Sempozyumu, 422-437. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).