

LOJİSTİK REGRESYON YÖNTEMİ İLE İSTANBUL'DA GELECEĞE YÖNELİK KENTSEL GELİŞİM ANALİZİ

Anıl AKIN^{*a}, Süha BERBEROĞLU^{*b}, Filiz SUNAR^{*c}

^{*a} Bursa Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, anil.tanriover@btu.edu.tr

^{*a,b} Çukurova Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, suha@cu.edu.tr

^{*c} İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, fsunar@itu.edu.tr

ÖZET

Yangın, tarım ve orman tahribatı gibi insan ve doğa kaynaklı çevresel etkiler küresel sistemler üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte en çarpıcı ve tahribatı geri dönüşümsüz olan arazi dönüşümü kentleşmedir. İstanbul, Avrupa'da yer alan yerleşimler arasında en yoğun, dünyada ise şehrin nüfus limitleri düşünüldüğünde 5. en büyük yerleşimdir. 20'inci yüzyılın sonlarına doğru beraberinde birçok çevresel sorunu da getirerek çok hızlı bir büyümeye tanık olmuştur. Günümüzde İstanbul Boğazı'nda yapımına başlanan 3. Köprü ve yeni yol rotaları ve havaalanı çalışmaları şehri sadece ekolojik ve çevresel açıdan değil, aynı zamanda plansız bir yerleşimi tetikleme açısından da etkilemektedir.

Günümüzde uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi konumsal bilgi teknolojileri kullanılarak kentsel büyümenin yersel ve zamansal bileşenleri başarılı bir şekilde modellenenmektedir. Bu kapsamda çalışma İstanbul'un 2040 yılı için kentsel gelişimini tahmin etmeyi ve bu gelişimin ekoloji üzerinde gerçekleşebilecek olası etkilerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Cellular Automata (CA) tabanlı Lojistik Regresyon (LR) yöntemi modelleme çalışmasında tercih edilmiştir. CA modelleri kapsam olarak sade görünse de, şehirler gibi karmaşık yapı gösteren alanları tahmin etmede ve zaman aşımı sonucu şehre ait konumsal yapının geçirdiği süreci tespit etmede başarılı sonuçlar üretmektedir. LR modelleri, bağımlı bir değişken ve bağımsız kategorik ve sürekli değişkenler arasındaki ampirik ilişkiyi açıklamaya yarayan modellerdir. Tanımlanan yersel değişkenler yardımıyla kentsel gelişime ait olasılık haritaları oluşturmak için kullanılır. Yerleşim, yol ve sudan uzaklık, yükseklik, eğim ve arazi kullanım haritaları değişkenler olarak tanımlanmıştır. Çalışmada, 1972, 1986 ve 2013 yıllarına ait 30 m yersel çözünürlüğe sahip Landsat verileri kalibrasyon verisini oluşturmuştur. 2013 yılına ait tahmin çalışması yapılarak mevcut ve modellenen değişim Receiver Operating Characteristic (ROC) analizi ile karşılaştırılarak model validasyonu yapılmıştır. Sonuçlar 2040 yılı içinde kentsel gelişimin büyük oranda ormanlık alanlar üzerinde gerçekleşeceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: İstanbul, Lojistik Regresyon, Kentsel Modelleme.

ABSTRACT

Human and environmental effects such as fires, agriculture and forest degradations have a massive impact on the global systems. Besides, urbanization is the most effective and irreversible land use change. Istanbul is one of the most intense city in Europe and the fifth-largest city in the world in terms of population within city limits. By the end of the 20th century, the city faced a rapid and fast urban growth and brings out several environmental problems. Recently, Istanbul's new third bridge and proposed new routes for across the Bosphorus are foreseen to not only threaten the ecology of the city, but also it will trigger unplanned urbanization.

Integration of Remote sensing, Geographical Information Systems (GIS) and spatial modeling is used to determine spatial and temporal change of urban growth successfully. In this context this study aims to analyze the urban land use change and assess the ecological threats for Istanbul City through the spatial modeling for the year 2040. For this purpose, the Logistic Regression within Cellular Automata (CA), was selected for the modelling process. CA is a simple and effective tool to capture and simulate the complexity of urban system dynamic. LR is a method to discover the empirical relationships between a binary dependent and several independent categorical and continuous variables. Spatial variables including distance from each pixel to the urban, road classes, plus the elevation, slope and land use maps (as excluded layer) were used to generate urban growth probability maps. Calibration data were obtained from remotely sensed data recorded in 1972, 1986 and 2013. Validation was performed by overlaying the simulated and observed change and Receiver Operating Characteristic (ROC) was calculated. The results indicate that the urban expansion will influence mainly forest areas for the year 2040.

Keywords: İstanbul, Logistic Regression, Urban modelling.

1. GİRİŞ

Kentlerdeki nüfus yoğunluğu ve buna eşlik eden hızlı kentsel büyüme küresel bir olaydır ve günümüzde çözümü zor dinamikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Böyle doğrusal olmayan süreçleri daha iyi anlamak ve mevcut eğilimlerin ve plan kararlarının gelecek yerleşimler için olası etkilerini ortaya koyabilmek için geniş kapsamlı bir araca gereksinim duyulmaktadır. CBS, bu gereksinimi karşılamanın hızlı ve etkin bir yoludur. Günümüzde oldukça önem kazanan bilginin sistematik bir şekilde toplanması, uygun ortamlarda işlenmesi ve kullanıcıların istedikleri biçimlerde sunuma hazır hale getirilmesi ancak bilgi sistemlerini kullanarak mümkün olmaktadır. Sayısal veriler ve CBS kullanılarak daha hızlı ve daha doğru bilgi ve hizmet üretilmektedir. CBS, mekana yönelik bilgilerin işlendiği kapsam ve bilgi sistemleri yönünden en hacimlidir. Özellikle uydu teknolojileri ile CBS bütünleşerek yeryüzü kaynaklarının incelenmesini ve etkin kullanımını sağlamaktadır (Tekinsoy ve ark, 2003).

Kentsel modelleme yaklaşımı 1950'li yılların sonuna doğru Amerika ve Batı Avrupa ülkelerinde ortaya çıkmıştır. Endüstri ve ekonomideki büyük dönüşümler kentsel modellemeyi, 1970'li yılların sonuna doğru baskın bir planlama ve karar verme mekanizması haline getirmiştir (Sui ve Zeng, 2001). Geliştirilen modeller içerisinde hücresel özişleme (Cellular Automata, CA) temelli yaklaşım, kendi başına organize olabilen, kritik ve düzensiz sistemleri anlamada giderek önem kazanmaktadır. 1980'li yıllarda karmaşık kent yapılarını modellemek için geliştirilen yöntem, günümüzde kentsel gelişim, kentsel dinamikler ve kent-toplum ilişkilerini anlamaya yönelik çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Turner, 1987; Clarke ve Gaydos, 1998; Wang ve Zhang, 2001). CA tabanlı şehir gelişimi modelleri, şehir uygulamalarına bağlı teknolojik gelişimler göz önüne alındığında, geliştirilen diğer modeller arasında en etkin gruptur. Hücresel özişleme (Cellular Automata, CA) geçiş kuralları, olasılık ifadeleri, kendi kendini değiştirme (self-modification) ve stokastik (olasılıklı) hesaplamalar gibi temel özelliklerinden dolayı (Torrens ve O'Sullivan, 2001) son yıllarda, kentsel gelişim tahminlerine yönelik yapılan çalışmalarda güvenilir bir araç olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'nin en kalabalık ili olan İstanbul, ekonomik ve sosyo-kültürel açıdan da en önemli şehri olma özelliğine sahiptir. Diğer yandan Karadeniz ile Marmara Denizi'ni bağlayan ve Asya ile Avrupa'yı ayıran İstanbul Boğazı'nı da içerdiğinden jeopolitik açıdan da büyük önemi taşımaktadır. Bu özellikleri nedeniyle İstanbul ili birçok bölgeden sürekli göç almakta ve nüfus artışından doğan bu hızlı ve plansız şehirleşme, hava ve su kirliliği, trafik, gürültü, açık ve yeşil alanların azalımı, tarımsal alanların kaçak yerleşimler tarafından işgali gibi birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bu hızlı şehirleşme sürecinde İstanbul Boğazı'nda yapımına başlanan 3. köprü ve yeni yol rotaları ile havaalanı çalışmaları, şehri, plansız bir yerleşimin yanı sıra ekolojik ve çevresel açıdan da olası yeni sorunların doğmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada CA-Logistik Regresyon entegrasyonu ile İstanbul için farklı tarihlerde alınan çok-spektrumlu Landsat uydu verileri kullanılarak 2040 yılı kentsel gelişim modellemesi yapılmış ve modelleme ile İstanbul'un kentsel gelişme dinamiklerinin belirlenmesi ve kentin gelecekteki gelişimine yönelik bir simülasyonunun oluşturulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Türkiye'nin en kalabalık, ekonomik ve sosyo-kültürel açıdan da en önemli yerleşimi olan İstanbul ele alınmıştır. Yaklaşık 14 milyon nüfusu ve 5.343 km²'lik yüz ölçümü ile neredeyse bir ülke büyüklüğündeki İstanbul, nüfus yoğunluğu açısından en kalabalık şehirler listesinde dünyanın en kalabalık 2. Şehridir 41° Kuzey, 29° Doğu koordinatlarında yer alan il, kuzeyde Karadeniz, doğuda Kocaeli Sıradağları'nın yüksek tepeleri, güneyde Marmara Denizi ve batıda ise Ergene Havzası'nın su ayırım çizgisi ile sınırlanmaktadır (Şekil 1). Son 50 yılda orman varlığı nüfus artışıyla paralel olarak azalmış ve özellikle Boğaz'a yapılan köprüler nedeniyle şehrin öngörülen doğu-batı doğrultusundaki genişlemesi kuzeye kayarak orman arazileri yeni yerleşim bölgeleri oluşturmak adına tahrip olmuştur (Atlas dergisi, 2008).

2.2. Materyal

Çalışmada mekansal çözünürlüğü 30 m olan 3 farklı tarihli (15/11/1972, 24/10/1986 ve 19/11/2013) Landsat -TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bununla birlikte İstanbul için planlanan 1/100.000 çevre düzeni planları ile 1/25000 nazım imar planları da dikkate alınarak model dışında bırakılması gerekli alanlar (askeri alanlar, sulak alanlar vb.) belirlenmiş ve aynı zamanda son dönemde alınan 3. Köprü ve havalanı gibi planlama kararları da çalışmaya entegre edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı haritası ve uydu görüntüsü.

2.3. Yöntem

Çalışmada kullanılan yöntem, 5 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla;

1. Uydu verileri ve hava fotoğraflarının geometrik olarak düzeltilmesi,
2. Farklı tarihlerdeki görüntülerin kontrollü sınıflandırılması,
3. Sınıflama sonrası değişim analizi kullanılarak sınıflandırılmış görüntüler arasındaki değişimin (1972–1986; 1986–2013; 2013–2040) belirlenmesi,
4. Lojistik Regresyon (LR) yöntemi için gerekli girdilerin hazırlanması,
5. CA ve LR yaklaşımları kullanılarak 2040 yılına ait İstanbul için potansiyel kentsel gelişim alanlarının tahmin edilmesi.

2.3.1. Kontrollü Sınıflandırma

Sınıflandırmada Maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. Maksimum olabilirlik yöntemi Bayesian olasılık teorisine dayalı ve istatistiksel fonksiyonlara bağlı bir sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntemde piksellerin varyans – kovaryans ve ortalama değerleri, sınıfların belirlenmesinde kullanılmaktadır (Eastman, 2001). Maksimum olabilirlik yönteminde, bantlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konmaktadır. Bununla birlikte her sınıfa ait olan ortalama değerler, sınıflar arasındaki sınırları belirlemektedir. Buna göre, her bir piksel, parlaklık değerine göre, kendisine en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır.

2.3.2. Değişim Saptama Analizi

Değişim saptama analizi, bir objeyi ya da olguyu farklı zamanlarda gözlemleyerek gösterdiği farklılıkların tespitini içeren bir uygulamadır. Genel olarak değişim saptama analizi farklı zamanlara ait olan veri setlerinde, meydana gelen değişimlerin nitel ve nicel olarak tespitini hedefleyen bir takım uygulamaları içerir. Geniş arşiv olanakları nedeniyle Landsat MSS/TM/ETM, SPOT, NOAA, AVHRR, radar ve hava fotoğrafları en çok kullanılmakta olan veri kaynaklarıdır. Analizde uygun bir değişim saptama tekniğinin seçilmesinde değişimin yönünün tanımlanması çok önemlidir. Çalışmada sıklıkla kullanılan sınıflandırma sonrası değişim analizi yöntemi, diğer bir ifade ile sınıflandırma sonrası karşılaştırma yapılarak değişim gösteren sınıfların saptanması yöntemi kullanılmıştır. Bu amaca yönelik olarak farklı tarihlere ait görüntüler ayrı ayrı sınıflandırılarak karşılaştırılır ve bu yolla değişim haritası oluşturulur. Kentsel değişim çalışmaları için de önemli olan bu yöntem farklı tarihlere ait sınıflandırılmış görüntülerin elde edilmesi ve aynı zamanda değişime ait “nereden-nereye” (from-to) bilgisini vermesi açısından da önemlidir.

2.3.3. Model Giriş Katmanlarının Hazırlanması

Modelleme için gereken yersel değişkenler yükseklik, eğim, kentsel alan, yol ağları, model dışı bırakılacak alanlar ve arazi örtüsü/alan kullanımı (AÖAK) kullanımı haritalarıdır.

1. **Yükseklik:** Model için gerekli olan eğim katmanının oluşturulabilmesi için yükseklik görüntüsü gereklidir. Sayısal topoğrafik haritalar yardımıyla, uydu görüntülerinin mekansal çözünürlüğü ile uyumlu Sayısal yükseklik Modeli (SYM) ArcGIS ortamında oluşturulmuştur.
2. **Eğim:** Yükseklik verisi kullanılarak ArcGIS ortamında üretilmiştir.
3. **Yerleşim:** Kontrollü sınıflandırma ile sınıflandırılmış görüntülerden maskelenerek çıkarılmıştır. 2013 yılı kentsel alan görüntüsü, 2040 yılı simülasyonu için çekirdek yıl olarak kullanılmıştır.

4. Yol Ağları: 2013 yılına Landsat verisi üzerinden ArcGIS ortamında sayısallaştırılarak elde edilmiştir. Bununla birlikte İstanbul iline ait planlanmış yol haritası da bu katmana dahil edilmiştir.
5. Arazi Kullanımı: Çalışmanın ana konusu kentsel değişim ve gelişim olduğu için genel sınıfları içeren arazi örtüsü/kullanımı katmanı, modele eklenmiştir. Farklı zaman periyotları arasındaki değişim eğilimleri, gelecek dönüşümlerin hesaplanmasında temel girdi olmaktadır.
6. Model Dışı Alanlar: 2013 tarihli güncel uydu görüntüsü ve Çevre Düzeni Planları dikkate alınarak model dışı bırakılacak alanlar (örneğin su yüzeyleri) tespit edilmiştir.

2.3.4. Hücresel Özişleme Yaklaşımı ve Lojistik Regresyon

CA modeller zamandan, uzaydan ve durumdan soyut dinamik modellerdir. Basit bir hücresel otomasyon A , bir kafes sistemi L , bir durum uzayı Q , komşu modeli δ ve lokal bir geçiş fonksiyonu f ile tanımlanır (Adamatzky, 1994).

$$A = L, Q, \delta, f.$$

L deki her bir hücre Q dışında durumdan bağımsız olabilir. Basit durumlarda, yersel sıralamaya göre tek ya da iki boyutlu karesel hücre ya da altıgen plotlar gibi geometrik olarak bağlanabilirler. Hücreler durumlarını zaman basamaklarından ayrı olarak değiştirebilirler. CA genellikle senkronizedir. Örneğin hücreler durumlarını eş zamanlı değiştirirler. Bir hücrenin kaderi, komşusuna ve ilgili geçiş fonksiyonuna bağlıdır. CA'nın basit yapısı olmasına rağmen, oldukça karmaşık sistemlerin modellenmesinde iyi sonuçlar vermektedir (Jackson, 1991; Wolfram, 1984). CA dinamiklerinin detaylı analizi ile sistemde ani ortaya çıkan davranışların ve sayısal kapasitenin anlaşılması sağlanmaktadır. CA modellerinin en önemli avantajları (i) interaktif olmaları (sonuçlar görsel olarak yorumlanabilir ve alansal olarak ölçülebilir), (ii) CBS ortamında kolayca ilişkilendirilebilmeleri, (iii) raster tabanlı konumsal verilerin entegre olabilmeleri ve (iv) çevresel modellerle kolayca ilişkilendirilebilir olmalarıdır.

Lojistik regresyon analizinin kullanım amacı, istatistikte kullanılan diğer model yapılandırma teknikleri ile aynıdır. En az değişkeni kullanarak en iyi uyuma sahip olacak şekilde bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlayabilen bir model kurmaktır (Bircan, 2004). Çalışmada sürekli veriler ile kentsel değişim görüntüsü kullanılarak her bir piksel için kentsel değişim olasılık görüntüsü oluşturulmuştur. LR yönteminde yersel değişkenler arasındaki ağırlıklandırma objektif olarak yapılmaktadır. LR yöntemi genellikle kategorik verileri sınıflandırma ve farklı değişkenler arasında sıralama yapma (ağırlıklandırma) gibi çalışmalarda kullanılmaktadır, ancak geleceğe yönelik kentsel modelleme çalışmalarında henüz yaygın değildir. Bununla birlikte olasılık haritalarının oluşturulması ve değişkenlerin birbirlerine önem decesinin belirlenmesi modellemedeki en önemli basamaklardan biridir. Olasılık haritaları oluşturulduktan sonra, geleceğe yönelik modelleme çalışması için bir CA yazılımına gereksinim duyulmaktadır. Bu kapsamda "Dinamica" yazılımı çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Dinamica, C++ ve Java da yazılmış bir seri algoritmaları da içeren işlemcilerden oluşmaktadır. Her bir işlemci bir süreci içermektedir. Yapılan çalışmalar arasında CBS yardımıyla yapılan konumsal analizler, kalibrasyon ve validasyon işlemlerini de içeren simülasyonlar yer almaktadır.

Logistik Regresyon için SYM, yerleşimden uzaklık, yoldan uzaklık, yükseklik, eğitim değişkenleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. 1986-2013 yılları arasındaki AÖAK değişimi ise bağımlı değişkendir.

3. UYGULAMA

Çalışmanın ana amacı, Türkiye'nin en yoğun yerleşimi olan İstanbul'da kentsel alan kullanım değişimlerini ortaya koymak ve 2040 yılı için potansiyel gelişim alanları tespit edebilmektir. Bu kapsamda 30 m yersel çözünürlüğe sahip 1972, 1986 ve 2013 yıllarına ait Landsat verileri kullanılmıştır. Görüntüler geometrik olarak çakıştırıldıktan sonra piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Sınıflandırmada arazi örtüsü/kullanımı sınıfları olarak orman, tarım, maden alanları, açık alanlar ve yerleşim olmak üzere toplam 5 genel sınıf göz önüne alınmıştır (Şekil 2).

İkinci adım olarak sınıflandırılmış görüntüler, sınıflandırma sonrası değişim analizi yöntemi kullanılarak, 1972-1986 ve 1986-2013 yılları arasındaki değişim nitel ve nicel olarak belirlenmiştir. Çalışmada ana hedef kentsel gelişim olduğundan, tüm arazi sınıflarından yerleşime olan dönüşümler göz önüne alınmıştır (örn; tarımdan yerleşime)(Şekil 3). Sınıflandırma doğruluğu, hata matrisi yardımıyla doğru sınıflanan piksellerin toplam yüzdesi hesaplanarak bulunmuştur. Hata matrisinde sadece köşegenler dikkate alındığı için, ayrıca matristeki tüm elemanları dikkate alan çapraz Kappa istatistik hesaplaması da yapılmıştır. Yer gerçeği verisi olarak Google Earth görüntüleri, hava fotoğrafları, eski tarihli veri setleri, NDVI görüntüleri kullanılmıştır. 1986-2013 yılları için hesaplanan genel sınıflandırma doğruluğu %80 -%90 ve Kappa değeri 0.80-0.85 aralığındadır. 1972 yılına ait görüntünün radyometrik

kalitesinin düşük olması ve bu yıllara ait yer gerçeği verisinin sınırlı olmasından dolayı, 1972 sınıflandırmasında istenilen doğruluk elde edilememiştir. Elde edilen sınıflandırılmış görüntüler Şekil 2'de verilmektedir.

Değişim analizi sonuçlarına göre, şehrin özellikle Avrupa yakası kentin en hızlı gelişen bölgesi olarak tespit edilmiştir. Bu bölgede yer alan mahallelere bakıldığında merkeze yakın ve yapılaşma sürecini tamamlamış yerler dışında, önemli nüfus artışlarının olduğu görülmektedir. Göç, İstanbul'un en büyük problemi olarak hâlâ gündemdedir. Bununla birlikte geleneksel yapı stokunun yap-satçılar ve kooperatifler eliyle yenilenmesi ve mahalle içindeki imarlı yapılaşmanın ve kentsel dönüşüm projelerinin artması bu gelişimi tetiklemektedir. 1972-1986 ve 1986-2013 yılları arasında toplam olarak sırayla 264 km² ve 663 km² alan yerleşime dönüşmüştür. Her iki zaman periyodu için en çok orman alanlarından yerleşime doğru bir dönüşüm olmuştur. 1972-1986 yılları arasında 182 km², 1986-2013 arasında ise 411 km² lik orman alanları yerleşim için kaybedilmiştir. İkinci dikkat çeken değişim ise, 42 km² ve 205 km² ile açık alanlardan yerleşime olan dönüşümdür.

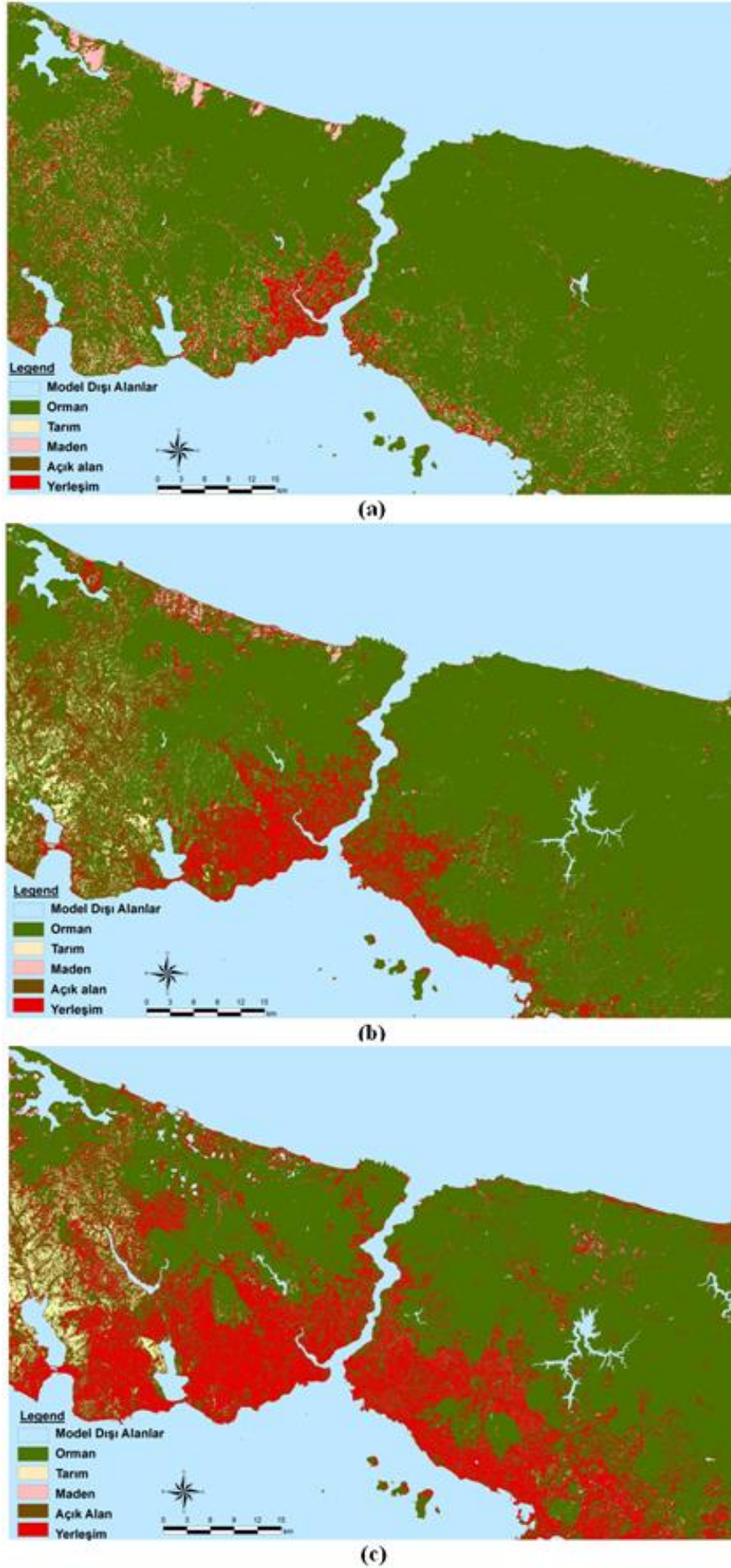
Çalışmanın üçüncü basamağını, model için gereken katmanların hazırlanması oluşturmaktadır. Bu aşamada önemli olan nokta yersel değişkenlerin model için gerekli ağırlık değerlerinin belirlenmesidir. Mesafe görüntüleri yerleşim ve yol için uygulanmıştır. Yerleşim için kent merkezinden değil, kent sınırından olan mesafe görüntüsü dikkate alınmıştır. Farklı değer aralıklarında olan değişkenler aynı değer aralığına Fuzzy yaklaşımı ile getirilmiştir. Bu yaklaşımda her bir Fuzzy seti fonksiyonu değerlendirilerek, bu setlere ait her bir piksel için değerlendirilme yapılır. Sigmoidal, J-shaped ve doğrusal fonksiyonlar değer ölçeğindeki en yüksek ve en düşük değerlerden elde edilen kontrol noktaları ile biçimlendirilirler. İlk nokta, fonksiyonun sıfırdan yükselmeye başladığı alanı temsil etmektedir. İkinci nokta, fonksiyonun 1 değerini aldığı; üçüncü nokta, fonksiyonun yeniden 1 değerinden aşağı doğru düşmeye başladığı ve dördüncü nokta ise fonksiyonun 0 değerine geri döndüğü alandır. The Sigmoidal ("s-shaped") biçim, Fuzzy seti teorilerinde en çok kullanılan fonksiyondur ve kosinüs fonksiyonu kullanılarak üretilmiştir. Çalışmada;

- Yerleşimden uzaklık haritasında maksimum uzaklık 21607 m olarak bulunmuştur. Sigmoidal monoton olarak azalan fonksiyon, şehir uzaklık haritası için kullanılmıştır. Şehirden uzaklaştıkça, hücrelerde gelecekte yerleşime dönüşme olasılığı azalmaktadır. Dolayısıyla en uygun değer 0, en az uygun değer olarak da maksimum mesafe olan 21607 m seçilmiştir.
- Yoldan uzaklık haritasında maksimum uzaklık 25175 m olarak bulunmuştur. Lineer monoton olarak azalan fonksiyon, yol uzaklık haritası için kullanılmıştır. Yoldan uzaklaştıkça yerleşim olma ihtimali azalmaktadır. Dolayısıyla en uygun değer 100 m, en az uygun değer olarak da maksimum mesafe olan 25175 m seçilmiştir.
- SYM yardımı ile hesaplanmış olan eğim haritasında en eğimli alan 64° (derece) olarak bulunmuştur. Sigmoidal monoton olarak azalan fonksiyon kullanılmıştır. Dolayısıyla en uygun değer 0, en az uygun değer olarak da maksimum eğim olan 64° seçilmiştir.
- Yükseklik haritasında en yüksek alan 532 m olarak bulunmuştur. Yerleşim için Sigmoidal monoton olarak azalan fonksiyonu kullanılmıştır. Şehir için en uygun değer 0 m, en az uygun değer olarak da maksimum yükseklik olan 532 m seçilmiştir.

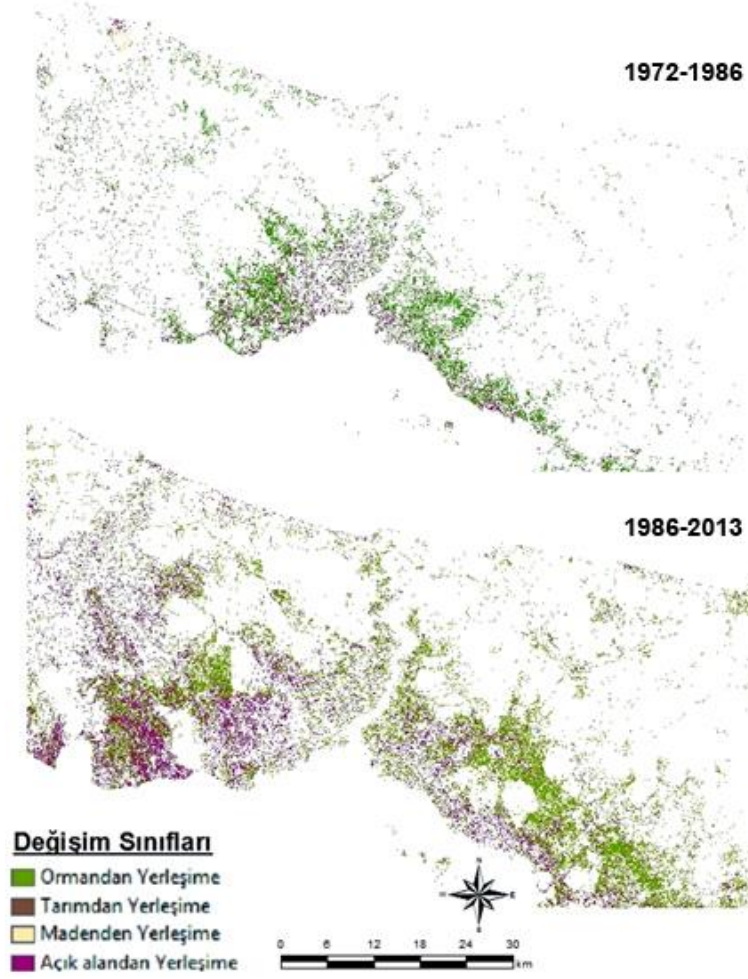
Yersel değişkenler aynı değer aralığına getirildikten sonra (0-1) LR uygulanarak, kentsel dönüşüm olasılık haritaları oluşturulmuştur. Aşağıda belirtilen değişimler dikkate alınarak, yersel değişkenler bağımsız değişken, değişimin kendisi ise bağımlı değişken olarak regresyona girilmiştir.

- 1: Ormandan yerleşime olan değişim,
- 2: Tarımdan yerleşime olan değişim,
- 3: Maden alanlarından yerleşime olan değişim,
- 4: Açık alanlardan yerleşime olan değişim.

LR, her bir belirlenen değişim için, yersel değişkenlerin yerleşime olan dönüşüm olasılığını hesaplamaktadır. Maden alanları 2013 AÖAK kullanımı haritasında ihmal edilecek kadar küçük bir alan kapladığı için yerleşim sınıfına dahil edilmiş ve olasılık hesaplamasının dışında bırakılmıştır (Şekil 3). 1972 yılı, değişim analizinde kullanılmış fakat modele dahil edilmemiştir. Bunun nedeni ise, bu tarihe ait sınıflandırılmış görüntüsünün beklenen doğrulukta elde edilememesi ve eski yıllara ait yer gerçeği verisinin olmamasıdır. 2040 yılı modelleme çalışması, 1986-2013 yılları temel alınarak yapılmıştır.



Şekil 2. 1972 (a), 1986 (b) ve 2013 (c) yıllarına ait AÖAK haritaları.

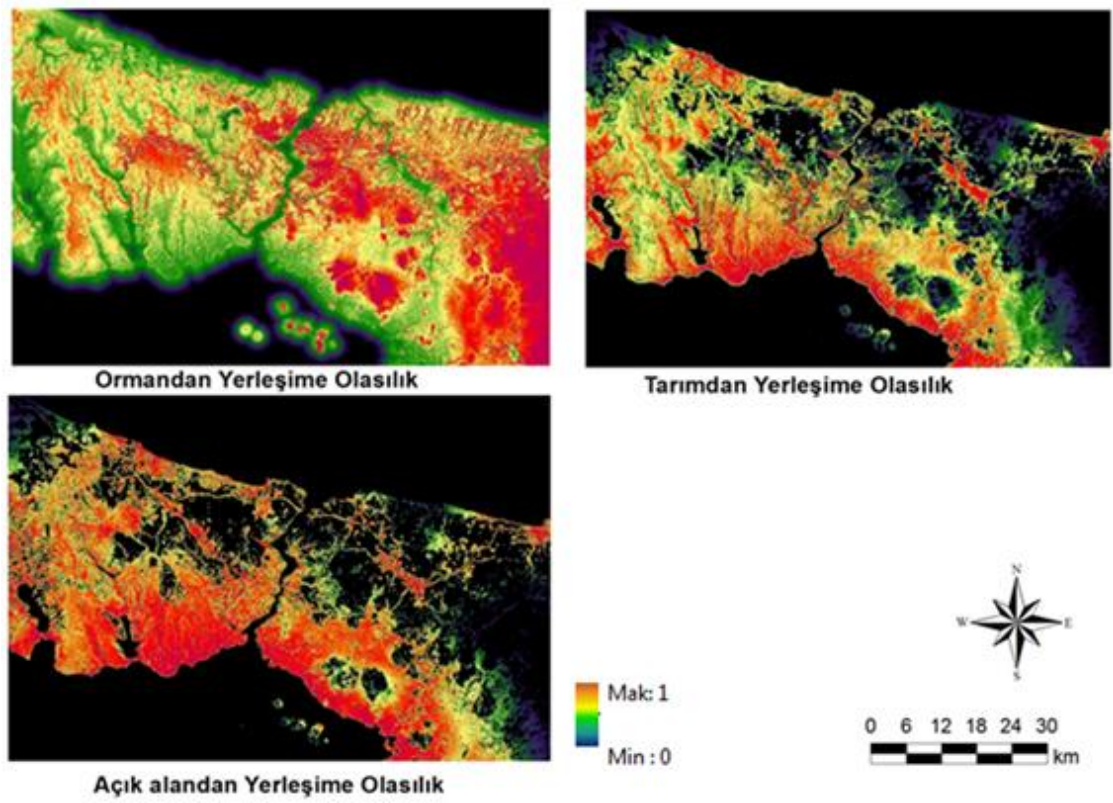


Şekil 3. Değişim saptama analizi (1972-1986 ve 1986-2013) sonuç görüntüleri.

1987-2013 yılları için hazırlanan kentsel olasılık haritası (Şekil 4) sonucunda alıcı işletim karakteristiği (ROC) değerleri elde edilmiştir. Alıcı işletim karakteristiği (Receiver Operating Characteric - ROC) ya da sade biçimde ROC eğrisi yapılan tahminlerin sonuçlarını değerlendirmede kullanılan yararlı bir araçtır. Bir ROC eğrisi, farklı eşik değerleri için dikey eksen üzerinde doğru pozitiflik (duyarlılık) ve yatay eksen üzerinde yanlış pozitiflik (1- özgüllük) oranlarının gösterildiği bir eğridir. ROC eğrisi üzerindeki her nokta, farklı eşik değerlerine karşılık gelen duyarlılık ve 1- özgüllük değerlerini ortaya koyar. Genelde düşük yanlış pozitiflik oranlarını veren eşik değerleri, düşük doğru pozitiflik oranına da sahiptir. Doğru pozitiflik oranı arttıkça, yanlış pozitiflik oranı da artar (Zweih ve Campbell, 1993; Obuchowski ve Mcclish, 1997; Van Erkel ve Pattynama, 1998; Dirican, 2001). ROC altında kalan alan, etkinlik düzeyine bağlı olarak 0.50 ile 1.00 arasında değerler almaktadır. Bu alan 0.975 ve daha üzerinde ise mükemmel sayılmaktadır. Çalışmada 1986-2013 periyodu için 0.7640 ROC değeri elde edilmiştir (Çizelge 1).

Olasılık haritaları, 2040 simülasyonu için "Dinamica" yazılımına entegre edilmiştir. Dinamica EGO, CA uygulamalarında iki tamamlayıcı geçiş fonksiyonu kullanır: "Expander" ve "Patcher". Bu işlemciler değişimin konumsal örneklerini yeniden oluşturur. İlk işlem, belli bir sınıftaki geçmiş yıllara ait parçaların (patch) genişlemesini ya da küçülmesini ele alır. Fakat ikinci işlem, girilen çekirdek görüntüye göre yeni parçalar oluşturmaya çalışır. Patcher, seçilmiş bir lokasyon çevresinde geçişler için hücreler araştırır. Bu işlem ilk olarak yeni parçada bir merkez hücre seçilmesiyle başlar. Daha sonra geçiş olasılıkları fonksiyonlarına göre merkez hücre etrafından diğer hücreler seçilir.

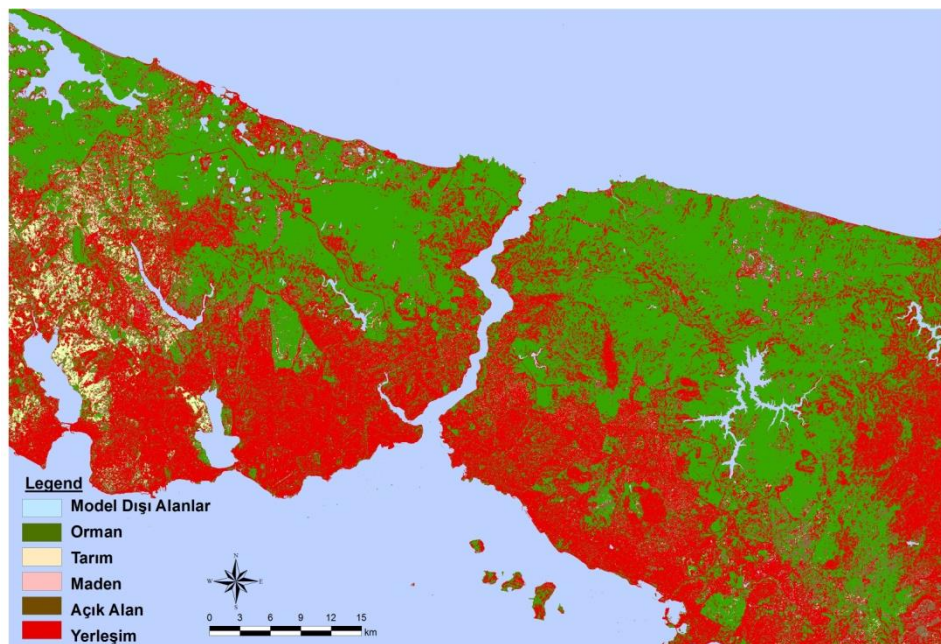
Patcher ve expander işlemcilerinde dikkat edilmesi gereken bir nokta, ortalama parça büyüklüğü (mean patch size), parça büyüklüğü varyansı (patch size variance) ve parça izometrisinin belirlenmesidir. Parça izometrisi 0-2 arasında değişmektedir. Bu sayının artması daha fazla izometrik form oluşumuna neden olmaktadır. Değişen parçaların büyüklüğü lognormal olasılık dağılımına göre ayarlanır. Bu nedenle oluşturulacak olan parçaların ortalaması ve varyansının tanımlanması gerekmektedir. Görüntülerin yersel çözünürlüğü ortalama ve varyans değerlerin belirlenmesinde belirleyicidir. Çalışmada ortalama parça büyüklüğü (mean patch size) 0.36, parça büyüklüğü varyansı 0.72 (patch size variance) ve parça izometrisine ait değerler 1,5 olarak verilmiştir. 2040 yılına ait potansiyel gelişim haritası Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Kentsel dönüşüm olasılık görüntüleri.

Çizelge 1. Lojistik regresyon istatistikleri.

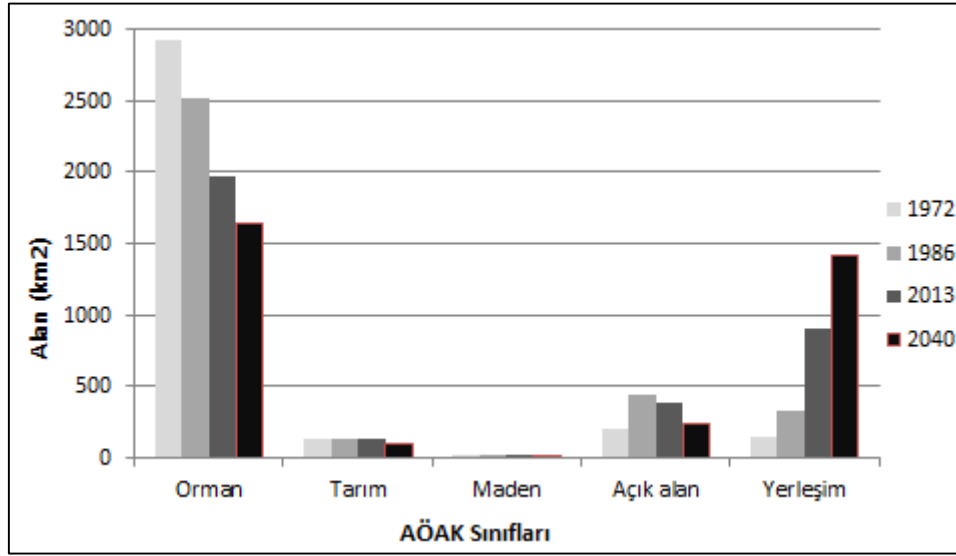
Regresyon istatistikleri (1986-2013)			
Gözlenen	Fitted 0	Fitted 1	Doğruluk (%)
0	540515	15268	97.2529
1	15080	55858	78.7420
ROC			0.7640



Şekil 5. 2040 yılı için potansiyel gelişim alanları.

Modelin doğruluğunu birinci derecede etkileyen faktör, olasılık görüntülerini hesaplamadaki başarısıdır. Her bir yaklaşım, tanımlanan yersel değişkenler arasındaki ağırlıklandırmayı kendi yeteneği dahilinde belirlemektedir. LR yöntemi ile ağırlıklar objektif olarak belirlenmekte ve her bir değişken için katsayı değerleri hesaplanmaktadır. Çalışmada sürekli veriler ile kentsel değişim görüntüsü kullanılarak her bir piksel için kentsel değişim olasılık görüntüsü oluşturulmuştur. Kentsel değişim olasılık görüntüleri hesaplanırken, belli dönüşümler dikkate alınmıştır. Her iki yöntemde de, her bir dönüşüm ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Lojistik regresyon kentsel gelişim olasılık tahmininde 0.7640 ROC değeri elde edilmiştir. Bu değer gözlemlenen ve modellenen değişim arasındaki korelasyon değerinin iyi olduğu göstermektedir.

2040 yılı kentsel gelişim olasılık haritasında en dikkat çeken alan, şehrin kuzeybatısı ve güneydoğusundaki büyümelerdir. Mevcut değişim eğilimleri dikkate alındığında 2040 yılında yaklaşık olarak 513 km²'lik bir alanın yerleşime açılacağı öngörülmektedir. Model sonuçları, yeni yerleşim alanlarının yine orman arazilerinden dönüşüm (327 km²'lik bir orman arazinin dönüşümü beklenmektedir) ile elde edileceği yönündedir. Tarım alanlarında büyük bir değişim beklenmemektedir (Şekil 6). Üçüncü köprü ve havalimanı gibi son dönem planlama kararları da modele entegre edilmiştir. Söz konusu projelerin belli bir miktar değişimi tetikleyeceği öngörülse de, çarpıcı bir değişim belirlenmemiştir.



Şekil 6. 1972-2040 yılları arası AÖAK değişim miktarları.

4. SONUÇLAR

Çalışmada İstanbul'un 1972-2040 yılları arasındaki 68 yıllık kentsel arazi kullanımı değişimi ve gelişiminin analizi hedeflenmiş ve bu amaca yönelik CA tabanlı LR modeli şehir gelişiminin modellenmesinde tercih edilmiştir. Model, uzaktan algılanmış veri setlerinden elde edilen zaman serileri kullanılarak kalibre edilmiş ve geçmiş değişim eğilimleri dikkate alınarak, 2040 yılına ait projeksiyon yapılmıştır. Özellikle son 27 yılda çalışma alanında önemli kentsel arazi örtüsü değişimleri olmuştur. En çarpıcı değişim orman alanları üzerinde gerçekleşmiş ve gelecekte de bu eğilimin devam edeceği öngörülmektedir.

İstanbul'da oluşan demografik hareketlilik, ülkenin benzer durumdaki diğer kentleri ile karşılaştırıldığında oldukça yoğun ve etkili olmaktadır. Göç olgusu, kentin fiziksel büyümesinde denetimi zor bir biçimlenmenin oluşumuna yol açmaktadır. Artan nüfusun konut gereksinimi, kent çevresinde gecekondu bölgeleri yaratmakta, bu ise kentsel yayılımı sürekli bir şekilde tetiklemektedir. Uzaktan algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve konumsal modelleme entegrasyonu, değişimin ve gelişimin nitelik ve nicelik olarak belirlenmesinde güvenilir ve objektif bir araçtır. Bu çalışmada da görüldüğü gibi gelecek simülasyonları(modeller) ile üretilen geleceğe yönelik yönetim senaryoları ile bu alternatiflerin potansiyel sonuçları, karar verici mekanizmalara şehir planlamasında yardımcı olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adamatzky, A.**, 1994. Identification of Cellular Automata. Taylor and Francis, London.
- Atlas Dergisi**, 2008. İstanbul Boğazı, Sayı 180, s.106, İstanbul: Doğan Burda.
- Bircan, H.**, 2004. Lojistik Regresyon Analizi: Tıp Verileri Üzerine Bir Uygulama, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2, 185-208.
- Clarke, K., 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.
- Dirican A.** 2001. Tanı testi performansının değerlendirilmesi ve kıyaslanması. Cerrahpaşa Tıp Dergisi. 32, 25-30.
- Eastman, R. J.**, 2001. Idrisi32 Release 2 Guide to GIS and Image Processing Volume 2. Clark Labs. United States of America.
- Jackson, E.A.**, 1991. Perspective of Non-Linear Dynamics 2. Cambridge University Press.
- Obuchowski N.A., Mcclish D.**, 1997. Sample size determination for diagnostic accuracy studies involving binormal ROC curve indices. Stat Med. 16, 1529-1542.
- 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, 37-52.
- Tekinsoy, P., Aksaray, N., Yıldız, Y., Kandırmaz, M., Peştamalci, V.**, 2003. CBS'nin Çukuroca Üniversitesi Kampus alanına Uygulanması, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 31 Mart-4 Nisan 2003, Ankara.
- Torrens, P. M., O'Sullivan, D.**, 2001. Cellular automata and urban simulation: where do we go from here? Environment and Planning B: Planning and Design, 28, 163 168.
- Turner, M.G.**, 1987. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: A comparison of 3 transition models. Landscape Ecology, 1, 29-36.
- Van Erkel A.R., Pattynama P.M.T.**, 1998. Receiver operating characteristic (ROC) analysis: basic principles and applications in radiology. Eur J Radiol. 27, 88-94.
- Wang, Y., Zhang, X.**, 2001. A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes. Ecological Modeling, 140, 141-162.
- Wolfram, S.**, 1984. Universality and Complexity in Cellular Automata. Physica D, 10, 1-35.
- Zweih M.H., Campbell G.**, 1993. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. Clin Chem.39,561-577.