

Kentsel Büyümenin Modellenmesi ve Simülasyon Modelleri

Ahmet Dođukan YAZICI^{1*}, Derya ÖZTÜRK², İsmail Ercüment AYAZLI³

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 66800, Yozgat, Türkiye

² Ondokuzmayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

³ Sivas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, Türkiye

*Corresponding author: dogukan.yazici@bozok.edu.tr

*Speaker: dogukan.yazici@bozok.edu.tr

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Özet – Kentsel büyüme bir kentin sahip olduğu unsurların zaman içerisinde pozitif anlamda artışıdır. Kentsel büyüme ve gelişim süreçleri belirli bir planlama çerçevesinde olmalıdır. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve simülasyon modelleri, kentsel büyüme etkilerinin sonuçlarını görmek ve tahminler oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu bulgular planlama, yönetim ve yatırım çalışmaları açısından yönlendirici bir rol üstlenmektedir. Bu kapsamda; Uzaktan Algılama ve CBS teknikleriyle elde edilen veriler çeşitli simülasyon modellerinin girdi verilerini oluşturmada, simülasyon modelleri ise geçmiş ve mevcut zaman dilimine ait arazi kullanımı/örtüsü verilerini esas alarak geleceğe ait tahminlerde bulunulmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada karmaşık kent sistemlerinin modellenmesinde Uzaktan Algılama ile CBS'nin simülasyon modelleriyle entegrasyonu ele alınarak simülasyon modellerinden Von Thünen Modeli, Eş Merkezli Bölgeleme Teorisi, Merkez Alan Teorisi, Sektör Teorisi, Yapay Sinir Ağları, Markov Zincirleri, Hücresel Otomat ve SLEUTH modeli incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Arazi Kullanımı/Örtüsü, Kentsel Büyüme, Simülasyon

Abstract – Urban growth is a positive increase in the elements of a city over time. Urban growth and development processes should be within a specific planning framework. Today, with the developing technology, Remote Sensing, Geographic Information Systems (GIS) and simulation models are used to estimate the results of urban growth effects and to create predictions. These findings play a guiding role in planning, management, and investment studies. In this context; data obtained by Remote Sensing and GIS techniques generate input data for various simulation models, while simulation models provide future estimations based on land use/cover data for the past and current time. In this study, integration of Remote Sensing and GIS with simulation models in the modeling of complex urban systems is discussed and Von Thünen Model, Concentric Zone Theory, Central Place Theory, Sector Theory, Artificial Neural Network, Markov Chains, Cellular Automata and SLEUTH Simulation models are examined.

Keywords – Remote Sensing, Geographical Information Systems, Land Use/Cover, Urban Growth, Simulation

I. GİRİŞ

Gelişmiş toplumlarda kentsel planlamanın analitik yaklaşımlarla daha gerçekçi ve sürdürülebilir gerçekleştirimi önemli hedefler arasındadır. Günümüzde teknolojik gelişmeler sürdürülebilir planların oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde önemli araçlar sağlamaktadır. Bu kapsamda uzaktan algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve simülasyon modelleri, çalışmaların doğruluğunu arttıran güncel ve önemli teknikler olarak karşımıza çıkmaktadır. 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. Simülasyon modelleri ise gelecek değişimlerin

projekte edilerek gerekli önlemlerin alındığı etkin planlama çalışmaları için anahtar adımdır.

Artan nüfus ve yeni yerleşim alanlarına duyulan ihtiyaç, ulaşım ve kent planlarının daha iyi yapılması adına kentsel büyüme simülasyon modellerinin geliştirilmesinde oldukça etkili olmuştur. Von Thünen Modeli, Eş Merkezli Bölgeleme Teorisi Modeli, Merkez Alan Teorisi Modeli, Sektör Alan Teorisi Modeli gibi modeller ilk kentsel büyüme modelleri olarak kabul edilmektedirler. Günümüzde kentsel büyüme ve arazi kullanım/örtüsü değişimlerinin modellenmesinde Hücresel Otomat (HO), Yapay Sinir Ağları (YSA), Markov Zincirleri, SLEUTH Modeli vb. çok sayıda simülasyon modeli geliştirilmiştir.

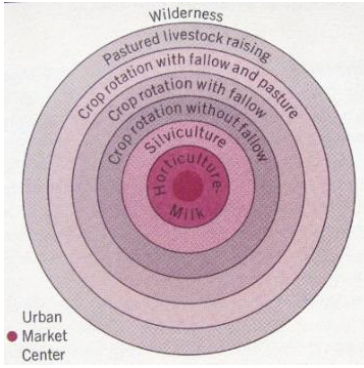
II. KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYONU MODELLERİ

Kentsel büyümenin belirlenmesi amacıyla birçok kuram ortaya çıkmıştır. Ancak kentlerin karmaşık doğası nedeniyle birçok model günümüzde yetersiz kalmış, teknolojik gelişmeler ışığında yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada kentsel büyüme simülasyon modelleri; ilk simülasyon modelleri ve karmaşık kent sistemleri için simülasyon modelleri olarak iki başlıkta incelenmiştir.

A. İlk Simülasyon Modelleri

Von Thünen Modeli

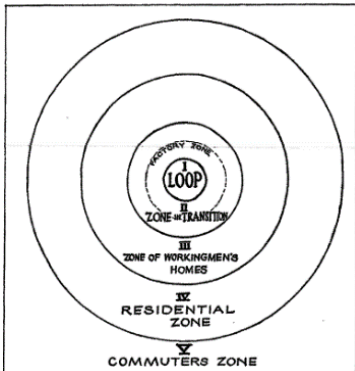
19. yüzyılın başlarında Von Thünen, arazi kullanımının mekâna bağlı olarak nasıl değiştiğini araştırmıştır. Bu bağlamda, pazar konumunu şehrin merkezi olarak kabul etmiş ve merkeze olan uzaklığın tarımsal ürünlerde farklılıklara neden olabileceğini düşünmüştür. Bu farklılıklar aynı zamanda arazi kullanımında da farklılıklar oluşturmuştur. Ulaşım faktörünün alanın her yerinde homojen olarak dağıldığı varsayılan bu teoremden, arazi kullanımları birbirinden farklı çemberlerle ifade edilmektedir (Şekil 1) [1].



Şekil 1. Von Thünen Modeline göre arazi kullanımı tipleri [1]

Eş Merkezli Bölgeleme Teorisi

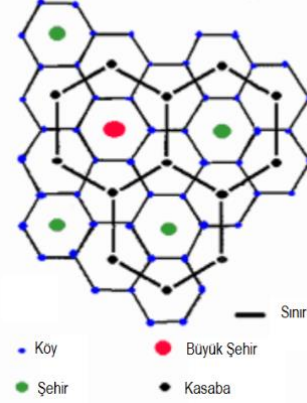
1926 yılında Ernest Burgess tarafından önerilen Eş Merkezli Bölgeleme Teorisinde ise kent mekânı iç içe geçmiş beş bölgeden oluşur (Şekil 2). Bu şekil, herhangi bir kasaba veya şehrin eğilimlerinin, merkezi işletme bölgelerinden radyal olarak genişleyebileceğini göstermektedir. Şehir merkezini çevreleyen bölgede, iş dünyası ve hafif imalat tarafından kullanılan bir geçiş bölgesi vardır. Üçüncü bölge geçiş alanından kaçan fakat çalışma alanlarına kolay erişim içinde olmak isteyen endüstri işçilerinin yaşadığı alanlardır. Bu bölgenin çevresinde apartmanlar veya tek aile konutlarından oluşan mahalleler bulunur. Beşinci bölgede banliyö alanları veya uydu kent alanları bulunmaktadır [2].



Şekil 1. Eş Merkezli Bölgeleme Teorisi [2]

Merkezi Alan Teorisi

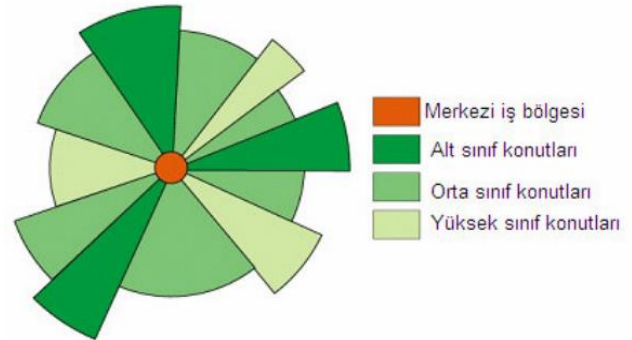
Merkezi Alan Teorisi, 1933 yılında coğrafyacı Christaller tarafından tasarlanmıştır. Modelde yerleşim yerleri üçgen ve altıgen gibi geometrik şekillerle tanımlanmaktadır. Merkez, kendisinden eşit uzaklıkta bulunan küçük ilçelerin sayısına göre belirlenmektedir (Şekil 3) [3].



Şekil 3. Merkezi Alan Teorisi [4]

Sektör Teorisi

Sektör Teorisi, 1939 yılında Hoyt'un Burgess'in öne sürdüğü Eş Merkezli Alan Teorisini geliştirmesi sonucunda önerdiği bir teoridir (Şekil 4). Bu modelde, ana ulaşım yollarının arazi üzerindeki eş merkez çemberlerini bozduğu, konutların ve iş merkezlerinin ana ulaşım güzergâhları boyunca ilerlediği gözlemlenmiştir. Ayrıca sosyal baskıların, topoğrafik yapının ve coğrafi unsurların dilimlerin oluşmasında etkili olduğu kabul edilmektedir [5].



Şekil 4. Sektör Teorisi [5]

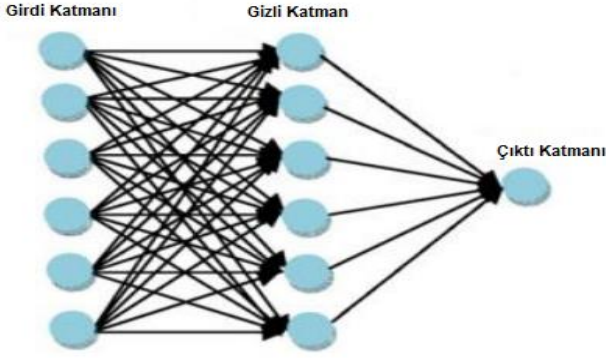
B. Karmaşık Kent Sistemleri İçin Simülasyon Modelleri

Karmaşık sistemlerde muhtemel değişimleri öngörmek basit yapılardakinden çok daha zordur [6]. Bu nedenle klasik yöntemler, hızlı büyüme etkisinde olan kentlerde karmaşık durumların söz konusu olması nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Buna mekâna ve zamana bağlı durumların normal bir yapıda ilerlememesi, değişkenlerin sahip olduğu hatalar, kullanılan modelin doğrusal olmasına karşın gerçek değişimlerin doğrusal olmaması neden olmaktadır. Bu bağlamda, gerçeğe yakın sonuçlar alabilmek adına birçok kentsel büyüme modeli oluşturulmuştur. Bu modellerle karmaşıklık kavramının ölçülebilmesi ve görselleştirilmesi, güvenilir ve doğru sonuçların alınmasını sağlamıştır [7].

Yapay Sinir Ağları

YSA, mevcut örneklerden yararlanarak olayları öğrenme ve yeni durumlara karşı uygun yanıtlar üretme prensibine

dayanır. Bu yöntem insan beyni örnek alınarak geliştirilmiştir. Öğrenme yapay sinir hücreleri (nöronlar) aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. YSA modelinde; bir nöron/işlem elemanı, kendine gelen girişleri toplayan ve sadece girişlerin toplamı iç eşik değerini aştığında çıkış üreten bir işlem elemanıdır. Nöron girişlerindeki işaretler alınır ve ağırlık vektörleri ile çarpılarak toplanır. Eğer toplanan işaret gücü, eşik fonksiyonunu geçiyorsa bir çıkış işareti üretilir. YSA, bu basit nöronların (düğümünün ya da ünitelerinin) birbirleri ile bağlanarak bir ağa dönüştürülmesiyle meydana getirilmektedir (Şekil 5) [8].



Şekil 5. Yapay Sinir Ağları [9]

YSA, ulaşım planlaması, arazi kullanımının sınıflandırılması, arazi kullanımındaki değişimler ve kentsel büyüme simülasyonu gibi analizlerde etkin bir biçimde kullanılmaktadır [3].

Markov Zincirleri

Kentsel planlama süreçlerinde planlamaya ilişkin belirsizliklerle sıklıkla karşılaşmaktadır. Karşılaşılan belirsizlikler genel olarak, olaydan kaynaklı bir belirsizlik veya değişimin sonucunda değişkenden kaynaklanan ancak hesap edilemeyen belirsizliklerdir. Karşılaşılan bu gibi sorunlarda planlamaya ilişkin olgular matematiksel sistemlere dönüştürülüp, belirsizlik değişkeninin olasılık hesaplarıyla tanımlanması sağlanabilir. Dönüştürülen bu matematiksel modele Markov Zincirleri adı verilmektedir. Markov Zincirleri modelinde analiz, gelecekte olabileceği düşünülen olayların olasılıklarına göre yapılmaktadır. Bu bağlamda, geçmişte ve şimdiki zamanda oluşan olayların olasılıklarından yararlanılmaktadır [10]. Modelin çalışma prensibi, gelecekte t+1 zamanındaki bir olayın öncesinde bir t zamanına bağlı olarak tahmin edilmesidir [11]. Markov Zincirleri modeli özellikle bir duruma ya da bir konuma bağlı olarak diğer bir duruma ya da konuma geçişle ilgili problemler için faydalı bir modeldir. "Durum" kelimesiyle şehir sınıflarının boyutlarından, arazi kullanımından, gelir sınıflarından, tarımsal üretim tiplerinden ve diğer değişkenlerden bahsedilmektedir. Markov Zincirleri modeliyle bu değişkenlerin neden olduğu değişimler betimlenir ve bu model aracılığıyla başarılı bir şekilde analiz elde edilir [11].

Markov Zincirleri, zaman içerisinde değişen arazi kullanımını belirlemek için dinamik modellerin geliştirilmesi amacıyla uygulanmıştır. Bu model, zamana bağlı geçiş modelleri dikkate alınarak büyük ölçekler çerçevesinde kırsal ve kentsel alanlardaki arazi kullanımını değişimlerinin modellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [12]. Bu kapsamda gelecekte yaşanabilecek muhtemel değişimlerin

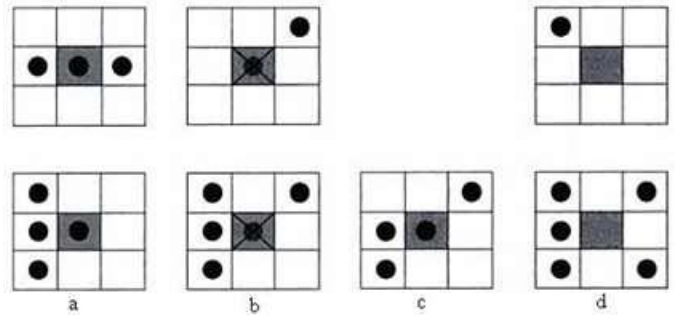
öngörülmesi ile planlama çalışmalarına yön verilebilmektedir [11].

Hücresel Otomat

HO, ilk olarak 1950 yılında bir biyolojik sistem düşüncesiyle ortaya çıkmıştır [13]. John von Neumann HO'ya ait ilk öncü kişi olarak bilinir. Neumann başlangıçta bu yaklaşımı işlemcilerin ve verilerin aynı temelde tutulduğu insan beyni benzeri bir bilgisayar oluşturmak için kullanmayı planlamıştır. 1970 yılında John Conway "Hayat Oyunu (The Game of Life) isimli programı ile popüler HO kavramını oluşturmuştur. Program, basit varsayımsal bir organizmanın yalnızlık ve aşırı kalabalık gibi farklı ortamlarda hayatta kalma mücadelesini taklit etmektedir. Bugünlerde bu temel fikir yaya davranışları, kaçış ve panik dinamikleri, orman yangınlarının yayılması, nüfus artışı ve göçler gibi oluşumları daha iyi anlamak ya da tahmin etmek için kullanılmaktadır [14].

Hayat Oyunu modelinde bir hücre komşusu olduğu sekiz hücreden bilgiler alarak kendi durumunu belirlemektedir. Bu kural neticesinde hücre canlı veya ölü olarak oluşabilmektedir. Herhangi bir hücre için hücrelerin durumları şu şekilde olabilir [3]:

- Eğer bir canlı hücre iki ya da üç canlı komşu hücreye sahipse bir sonraki nesle değişikliğe uğramadan geçer (Şekil 6a).
- Eğer bir canlı hücre üçten daha fazla canlı komşuya sahipse kalabalıklaşma nedeniyle, ikiden daha az canlı komşu hücreye sahipse yalnızlık nedeniyle ölür (Şekil 6b).
- Eğer bir ölü hücre tam olarak üç canlı komşuya sahipse canlanır (Şekil 6c).
- Eğer bir ölü hücre üçten fazla ya da ikiden az canlı komşu hücreye sahip ise ölü durumda devam eder (Şekil 6d).



Şekil 6. Hayat oyunu [3]

HO ile entegre veya HO tabanlı birçok model geliştirilmiş olup kentsel büyüme simülasyonunda etkin biçimde kullanılmaktadır.

SLEUTH

SLEUTH, kentsel büyümeyi simüle etmek ve diğer arazi kullanım değişikliklerini belirlemek amacıyla kullanılan hücresel otomat tabanlı bir modeldir. Model ilk olarak Keith C. Clarke tarafından 1992 yılında oluşturulmuştur [15]. SLEUTH modeli adını, modelin çalışması için gerekli olan girdi verilerinin isimlerinin baş harflerinden almaktadır. Bunlar; Slope, Land Cover, Exclusion, Urbanization, Transportation, ve Hillshade'dir [3].

SLEUTH'un yapısı üç aşamadan oluşmaktadır [3]:

- Büyüme Döngüsü (Growth Cycle)
- Temel Simülasyon (Basic Simulation)
- İşlem Akış Modu
 - Test İşlem Akışı (Test Process Flow)
 - Kalibrasyon İşlem Akışı (Calibration Process Flow)
 - Kestirim İşlem Akışı (Prediction Process Flow)

SLEUTH modelde büyüme kuralları, 0 ile 100 arasında değişen bir dizi katsayıya karşılık gelir. Modelin davranışını kontrol eden beş farklı faktör bulunmaktadır. Bunlar Tablo 1’de belirtilen saçılım, ortaya çıkma, yayılım, eğim ve yol çekim katsayısıdır [16].

Tablo 1. SLEUTH büyüme kuralları ve katsayıları [16]

Büyüme Kuralı	Büyüme Katsayısı
Doğal Büyüme	Dağılım, Eğim
Yeni Yayılım Merkezi	Ortaya Çıkma, Eğim
Çeper Büyüme	Yayılım, Eğim
Yol Etkisinde Büyüme	Ortaya Çıkma, Eğim, Yol Çekim, Saçılım

SLEUTH modeli hücresele veri yapısı nedeniyle raster tabanlı uzaktan algılama verileri ile entegre edilebilir [17]. SLEUTH modelde, kentsel büyüme modelini kalibre etmek ve tahminde bulunmak için gerekli olan veriler; Slope (Eğim), Land Use (Arazi Kullanımı), Exclusion (Harici Bölgeler), Urban (Kent Alanları), Transportation (Ulaşım), Hillshade (Kabartma Verisi) verileridir. Modelde yukarıda belirtildiği üzere, eğim ve kabartma şeklinde iki topoğrafik veri gereklidir. Bunlardan kabartma verisi modelde görselleştirmede kullanılmasına rağmen model davranışını belirlemede rol oynamaz. İki farklı periyotta sınıflandırılmış arazi kullanım verisine Deltatron alt modelin uygulanması için gerek duyulur. Fakat arazi kullanım verileri kentsel büyümeyi simüle etmek için gerekli değildir. Kentsel büyümeye kısıtlamalar koymak amacıyla bir harici bölge katmanı kullanılır. Bu katman ağırlıklı bir katman da olabilir, böylece kentleşmeyi yavaşlatmak için büyümeye karşı “dirençler” görevini üstlenebilir. Kent alanları model için kritik ve gerekli olan verilerdir. En az 4 farklı zaman için kent alanları katmanına ihtiyaç vardır. Bu katmanlar farklı zamanlardaki kent alanları kapsamını gösterir. SLEUTH’un kullanılması için gerekli olan son katman da ulaşım’dır. Farklı zaman dilimine ait ulaşım haritaları ulaşım ağının zaman içerisindeki gelişimini gösterir. Farklı yol türleri kentsel büyümeyi farklı şekillerde etkilediğinden, ulaşım ağındaki yollar türlerine göre sınıflandırılır [15].

Fiziksel dinamiklerin modellenmesinde SLEUTH modelin avantajları şu şekildedir [18]:

- Bağımsız ölçek
- Dinamik ve gelecek odaklı
- Bazı başlangıç koşullarını ve giriş veri katmanlarını değiştirerek farklı koşullar altında kullanılması
- Farklı veri kümelerine sahip tüm bölgelere uygulanabilmesi

III. SONUÇ

Planlamanın hedefi gelecekte karşılaşılabilecek sorunları önceden belirlemek ve bu sorunların çözülmesine yardımcı olmaktır. Bu kapsamda kentsel büyüme simülasyonu çalışmaları kent planlama açısından kritik bir önem taşır. Bu çalışmada kentsel büyüme simülasyonu için kullanılan

yöntemler ele alınmış, ilk simülasyon modelleri ve yeni yaklaşımlar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca simülasyon için gerekli verilerin elde edilmesinde uzaktan algılamanın, girdi katmanların hazırlanması ve analizlerde CBS’nin önemi vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim (2017). Arazi Kullanım Modelleri. <https://cografyabilim.files.wordpress.com/2012/03/06-arazi-kullanc4b1m-modelleri.pdf>
- [2] Park R E, Burgess E W & McKenzie R D (1925). The City. The University of Chicago Press, 50, London.
- [3] Ayazlı İ E (2011). Ulaşım Ağlarının Etkisiyle Kentsel Yayılmanın Simülasyon Modeli: 3. Boğaz Köprüsü Örneği, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 129 s, İstanbul.
- [4] Praga A & Janella D (Editor) (2001). Walter Christaller, Hierarchical Pattern of Urbanization. Centre for Spatially Integrated Social Science. <http://scholarship.org/uc/item/6188p69v>.
- [5] Tok E (2006). V-I-S Modeli ile Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak Kentleşmenin İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, 81 s, İstanbul.
- [6] Crawford R (2016). What Can Complexity Theory Tell Us About Urban Planning? New Zealand Productivity Commission Te Komihana Whai Hua o Aotearoa, Research Note 2016/2.
- [7] Bowyer D (2015). Measuring Urban Growth, Urban Form and Accessibility as Indicators of Urban Sprawl in Hamilton, New Zealand, Master’s Thesis, Physical Geography and Ecosystem Science Centre for Geographical Information Systems Lund University, 133 p, Lund, Sweden.
- [8] Arı H A (2009). İstatistiksel Bir Dalga Modeli Kurulumu ve Kıyı Boyu Katı Madde Taşımının Modellenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 331 s, İstanbul.
- [9] Mohammady S, Delavar M R & Pahlavani P (2014). Urban Growth Modeling Using An Artificial Neural Network A Case Study of Sanandaj City, Iran. The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, The 1st ISPRS International Conference on Geospatial Information Research, 15–17 November 2014, Tehran, Iran.
- [10] Daşdemir İ & Güngör E (2002). Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormanlıkta Uygulama Alanları. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 4 (4) :1-19.
- [11] Çağlayan A & Dağlı D (2014). Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, 23-24 Ekim, Bildiriler Kitabı, 233-245, Ankara, Türkiye.
- [12] Bozkaya A G (2013). İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 164 s, İstanbul.
- [13] Akman H (2012). Hücresele Otomat ve Tabu Arama Algoritması ile Mikroşerit Yama Anten Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, 81 s, Isparta.
- [14] King H (2001). Cellular Automata Modelling of Multilane Highway Traffic, Master’s Thesis, Boğaziçi University Graduate Program in Physics, 70 p, İstanbul.
- [15] Clarke K C, Dietzel C & Goldstein N (2007). A Decade of SLEUTHing: Lessons Learned from Applications of a Cellular Automaton Land Use Change Model. *Classics in IJGIS: twenty years of the international journal of geographical information science and systems*, 413-427.
- [16] Bihanda N, Soffianian A & Fakheran S (2013). Using the SLEUTH Urban Growth Model to Simulate Future Urban Expansion of the Isfahan Metropolitan Area. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43(2), 407-414.
- [17] Sangawongse S, Sun C H & Tsai B W (2005). Urban Growth and Land Cover Change In Chiang Mai and Taipei: Results From The SLEUTH Model. MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2622-2628.
- [18] Şevik Ö (2006). Application of SLEUTH Model In Antalya, Master’s Thesis, Middle East Technical University Geodetic and Geographic Information Technologies, 112 p, Ankara.