



# Taşınmaz Mülkiyetinin Arazi Örtüsü Değişimleri Üzerindeki Etkilerinin Simülasyon Modeli İle Araştırılması

Ahmet Emir Yakup<sup>1,\*</sup>, İsmail Ercüment Ayazlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hitit Üniversitesi, Osmancık Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 19500 Çorum

<sup>2</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

## Özet

Kontrolsüz kentsel büyüme, modern şehircilikte ve planlamalarda en belirgin sorunların başında gelmektedir. Sürdürülebilir kalkınma, akıllı büyüme ve kompakt şehir gibi çağdaş planlama konuları, dağınık ve aşırı kentsel büyümeye karşıdır. Kentsel büyüme arazi kullanımındaki/örtüsündeki değişimleri başlatan karmaşık ve dinamik bir sistemdir. Hücresel Otomat (HO) kavramı ve bu kavrama dayalı yöntemlerle türetilen modeller birçok çalışmada kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Sancaktepe İlçesi'nin kentsel büyüme simülasyonları HO tabanlı SLEUTH model ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada Sancaktepe İlçesi'nin arazi kullanımı/örtüsü ile mülkiyet deseni arasındaki ilişki simülasyon modelleri üretilerek araştırılmıştır. Modelin ihtiyaç duyduğu veriler, tapu verileri ve kadastral paftalardan parsel bazlı olarak üretilmiştir. Arazi kullanımı/örtüsü ve mülkiyet deseni için iki farklı kentsel büyüme simülasyon modeli hazırlanmıştır. Arazi kullanımı/örtüsünün simüle edildiği senaryoda büyümenin doğal, yeni merkezler ve yol etkin bir biçimde yayıldığı, mülkiyet deseninin simüle edildiği senaryoda ise çeper ve yol etkin ağırlıklı büyüme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. İki senaryo için birbirine dönüşen arazi kullanımı/örtüsü ve mülkiyet sınıflarının dönüşüm oranları hesaplanıp, karşılaştırılmıştır. Her iki simülasyon modelinde de aynı bölgelerde büyüme eğilimlerinin gözlemlendiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, Simülasyon, Hücresel Otomat, Kentsel Büyüme, Arazi Örtüsü Değişimi, Taşınmaz Mülkiyeti

# Investigation of the Impacts of Real Estate Ownership on Land Cover Changes by Simulation Model

Ahmet Emir Yakup<sup>1,\*</sup>, İsmail Ercüment Ayazlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hitit University, Osmancık Vocational School, Department of Architecture and Urban Planning, 19500 Corum

<sup>2</sup>Sivas Cumhuriyet University, Engineering Faculty, Department of Geomatics Engineering, 58140 Sivas

## Abstract

Uncontrolled urban growth is one of the most important problems in modern urban planning. Contemporary planning issues such as sustainable development, smart growth and compact city are against scattered and extreme urban growth. Urban growth is a complex and dynamic system that initiates changes in land use/cover. The method of Cellular Automata (CA) or related models based of it, has been used in various studies. In this study, the urban growth simulations of the Sancaktepe District were carried out with the CA based SLEUTH model. In this context, the relationship between land use/cover and ownership pattern of the Sancaktepe District was investigated by generating simulation models. Required parcel based data of the model were produced from land registry and cadastral data. Two different urban growth simulation models have been prepared for land use/cover and ownership pattern. It has been determined that the growing scenario in which the land use/cover is simulated indicates, such as spontaneous growth, new spreading centers and roads-influenced growth, while in the scenario where the ownership pattern is simulated, edges and road-influenced growth tendency are obtained. Transformation ratios of land use/cover and ownership pattern have been calculated and compared. Both simulation models have illustrated growth in almost the same regions.

**Keywords:** Geographical Information Systems, Simulation, Cellular Automata, Urban Growth, Land Use/Cover Change, Real Estate Ownership

## 1. Giriş

Sancaktepe, İstanbul Anadolu Yakası'nda yer alan 2008 yılında ilçe statüsüne geçen nispeten yeni bir ilçedir. İlçenin köprü güzergahları üzerinde bulunması yapılan ve planlanan altyapı projeleri nedeniyle son senelerde gayrimenkul sektörünün dikkatini oldukça çekmektedir. İlçenin büyük bir bölümü havza niteliği taşıması nedeniyle son derece hassas bir yerleşimdir. Ancak özellikle 90'lı yıllarda yoğunlaşan imar faaliyetleri son yıllarda hız kazanarak batı-doğu yönlü olarak Ömerli Baraj Gölünün havza koruma kuşağına kadar ilerlemiştir (Yakup ve Ayazlı 2022). Hızlı gerçekleşen kentleşme faaliyetleri bölgenin arazi örtüsünü kısa dönemde oldukça değiştirmiştir.

Artan nüfus ile birlikte yapılı çevreyi ve kırsal bölgeleri kentsel yerleşimlere dönüştüren aynı zamanda nüfusun mekânsal dağılımını kırsal alanlardan kentsel alanlara kaydıran karmaşık bir sosyo-ekonomik sürece kentsel büyüme denir (BM, 2019). Arazi örtüsü, arazinin yüzeyini kaplayan doğal bitki örtüsünü de içeren toprak tabakası ile tarım ürünlerini ve insan yapılarını ifade etmektedir (Verburg vd. 2009). Taşınmaz mülkiyeti bu iki kavramdan bağımsız olarak arazi parçaları üzerinde tasarruf etme hakkıdır. Taşınmaz mülkiyetinin kapsamına yasal sınırlamalar saklı kalmak üzere yapılar, bitkiler ve kaynaklar da girer.

Dünyada özellikle 1950'den sonra gerçekleşen nüfus artışı ile beraber kırdan kente olan göç hareketi, kentleşme hareketinin başlangıcı olmuştur (Satterthwaite 2005). Kentleşme hızının yüksek olması kontrolsüz kentsel büyümeyi kentsel büyüme ise arazi örtüsündeki değişimleri tetiklemiştir (BM 2019). Böylece çevrenin tahribi, fiziki plansızlık, yerleşme düzensizliği, planlama ve yönetim sorunları ortaya çıkmıştır. Ham arazi, orman ve tarım alanlarının kentsel yerleşim alanlarına dönüşmesi, doğal kaynaklar üzerinde aşırı baskı ile sonuçlanmakta ve çevreyle ilgili yönetim için de zorluklar doğurmuştur (AÇA 2016). Bu sebeplerle olası kentsel sorunların önüne geçebilmek ve büyümeyi kontrol altında tutabilmek için kentsel büyümenin modelleme yaklaşımıyla izlenmesi gerekmektedir.

Kentsel sistemi modelleyebilmek için kent bilimciler tarafından birçok model ve simülasyon aracı önerilmiştir. İlk kentsel büyüme modelleri doğrusal formlarda oluşturulmuştur. Ancak günümüzde kentlerin sistem yaklaşımı ile birçok alt sistemden oluştuğu kabul edilmiştir. Gelişen teknoloji ile beraber kentlerin bu karmaşık ve dinamik yapısı modellenilebilmektedir. Bu türden sistemlerin modellenilebilmesi için en temel yöntemlerden biri Hüresel Otomat (HO)'dur. HO'nun dışında Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Çok Ajanlı Sistemler (ÇAS) kullanılabilir. Ancak YSA genellikle daha çok kent dokusu analizlerinde, ÇAŞ ise otomat tabanlı olmasına rağmen daha çok mobil eylemlerin benzetimi için kullanılmaktadır. HO birçok kez arazi örtüsü değişimi benzetimlerinin oluşturulmasında kullanılmıştır (Ayazlı 2011).

Çalışmada simülasyon modellerini oluşturmak için SLEUTH modeli tercih edilmiştir. SLEUTH, hüresel otomat tabanlı çalışan kent büyüme dinamiklerini ve arazi örtüsü dönüşümlerini simüle eden yazılımdır (Gigalopolis 2020). C programlama dili ile geliştirilmiştir ve açık kaynak bir yazılımdır. Model, yerel alanın geçmiş büyüme eğilimini tekrarlaması için büyümeyi karakterize eden ağırlık katsayılarını kalibre etmektedir. Kalibrasyon yaklaşımıyla yerel alanın kentsel büyüme davranışını planlama, ekonomik, yasal, politik, fiziksel ve yönetsel faktörler ile kentsel büyümenin zaman-mekân dinamiklerini sentezleyerek araştırmaktadır. Model ilk olarak San-Fransisco ve Washinton-Baltimore alanlarında test edilmiştir (Clarke vd. 1997, Clarke ve Gaydos 1998). Devam eden süreçte dünya genelinde birçok çalışmada kullanılmıştır. Çalışmalara örnek olarak; İstanbul (Mestav Sarica vd. 2020), Lizbon ve Porto (Silva ve Clarke 2002), Lanzhou (Xie vd. 2010) ve Nanjing (Zhang vd. 2010) gösterileceği gibi birçok dünya metropolünde de uygulanmıştır.

Çalışmada 1961, 1992, 2001 ve 2014 olmak üzere dört farklı dönem belirlenmiştir. Dönemlere ait veriler tapu ve kadastro verilerinden üretilmiştir. Her bir parselin geometrisi kadastro paftalarının sayısallaştırılması vasıtası ile elde edilmiştir. Her bir parselin arazi örtüsü niteliği fen klasörü ile mülkiyet niteliği ise tapu kütüklerinden elde edilerek girilmiştir. Mülkiyete konu olmayan alanlar ise uydu görüntüleri ile tamamlanmıştır. Ulaşım verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünden (TKGM) 1961, 1992, 2001, 2006 ve 2013 olmak üzere beş dönem olarak hazırlanmıştır. Modelde kullanılan eğim ve gölgeli rölyef veri Harita Genel Müdürlüğü (HGM) 'den elde edilen sayısal yükseklik modeli (SYM) ile üretilmiştir. Bölgeleme verisi İBB'den elde edilen idari sınır verisi ile çalışma alanının tümünde kentleşmeye uygun öngörüsü ile hazırlanmıştır.

Çalışmanın amacı 62,42 km<sup>2</sup> 'lik İstanbul Sancaktepe İlçesi'nde yaşanan hızlı kentsel büyüme nedeniyle oluşacak arazi örtüsü ve mülkiyet desenindeki değişikliklerin arasındaki ilişkiyi belirleyebilmektir. Bu bağlamda çalışmada aşağıdaki sorulara cevap verilmesi amaçlanmaktadır:

- Sancaktepe İlçesi'ndeki olası kentsel büyüme eğilimleri arazi örtüsü değişimlerini nasıl etkilemektedir?
- Kentsel büyümenin mülkiyet deseni ve değişimleri üzerinde etkisi var mıdır?
- Sancaktepe'de 2070 yılında bölgenin arazi örtüsü ve mülkiyet deseni nasıl değişecektir?

## 2. Çalışma Alanı

Sancaktepe İlçesi, İstanbul'un Anadolu yakasında yer almaktadır. Kuzeyinde Çekmeköy, güneyinde Kartal ve Maltepe, doğusunda Sultanbeyli ve Pendik, batısında ise Ümraniye ve Ataşehir ilçeleri bulunmaktadır. 06.03.2008 tarihinde yürürlüğe giren "Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçinde İlçe Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun" ile 2008 yılında Samandıra, Sarıgazi ve Yenidoğan beldelerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur. 19

mahalle oluşan Sancaktepe İlçesi, 62,41 km<sup>2</sup> alana ve 354.882 nüfusa sahiptir (TÜİK 2020). Geçmiş yıllardan beri süregelen hızlı nüfus artışı ve göç; gecekondulaşma, kaçak yapılaşma ve kontrolsüz kentleşmeyi beraberinde getirerek ilçedeki arazi örtüsünde değişimlere yol açmış ve bu durum mülkiyet deseninin çeşitlenmesine yol açmıştır. Ayrıca havza niteliği taşıması nedeniyle son derece hassas bir yerleşim alanı olan bölge, Kurtköy Sabiha Gökçen Havalimanı'na olan bağlantıları, TEM otoyolu ve TEM-Kartal bağlantı yolunun sağladığı ulaşım olanakları nedeniyle konumsal önemini arttırmaktadır (Sancaktepe 2020).

### 3. Veri ve Yöntem

#### 3.1. Veri

Çalışmada ilk olarak arşiv çalışmalarıyla elde edilen farklı yıllara ait 70.000 yakın parsel verisi coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında düzenlenerek, simülasyonun oluşturulması için girdi verisi olarak düzenlenmiştir. Girdi verileri hücreli(raster) formatta 10,20 ve 40 metre mekânsal çözünürlüklü setler şeklinde hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan veri ve kaynakları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Kullanılan veriler ve kaynakları.

Veri Adı	Kaynak Veri Türü	Yıl/Yıllar	Kaynak
Arazi Örtüsü	Kadastral Veriler	1961	TKGM
		1992	
	Uydu Görüntüleri	2001	Landsat
		2014	
Mülkiyet Deseni	Tapu ve Kadastro Verileri	1961	TKGM
		1992	
		2001	
		2014	
Ulaşım	Kadastral Veriler	1961	TKGM İBB
		1992	
		2001	
	İBB	2006	
		2013	
Kent Verisi	Kadastral Veriler	1961	TKGM
		1992	
		2001	
		2014	
Bölgeleme Verisi	İdari Sınır	2014	İBB
Eğim ve Gölge Rölüf	Sayısal Yükseklik Modeli	2014	HGK

Üretilen veriler mekânsal veritabanında tutulmuş ve öznelik bilgileri tapu verileri aracılığı ile girilmiştir. Ancak, 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 16. Maddesine göre "Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan kayalar, tepeler, dağlar gibi, tarıma elverişli olmayan sahipsiz yerler ile deniz, göl, nehir gibi genel sular tescil ve sınırlandırmaya tabi değildir" denmekte ve tescil dışı bırakılmaktadır. Bu boşluklar, 1972 yılına ait Landsat uydu görüntüsünü sınıflandırarak üretilen arazi örtüsü verileri kullanılarak giderilmiştir.

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

#### 3.2. SLEUTH Kentsel Büyüme Modeli

SLEUTH, HO tabanlı çalışan kent büyüme dinamiklerini ve arazi örtüsü dönüşümlerini simüle eden C programlama dili ile geliştirilmiş açık kaynak Unix tabanlı bir yazılımdır (Gigalopolis 2020). SLEUTH modelinde üç işlem aşaması bulunmaktadır. Bunlar; test, kalibrasyon ve kestirim aşamalarıdır. Test aşamasında oluşturulan girdi verilerinin model için uygunluğu sorgulanır ve eğer başarılı biçimde sonuçlanırsa kalibrasyon aşamasına geçilir. Yerel alanın geçmiş

büyüme eğilimini tekrarlaması için büyüme karakterize eden parametreler kalibre edilir ve belirlenen parametreler ile kestirim aşaması başlatılır. Kestirim aşaması da kentin büyüme simülasyonunu oluşturur.

Modelin büyüme katsayılarına bağlı olarak dört farklı büyüme kuralı uygulanmaktadır. Bu kurallar doğal, yeni yayılma merkezleri, çeper ve yol etkisi ile büyüme kurallarıdır (Gigalopolis 2020). Modelde büyüme kurallarını karakterize eden saçılım katsayısı, eğim katsayısı, ortaya çıkma katsayısı, yol etkisi katsayısı ve yayılım katsayısı olmak üzere beş farklı katsayı vardır. Katsayılar tam sayı değerinde ve 0 ile 100 arasında değer almaktadır.

Doğal büyüme kuralı genellikle kırsal bölgelerdeki kentleşmeyi modellemektedir. Yeni yayılma merkezi kuralı, kentleşen bir hücrenin(piksel) kent merkezi olabileceği niteliği kontrol eder. Eğer bir piksel kent merkezi niteliğinde ise kentleşme bu pikselin çevresinde şekillenecektir. Çeper kuralında mevcut yerleşim pikselinin sınırından itibaren kentleşme şekillenmektedir. Yol etkin büyüme kuralı ise ulaşım ağının tetiklediği büyüme modellemektedir.

### 3.3. Hücresel Otomat

Hücresel Otomat kavramı beş temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; grid ağı, durum, komşuluk, dönüşüm kuralları ve zamandır (Benenson ve Torrens 2004). Hücreler birbirine bitişiklik gösteren en küçük ünitelerdir. Hücreler yan yana gelerek ızgara ağını oluşturmaktadır. Her bir hücrenin bir durumu vardır. Durum kümesine sonsuz sayıda durum tipi belirtilebilir. Zamana bağlı olarak komşu hücrelerin durumuna göre dönüşüm fonksiyonu hücre durumlarını değiştirmektedir. Kentsel modelleme tekniklerinde HO, kentsel alanlar gibi karmaşık ve dinamik doğal fenomeni modellemek için uygundur (Tobler 1970).

## 4. Bulgular

Çalışmada arazi örtüsü ve mülkiyet deseni olmak üzere iki farklı kentsel büyüme simülasyon modeli (KBSM) oluşturulmuştur. Her iki KBSM için kalibrasyon sonucunda elde edilen kat sayı değerleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. KBSM’ler için belirlenen katsayı değerleri.

Kat Sayı	Arazi Örtüsü KBSM	Mülkiyet Deseni KBSM
Saçılım	100	11
Ortaya Çıkma	100	16
Yayılım	60	75
Eğim	75	12
Yol Etkisi	82	88

Arazi örtüsünün simüle edildiği KBSM’inde beş katsayısında etkili olduğu görülmüştür. Katsayılar içerisinde en yüksek değeri yayılım ve ortaya çıkma katsayıları almıştır. Bu sonuçlar bize bölgede yoğun bir biçimde kentsel büyümenin olduğunu göstermektedir. Katsayıların yüksek değer alması dört büyüme kuralının yoğun olarak etkin olduğunu belirtir. Saçılım katsayısı ile rastgele büyüme, ortaya çıkma katsayısı yeni yayılım merkezli büyüme, yol etkisi katsayısı ise yol etkin büyümenin etkin olduğunu göstermektedir. Mülkiyet deseninin yayılımında yayılım ve yol etkisi katsayılarının etkili olduğu görülmektedir. Kalibrasyon sonucunda bölgenin mülkiyet dokusunun çeper ve yol etkin olarak yayılacağı belirlenmiştir.

Her iki KBSM için 2014’den 2070 yılı arasında değişim analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda birbirine dönüşen arazi örtüsü ve mülkiyet sınıflarının oranları bulunmuştur. Sonuçlar Tablo 3 ile sunulmuştur.

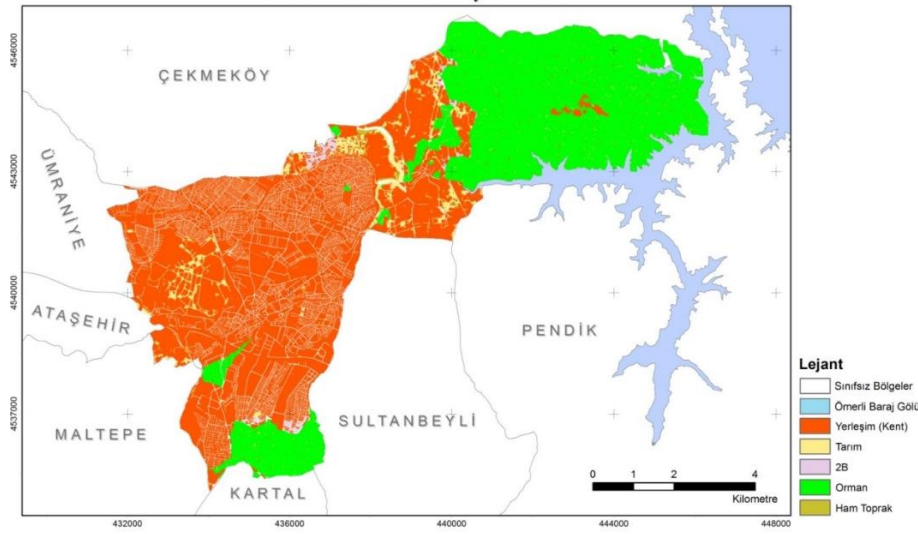
Tablo 3. 2014 – 2070 yılları alansal değişim miktarları.

Arazi Örtüsü KBSM			Mülkiyet Deseni KBSM		
Sınıf	2014 (ha)	2070 (ha)	Sınıf	2014 (ha)	2070 (ha)
Kent	1923,2	3252,3	Özel Mülkiyet	2376,39	3540,8
Tarım	1088,69	251,4	Hazine	2923,19	2309,4
2B	87,77	50,24	Vakıf	4,63	0
Orman	2353,53	2290,58	Belediye	159,57	6,51
Ham Toprak	123,26	19,73	Özel Hazine	42,3	1,41

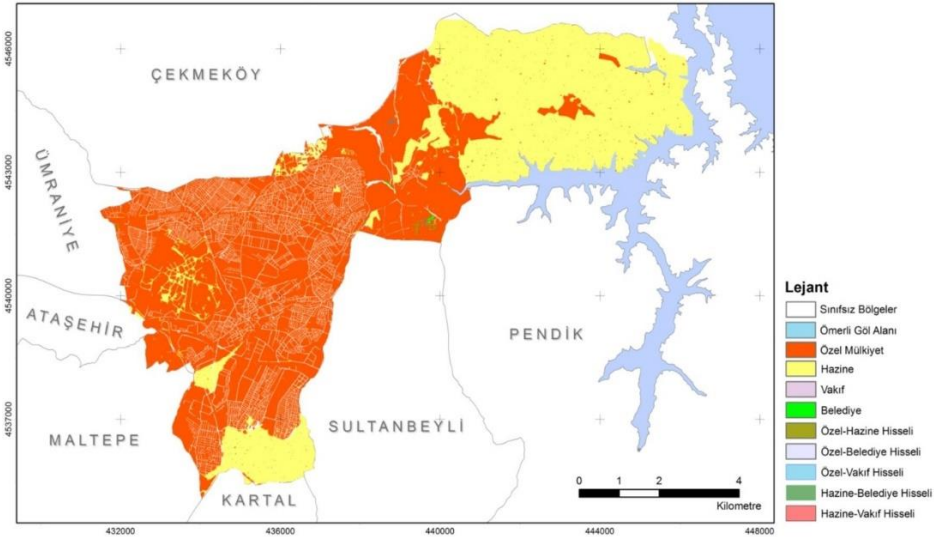
Arazi örtüsüne ait KBSM sonucuna göre tarım arazilerinin %79’u, orman alanlarının %2’si ve ham toprak arazilerinin %85’i kent alanına dönüşmüştür. Paşaköy, Samandıra bölgelerindeki tarım arazilerinin hemen hemen tamamının yerleşim alanlarına dönüştüğü belirlenmiştir. Hazine mülkiyetindeki alanların %21’i, vakıf mülkiyetindeki alanların ise tamamı

özel mülkiyet sınıfına dönüşmüştür. Sonuç olarak 2014 ile 2070 yılları arasında Samandıra Kışlası hariç diğer mülkiyet tipleri hemen hemen korunduğu belirlenmiştir.

2070 yılı KBSM'lerine ait arazi örtüsü ve mülkiyet deseni kestirimleri Şekil 1 ve Şekil 2 'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 2070 yılı arazi örtüsü KBSM



Şekil 2. 2070 yılı mülkiyet deseni KBSM

## 5. Sonuçlar

Büyüme şekilleri kalibrasyon aşamasında çıkan sonuçlar doğrultusunda beklenildiği şekilde; arazi örtüsü KBSM için üç büyüme kuralının hızlı ve yoğun olarak gerçekleştiği, mülkiyet deseni KBSM için ise iki büyüme kuralının yavaş ve az bir oranda gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Mülkiyet deseni KBSM, arazi örtüsü KBSM'sine benzer davranış göstermiştir. Mülkiyet deseni KBSM'de özel mülkiyet yeni merkezli ve kenar büyüme şekliyle yayılmıştır. Hazine mülkiyetindeki orman alanları 2070 yılına kadar genellikle mülkiyet durumunda değişiklik olmamıştır. Ancak Samandıra'daki askeri alan özel mülkiyet durumuna gelmiştir. Bu girişimlerin günümüzde başladığı bilinmektedir. Arazi örtüsü KBSM'de kentleşen Paşaköy'ün tarım tipindeki alanların hâlihazırda özel mülkiyet olduğu bilinmektedir. Yenidoğan parsellerinin geometrik olarak incelendiğinde bir yağ lekeli biçiminde yayıldığı gözlenmektedir. Ancak Paşaköy ve Yenidoğan sınırı üzerinde geçmekte olan dere ve bu dereye ait ıslah projesi nedeniyle Paşaköy'de kentleşme merkezden ve parçalı bir biçimde gerçekleşmektedir.

Mülkiyet deseni KBSM ile arazi örtüsü KBSM benzer sonuçlar ürettiği belirlenmiştir. Mülkiyet simülasyonu özel mülkiyet sınıfı ile arazi örtüsü simülasyonu yerleşim sınıfı arasında dönüşüm oranları bakımından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak KBSM'lerin son kestirim tarihi incelendiğinde hem yerleşim hem de özel mülkiyetin, Paşaköy ve Kuzudere Devlet Ormanları hariç ilçe genelinde büyüme eğilimi gösterebileceği belirlenmiştir. Arazi örtüsü KBSM

sonucu belirlenen kentsel büyüme alanları mülkiyet KBSM ile karşılaştırıldığında kentsel büyümenin gözlemlendiği bu alanlarda mülkiyet tipindeki değişiminin de gerçekleştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak Sancaktepe İlçesi'nde mülkiyet türleri ile kentsel büyüme arasında ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

- AÇA. (2016). Urban sprawl in Europe - Joint EEA-FOEN report. İçinde *Avrupa Çevre Ajansı* (Sayı 11).
- Ayazlı, I. E. (2011). *Simulation Model of Urban Driven By Transportation Networks: 3rd Bosphorus Bridge Example*. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Benenson, I., & Torrens, P. (2004). Geosimulation: Automata-based modeling of urban phenomena. İçinde *John Wiley & Sons*. John Wiley & Sons.
- BM. (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. İçinde *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Birleşmiş Milletler. <https://doi.org/10.18356/b9e995fe-en>
- Clarke, K., & Gaydos, L. (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>
- Clarke, K., 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>
- Gigalopolis. (2020). *Project Gigalopolis Web Sayfası*. USGS. <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/>
- Mestav Sarica, G., Zhu, T., & Pan, T. C. (2020). Spatio-temporal dynamics in seismic exposure of Asian megacities: Past, present and future. *Environmental Research Letters*, 15(9). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ababc7>
- Sancaktepe. (2020). *Sancaktepe Belediyesi Web Sayfası*. <http://www.sancaktepe.bel.tr/tr/cografi-durumu>
- Satterthwaite, D. (2005). *The Scale of Urban Change Worldwide 1950-2000 and Its Underpinnings*. International Institute for Environment and Development. <https://books.google.com.tr/books?id=M47aajCtKr8C>
- Silva, E., & Clarke, K. (2002). Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26, 525–552. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(01\)00014-X](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(01)00014-X)
- Tobler, W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 234–240. <https://doi.org/10.2307/143141>
- TÜİK. (2020). *Türkiye İstatistik Kurumu Web Sayfası*. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
- Verburg, P. H., van de Steeg, J., Veldkamp, A., & Willemen, L. (2009). From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. İçinde *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.08.005>
- Xie, Y., Ma, A., & Wang, H. (2010). Lanzhou urban growth prediction based on Cellular Automata. İçinde *2010 18th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics 2010*. <https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567556>
- Yakup, A. E., & Ayazlı, I. E. (2022). Investigating the Land Cover Changes in Sancaktepe the High-Density Settlement Area by the Protected Scenario. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.26833/ijeg.850247>
- Zhang, Z., Jiang, L., Peng, R., & Yin, Y. (2010). The spatiotemporal change of urban form in Nanjing, China: Based on SLEUTH and spatial metrics analysis. *2010 18th International Conference on Geoinformatics*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567753>