



**Ahmet Dođukan Yazıcı**

Erzincan University, dogukanyazici34@gmail.com, Erzincan-Turkey

**Derya Öztürk**

Ondokuz Mayıs University, dozturk@omu.edu.tr, Samsun-Turkey

**İsmail Ercüment Ayazlı**

Cumhuriyet University, eayazli@cumhuriyet.edu.tr, Sivas-Turkey

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.4.4A0061">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.4.4A0061</a>	
ORCID ID	0000-0001-8120-597X	0000-0002-0684-3127
	0000-0003-0782-5366	
CORRESPONDING AUTHOR	Ahmet Dođukan Yazıcı	

**TOKAT İLİNDE KENTSEL BÜYÜMENİN SLEUTH MODELİ İLE SİMÜLASYONU**

**ÖZ**

Bu çalışmada, Tokat şehrinin 2030 yılı için kentsel büyüme simülasyonu Hücresel Otomat tabanlı SLEUTH modeli ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 1987, 1998, 2007, 2014 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri, 2012 ve 2016 yıllarına ait ulaşım verileri, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve güncel imar planı kullanılmıştır. Veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında hazırlanmış ve simülasyon CBS destekli yürütülmüştür. Gerçekleştirilen simülasyon sonucunda, 2014-2030 yılları arasında kentsel alanların 20.03km<sup>2</sup> artacağı, 17.38km<sup>2</sup>'lik kent dışı-tarım arazisinin ve 2.54km<sup>2</sup>'lik orman arazisinin kent alanına dönüşebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda, çevresel, sosyal ve ekonomik olarak büyük öneme sahip olan doğal yapının korunması ve kentsel planlamanın gerçekleştirilmesinde CBS tabanlı simülasyon modelinin önemli bir yere sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel Büyüme, SLEUTH, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Tokat

**SIMULATION OF URBAN GROWTH WITH SLEUTH MODEL IN TOKAT**

**ABSTRACT**

In this study, the urban growth simulation of the city of Tokat in 2030 was carried out with the Cellular Automata based SLEUTH model. Landsat satellite images for the years 1987, 1998, 2007 and 2014, transportation data for 2012 and 2016, digital elevation model (SYM) and current development plan were used in the study. As a result of the simulation, it is determined that urban areas will be increased by 20,03 km<sup>2</sup>, 17,38 km<sup>2</sup> of non-urban-agricultural land and 2,54 km<sup>2</sup> of forest land will be transformed into urban areas between 2014 and 2030. In this context, it has been determined that GIS-based simulation model shave an important place in the conservation of the natural structure which has a great environmental, social and economic importance and realization of urban planning.

**Keywords:** Urban Growth, SLEUTH, Geographic Information System, Tokat

**How to Cite:**

Yazıcı, A.D., Öztürk, D. ve Ayazlı, E.İ., (2018). Tokat İlinde Kentsel Büyümenin Sleuth Modeli İle Simülasyonu, **Nature Sciences (NWSANS)**, 13(4):71-79, DOI: 10.12739/NWSA.2018.13.4.4A0061.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyadaki mevcut hızlı kentleşme sürecinin sonucunda, kentsel alanlar büyümekte ve buna bağlı olarak yönetim birimleri üzerinde oluşan baskı artmaktadır. Kırsal alanlardan kentsel alanlara gerçekleşen nüfus göçü, bölgesel dengesizlikten kaynaklanan ve kontrolsüz kentsel büyümeye neden olan en önemli kentsel sorunlardan biri olmuştur. Kontrolsüz kentsel büyümenin sonuçları çevresel sorunlar ve sosyal, ekonomik ve fiziksel sorunlarla sonuçlanan gayri resmi yerleşimlerin oluşmasıdır [1]. Düzensiz düşük yoğunluklu kentsel büyüme (özellikle yayılma biçiminde) doğal bitki örtüsünün ve açık alanların kaybedilmesi, doğal yaşam alanlarının bozulması, geçirimsiz yüzeylerin artması gibi çeşitli çevresel ve sosyal problemler üretmektedir. Bu tür büyüme, doğal kaynakların tükenmesi ve çevresel bozulmanın önemli bir nedeni olarak gösterilmektedir. Bu nedenle; sürdürülebilirlik için bir engel olmasının yanı sıra politikacılar ve kamuoyu için de bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentsel büyümede etkili kontrol politikaları ve yönetim planları hazırlamak için ilgili makamlar, kentsel büyümeyi etkileyen fiziki, sosyo-ekonomik ve kültürel faaliyetler de dahil olmak üzere kent büyümesinin mekansal-zamansal boyutlarını anlamalıdır. Kentsel büyümenin modellenmesi, bu boyutlar hakkında yeni bilgiler sunulmasının yanı sıra veri yapıları, tahminler ve perspektifler hakkında bilgi sağlama konusunda da yardımcı olur. Bu nedenle kentsel büyüme modelleri kentsel genişleme sürecini anlamak ve çevresel etkileri değerlendirmek için yararlı araçlardır. Ayrıca, gelecek planların oluşturulmasında yaşamsal öneme sahiptirler [2].

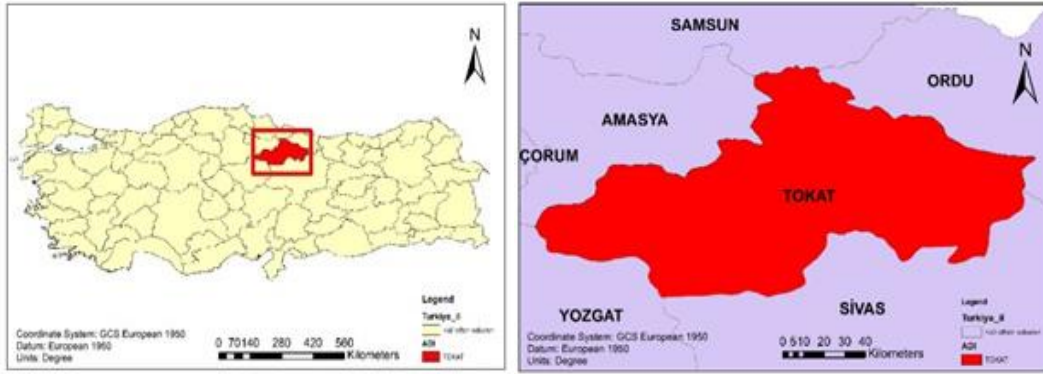
## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Gelişmiş toplumlarda analitik yaklaşımlarla daha gerçekçi ve sürdürülebilir bir planlamanın gerçekleştirimi önemli hedefler arasındadır. Teknolojideki gelişmeler sürdürülebilir planların oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde, önemli araçların geliştirilmesine vesile olmaktadır. Bu kapsamda Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve simülasyon modelleri, çalışmaların doğruluğunu arttıran güncel ve önemli teknikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Uzaktan Algılama veri elde edilmesi noktasında çok büyük yararlar sağlamaktadır. Özellikle hızlı gelişen kentlerde, halihazırdaki durum, kentsel dokular ve ulaşım sistemlerine ait güvenilir ve güncel verilerin her zaman elde bulunmaması nedeniyle yeniden yapılanma süreci için gerekli analizlerin gerçekleştirimi genellikle mümkün olamamaktadır. Uzaktan Algılama ile amaca yönelik olarak çeşitli çözünürlük düzeylerinde ve istenilen zamana ait veri elde edilebilmesi ile güncel veri gereksinimi karşılanabilmektedir. CBS ise güçlü analiz yetenekleriyle gerek mevcut durumun incelenmesi gerekse planlama çalışmaları açısından önemli araçlar sunmaktadır. Artan nüfus ve yeni yerleşim alanlarına duyulan ihtiyaç, ulaşım ve kent planlarının daha iyi yapılması adına kentsel büyüme modellerinin geliştirilmesinde de oldukça etkili olmuştur. Günümüzde kentsel büyüme ve arazi kullanımı/örtüsü değişimlerinin modellenmesinde Hücreli Otomat (HO), Yapay Sinir Ağları, Markov Zincirleri, Çok Ajanlı Sistemler gibi çok sayıda simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bununla birlikte farklı simülasyon tekniklerinin birleştirildiği yaklaşımlar da giderek artmaktadır. Bu entegre yaklaşımlardan biri olan SLEUTH, model parametrelerinin Monte Carlo (M-C) yöntemine göre belirlendiği HO tabanlı bir simülasyon tekniğidir. Bu çalışmada Tokat şehrindeki zamansal değişimler dikkate alınarak 2030 yılı için kentsel alanların ve arazi kullanım durumlarının SLEUTH modeli ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda geçmiş yıllara ait ve güncel durumu yansıtan veriler ile 2030 yılına kadar geçebilecek kent yerleşim

alanı miktarına ulaşılmış ve zaman içerisinde yerleşim alanına dönüşecek olan alanlar belirlenmiştir.

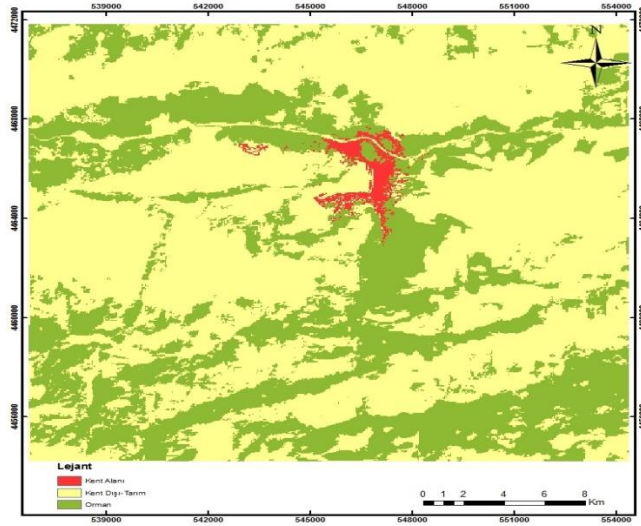
### 3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Tokat ili Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesi'nde 39°51'-40°55' kuzey enlemleri ile 35°27'-37°39' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kent kuzeyinde Samsun ve Ordu, güneyinde Sivas ve Yozgat, doğusunda Sivas, Erzincan ve Ordu, batısında Amasya kenti ile çevrilidir (Şekil 1). Tokat ilinin yüzölçümü 9.958km<sup>2</sup> olup denizden yüksekliği 650m'dir. Tokat ili Akdağ ve Çamlıbel Dağları'nın oluşturduğu vadiler arasında yüksekliği 118 ile 2870m arasında değişen konumdadır [3]. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre Tokat şehrinde 1990 yılı nüfus sayımı sonuçlarında şehir merkezi nüfusu 83.058 kişi iken bu değer 2000 yılında 113.100, 2016 yılında ise 158.471'e ulaşmıştır.

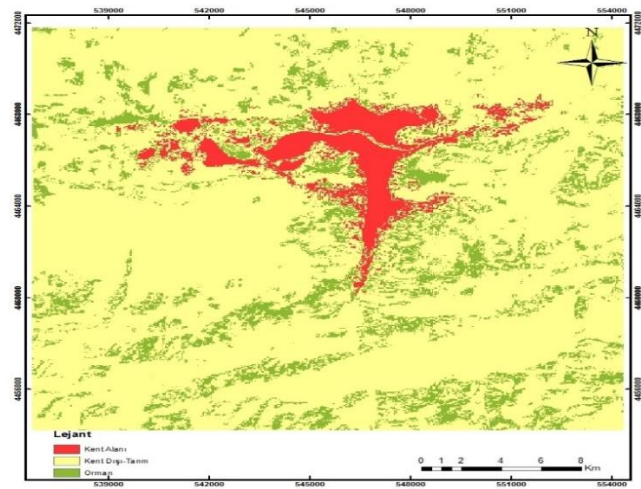


Şekil 1. Tokat ilinin lokasyon haritası  
(Figure 1. Location map of Tokat province)

SLEUTH, kentleşmenin neden olduğu kentsel büyümeyi simüle etmek ve diğer arazi kullanım değişikliklerini belirlemek amacıyla kullanılan bir modeldir [4]. Model iki dahili modelden oluşmaktadır. Birincisi çalışma alanının kentsel büyümesini simüle etmek için kullanılan Clarke Urban Growth Model (UGM), ikincisi ise kent dışı arazi sınıf geçişlerini modellemek amacıyla kullanılan Land Cover Deltatron Model (LCD)'dir. SLEUTH'un uygulaması üç aşamadan oluşur. Bunlar test, kalibrasyon ve kestirim aşamalarıdır [5]. SLEUTH modelin ismi, kentsel büyüme modelini kalibre etmek ve tahminde bulunmak için gerekli olan verilerin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu veriler Slope (Eğim), Land Use (Arazi Kullanımı), Exclusion (Harici Bölgeler), Urban (Kent Alanları), Transportation (Ulaşım), Hillshade (Gölgeli Kabartma Verisi) verileridir [6]. Bu çalışmada, simülasyonda kullanılan Tokat şehrinin 1987 ve 2014 yıllarındaki arazi kullanım durumu, ilgili yıllara ait uydu görüntülerinin Iso Cluster yöntemiyle sınıflandırılması sonucunda elde edilmiştir. Sınıflandırma işleminde 1987 yılı Landsat TM görüntüsü için 39 sınıf elde edilmiş ve bu sınıflar kentsel alan, kent dışı alan ve orman alanları şeklinde gruplandırılarak kategorilendirilmiştir (Şekil 2). Benzer şekilde 2014 yılına ait Landsat 8 OLI uydu görüntüsü sınıflandırıldığında 30 sınıf elde edilmiş ve bu sınıflar da kentsel alan, kent dışı alan ve orman alanları şeklinde kategorilendirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. 1987 yılına ait arazi kullanımı haritası  
(Figure 2. Land use map of 1987)



Şekil 3. 2014 yılına ait arazi kullanımı haritası  
(Figure 3. Land use map of 2014)

Kentsel alanlar 1987, 1998, 2007 ve 2014 yılları için belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle 1987 ve 2014 yılı için gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarından sadece kentsel alanlar ayrılmıştır. 1998 ve 2007 yılları için de yine Iso Cluster yöntemiyle sınıflandırma yapılmış ve kentsel alanlar belirlenmiştir. 1998 yılı için uydu görüntüsü 35 farklı sınıfa ayrılmış olup, bu görüntü tekrar sınıflandırılarak kent yerleşim alanları elde edilmiştir. 2007 uydu görüntüsü ise 38 farklı sınıfa ayrılmış ve bu görüntü de tekrar sınıflandırılarak kent yerleşim alanları elde edilmiştir. Eğim ve gölgeli kabartma verileri CBS ortamında 30 metre piksel boyutlu ASTER GDEM verisinden elde edilmiştir. Harici bölge verisinin hazırlanmasında 2014 yılına ait imar planından yararlanılmıştır. Vektör veri formatında olan imar planı CBS ortamında 10 metre piksel boyutlu raster veriye dönüştürülmüştür. Kent Bilgi Sistemi'nden vektör veri formatında temin edilen ulaşım verileri CBS ortamında 10 metre piksel boyutlu raster formatına dönüştürülmüştür. Hazırlanan arazi kullanımı, yerleşim alanları, harici bölge, eğim, gölgeli kabartma ve

ulaşım verileri SLEUTH yazılımında girdi verileri olarak kullanılmak üzere 50, 100, 200 metre piksel boyutlarına örneklenerek yazılımın kabul ettiği isimlerle adlandırılmış ve sisteme dahil edilmiştir. SLEUTH yazılımında simülasyon sırasıyla test, kalibrasyon ve kestirim olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Tokat şehri SLEUTH model ile kentsel büyüme simülasyonunun test, kalibrasyon ve kestirim aşamalarına ilişkin bilgiler aşağıda yer almaktadır. Test aşamasında, simülasyon modeli için hazırlanan ve simülasyon standartlarına göre düzenlenmiş olan senaryo dosyasının uygunluğu test edilmiştir. Test sonucunda girdi verileri ve senaryo dosyasının kalibrasyon aşaması için uygun olduğu belirlenmiştir. Kalibrasyon aşaması, kentsel büyüme simülasyonu için gerekli büyüme katsayılarının hesaplandığı ve sonucunda en uygun katsayının belirlendiği aşamadır. Kalibrasyon aşaması ilk kalibrasyon (coarse), hassas kalibrasyon (fine), son kalibrasyon (final) ve tahmin (forecasting) olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır. Brute Force Calibration (BFC) yöntemine göre hesaplanan bu katsayılar 0 ile 100 arasında bir değer almaktadır. Kalibrasyon boyunca katsayı değerleri daraltılmış ve kestirim aşaması için en uygun değerler belirlenmiştir. Bu işlemler M-C iterasyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk kalibrasyon aşaması, test aşamasından sonraki aşamadır. Bu aşamada kullanılan veriler piksel boyutu 200 metre olan verilerdir. İlk kalibrasyonda kullanılan büyüme katsayıları için aralıklar başlangıç (start) için 0, hesap adımı (step) için 25, bitiş (stop) için 100 değeri seçilmiştir. M-C iterasyon sayısı 5 olarak seçilmiştir. Hassas kalibrasyon için katsayı aralıkları, 2 saat 8 dakika 22 saniye süren ilk kalibrasyon aşaması sonucunda elde edilen control\_stats.log dosyasından Lee-Salee ölçütüne göre en yüksek üç değer seçilerek belirlenmiştir. Bu aralıklarla ilgili bilgiler Tablo 1 ve 2'de yer almaktadır.

Tablo 1. İlk kalibrasyon sonucu elde edilen katsayılar  
(Table 1. Coefficients obtained after the first calibration)

Lee-Salee	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
0.35014	1	1	50	50	75
0.34683	1	1	50	25	1
0.34683	1	1	50	25	75
Piksel Boyutu:200m	M-C İterasyon Sayısı:5				

Tablo 2. İlk kalibrasyon sonucu seçilen katsayı aralıkları  
(Table 2. The first calibration result is selected coefficient ranges)

Katsayı	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
Start	0	0	50	25	0
Step	5	5	5	5	15
Stop	20	20	75	75	75

İlk kalibrasyon aşamasından sonraki aşama hassas kalibrasyon aşamasıdır. Bu aşamada kullanılan veriler piksel boyutu 100 metre olan verilerdir. Simülasyonda M-C iterasyon sayısı 8 olarak seçilmiştir. İlk kalibrasyon sonucuna göre belirlenen büyüme katsayı aralıklarının kullanıldığı bu aşama 20 saat 50 dakika 34 saniye sürmüştür. Son kalibrasyon için katsayı aralıkları, hassas kalibrasyon sonucunda elde edilen control\_stats.log dosyasından Lee-Salee ölçütüne göre en yüksek üç değer seçilerek belirlenmiştir. Bu aralıklarla ilgili bilgiler Tablo 3 ve 4'te yer almaktadır.

Tablo 3. Hassas kalibrasyon sonucu elde edilen katsayılar  
(Table 3. The coefficients obtained after the precise calibration)

Lee-Salee	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
0.37014	1	1	60	25	45
0.36926	1	1	50	25	45
0.36771	1	1	50	30	1
Piksel Boyutu:100m	M-C İterasyon Sayısı:8				

Tablo 4. Hassas kalibrasyon sonucu seçilen katsayı aralıkları  
(Table 4. Precise calibration resultant coefficient ranges)

Katsayı	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
Start	0	0	50	25	0
Step	1	1	2	1	9
Stop	5	5	60	30	45

Hassas kalibrasyon aşamasından sonraki aşama son kalibrasyon aşamasıdır. Bu aşamada 50 metre piksel boyutlu veriler kullanılmıştır. Simülasyonda M-C iterasyon sayısı 10 olarak seçilmiştir. Hassas kalibrasyon sonucuna göre belirlenen büyüme katsayı aralıklarının kullanıldığı bu aşama 73 saat 45 dakika sürmüştür. Tahmin aşaması için katsayı aralıkları, son kalibrasyon sonucunda elde edilen control\_stats.log dosyasından Lee-Salee ölçütüne göre en yüksek değer seçilerek belirlenmiştir. Bu aralıklarla ilgili bilgiler Tablo 5 ve 6'da yer almaktadır.

Tablo 5. Son kalibrasyon sonucu elde edilen katsayılar  
(Table 5. Coefficients obtained from the last calibration)

Lee-Salee	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
0.37429	1	5	60	28	45
Piksel Boyutu:50m	M-C İterasyon Sayısı:10				

Tablo 6. Son kalibrasyon sonucu seçilen katsayı aralıkları  
(Table 6. The final calibration result is the selected coefficient ranges)

Katsayı	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
Start	1	5	60	28	45
Step	1	1	1	1	1
Stop	1	5	60	28	45

Son kalibrasyon aşamasından sonraki aşama olan tahmin aşamasında 50 metre piksel boyutlu girdi verileri kullanılmıştır. Bu aşamada M-C iterasyon sayısı 100 olarak belirlenmiştir. Tahmin aşaması 3 dakika 20 saniye sürmüştür. Kestirim aşaması için katsayı aralıkları, tahmin sonucunda elde edilen avi.log dosyasından 2014 yılına ait değerler seçilerek belirlenmiştir. Bu aralıklarla ilgili bilgiler Tablo 7 ve 8'de yer almaktadır.

Tablo 7. Tahmin sonucu elde edilen katsayılar  
(Table 7. Coefficients obtained after estimation)

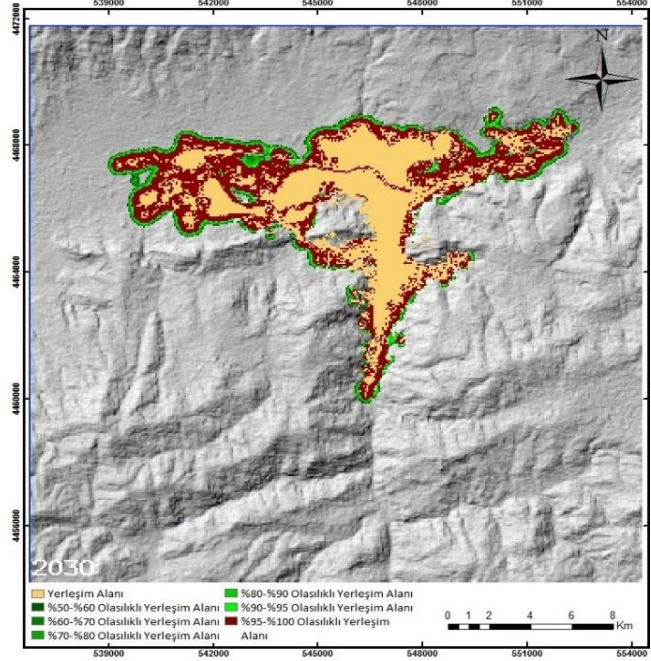
Yıl	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
2014	1.3	6.48	77.72	19.92	46.11
Piksel Boyutu:50m	M-C İterasyon Sayısı:100				



Tablo 8. Tahmin sonucu seçilen katsayı aralıkları  
(Table 8. Estimated resultant coefficient ranges)

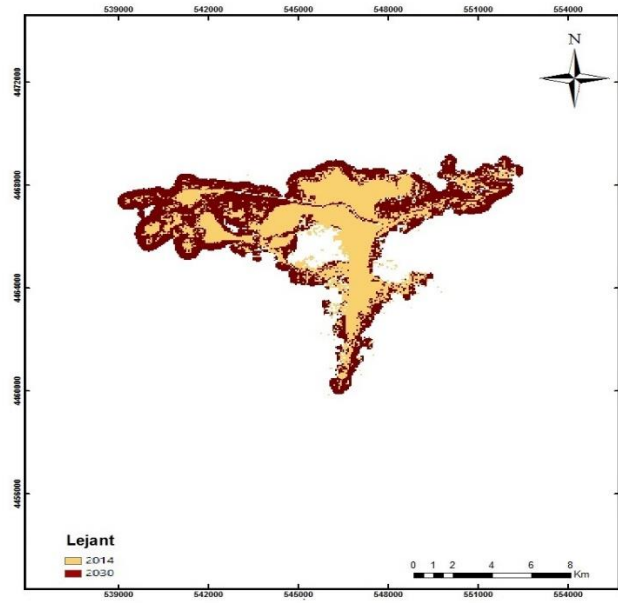
Katsayı	Diffusion	Breed	Spread	Slope	Road Grav.
Değerler	1	6	78	17	46

2030 yılına ait kentsel büyüme simülasyon verisinin oluşturulduğu aşama kestirim aşamasıdır. Kestirim aşaması 2 dakika 5 saniye sürmüştür. Kestirim sonucunda elde edilen veriye göre; sarı renkle gösterilen bölüm mevcut yerleşme alanlarını, kahverengi ile gösterilen bölüm %95-100 olasılıklı yerleşmeyi, yeşil ile gösterilen bölümlerde %50-90 arası olasılıklı yerleşmeyi, gri bölümler de yerleşim alanının olmayacağı alanları ifade etmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Tokat şehri için 2030 yılında beklenen kentsel büyüme  
(Figure 4. Expected urban growth for Tokat city in 2030)

2030 yılı için gerçekleştirilen simülasyon sonucunda 2014 yılında 18.93km<sup>2</sup> olan yerleşim alanlarının 2030 yılında 38.96 m<sup>2</sup>'ye ulaşabileceği sonucu varılmıştır (Şekil 5). Bu artışın genel olarak Yeşilirmak çevresinde ve doğu-batı doğrultusunda oluşacağı belirlenmiştir. Ayrıca 17.38km<sup>2</sup> kent dışı-tarım alanının ve 2.54km<sup>2</sup> orman alanının yerleşim alanlarına dönüşebileceği tespit edilmiştir. Eğimin fazla olduğu Sivas yolu üzerinde ise kentsel büyümenin daha düşük oranda olacağı tespit edilmiştir.



Şekil 5. 2014-2030 yıllarındaki kentsel büyüme  
(Figure 5. Urban growth in 2014-2030)

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Dünya üzerinde sürekli olarak artan nüfus sosyal, ekonomik ve çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların ve etkilerinin minimum seviyede tutulması geleceğin iyi planlamasıyla mümkün olacaktır. Bu bağlamda kentsel büyüme için simülasyon modellerinin kullanılması planlama açısından etkin çözümlerin üretilmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada Tokat şehrinin 2030 yılı için kentsel büyüme simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyon HO tabanlı SLEUTH model kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda 2014-2030 periyodunda kentsel alanların  $20.03\text{km}^2$  artacağı ve bu artış gerçekleşirken  $17.38\text{km}^2$ 'lik kent dışı-tarım arazisinin ve  $2.54\text{km}^2$ 'lik orman arazisinin kentsel kullanıma dönüşebileceği tespit edilmiştir. Çalışmanın neticesinde kentsel büyüme simülasyonu için gerekli olan verilerin elde edilmesinde uzaktan algılamanın etkin olarak kullanılabilmesi, CBS'nin analiz gücü ve SLEUTH simülasyon modelinin kullanımı ile de gelecekte oluşabilecek muhtemel değişimlerin tespit edilerek kentsel büyümeden dolayı tahrip olma tehlikesi olan doğal alanların belirlenebileceği, dolayısıyla da kentsel planlama, doğal kaynakların korunması, yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından yönlendirici olabilecek bulguların elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

##### NOT (NOTICE)

Bu çalışma 11-13 Nisan 2018 tarihinde Türkiye-Antalya'da düzenlenen "1st International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (ISAS 2018)" sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

##### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Mohammadi, M., Sahebgharant, A., and Malekipour, E., (2013). Urban Growth Simulation Through Cellular Automata (CA), Analytic Hierarchy Process (AHP) and GIS; Case Study of 8th and 12th Municipal Districts of Isfahan, Geographia Technica, 8(2):57-70.





- 
- [2] Dahal, K., (2014). Urban Growth Simulation Through Agent-Integrated Irregular Automata (AIIA), Doctor's Dissertation, Major in Environmental Geography Graduate Council of Texas State University, pp:133, Texas, USA.
- [3] Akın, E.S., (2009). Tokat Kentinin Fiziksel Gelişimi, Anıtsal ve Sivil Mimari Örneklerinin Analizi ve Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 235, Trabzon.
- [4] Clarke, K.C., Dietzel, C., and Goldstein, N., (2007). A Decade of SLEUTHing: Lessons Learned from Applications of a Cellular Automaton Land Use Change Model, (2007). In Classics in IJGIS: Twenty years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems (Ed. P. Fisher), pp:413-427.
- [5] Lakshmi, K.N., Nikhil, G.S., and Shamita, K., (2011). Forecasting Urban Growth Based on GIS, RS and SLEUTH Model in Pune Metropolitan Area, International Journal of Geomatics and Geosciences, 2(2):568-579.
- [6] Dietzel, C. and Clarke, K.C., (2007). Toward Optimal Calibration of The SLEUTH Land Use Change Model, Transactions in GIS, 11(1):29-45.