FARKLI POLİTİKALAR DOĞRULTUSUNDA ADANA KENTSEL GELİŞİMİNİN MODELLENMESİ

Anıl AKIN[S], Süha BERBEROĞLU**

*[S] Dr., Çukurova Universitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Sarıçam/ADANA, anil.akin@hotmail.com
*Prof.Dr., Çukurova Universitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Sarıçam/ADANA, suha@cu.edu.tr

ÖZET

Adana Kenti, Türkiye'nin önemli metropollerinden biridir ve giderek artan popülasyon nedeniyle hızlı bir kentleşme sürecine girmiştir. Çukurova Bölgesi, Adana Kenti'nin, büyüme politikalarının potansiyel etkilerini değerlendirebilmek için farklı alan kullanımı ve arazi yönetim kararlarını betimleyebilme yeteneğinde olan bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bölgesel ölçekte modelleme başarısı nedeniyle, farklı alanlarda farklı koruma katmanlarını entegre edebilme özelliği olan hücresel özişleme (Cellular Automata, CA) tabanlı SLEUTH (slope, land use, exclusion, urban extent, transportation, hillshade) modeli çalışma kapsamında Adana Kentinin gelişiminin modellenmesinde tercih edilmiştir. Model, geçmişe ait uzaktan algılama verilerinden elde edilen zaman serileri kullanılarak kalibre edilmiş ve 3 farklı senaryo varsayımı ile 2023 yılına ait projeksiyonlar yapılmıştır. Bu senaryolar: (1) güncel eğilim, mevcut gelişimin devamı (2) ekolojik uygunluk ve (3) yönetim eğilimleri gelişimidir.

Modelin uygulanması 2 genel aşamada yapılmıştır: (i) geçmiş gelişim örneklerinin ilişkilendirildiği 'kalibrasyon', ikincisi ise geçmiş gelişim örneklerinin gelecek için tasarlandığı 'tahmin'dir. Model 3 farklı yersel çözünürlükte kalibre edilmiştir ve kalibrasyon 2 ayda tamamlanmıştır. Modelde sistemin davranışını 5 farklı parametre kontrol etmektedir: i) difüzyon, ii) üreme, iii) yayılma, iv) eğim ve v) yol çekim katsayısı. Her bir parametre değeri 0-100 arasında değerler almaktadır. Bununla birlikte ; (i) tesadüfi büyüme, (ii) yapısal ya da organik büyüme (sınır), (iii) yaygın büyüme (yeni merkezler), (iv) yol etkin büyüme olmak üzere 4 farklı gelişim tipi tespit edilmektedir. SLEUTH modeli kalibrasyon ve tahmin sonuçlarına göre, Adana Kenti'nin büyüme karakteristiği "organik" (merkezden dışa doğru) olarak tanımlanmıştır. 2023 yılına ait farklı senaryolar dikkate alınarak yapılan modelleme sonucunda, senaryo 1 için 75 km^2, senaryo 2 için 38 km^2 ve senaryo 3 için 46 km^2 alan potansiyel yerleşim alanı olarak saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Adana, CA modeler, Kentsel Büyüme, Kentsel Değişim, , SLEUTH.

ABSTRACT

MODELING URBAN GROWTH OF ADANA CITY UNDER DIFFERENT POLICY SCENARIOS

The city of Adana in Turkey represents a case of dense population and rapid changes in land use and land cover. In order to assess the potential effectiveness of growth policies in Adana, it was required to develop a predictive modeling system, capable of simulating the impacts of different land use or land management policies. Given success with regional scale modeling, and the ability to incorporate different levels of protection for different areas, CA based SLEUTH (slope, land use, exclusion, urban extent, transportation, hillshade) was adopted to simulate the urban growth of Adana. The model was calibrated by time series acquired from historic remotely sensed data for the year 2023 under 3 different scenarios. These scenarios are: (1) current trends, (2) ecologically sustainable, (3) managed trends growth.

Implementation of the model have two general phases: (1) calibration, where historic growth patterns were simulated; and (2) prediction, where patterns of growth were projected into the future. Calibration was performed under 3 different spatial resolutions and completed in 2 months time. 5 different parameter controls the behavior of the model: i) dispersion, ii) breed, iii) spread, iv) slope resistance and v) road gravity. Besides, four different growth types were acquired including: i) spontaneous, ii) diffusive, iii) organic and iv) road-influenced. According to the calibration and prediction results of SLEUTH model, organic growth (from nucleus to outward) was characteristic for the Adana city. Future urban simulation of 2023 for scenarios 1, 2 and 3 resulted in 75 km^2, 38 km^2 and 46 km^2 potential urban development area respectively.

Keywords: Adana, CA models, Urban Growth, Urban Change, SLEUTH.

1.GİRİŞ

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. Dünya üzerindeki kent alanlarının yılda 67 milyon insan kazandığı (her hafta ortalama 1.3 milyon) tahmin edilmektedir. 2030 yılı itibariyle 5 milyar insanın kentlerde yaşaması beklenmektedir (UN, 2002). Kentlerdeki önemli büyüme ilk olarak Batı Avrupa, Amerika, Japonya ve Çin'de oluşmuştur. Fakat bu yüzyılın sonlarına doğru Asya, Güney Amerika ve Afrika'da bu büyümeden etkilenmiştir (Clarke ve ark, 1997). Ölçülen kentsel yayılım, doğal alanları tarıma, tarım alanlarını kentsel alan kullanımına dönüştürmekte ve çevre, gıda güvenliği, su kaynakları gibi konuları göz ardı etmektedir.

Kentlerdeki nüfus yoğunluğu ve buna eşlik eden hızlı kentsel büyüme küresel bir olaydır. Farklı yaşam tarzları ve yeni pazar eğilimleri sonucunda kentsel büyümede, ortak sosyal seçimlerdeki değişimlerin dikkate alınması önemlidir. Bu faktörler kentsel alan kullanımlarının nasıl organize edildiğine dair ipuçlarını vermektedir. Bu faktörler içerisindeki yerel çeşitliliğe duyarlı olan kentsel modelleme yaklaşımları daha başarılı olacaktır. Diğer yöntemlere kıyasla daha basit modelleme yöntemlerinden biri olan hücresel özişleme (Cellular Automata, CA), kentsel gelişimi simüle ve tahmin etmekte araştırmacıların dikkatini çekmektedir. CA modeller; alanları hücreler halinde ifade etmektedir ve model tekrarlandıkça hücrelerdeki değerler sürekli değişmektedir. CA modelleri kapsam olarak sade görünse de, şehirler gibi karmaşık yapı gösteren alanları simüle etme ve zaman içinde şehre ait konumsal yapının geçirdiği süreci başarıyla tahmin edebilme potansiyeli vardır.

Bölgesel ölçekte modelleme başarısı nedeniyle, farklı alanlarda farklı koruma katmanlarını bütünleştirme özelliği olan CA tabanlı SLEUTH (slope, land use, exclusion, urban extent, transportation, hillshade), Türkiye'nin hızla gelişen metropollerinden biri olan Adana Kenti gelişiminin modellenmesinde tercih edilmiştir. SLEUTH yöntemi için 3 farklı senaryo varsayımı ile 2023 yılına ait projeksiyon yapılmıştır. Bu senaryolar: (1) güncel eğilim, mevcut gelişimin devamı (2) ekolojik uygunluk gelişimi ve (3) yönetim eğilimleridir. Yönetim eğilimleri ve ekolojik uygunluk gelişim senaryoları daha kısıtlayıcı büyüme örnekleri üretmekte ve doğal kaynaklar üzerinde daha az baskı yaratan senaryolardır. Farklı senaryolar sonucu üretilen kent gelişim modeli, sosyal ve ekonomik planlama ve yönetim süreçlerinde kullanılabilecek temel verileri oluşturacaktır.

2.MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanının Genel Konumu

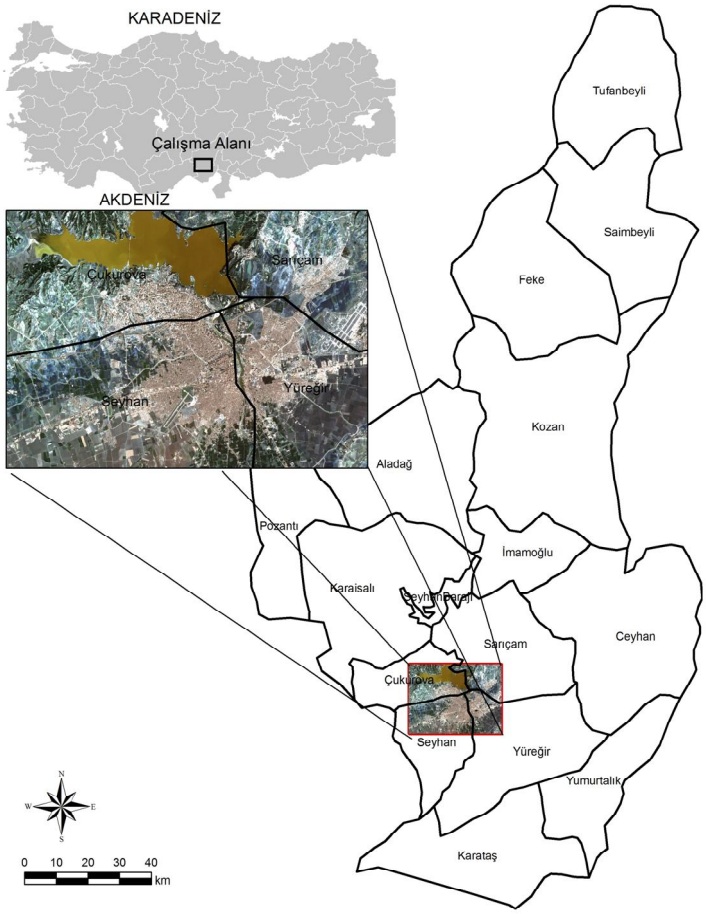
Adana İl'i 36° 32' ve 38° 23' kuzey enlemleri ile 34° 42' ve 36° 42'doğu boylamları arasında yer almaktadır. Şehir merkezinin denizden yüksekliği 23 m olan Adana'nın toplam yüz ölçümü 14.030 km²'dir (Anonymous, 2002). Adana sahip olduğu bu yüz ölçümü ile Türkiye topraklarının %5'ini, 38413 km²'lik Çukurova'nın ise %44.9'unu kapsamaktadır (DİE, 1987). Adana'nın; Aladağ, Ceyhan, Feke, İmamoğlu, Karaisalı, Karataş, Kozan, Pozantı, Saimbeyli, Seyhan, Tufanbeyli, Yumurtalık ve Yüreğir olmak üzere 13 ilçesi ve toplam 550 köyü bulunmaktadır. (Anonymous, 1998) (Şekil 1).

2.1.2. Veri Seti

Çalışmanın ana materyalini yersel çözünürlüğü 2 m ile 7 m arasında değişen 8.18.1967 ve 8.24.1977 tarihlerine ait CORONA hava fotoğrafları, 20 ve 10 m yer çözünürlüğüne sahip 25.11.1987 tarihli SPOT ile 22.02.2007 tarihli ALOS AVNIR uydu görüntüleri oluşturmaktadır.

2.2. YÖNTEM

Çalışmanın genel basamakları, i) uzaktan algılanmış veri setinin geometrik olarak düzeltilmesi, ii) CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ortamında SLEUTH modeli için gerekli giriş verilerinin oluşturulması, iii) kaba, orta ve iyi olmak üzere 3 farklı çözünürlükte kalibrasyon, iv) 2023 yılına ait Adana kentsel gelişim tahmin haritasının oluşturulması şeklinde özetlenebilir.



Şekil 1. Çalışma alanının genel konumu.

2.2.1. Cellular Automata (CA) Tanımlaması

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).

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

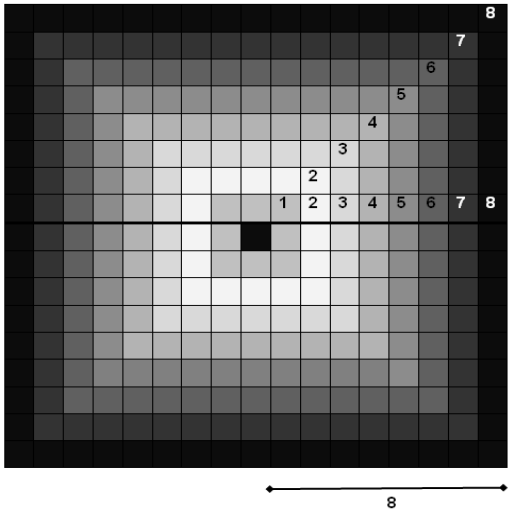
L deki her bir hücre *Q* dışında durumdan bağımsız olabilir. Basit durumlarda, yersel sıralamaya göre tek ya da iki boyutlu karesel grid ya da altıgen plotlar gibi geometrik olarak bağlanabilirler. Hücreler, $s \in I$ kümesindeki sayılar tarafından dizinlenebilirler, burada dizin setini ifade etmektedir.

Hücreler durumlarını zaman basamaklarından ayrı olarak değiştirebilirler. CA genellikle senkronizedir. Örneğin hücreler durumlarını eş zamanlı değiştirirler. Bir hücrenin kaderi, komşusuna ve ilgili geçiş fonksiyonuna, *f*, bağlıdır. İki boyutlu karesel gridler için çoğunlukla kullanılan komşu modeller, merkez hücreden ve sekiz adet yakın hücreden oluşan Moore-komşuları (Şekil 2) ve merkez hücreyi ve dört adet yakın hücreden oluşan Von Neumann komşularıdır.

Li (1990)'in yaptığı çalışmanın basitleştirilmiş bir versiyonu olan Moore-komşuları ikinci derece, von Neumann-komşuları ise birinci derece olarak isimlendirilirler. İlgili geçiş kuralları belirleyici ya da stokastik olabilir (Cza´ra´n ve Bartha, 1992) ve aşağıdaki gibi belirtilirler;

$$a_{t+1}^{s} = f(a_t^{s-1}, ..., a_t^{s}, ..., a_t^{s+r})$$

a_t^s *s* hücresinin t zamanındaki durumunu, *r*, *s* hücresinin komşuluk aralığı ve *f* geçiş kurallarını temsil eden lokal geçiş fonksiyonudur. Fonksiyon setleri { $a_t^s \mid \forall s \in I$} aynı zamanda t zamanında CA düzeni olarak isimlendirilir.

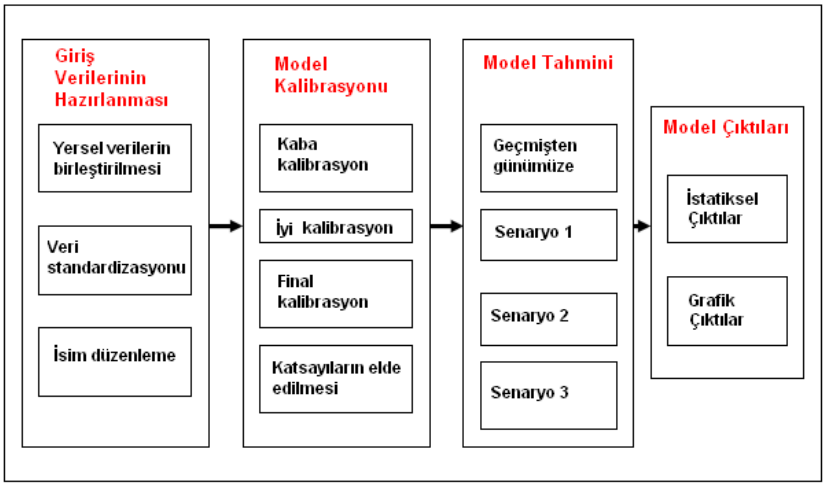


Şekil 2. Sekiz Adet Mesafe Zonundaki Merkez Ve Komşu Pikseller (Yüzer, 2004).

2.2.2. SLEUTH Modeli

Kentsel süreç dinamiklerini modellemek için Clarke ve ark, (1997), revize edilmiş bir hücresel otomasyon yöntemi geliştirilmiştir: SLEUTH (*S*lope-eğim, *L*and use-arazi kullanımı, *E*xclusion-çıkarma, *U*rban-kent, *T*ransportation-ulaşım ve *H*illshade-yamaç), başka bölgeler içinde uygulanabilen ve ölçekten bağımsız bir modeldir (Kramer, 1996).

Modelin genel yapısı Şekil 3'de gösterilmiştir. Modelin 4 ana bileşeni vardır: giriş verisi, parametre ilişkilendirme, büyüme kurallarının uygulanması ve çıkış verisi. Diğer tahmin modelleriyle benzer olarak bu modelde simülasyonu başlatabilmek için giriş verilerine ihtiyaç duyar. SLEUTH'da beş adet giriş haritasına ihtiyaç vardır: kentleşme, ulaşım, kentleşmenin olmaması gereken 'çıkarma' alanları, eğim ve yamaç görüntüleri. Modelde aynı zamanda giriş verilerinin doğru olarak referanslandırılmış olması önemlidir. Bunun nedeni modelin yanlış kayıtlara hassas olmasıdır. Kentleşme modeldeki en önemli katmandır ve istatiksel kalibrasyon için en az dört farklı yıla ait kent ya da yersel yayılım görüntülerine ihtiyaç vardır (Silva and Clarke, 2005).



Şekil 3. SLEUTH akış şeması (Yang and Lo, 2003)

SLEUTH bir takım ilişkilendirme şartları ile başlar. Büyüme ya da karar verme kuralları daha sonra veriye kentsel büyümeyi simüle etmek için uygulanır (Gigalopolis, 2003). Bu kurallar:

1) Tesadüfi büyüme
2) Yaygın büyüme (yeni merkezler)
3) Yapısal büyüme (sınır)

4) Yol etkin büyüme

Bu kuralların nasıl uygulandığı ise 5 farklı büyüme kontrol parametresine bağlıdır (Gigalopolis, 2003):

1) Difizyon katsayısı (ayrışma)
2) Üreme katsayısı
3) Yayılım katsayısı
4) Eğim katsayısı
5) Yol çekim katsayısı

Difüzyon katsayısı, bir pikselin olası kentleşme için tesadüfi büyüme boyunca kaç kez tesadüfi olarak seçildiğini kontrol eder. Üreme katsayısı tesadüfi büyüme ile kentleşmiş bir pikselin yeni yayılma merkezi olma olasılığını tanımlar. Yayılma katsayısı yayılma merkezinin parçası olan herhangi bir pikselin komşuları içerisinde ek bir kent pikseli oluşturma olasılığını tanımlar. Eğim katsayısı bütün büyüme kurallarını aynı şekilde etkiler. Bir lokasyonun kentleşme için uygunluğu test edildiğinde, bu lokasyondaki eğimi dikkate alınır. Yol çekim katsayısı mevcut olan yol sistemleri üzerine yeni yerleşim oluşumunu etkiler.

Monte Carlo tekrar sayısının tanımlanması hesaplama zamanı ve simülasyon hata seviyesi için çok önemli bir parametredir. Kentleşme olasılığı büyüme süreci boyunca iki uygunluk ölçümüne bağlıdır. Uygunluk çıkarma katmanı (örn, su) ve eğim ile tanımlanır. Kentleşme eğimin %21 den yüksek olduğu alanlarda gerçekleşemez.

2.2.2.1. SLEUTH Kalibrasyonu

Kentsel gelişimi doğru bir şekilde simüle edebilmek için büyüme kurallarının yerel koşullara göre ayarlanması zorunludur. Bu nedenle, SLEUTH ile modelleme çalışmasındaki en önemli basamak kalibrasyondur (Clarke ve Gaydos, 1998; Silva ve Clarke, 2002). SLEUTH kalibrasyon sırasında 3 aşamalı yaklaşım (kaba, iyi, final) kullanır. Böylece kalibrasyon aşamasında modellenen ve gözlemlenen kentsel gelişim arasındaki ilişkiyi temsil eden en iyi değerler saptanmış olur. Adana kenti modelleme çalışmasında 1967–2007 yılları arası kalibrasyon sürecini kapsamaktadır ve beş farklı yıla ait kentsel yayılım haritaları (1967, 1977, 1987, 1998, 2007) bu aşamada kullanılmıştır. Modellenen ve gerçek dağılımlar arasındaki ilişkiyi gösteren 13 farklı ölçüm değeri ile büyüme kurallarının gözlemlenen kentsel büyümeyi ne ölçüde tahmin ettiği kontrol edilmektedir.

Bu kalibrasyon süreci, hesaplama gücünün durumuna ve hesaplama metotlarının performansına bağlıdır. Parametre uzayında her bir kalibrasyon sonunda sonuçlar bir öncekine göre daha dar aralıklı olmaktadır. Parametre uzayında ilk araştırma, giriş verisinin yoğunlaştırılmış, küçültülmüş (düşürülmüş çözünürlük) örneğiyle yapılır ve en iyi kalibrasyon için son aşamada yersel çözünürlük artırılır.

SLEUTH en erken tarihli veri ile başlatılır ve büyüme döngüleri oluşturulur. Bir büyüme döngüsünün bir yılı temsil ettiği varsayılır. Büyüme döngüleri tamamlandığında 'zaman' geçmiştir. Geçmiş veri setleri artık kontrol yılları olarak isimlendirilir. Tamamlanmış olan döngü bir kontrol yılına ait olduğunda simülasyon verisine ait görüntü oluşturulur.

2.2.2.2. SLEUTH Giriş Verileri

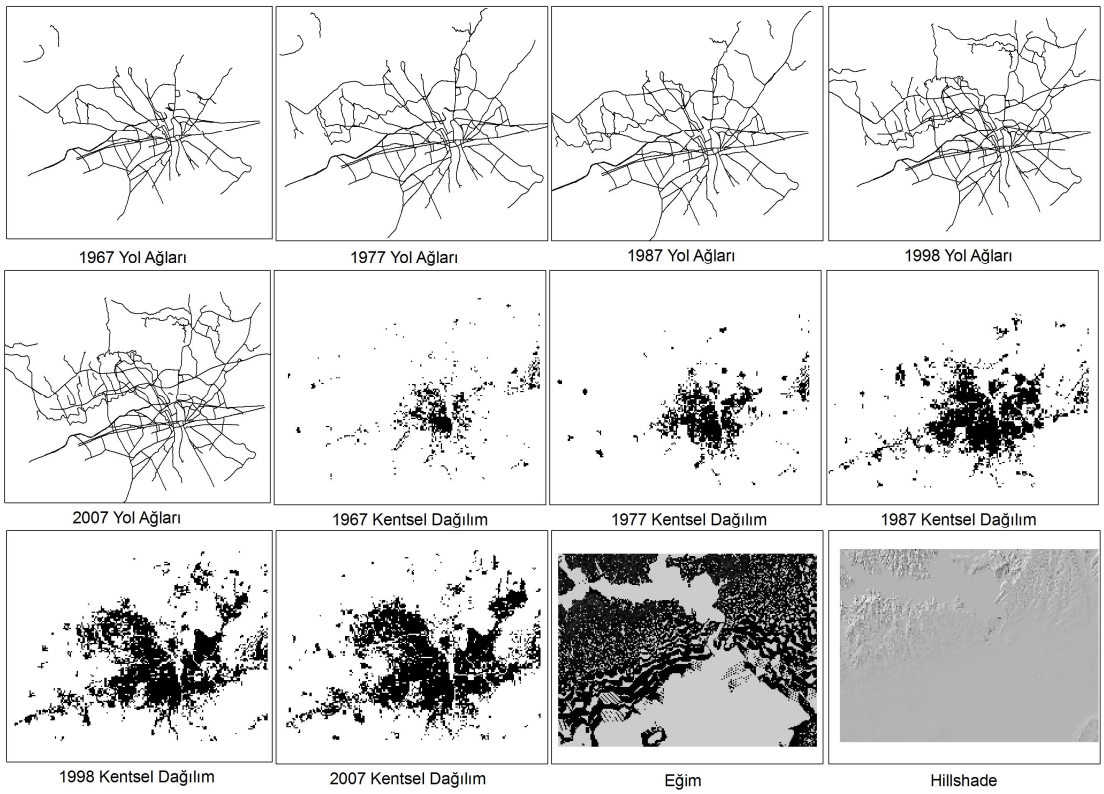
Çalışmada SLEUTH için kullanılan girdi verileri ve bu verilere ait bilgiler Çizelge 1 ve Şekil 4'de verilmektedir.

Çizelge 1. SLEUTH girdi verileri

SLEUTH Girdi Verileri	Veri Tipi	Kaynak	Veri yılı
Eğim	Vektör'den Hücre	Sayısallaştırılmış 1/25.000 ölçekli topografik harita yardımıyla oluşturulan Sayısal Yükselik Modeli'nden elde edilmiştir.	2007
Çıkarma Katmanı	Hücre	Spot ve ALOS uydu verilerinin sınıflanması ile elde edilmiştir.	2007
Kentsel Dağılım	Hücre	Beş farklı yıla ait hava fotoğrafi ve uydu verilerinin sınıflandırılması ile elde edilmiştir.	1967, 1977, 1987, 1998, 2007
Ulaşım	Vektör'den Hücre	Beş farklı yıla ait hava fotoğrafi ve uydu verilerinin sayısallaştırılması ile elde edilmiştir.	1967, 1977, 1987, 1998, 2007

Hillshade	Hücre	Sayısal Yükseklik Modeli'nden elde edilmiştir.	2007

Model için gerekli giriş verileri hazırlanırken CBS'den yararlanılmıştır.



Şekil 4. SLEUTH giriş verileri

3. SONUÇLAR

3.1. Kalibrasyon Sonuçları

Model kalibrasyonu üç ayrı çözünürlükte yapılmıştır. İlk olarak kaba kalibrasyon için yersel çözünürlük 40m'ye getirilmiş ve sırasıyla iyi kalibrasyon için 20, final kalibrasyon için 10m çözünürlük kullanılmıştır.

Kaba kalibrasyonda beş parametre için 0–100 arası değerlerin kullanılması önerilmektedir. Bu en iyi parametre aralıklarını tanımlayabilmek için 3.125 (5^5) farklı parametre seti sunmaktadır (Oguz, 2004). Bu farklı parametre setleri içerisinden en iyileri tespit edebilmek için Lee-Sallee metriği seçilmiştir. Kaba kalibrasyon sonrasında, bir sonraki kalibrasyon aşamasında kullanılacak olan değerler kontrol istatistiklerinde belirtilmektedir. Kaba kalibrasyon 40m yersel çözünürlükte 10 gün, iyi kalibrasyon 20m yersel çözünürlükte 18 gün, final kalibrasyon ise 10m yersel çözünürlükte 50 gün sürmüştür.

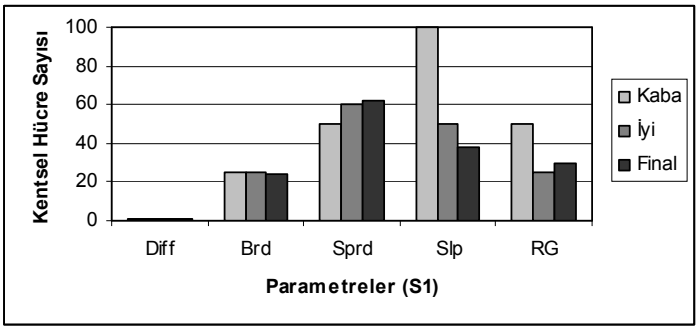
Final kalibrasyon sonuçları değerlendirildiğinde, *Leeselee*, *Population* (number of urban pixels), *F-match*, *Urban*, *Xmean*, *Ymean* değerleri oldukça yüksek çıkmıştır. Buna karşın, *Edges* ve *Cluster* değerleri nispeten zayıf kalmıştır. *Leesele,* (0,40249) değerinin yüksek olması modellenen ve gözlemlenen kentsel gelişim arasındaki ilişkinin iyi olduğunu göstermektedir. *Population* modellenen ve gözlemlenen kentsel piksellerin uyumunu temsil ettiği için önemlidir. Bu değer 0,99362 olarak bulunmuştur. Çalışmada 1967 ve 2007 olmak üzere iki farklı arazi kullanım haritası kullanılmıştır. *F-match* modellenen ve gözlemlenen arazi kullanım haritaları arasındaki uyumu temsil ettiği için önemlidir ve 0,59566 olarak bulunmuştur. *Urban* kentleşmeye uygun piksel yüzdesinin kentleşmiş pikseller ile kıyaslanması sonucu elde edilen değerdir ve çalışmada 0,99326 olarak bulunmuştur. *Xmean*, ve *Ymean* kısaca modelin yatayda ve dikeydeki kentsel gelişim hareketinin, gözlemlenen kentsel yapıyla uyumunu göstermektedir. Kaba kalibrasyonda, modelin dikeydeki doğruluğu daha yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte dikey doğruluğun yüksek çıkması ilginçtir. Bunun nedeni, Adana Kent'nin eğim

yüzdesinin dikey doğrultuda olmasıdır. Kentin kuzey bölümleri daha eğimli, güney bölümleri daha düzdür. *Edges* ve *Cluster* kentleşmenin şekil ve formunu değerlendirmeleri açısından önemlidir. *Edges* değeri ortalamanın üzerinde 0.64, *Cluster* ise 0,7428 gibi kabul gören bir sonuç vermiştir.

Çizelge 1. Final kalibrasyon sonuçları (10x10).

Run	**Product**	**Compare**	**Pop**	**Edges**	**Cluster**	**Cluster Size**	**Leesale**
619	0.03838	0.89453	0.99362	0.64	0.7428	0.75544	0.40249
180	0.03541	0.89333	0.9938	0.58963	0.73283	0.75312	0.40226
408	0.03482	0.89181	0.99343	0.59598	0.76135	0.76252	0.40225
409	0.03537	0.8938	0.99321	0.57447	0.78462	0.77492	0.40223
180	0.03541	0.89333	0.9938	0.58963	0.73283	0.75312	0.40226
Slope	**%Urban**	**Xmean**	**Ymean**	**Rad**	**Fmatch**		
0.87589	0.99326	0.70301	0.8262	0.99245	0.59566		
0.88216	0.99344	0.71256	0.82386	0.99263	0.59668		
0.85918	0.99308	0.70999	0.79061	0.99228	0.59421		
0.86331	0.99285	0.70991	0.78843	0.99205	0.5959		
0.88216	0.99344	0.71256	0.82386	0.99263	0.59668		
Diff	**Brd**	**Sprd**	**Slp**	**RG**			
1	24	62	38	30			
1	20	62	35	25			
1	22	62	41	25			
1	22	62	41	30			
1	20	62	35	25			

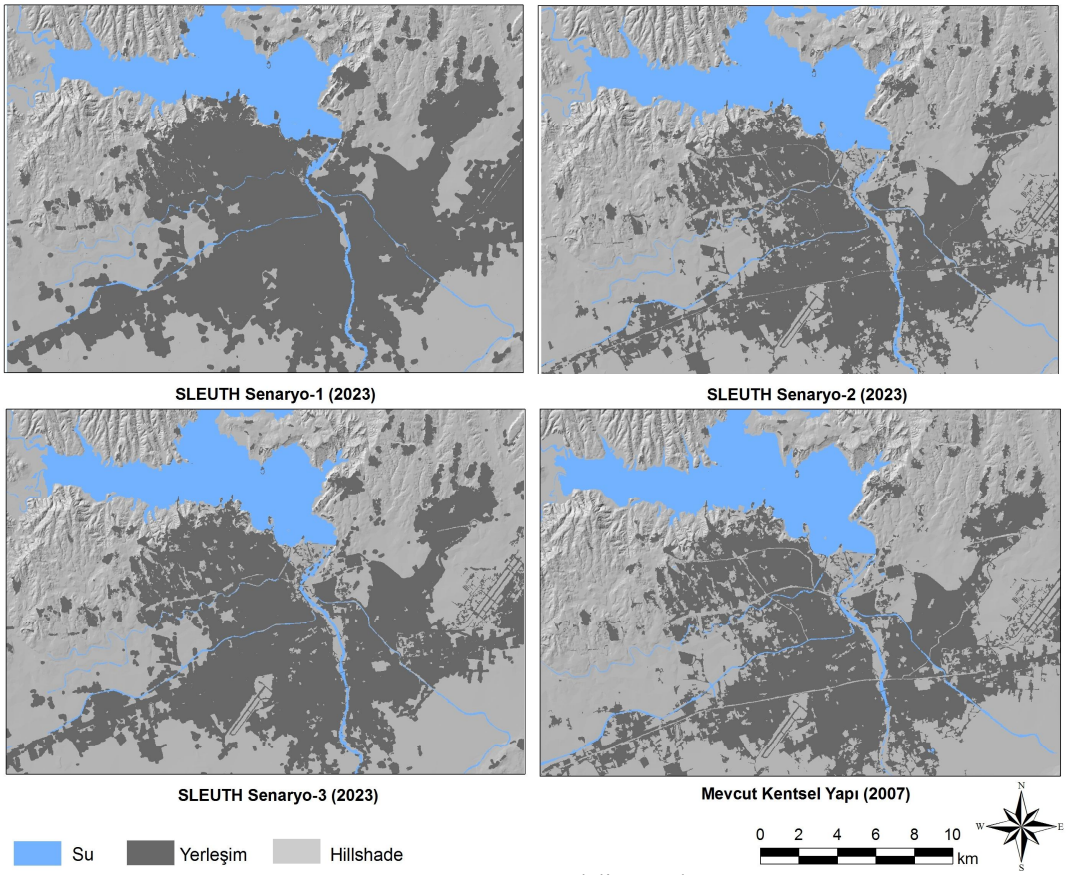
Şekil 5'de kalibrasyon sonucu elde edilen katsayılara ait grafik değerleri görülmektedir. Adana kentinin gelişiminde özellikle yayılma (spread) ve eğim (slope) katsayılarının etkili olduğu görülmektedir. Katsayılar içerisinde en yüksek değeri 'yayılma' vermiştir. Bu sonuç bize gelişimin büyük oranda organik olduğunu göstermektedir. Eğim, gelişimdeki diğer önemli faktördür. Kentleşme oranın fazla olmasından dolayı, eğim katsayısı, kentin kuzeybatısı gibi eğimin daha fazla olduğu alanlarda gelişime izin vermiştir. Üreme (breed) yeni oluşan kent merkezlerini temsil etmektedir. Üreme katsayısının düşük olması, kentte yeni merkezler için yeterli büyüklükte alanın bulunmadığını göstermektedir. Yol çekim katsayısının (Road gravity) etkisi diğer katsayılara kıyasla daha düşük bulunmuştur.



Şekil 5. SLEUTH kalibrasyonu sonucu elde edilen katsayı değeri.

3.2. Tahmin Sonuçları

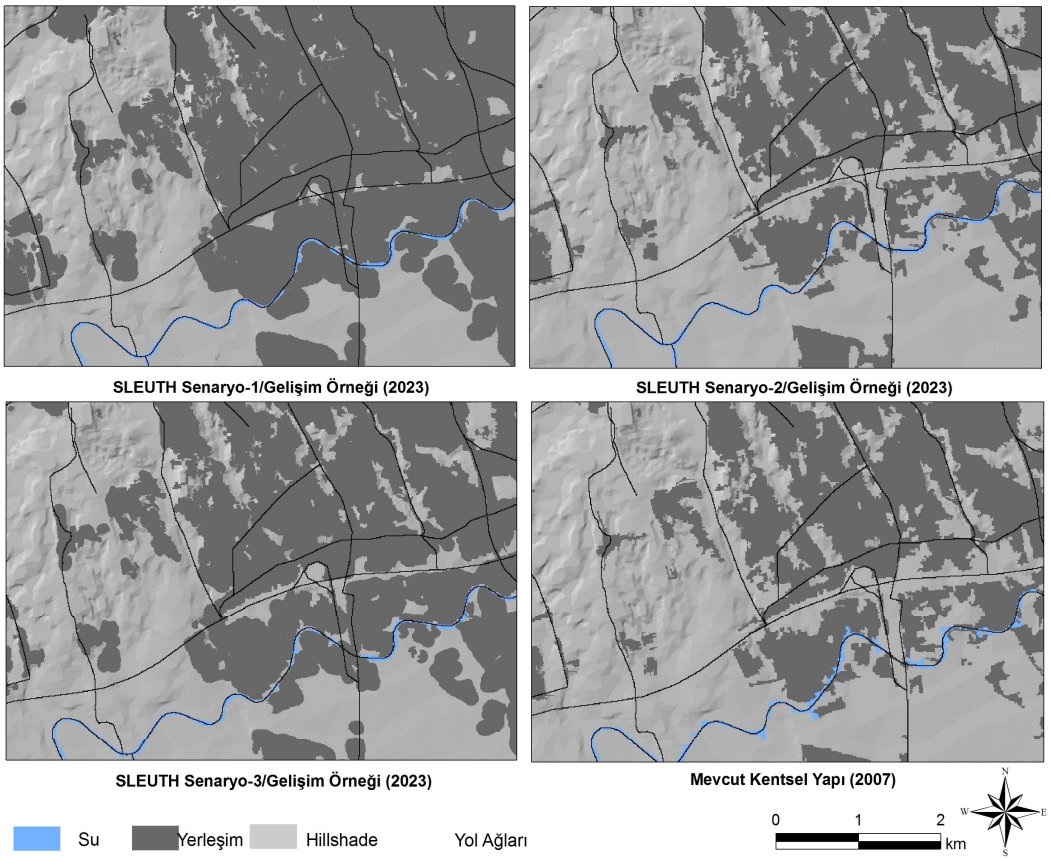
Çalışma sonucunda elde edilen 3 farklı senaryoya ait kentsel gelişim olasılık görüntüleri Şekil 6'da verilmektedir. İlk senaryo için su (Seyhan Baraj Gölü ve kolları) alanları model dışında bırakılarak, sadece geçmişten günümüze olan değişim eğilimi dikkate alınmıştır. Ekolojik uygunluğun dikkate alındığı ikinci senaryoda ise, kent içi açık yeşil alanlar (fidanlıklar, mezarlıklar, parklar, bahçeler vb.), 1. ve 2. sınıf tarım toprakları, su alanları ve bu alanlar etrafında oluşturulan 300 m bir tampon zon ve bahçe tarımı alanları model dışı bırakılmıştır. Üçüncü senaryoda ise yönetim eğilimleri dikkate alınmıştır. Üçüncü senaryo için, Adana'nın güneyinde yer alan tarım alanları, yaban hayatı koruma alanları, yeşil alanlar, Seyhan Baraj Gölü ve çevresi model dışında bırakılmıştır. SLEUTH birinci senaryo için gelişimi tamamen merkezden dışa doğru üretmiştir. Kısaca organik bir büyüme görülmektedir. SLEUTH'a ait diğer senaryolarda da birinci senaryo ile benzer sonuçlar vermiş, fakat daha sınırlı alanlarda gelişim gözlenmiştir. Bunun nedeni, çıkarma katmanı ile gelişim alanlarının sınırlandırılmış olmasıdır. Çıkarma katmanları oluşturulurken Adana İl Özel İdareden alınan çevre düzeni ve Nazım İmar planlarından yararlanılmıştır. SLEUTH senaryo 1 ile 236 km^2, senaryo 2 ile 196 km^2, senaryo 3 ile 207 km^2 alan 2023 yılı kentsel gelişim olasılık haritalarında yerleşim olarak tespit edilmiştir. 2007 yılına ait kentsel alan 161 km$^{2'}$ dir. Şekil 7'de farklı senaryolara ait büyüme tipleri daha detaylı bir şekilde görülmektedir.



Şekil 6. SLEUTH modeli sonuçları.

SLEUTH modelinin avantajı, yöntemin tamamen objektif olmasıdır. Belirlenen her bir yıl için (1967, 1977, 1987, 1998, 2007) en az 4 adet kentsel yayılım görüntüsü, 4 adet yol ağı haritası ve en az iki yıl içinde alan kullanım haritaları kullanılmaktadır. Böylece geçmişten günümüze olan değişim eğilimi kademeli olarak ve daha doğru bir şekilde tespit edilebilmektedir. Çalışmada 5 farklı yıl için söz konusu veriler modele girilmiştir. Farklı yıllara ait kentsel gelişim görüntüleri kalibrasyon aşamasında kontrol yılları olarak kullanılmaktadır. Belirlenen katsayılarla veriler kalibre edilmektedir. Monte Carlo döngü sayısı kadar her bir yıl için yeniden katsayı hesaplanmaktadır. Her bir kalibrasyon sonrasında gözlemlenen ve tahmin edilen kentsel gelişimin uyumunu gösteren 13 farklı yersel parametre değeri elde edilmektedir. SLEUTH modeli günümüzde Amerika ve Avrupa'nın birçok kentinde uygulanmış ve diğer gelişmiş/gelişmekte olan kentlerde de uygulaması devam etmektedir. Bu kapsamda dikkat çeken yöntemler arasında yer almaktadır. SLEUTH modeli, sadece kentsel gelişimin miktarını değil, dört farklı gelişim tipi ile kentlerin büyüme karakteristiklerini vermesi açısından da önemlidir. Örneğin, Adana'da yayılım (spread) katsayısı etkili olmuşken,

Antalya'da eğim, Amerika Houston'da yayılım ve eğim, Potekiz Lisbon'da üreme (breed), İtalya Palermo'da yol çekim katsayısı (road gravity), İran Mashad'da üreme ve yayılım, Tayland Chiang Mai'da yayılım, Amerika New York'da difizyon katsayısı büyümede etkili olmuştur. Türkiye de yoğun nüfus artışı ve bunun getirdiği düzensiz kentleşme plansız arazi kullanımına yol açmaktadır. Kentsel gelişimin yön ve durumunu belirlemek için belirli süreçlerde mevcut durumların belirlenmesi gerekmektedir. Büyük kentlerimizin on yılda bir durumlarının haritalarla tespiti, geçmişin irdelemesi ve geleceğin öngörülmesi büyük yararlar sağlayacaktır (Akdeniz, 1997). Adana İli de, İstanbul, İzmir, Mersin ve Bursa illerine benzer biçimde son 20 yıldır aşırı göç etkisinde kalmıştır. Adana İli göç alan ve aynı zamanda veren bir ildir ve zaman içinde göç alma durumu artarak devam etmektedir. Özellikle yakın çevresindeki illerle insan gücü akışı devam etmektedir. Bu da yakın çevresindeki Bölgesel Gelişme projelerine rağmen akışın devam ettiği anlamına gelmekte ve Adana ilinin kendi içinde ve içinde bulunduğu bölgede oluşan sosyo-ekonomik değerlerdeki dengesizliklerden etkilenmeye devam edeceği anlamına gelmektedir.



Şekil 7. Yayılma ve yol çekim katsayılarının etkin olduğu büyüme örnekleri

Bu çalışmanın temel amacı, Adana Kenti'nde büyüme politikalarının potansiyel etkilerini değerlendirebilmek için farklı alan kullanımı ve arazi yönetim kararlarını betimleyebilme yeteneğinde olan bir model önermektir. Cumhuriyetin 100. yılına rastlaması dolayısıyla 2023 yılı, gelecek projeksiyonlarda hedef yıl olarak seçilmiştir. Bununla birlikte 1967 yılından itibaren onar yıllık periyotlarla kentsel değişim belirlenmiştir. Bu çalışma günümüzde hızlı bir kentleşmeye tanık olan Adana kenti için plan kararlarının alınmasında oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

Adamatzky, A., 1994, Identification of Cellular Automata. Taylor and Francis, London.

Anonymous, 1998. Adana'nın Sosyo-Ekonomik Yapısı Raporu, Tarım ve Koy İşleri Bakanlığı Adana Tarım İl Müdürlüğü, Adana.

Anonymous, 2002. Adana Çevre Durum Raporu, Adana Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Adana.

Allen, P., 1997, Cities and regions as evolutionary, complex systems. Geographical Systems, 4, 103-130.

Clarke, K. and 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.

Clarke, K. C., Hoppen, S., and 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, 242, 247–261.

Czárán, T., Bartha, S., 1992. Spatio-temporal dynamic models of plant populations and communities. TREE 7, 38–42.

DİE, 1987. Tarımsal Yapı ve Üretim, Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Yayını No: 1275, Ankara.

Gıgalopolıs, 2003. Project Gigalopolis: Urban and land cover modeling. Santa Barbara, CA: University of Santa Barbara at http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/.

Kramer, J. 1996, Integration of a GIS with a local scale self-modifying cellular automaton urban growth model in Southeastern Orange County, NY. Department of Geography. New York, Hunter College: 73.

Li, W., Packard, N.H., Langton, C.G., 1990. Transition Phenomena in Cellular Automata Rule Space. Physica D, 45, 77-94.

Oğuz, H. 2004, Modeling Urban Growth And Land Use/Land Cover Change In The Houston Metropolitan Area From 2002 – 2030. Doctor Of Philosophy. Texas A&M University

Sılva, E. A., and Clarke, K.C., 2002. Calibration of the SLEUTH Urban Growth Model for Lisbon and Porto, Portugal, Computers, Environment and Urban Systems, Pergamon, 26, 525–552.

Silva, E.A., and Clarke, K.C. 2005, Complexity, emergence and cellular urban models: lessons learned from applying SLEUTH to two Portuguese metropolitan areas, European Planning Studies, 13, 93-115

UN - DESA (United Nations of Department of Economic and Social Affairs), 2001. Future World Population Growth To Be Concentrated In Urban Areas Of World, http://www.un.org/esa/population/publications/wup2001/WUP2001

Yang, X., and Lo, C.P. 2003, Modeling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area. International Journal of Geographical Information Science, 17, 463-488.

Yeh, A.G.O., Li, X., 1998. Sustainable land development model for rapid growth areas using GIS. International Journal of Geographical Information Science, 12, 169-189.

Yüzer, M. A., 2004, Growth estimations in settlement planning using a land use cellular automata model LUCAM', European Planning Studies, 12:4, 551 – 561.