

[1132]

# MALATYA'DA ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜSÜNÜN MODELLENMESİ, 2025-2045 ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜSÜ SİMÜLASYONU

Serhat CENGİZ<sup>1</sup>, Bülent YILMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Araş.Gör., İnönü Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 44280, Malatya, [srhtcengiz@gmail.com](mailto:srhtcengiz@gmail.com)  
<sup>2</sup>Doç. Dr., İnönü Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 44280, Malatya, [bulent.yilmaz@inonu.edu.tr](mailto:bulent.yilmaz@inonu.edu.tr)

## ÖZET

*Arazi kullanım/örtüsü değişikliği, farklı ekonomik aktiviteler ve aktörlerin geniş bir varyasyon içeren düzlemdeki farklı ölçeklerdeki etkileşim süreçlerinin sonucudur. Bu süreç, günümüzde kentsel alanların çeperinde yoğunlaşmakta ve bu alanlardaki arazi kullanımını/örtüsünü hızla değiştirmektedir. Bu hızlı değişimin belirlenmesi ve değişimin modellenmesi, bu alanlardaki doğal ve kültürel kaynakların sınırlı olduğu göz önüne alındığında, kaynakların akılcı kullanılması açısından elzemdir. Bu önemden hareketle, çalışmada, Malatya kent merkezine içine alan 24 x 22,5 km'lik bir çerçevenin içerisinde 590 km<sup>2</sup>' lik alanda Arazi Değişim Modeli (Land Change Model- LCM) kullanılarak arazi kullanım/örtüsü değişikliği modellenmiştir. Model için 1985, 2000, 2015 yıllarına ait LANDSAT uydu görüntülerinin obje tabanlı sınıflandırılması yapılarak her bir yıla ait 12 arazi örtüsü/kullanımı sınıfı belirlenmiş ve 1985-2000 ve 2000-2015 dönemleri için ayrı ayrı arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının değişimleri hesaplanmış ve değişimi üç zamanda modelleyen/simüle eden modeller oluşturulmuştur. 1. Model, 1985 ve 2000 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanımı değişimi temel alınarak oluşturulmuş ve 2015 yılına ait arazi değişimi modellenmiştir. Elde edilen tahmin model, 2015 yılına ait gerçek zamanlı arazi örtüsü/ kullanım durumu ile karşılaştırılmış ve % 72 örtüşme gözlemlenmiştir. 3. Model, 1985 ve 2015 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanımı değişimini temel alan ve 2045 yılına ait arazi değişimi modellenmiştir.*

*Bu çalışmada, uzaktan algılanmış veriler, modeller için her döneme ait yol katmanı ve Sayısal Yükseklik Modeli, sosyo ekonomik ve demografik veriler kullanılarak, Malatya kenti ve çevresindeki gelecekteki arazi kullanım değişiminin modellenmesi hedeflenmiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** Uzaktan algılama, CBS, Markov Chain, Hücresel Otomasyon, LCM

## ABSTRACT

### MODELLING OF LAND USE/COVER IN MALATYA, THE SIMULATION OF 2025-2045 LAND USE/COVER

*The change of land use/cover is a result of the interaction processes on different scales in different platforms including various economic activities and actors. This process is getting intensive in the vicinity of urban areas today and changing the land use/cover in these areas in a fast way. It is significant to determine this change and model the change in terms of using the sources wisely considering the limited natural and cultural sources in these areas. Based on this significance, in this study, the land use/cover change was modeled by using Land Change Model – LCM in an area of 590 km<sup>2</sup> within the borders of a framework of 24 x 22,5 km including the city centre of Malatya. For the model, 12 land cover/use classes for each year were determined by making object-based classifications of the satellite images of LANDSAT belonging to 1985, 2000 and 2015 and the respective changes of land use/cover classes were estimated for the periods of 1985-2000 and 2000-2015. It was created the models simulating the change in 3 different times. Model 1 was created based on the land cover/use change for 1985 and 2000 and the land change for 2015 was modeled. The attained estimation model was compared with the real-time land cover/use for 2015 and an overlapping of 72% was observed. In model 3, the land change for 2045 was modeled based on the land cover/use change for the years of 1985-2015.*

*In this study, it was aimed to model the land use change in future in Malatya and its surrounding by using remote sensing data, road layers of each period for the models, Digital Elevation Model, socio-economic and demographic data .*

**Keywords:** Remote sensing, GIS, Markov Chain, Cellular Automata, LCM

## 1.GİRİŞ

Antropojenik arazi kullanım/örtüsü değişimi, küresel ölçekte; toprak, biyoçeşitlilik, su ve radyasyon dengesi, hidrolojik döngü, karbon döngüsü, sera gazı yayılımı gibi doğal süreçleri ve zaman içerisinde insan gereksinimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve kültürel ve ekonomik bir değer içeren tarımsal peyzajlar, arkeolojik peyzajlar, kırsal ve kentsel peyzajlar gibi kültürel süreçleri etkilemektedir (Kumar, K vd., 2015; Cengiz, S vd., 2016). Günümüzde, koruma ve kullanma arasındaki asimetric denge sorunundan, daha açık bir ifadeyle ekonomi öncelikli

kullanım kararlarından kaynaklanan arazi kullanımı/örtüsü değişimi çoğunlukla kentsel arazi kullanım değişimi bağlamında ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, kentsel arazi kullanım değişiminin, neden olduğu doğal ve kültürel kaynakların tahribinin anlaşılması, değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik kapsamında ele alınması için, mekânsal ve zamansal ölçekteki araştırmalar hayati derecede önemlidir.

Arazi kullanımı/örtüsü değişiminin itici gücü olan kentsel büyüme/yayılmının anlaşılması ve kentsel ekosistemlerin sürdürülebilirliği için anahtar veriler üreten bir takım kentsel büyüme modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller, farklı ölçeklerdeki mekân ve zamanda, biyofiziksel ve insan aktivitelerinin etkileşimi sonucu ortaya çıkan çok parametrelili karmaşık süreçleri anlamak için değerli çıktılar üretmektedir (Costanza, R., Ruth, M., 1998). Geçmişte, kentsel büyümenin mekânsal süreçlerini modellemek için, Markov Chain ve mekânsal Lojistik Regresyon gibi stokastik süreçlerden yararlanılmıştır. Günümüzde ise mekânsal süreçlerin net bir şekilde ortaya konulması için stokastik süreçler ile Hücresele Otomasyon modelleri entegre edilerek kullanılmaya başlanmış ve bu alandaki çalışmalar giderek artmıştır (Batty, M vd., 1997; Wu, F., Webster, C., 1998; Kumar, K vd., 2015).

Bir Hücresele Otomasyon modeli, 2 boyutlu ızgara sistem üzerinde temsil edilen mekânsal desenin desen-süreç etkileşimini ortaya koyan dinamik bir coğrafi simülasyon modelidir. Hücresele Otomasyon tabanlı modeller, doğrusal olmayan süreçler, mekânsal süreçler ve stokastik süreçleri güçlü bir şekilde temsil edebilme yeteneğine sahiptir. Modelin başarısı, kentsel büyüme sürecini simüle etmeyi amaçlayan bir çok araştırmada ortaya konmuştur (Xian, G., Crane, M., 2005).

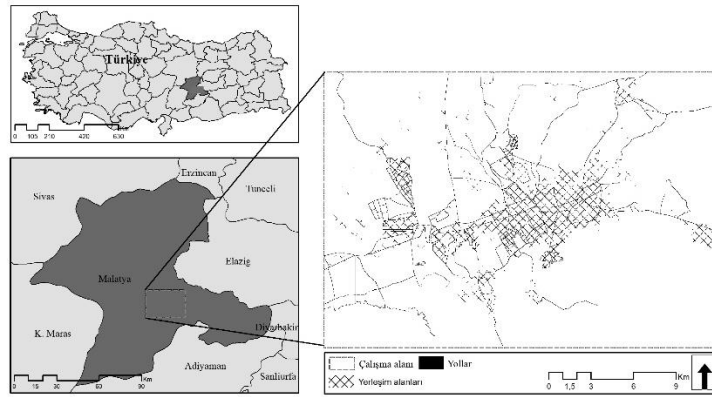
Hücresele otomasyon modelini kullanan SLEUTH, GEOMOD gibi gelecek arazi kullanımı/örtüsünü simüle etmeyi ve tahmin etmeyi amaçlayan çeşitli modeller ve yaklaşımlar hâlihazırda mevcuttur. Ancak bu süreci ortaya koymaya çalışan bahsi geçen yazılımlar ve modeller yol, eğim arazi kullanımı/örtüsü vb gibi biyofiziksel ve veri setlerini kullanarak ve sınırlı sayıda değişken kullanıma izin vererek, sadece ekonomik ve demografik hareketliliğin kentsel büyüme ile dengede olduğu gelişmiş ülkelerde arazi kullanım değişimine ilişkin sağlıklı model ve simülasyonlar sonuçları üretmektedir (Cengiz, S vd., 2016). Oysa Türkiye gibi arazi örtüsü değişiminde biyofiziksel süreçler kadar sosyo ekonomik ve demografik süreçlerinde etkili olduğu ülkelerde bu model ve yazılımlar sınırlı yapısı ve sosyo ekonomik süreçleri kapsamaması gibi nedenler ile başarılı sonuçlar üretmemektedir.

Bu çalışmada, gelecek arazi kullanımı/örtüsü durumunu tahmin etmek için Hücresele Otomasyon ve Markov süreçlerini entegre kullanan LCM (Land Change Modeler) uygulamasında faydalanılmıştır. Çalışma için biri geçmiş, diğeri de günümüzü temsil eden (1985-2015) uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen, arazi kullanımı/örtüsü haritasından, sayısal yükseklik modeli, eğim haritası arazi kullanımı/örtüsü haritasından elde edilen, arazi kullanım sınıflarına ait Öklid uzaklık haritaları gibi biyofiziksel ve çalışma alanına ilişkin, gelir düzeyi, nüfus yoğunluğu gibi sosyo ekonomik ve demografik verilerden yararlanarak 2018, 2021, 2024, ..., 2045 yıllarına ait tahmini arazi kullanımı/örtüsü haritaları elde edilmiştir.

## 1.1. Çalışma Alanı

Malatya, 38° 21' 19.3032" Kuzey ve 38° 20' 0.6972" Doğu koordinatında, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde bulunan orta ölçekli bir kenttir. İlin toplam nüfusu 772.904 kişi, kent merkezi ve bütünleşik konumdaki yerleşmelerin toplam nüfusu 447.240 kişidir. Kentin potansiyel nüfus dinamikleri ve bölgedeki iller için ekonomik ve kültürel bir çekim merkezi olması kent için yapılan 2040 yılı nüfus projeksiyonunda kentin toplam nüfusunun 1.100.000-1.250.000 kişi olacağını ve yine bu nüfusun yaklaşık % 70'inin kent merkezi ve bütünleşik konumdaki yerleşimlerde kümeleneyeceği öngörülmektedir. Mevcut durumda nüfusun yaklaşık %57'sinin kümelenmediği ve gelecekte de yaklaşık % 70'inin kümeleneyeceği öngörülen kent merkezi ve bütünleşik konumdaki yerleşim birimleri, arazi kullanımı/örtüsü değişiminin itici gücü insan aktivitelerinin yoğun olarak yaşandığı alanlar olduğu için, çalışma alanı, bu alanları içine alacak şekilde 24 x 22,5 km'lik bir çerçevenin içerisinde belirlenmiştir (Şekil 1).

Kent merkezi, genel itibarıyla D-300 karayolu çevresinde doğu-batı doğrultusunda gelişmiştir. Sanayileşme eğilimi Organize Sanayi Bölgelerinin bulunduğu batı yönünde yoğunluk kazanmaktadır. Kent merkezinin Güneyinde, kent için topografik eşik özelliği gösteren Bey Dağları, Kuzeyinde, kent ekonomisi, tarımsal desen açısından önemli bir yapıya sahip kayısı bahçelerinin de bulunduğu ve Karakaya baraj gölüne kadar uzanan geniş düzlükler (ova) bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu.

## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

**Markov Chain Analizi:** Markov Chain analizi (MCA), tahmini değişim modeli için kullanılan gözle görülebilir, stokastik modelleme süreçlerinin bir toplamıdır. Geçmişte ve şimdiki zamanda meydana gelen değişikliklerden yararlanılarak gelecekteki olasılıkları tahmin etmek Markov Chain analizinin temelini oluşturmaktadır (Daşdemir, İ., Güngör, E., 2002). Analize göre; eğer bir alan, belirli bir zamanda, belirli bir arazi kullanım türünü temsil eden bir takım hücelere bölünmüşse, zaman aralıkları arasında gözlemlenen verilere dayanarak, MCA, bir hücrenin belirli bir zaman süresi içinde bir arazi kullanımı kategorisinden, bir diğerine değişim olasılığını hesaplar. Bir durumdan, diğer bir duruma değişim olasılığı, geçiş olarak adlandırılır (Kumar, K vd., 2015).

MCA, bir arazi kategorisinden, diğer bir arazi kategorisine geçişebilme olasılığını içeren geçiş matrisleri (*transition matrix*) ve bu matristen hareketle her bir arazi kullanım kategorisi için hücre sayılarında meydana gelebilecek değişimleri hesaplar.

Bir MCA geçiş matrisi “P” şu şekilde ifade edilir;

$$P = P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix}, \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 \quad (1)$$

$P$ ; MCA geçiş matrisi

$P_{ij}$ ; Birinci ve ikinci zaman periyodunda arazi örtüsü tipi

$P_{ij}$ ; Arazi kullanım tipi “i” den arazi kullanım tipi “j” ye geçiş olasılığı

Sonuç olarak, MCA belirli zaman periyodları arasındaki arazi kullanım kategorilerindeki değişimden yararlanarak, gelecek arazi kullanım kategorileri hakkında geçiş olasılıkları belirlemek için kullanılmaktadır.

MCA, arazi kullanım değişimine neden olan değişkenleri dikkate almadığından, arazi kullanım değişiminin modellenmesinde tek başına etkili bir yöntem değildir.

**Hücrel Otomasyon Modeli:** HO model, örneklem mekânın “n” boyutlu hücelere bölüldüğü ve her hücrenin mekânı temsil eden bazı verileri içerdiği iki boyutlu soyut dinamik bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bir HO model 4 elementten oluşmaktadır;

**Hücre**, en küçük mekânsal birimdir.

**Durum**, belirli bir zaman için hücrenin özellikleridir.

**Komşuluk**, hücreler arasındaki ilişkidir. Her hücrenin sonraki durumu ona komşu hücrenin durumu ile belirlenir.

**Kurallar**, gelecek zamandaki hücrenin durumunu tanımlamak için kullanılır.

**HO-MCA entegrasyonu:** (CA\_MARKOV) Gelecek arazi kullanım görüntüsünün tahmini için HO ve MCA tabanlı, CA\_MARKOV modeli kullanılmaktadır. CA\_MARKOV, HO, MCA ve çok kriterli arazi uygunluk analizinin entegre kullanımı ile elde edilmiş bir modeldir. CA\_MARKOV modelde arazi kullanım değişimi tahmininde;

İki farklı zamana ait arazi kullanımı/örtüsü verisi

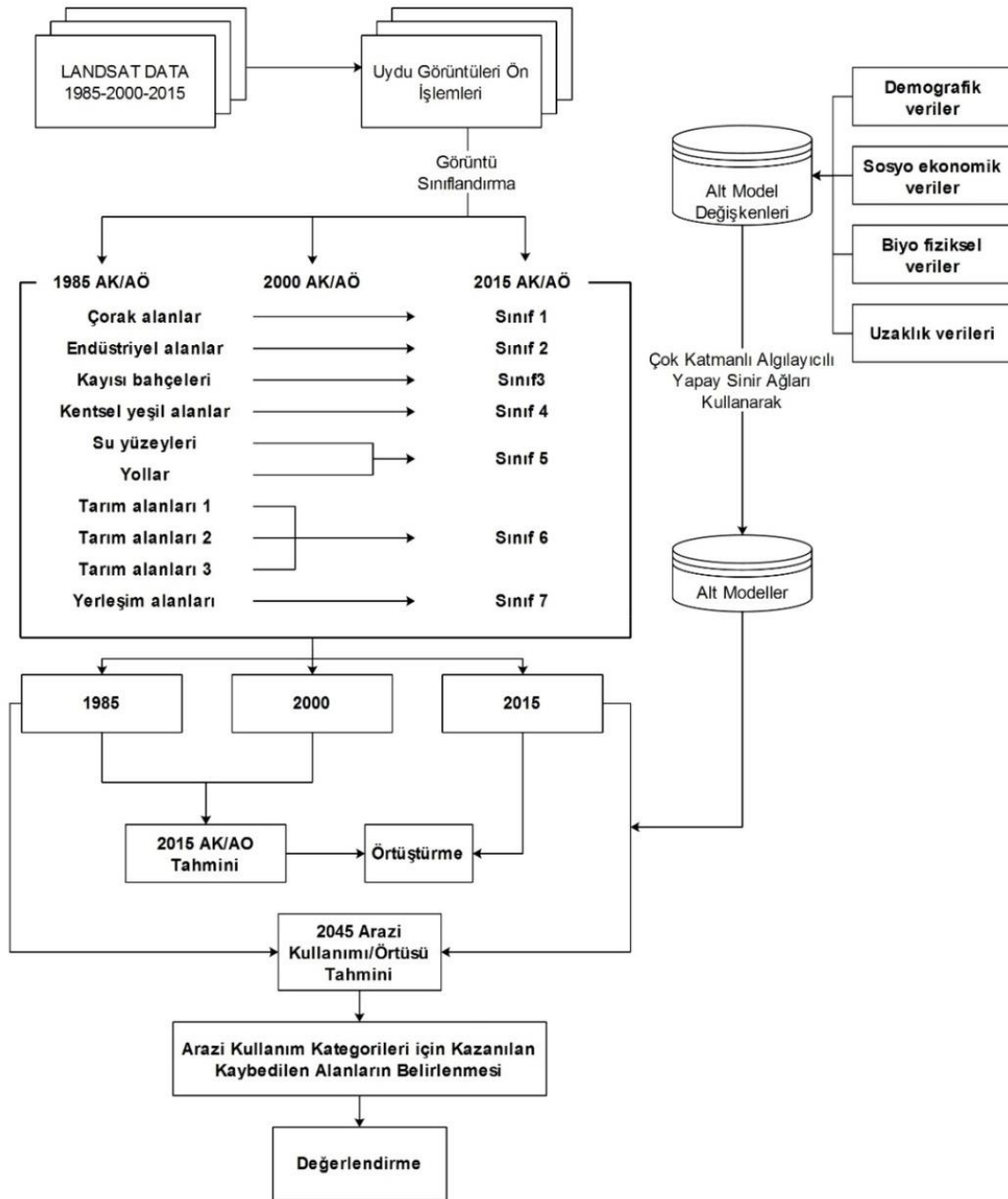
Markov geçiş matrisleri

Arazi uygunluk haritaları

5x5 Kernel komşuluk filtresi verilerinden yararlanır (Bozkaya, G., 2013; Kumar, K vd., 2015; Çağlıyan, A., Dağlı, D., 2016).

**Land Change Modeler (LCM):** Çok katmanlı (MLP) yapay sinir ağları teknolojisi ile optimize edilmiş ve çalıştırılmış CA\_MARKOV süreçlerini ve potansiyel geçiş modellerini entegre etmektedir. Potansiyel geçiş haritasına bağlı CA\_MARKOV süreçleri, gelecek arazi kullanımı/örtüsü görüntüsünü üretmektedir. LCM modelin tahmin süreci yöntem akış diyagramında gösterilmiştir (Şekil 2).

Bu çalışmada LCM tahmin sürecinden faydalanılmıştır.

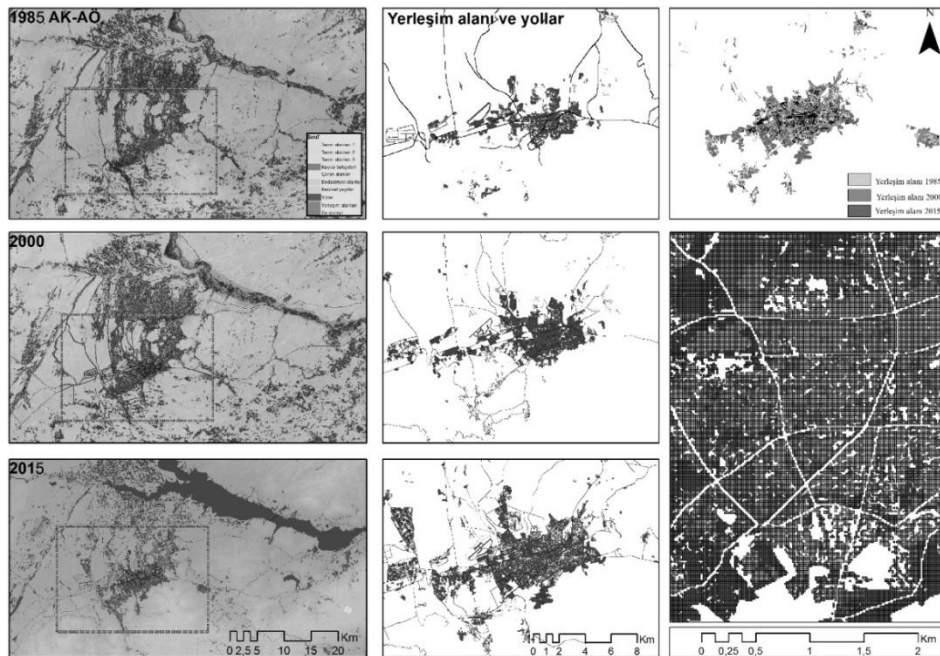


Şekil 2. Yöntem akış diyagramı.

### **LCM modelde kullanılan veri yapısı ve verilerin hazırlanması**

**Ön işlemler:** Modelde, arazi kullanımı örtüsü haritalarının elde edilmesi için WGS 84 35 N projeksiyonuna coğrafi olarak referanslandırılmış, Landsat 5 TM, 7 ETM, 8 OLI, uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin sınıflandırılması öncesinde, görüntüler üzerinde sırasıyla, atmosferik düzeltme (FLAASH algoritması kullanılmıştır), görüntülerden çalışma alanının çıkarılması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Uydu görüntüleri ön işleminde ENVI 5.3 yazılımından faydalanılmıştır.

**Uydu görüntülerinin sınıflandırılması:** Sınıflandırma aşamasında, obje tabanlı sınıflandırma metodu kullanılarak görüntü üzerindeki anlamlı örüntüler gruplandırılarak kümelenebilir (segmentasyon) ve bu örüntü grupları, Landsat indislerinin (Built up index-GNDVI-OSAVI-NDVI gibi) bir ya da daha fazlasının kombine edilerek kullanılması ile eşik değerlere belirlenerek sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda 10 arazi kullanımı/örtüsü kategorisi belirlenmiş ve sınıflandırmalar sonucunda minimum doğruluk oranı olarak %80 sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Arazi kullanımı / örtüsü haritaları.

### **Arazi kullanımı/örtüsü değişiminde itici güce sahip değişkenlerin hazırlanması (alt model değişkenleri):**

$X_1$  nüfus değişkeni; Mahalle sınırlarına, 2010 yılına ait mahalle nüfus bilgilerinin girilmesi ve interpolasyon tekniği ile (Global Polynomial) tekrar hesaplanması ile elde edilmiştir.

$X_2$  sayısal yükseklik modeli ve eğim modeli değişkeni; Sayısal yükseklik modeli üzerinden eğim analizi yapılmış elde edilen harita yeniden sınıflandırılmış ve elde edilen son veri, sigmoid aktivasyonu kullanılarak 0-1 arasında normalleştirilmiştir. Sayısal yükseklik modeli ( $X_2$ ) tam sayı formatına dönüştürülerek modelde kullanılmıştır.

$X_3$  Çevre Düzeni Planından alınan noktasal verilerin Öklid uzaklığı alınarak hesaplanmıştır.

$X_4$  Kentsel kümeye uzaklık ve yola uzaklık değişkenleri; Arazi kullanımı/örtüsü haritasındaki kentsel alanlar ve yollar sınıflarının Öklid uzaklığı alınarak oluşturulmuştur.

**Çizelge 1.** Veri yapısı ve kaynakları.

Veri tipi	Veri yapısı	Veri kaynağı	Veri ölçeği
Landsat uydu görüntüleri	Raster	USGS	30m
Sayısal Yükseklik Modeli	Raster	USGS	30m
Çevre Düzeni Planı	Vektör	ÇDP	1/100.000

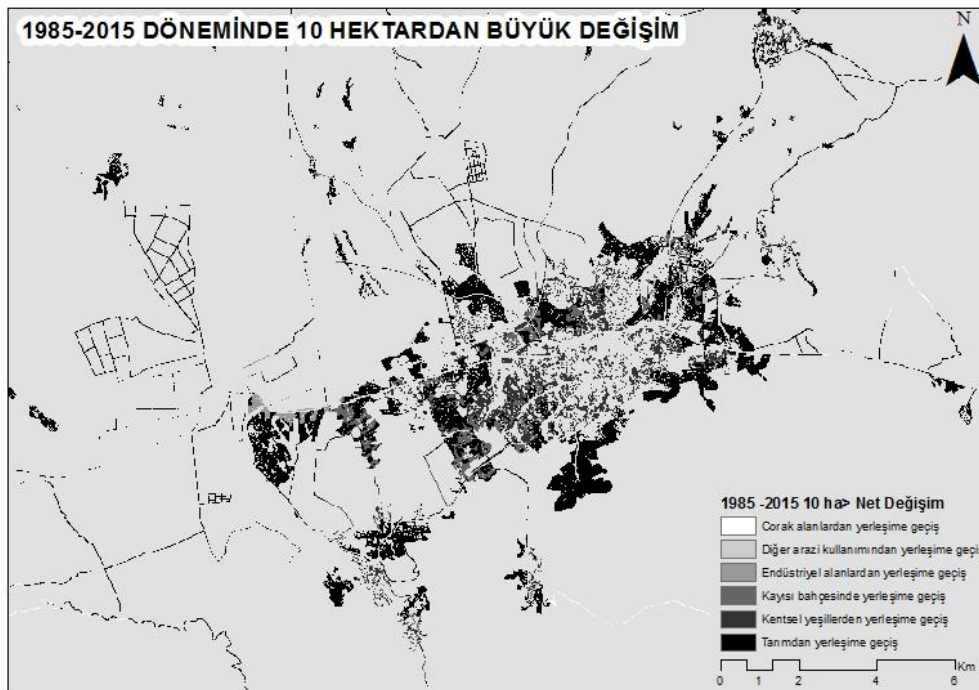
Modelde kullanılan tüm veriler raster grid formatta ve 30 m çözünürlüğe sahiptir.

### 3.BULGULAR

Önceki bölümde, üretim süreci anlatılan, bütün veriler LCM modelde girdi veri olarak kullanılmıştır. Değişim analizinden elde edilen değişim haritaları, geçiş alt modellerini seçmeye yardımcı olmuş ve bütün alt modelleri tanımlamakta kullanılmıştır (Çizelge 2, Şekil 4).

**Çizelge 2.** 1985-2015 arazi kullanım değişimi.

Değişim	Alan (Km <sup>2</sup> )
Çorak alanlardan yerleşime geçiş	0.3249
Diğer arazi kullanımından yerleşime geçiş	0.0927
Endüstriyel alanlardan yerleşime geçiş	0.4068
Kayıp bahçesinde yerleşime geçiş	3.6288
Kentsel yeşillerden yerleşime geçiş	5.1975
Tarımdan yerleşime geçiş	22.5063



**Şekil 4.** 1985-2015 değişim haritası.

Değişim haritaları ve alt model değişkenleri Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağları (MLP-ANN) tarafından çalıştırılarak (run), potansiyel geçiş modelleri oluşturulmuş ve gelecek arazi kullanımı / örtüsü tahmin edilmiştir.

Yöntem akış diyagramında da gösterildiği gibi çalışma özelinde LCM ile oluşturulmuş 2 model bulunmaktadır.

Model-1 (Karşılaştırma Model); 1985 ve 2000 yıllarına ait arazi kullanımı/ örtüsü haritalarını ve alt model değişkenlerini kullanarak 2015 yılına ait arazi kullanımını tahmin edilmiştir. Tahmin edilen AK/AÖ ve mevcut AK/AÖ' nin benzerlik oranının % 72 olduğu tespit edilmiştir.

Model-2 (Tahmin Model); 1985-2015 yıllarına ait AK/AÖ haritaları ve değişkenler kullanılarak 2045 yılına ait arazi kullanımı tahmin edilmiştir (Şekil 5).

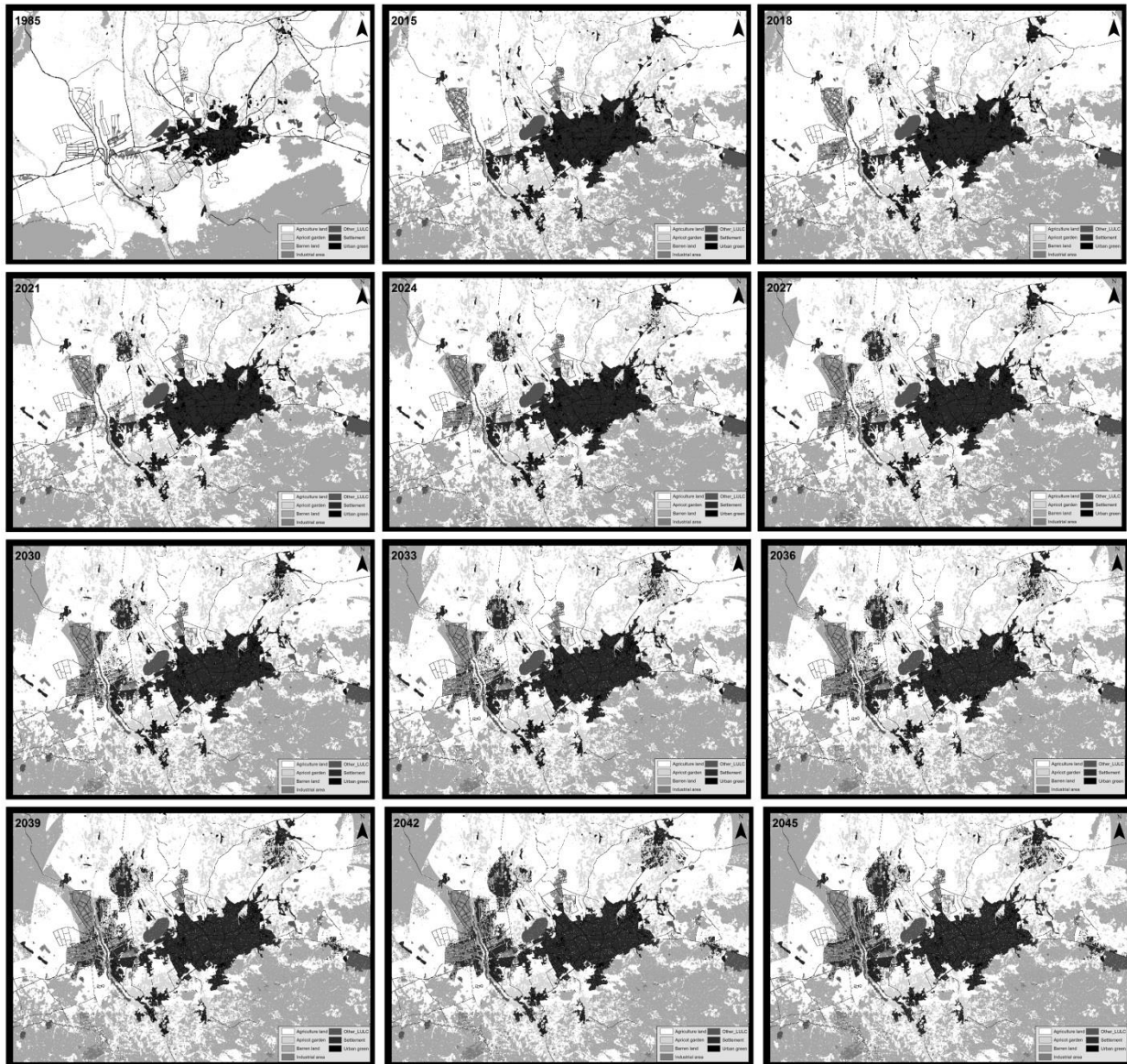
Model -2 de kullanılan veriler arasındaki zaman farkının 30 sene olması nedeniyle 2045 yılı AK/AÖ tahmin haritasında bazı arazi kullanım (Diğer arazi kullanımı sınıfı ve tarım alanları) kategorileri için çok parçalı sonuçlar üretmesine karşın özellikle kentsel arazi kullanımının tahmininde daha önceki çalışmaları destekleyen (Uzaktan

**Algılanmış Veriler ve Çok Değişkenli Lojistik Regresyon Analizi Kullanarak Kentsel Yayılmanın Modellenmesi; Malatya Örneği)** tatmin edici sonuçlar üretmiştir (Cengiz, S vd., 2016).

Model-2 de, 2015 yılından başlayarak 3 senelik iterasyonlarla 2045 yılına ait AK/AÖ tahminine ulaşılmıştır.

**Çizelge 4.** Arazi kullanım kategorileri değişimi.

SINIF	Alan 2015	Alan 2021	Alan 2030	Alan 2036	Alan 2045
Tarım alanları	291.0726	281.6190	264.6819	253.5336	236.9646
Kayısı bahçeleri	42.2397	38.6379	38.2662	37.9908	37.6173
Çorak alanlar	142.6842	150.8976	161.6931	168.7914	179.3673
Endüstriyel alanlar	8.6175	9.7983	11.4606	12.5577	14.1939
Diğer arazi kullanımları	7.5258	7.5258	7.4619	7.4169	7.3368
Yerleşim alanları	44.6625	49.6215	56.5551	61.1649	67.9608
Kentsel yeşil alanlar	10.4283	9.1305	7.1118	5.7753	3.7899



**Şekil 5.** LCM Model-2 sonuçları.

Çalışma için oluşturulan her iki modelde de MLP-ANN doğruluk oranı % 65 üzerindedir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** MLP-ANN doğruluk oranı (2. Model).

Input layer neurons	14
Hidden layer neurons	12
Output layer neurons	8
Requested samples per class	2437
Acceptable RMS	0.01
Iterations	10000
Accuracy rate	67.54%
Skill measure	0.6291

MLP-ANN' ye göre en etkili alt model değişkeni, yola yakınlık değişkeni olurken en etkisiz değişkenin eğim olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.SONUÇLAR

Arazi kullanımı/örtüsü değişiminin modellenmesine ilişkin çalışmalar, mevcut arazi kullanım plan kararlarının politikalarının sonuçlarının önceden değerlendirilmesi ya da eksikliklerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Kumar, K vd., 2015). Ayrıca bu modelleme çalışmaları, arazi kullanımı/örtüsü değişiminin doğal ve kültürel süreçler üzerinde yarattığı etkinin belirlenmesi ve model üzerinden sürdürülebilirlik bağlamında geliştirilen plan ve politikalarla, doğal ve kültürel kaynakların akılcı kullanılması açısından hayati derecede önemlidir.

Bu önemden hareketle, arazi kullanım değişiminin modellenmesine yönelik son 30 senedir farklı yöntem ve modeller kullanan çalışmalar giderek artmaktadır. Ülkemizde de 2000'li yıllarla başlayan ve zamanla ivme kazanan bu tarz çalışmalar arazi kullanım kararları ve politikalarının geliştirilmesinde çok yeni olmasına karşın kullanılmaya başlanmıştır. Yine ülkemizde yapılan bu çalışmaların pek çoğunda, geçmiş yıllara ait sosyo-ekonomik verilere ulaşamama, veri işleme ve arşivleme işlemlerindeki eksiklikler (Türkiye'de alt ölçek veriler 2007 yılından sonra sistematik bir şekilde işlenmeye ve arşivlenmeye başlamıştır.) yine bu çalışmaların pek çoğunu arazi kullanım değişiminin modellenmesinde sadece biyofiziksel verilerden yararlanma noktasına götürmekte ve elde edilen değişim modellerini değişimin asli itici gücü insan aktivitelerinden bağımsız bir süreç olarak almayı zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışma, biyofiziksel, sosyo ekonomik ve demografik verilerin bir arada kullanıldığı ve uzun bir veri kalibrasyon ve üretim süreci sonucunda, coğrafi simülasyon teknikleri kullanarak geçmişten geleceğe ait arazi kullanım değişimi simüle edilmiştir.

Çalışmanın ürettiği simülasyon sonuçları incelendiğinde, Malatya kent merkezi ve yakın çevresindeki, arazi kullanımının gelecekte yerleşim alanı baskın bir arazi kullanımına dönüşeceği, tarımsal peyzajlar üzerinde mevcutta var olan parçalanmanın giderek artacağı, kent için önemli bir ekonomik aktivite olan kayısı tarımının yoğun kentleşme ile baskılanacağı tespit edilmiştir. Modelin bir diğer önemli göstergesi de kent içindeki boşluklu yapıların (açık – yeşil alanların) zamanla kaybolacağı ve 1985-2015 yılları için kentin topografik eşiği olan 1255 metre eşiğinin 2045 yılı tahmin modelinde de korunduğu ve kentin güney istikametinde geniş düzlükler üzerinde gelişeceği tespit edilmiştir. Model sonuçlarına ilişkin bir önceki bölümde de ortaya konulduğu gibi 2015-2045 yılları arasında en büyük arazi kullanım değişimi tarım alanlarında (-55 km<sup>2</sup>), en az değişim ise diğer arazi kullanım sınıfında (-0,2 km<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ile 1985-2015 arasındaki mevcut arazi kullanım değişimleri birebire bir örtüşmekte ve mevcut değişim analizinde de en büyük arazi kullanım değişimi tarım alanlarında, en az değişim diğer arazi kullanım sınıfında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Sonsöz olarak, çalışmanın ortaya koyduğu model kabul edilir doğruluk oranı ve mantıklı sonuçları ile özellikle arazi kullanım politikaların ve plan kararlarının geliştirilmesinde etkili bir araç olarak kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR

- Batty, M., Couclelis, H., Eichen, M.,** 1997, Urban Systems as Cellular Automata. Environment and Planning B, 24(2), pp.159–164.
- Bozkaya, A.G.,** 2013, İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Tek. Üniv. Fen Bil. Enst., İstanbul.
- Cengiz, S., Görmüş, S., Yılmaz, Ş., Yılmaz, B.,** 2016, Uzaktan Algılanmış Veriler ve Çok Değişkenli Lojistik



- Regresyon Analizi Kullanarak Kentsel Yayılmanın Modellenmesi; Malatya Örneği. GEOMED 2016 Sempozyumu, Antalya.
- Çağlayan, A., Dağlı, D.,** 2015, Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları. [http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/sem8\\_24.pdf](http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/sem8_24.pdf), (01.07.2016).
- Costanza, R., Ruth, M.,** 1998, Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus. *Environmental Management*, 22, pp. 183–195.
- Daşdemir, İ., Güngör, E.,** 2002, Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt:4 Sayı:4, Bartın.
- Kumar, S.K., Kumari, P.K., Bhaskar, U.P.,** 2016 Application of Markov Chain & Cellular Automata Based Model for Prediction of Urban transitions. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT – 2016)*.
- Wu, F., Webster, C.,** 1998, Simulation of Land Development through the Integration of Cellular Automata and Multi-Criteria Evaluation. *Environment and Planning B*, 25, pp. 103–126.
- Xian, G., Crane, M.,** 2005, Assessments of Urban Growth in the Tampa Bay Watershed Using Remote Sensing Data. *Remote Sensing of Environment*, 97, pp.203–215.