



## PEYZAJ MİMARLIğINDA KONUMSAL BİLGİ TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI

Süha BERBEROğLU<sup>1</sup>, Ahmet ÇİLEK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, Türkiye

### z

Günümüzde artan veri kaynakları bilgi teknolojilerinin kullanım alanını yaygınlaştırmıştır. Verilerin sistematik bir şekilde toplanarak depolanması, uygun ortamlarda işlenmesi ve kullanıcılar için bilgiye dönüştürülmesi ancak bilgi teknolojilerinin kullanımı ile mümkün olmaktadır. Hızlı bir şekilde gelişen bilgisayar teknolojisi peyzaj tasarım ve planlama çalışmalarında uluslararası platformlarda etkin bir araç haline gelmiştir. Özellikle konumsal bilgi teknolojilerinin (uzaktan algılama, CBS, konumsal modeller ve GPS) her alanda kullanılabilirliği ve bu teknolojilerin iki boyuttan üçüncü boyuta taşınması ile büyük etkinlik sağlamaktadır. Sonuç olarak bu çalışmada, konumsal modellerin ve üç boyutlu modelleme çalışmalarının peyzaj planlama ve peyzaj tasarımında kullanımı değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** Konumsal modeller, 3B, kentsel gelişim modelleri.

---

\*Sorumlu Yazar *Corresponding Author* | Ahmet ilek, Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, Türkiye [acilek@cu.edu.tr](mailto:acilek@cu.edu.tr)

**Geliř** Received 28.06.2019 | **Kabul** Accepted 30.06.2019 | **Basım** Published 10.07.2019

### Giriş

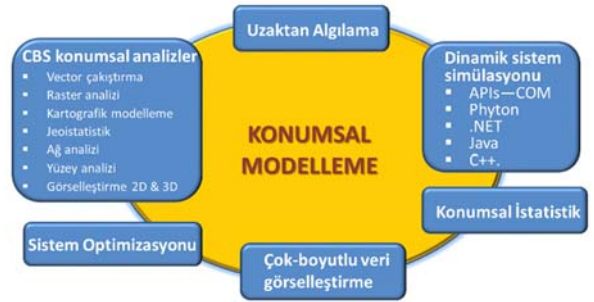
Peyzaj planlama ve tasarımı artık günümüzde kullanılan teknikler bakımından birbirine daha fazla yaklaşmıştır. Her ikisinde de evrensel anlayış bilgiye dayalı peyzaj tasarımı ve planlamasıdır. Temel konu, doğru bilginin doğru yöntemlerle planlama ve tasarıma aktarılmasıdır. Ian Macharg'dan günümüze değin bilgiye dayalı fiziki planlama anlayışı değişmemiştir, prensipler aynı olmakla birlikte ilerleyen teknolojinin getirdiği avantajlar ve multi-disipliner çalışmaların artmasıyla ulaşılabilir bilgi ve enstrüman hacmi artmıştır.

Bunun sonucunda ortaya "büyük veri" (big data) kavramı çıkmıştır. Google'ın eski CEO'su Eric Schmidt'in belirttiği gibi insanlığın 2003 yılına kadar topladığı veri günümüzde her iki günde kaydedilmektedir. Üç tanesi (RASAT, Göktürk-1&2) ülkemizin olmak üzere 684 adet yer gözlem amaçlı uydu sürekli veri kaydetmektedir. Soğuk savaşın bitmesinin ardından, 1995 yılında, ABD Parlamentosunun aldığı karar ile yüksek yer çözünürlüğüne sahip uydu görüntülerinin bilimsel ve ticari amaçlı kullanımlarının serbest bırakılması ile günümüzde 30 cm yer çözünürlüğünde uydu görüntülerini kullanmak mümkündür. 1990'lı yılların sonuna kadar LANDSAT, SPOT, ASTER vb. gibi uydulardaki algılayıcılardan alınan veriler peyzaj planlamada bölgesel çalışmalar için en yaygın veri kaynağı iken, 2000'li yılların başından itibaren 0,3 - 4 m arasında yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu verileri kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek (mekânsal, spektral, radyometrik ve zamansal) çözünürlüğe sahip verilerin başta tematik haritalama olmak üzere, günümüzde uygulama alanları artmış ve peyzaj tasarımında da kullanılmaya başlanmıştır.

Harvard'da 1965 yılında vektör tabanlı delikli kart ile çalışan iki boyutlu analiz yeteneğine sahip ilk coğrafi veri işleme yazılımının (SYMAP) ardından

ESRI'nin (Environmental Systems Research Institute) 1982 yılında ilk ticari Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımını çıkarması ile CBS 1990 yılına kadar yaygınlaşma sürecini tamamladı. 1990 sonrasında bilgisayar teknolojisindeki ivmelenme ve 2000 yılı sonrasında iklim değişikliği çalışmalarının ön plana çıkmasıyla yerbilimlerindeki çok disiplinli ortak çalışmaların artması veri miktarını ve üretim tekniklerini geliştirmiştir.

Geldiğimiz bu nokta ile artık fiziki planlamada; veri kısıtlı çalışmalardan veri yoğun çalışmalara, durağan anlık durum tespitinden dinamik süreklilik gösteren izleme süreçlerine, kaba ölçekli genellemelerden yüksek çözünürlü ayrıntılara, basit ve genel modellerden daha ayrıntılı bütünlük kompleks modellere doğru giden yaklaşımları kullanabilme şansı ortaya çıkmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Konumsal modelleme ve kapsamı

Yerbilimleri özellikle iklim değişimi nedeniyle ihtiyaç duyulan global ve bölgesel ölçeklerde veri üretimi konusunda önemli aşamalar kaydetmiştir. Bilgisayar teknolojisindeki ilerleme, bu alandaki projelere büyük bütçelerin ayrılması ve çok-disiplinli çalışmaların artması da bu gelişmeleri hızlandırmıştır. Bunun sonucunda yerbilimleri tarafından ileri düzeyde kullanılan konumsal bilgi teknolojilerinin bir parçası olarak jeo-konumsal modelleme çalışmaları sonucunda önemli teknikler geliştirilmiştir. Ancak bu tekniklerin ve bilginin

peyzaj planlama başta olmak üzere fiziki planlamaya ve tasarıma aktarımı sınırlı olmuştur. Yerbilimleri alanında geliştirilen bilgi ve teknolojilerin planlamaya aktarılması peyzaj mimarlığının diğer planlı disiplinler arasındaki konumunu güçlendirecek önemli potansiyel içermektedir.

Sonuç olarak en önemli araştırma sorusu, doğru bilgiyi güncel konumsal bilgi teknolojileri ile üretebiliyor muyuz? Üretilen bilgiyi planlama ve tasarım sürecine aktarabiliyor muyuz?

Bu makalede konumsal bilgi teknolojileri kapsamında; uzaktan algılama, CBS ve konumsal modeller ile ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır.

## 2.CBS ve modelleme

İleri düzeyde yürütülen jeo-konumsal modelleme çalışmaları sonucunda geliştirilen önemli tekniklerin Peyzaj Planlama başta olmak üzere fiziki planlamaya özellikle su ve çevre yönetimine aktarımı sınırlı olmuştur (Hermann ve ark., 2011; Norgaard, 2010; Hermann ve ark., 2013).

CBS gelişim süreci içinde fiziki planlamaya katkı noktasında önemli unsurları:

- Yer (ne var?)
- Koşul (nerede?)
- Eğilim (ne değişti?)
- Patern (dağılım, diziliş)
- Modelleme (eğer?)

Yer ve koşula ilişkin bilgileri analiz etmeye yönelik coğrafi veride belirli kriterleri taşıyan uygunluk haritalarının belirlenmesi özellikle erken dönemde (1969-1980) Ian MacHarg'ın bölgesel çalışmalarında görülmektedir. Düzenli veri setlerinin oluşmaya başlaması, farklı veri kaynaklarının özellikle uzaktan algılanmış verilerin çeşitlenmeye başlaması (Landsat, SPOT), ulaşılabilir

olması sonucu 1980'lerden itibaren izleme ve değişimin yönü, eğilim irdelenmeye başlamıştır. 1990'lar ile birlikte konumsal istatistiğin yoğun olarak coğrafi veriler ile birlikte kullanılmaya başlanması sonucu konumsal dağılımın ve paternin problem tespiti ile sebep-sonuç ilişkisinin anlaşılması sağlanmıştır. 1990'ların sonundan itibaren ise modelleme çalışmaları çok yoğun olarak coğrafi bilgi teknolojileri içerisinde yerini almıştır. Yerbilimcilerin yazılım geliştirme yeteneklerini arttırması, iklim değişimi çalışmalarının önemli bir araştırma alanına dönüşmesi modelleme çalışmalarına yönlendirmiştir. Plan kararlarının sonuçlarını simüle etme imkanı veren modelleme çalışmaları fiziki planlıların halen gündemine yeterince girememiştir.

Modelleme; Planlanma, tahmin etme, açıklama veya tanımlama amacıyla bir oluşumun basitleştirilmiş sunumudur. Yersel bir model ile mekan ve öz nitelik ilişkisi ortaya konmaktadır. Yersel modelleme, belirli yersel özellik grubunun temel işlemlerini ve özelliklerini tanımlamak için CBS ortamında yürütülen analitik bir işlemdir. Yersel modellemenin amacı, gerçek dünyada meydana gelen mekansal nesnelere veya olayları inceleyip matematiksel bağıntılarla simüle ederek, değişen koşullarda problem çözmeye imkan vermektir. Özellikle senaryo geliştirmeyi desteklemesi nedeniyle farklı plan kararlarının değerlendirilebilmesi potansiyeli nedeniyle planlamayı kolaylaştırabilmektedir.

Amaçlarına göre yersel model çeşitleri:

- Tanımlayıcı; olayları ve bu olayları yaratan unsurlar arasındaki varsayılan veya gerçek ilişkiyi tanımlayan bir matematiksel modelleme türüdür.

Yersel verilerin mevcut durumunu tanımlar. Tanımlayıcı modeller tipik olarak bir sistemin önemli bileşenlerinin anlaşılması, bu bileşenler arasındaki ilişkilerin ve bunların sayısal olarak gösterilmesinden oluşur. Bu modeller "Bu nedir?" sorusunu yanıtlar, verilerin temel özelliklerini sunar ve ham verileri özetleyerek ve insanlar tarafından yorumlanabilecek çıktılar elde etmeye yarar.

- Açıklayıcı modeller; bir durumun neden ve nasıl işlediğinin anlaşılmasına olanak sağlayan modellerdir.

- Tahmin edici; iklimsel, ekolojik, hidrolojik, toprak erozyonu, kentsel gelişim, arazi örtüsü/alan kullanımı, karbon döngüsü, ekonomi, turizm gibi alanlarda sistem unsurlarında meydana gelen değişikliklerin simülasyona dahil edilerek geleceğe yönelik kestirimlerin yapılmasına olanak sağlayan modellerdir. Bu modeller çoğunlukla süreç tabanlı konumsal modellerdir.

- Normatif modeller çok daha karmaşık yapıya sahip modellerdir, tahmin edici modellerden en önemli farkı sistemi optimize etme yetenekleri vardır. Hedef fonksiyonlar optimize edilerek model sonuçları üretilir, endüstri mühendisliğinde kullanılan algoritmalar ve yaklaşımlarla benzerlik gösterir.

olmak üzere dört grupta toplanmaktadır.

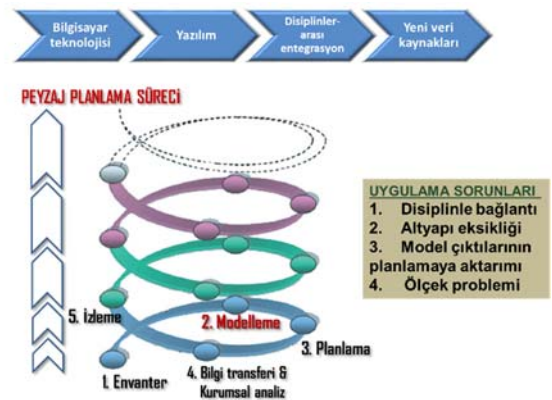
Modellemede cevaplanması gereken sorular:

- Modelin yapısı
- Coğrafi birimlerin tanımlanması
- Değişkenlerin tespiti
- Ölçme (nicel) metodudur.

Konumsal modeller insan etkisinin olduğu her alanda bölgesel ekonomik kalkınma modellerini,

arazi ve konut piyasası modellerini, tesis ve tesis yer modellerini, mekansal difüzyon modellerini, göç modellerini, seyahat ve eşya taşıma modellerini ve kentsel arazi kullanım modellerini içermektedir. Son zamanlarda, hava tahmin modelleri, iklim modelleri, hava dağılım modelleri, kimyasal reaksiyon modelleri, yağış-akış modelleri, yeraltı suyu modelleri, toprak erozyonu modelleri, biyolojik ekosistem modelleri, enerji sistemi modelleri ve gürültü gibi çevresel etki modelleri önem kazanmıştır (Wegener, 2001).

Bu modellerin kullanımı peyzaj planlama sürecinde veri toplama ile plan kararlarının alındığı süreç arasındadır (Şekil 2). Özellikle plan kararlarının alınabilmesini kolaylaştıracak ve alınan kararları destekleyecek nicel veri üretimi noktasında önemli katkılar sağlamaktadır. Günümüzde veri değerlendirme noktasında sadece CBS'nin temel fonksiyonları plan kararlarını desteklemede kullanılırken, konumsal modeller bu süreci daha ileri boyuta taşımıştır.



Şekil 2. Konumsal modelleme gelişim süreci

Bilgi teknolojileri ve modelleme çalışmalarının son yıllardaki kullanımı peyzaj mimarlığının her alanında büyük yenilik getirmekle birlikte kullanım

yaygınlığı nedeniyle bu makalede kentsel gelişimin modellenmesi ve üç boyutlu veri üretim tekniklerinden bahsedilecektir.

### 2.1 Kentsel Modelleme

Kentlerdeki nüfus yoğunluğu ve buna eşlik eden hızlı kentsel büyüme küresel bir olaydır. Yerleşim yoğunluğundaki artış ve nüfustaki yaşlanma çözümü daha zor dinamikler olarak karşımıza çıkmaktadır. 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 olmaktadır. Böyle doğrusal olmayan süreçleri daha iyi anlamak ve gelecekteki kentsel formların hem uygun bir yaşama alanı sağlaması hem de çevresel sürdürülebilirliğe saygılı olabilmesi için karmaşık sistem yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu zamana kadar karmaşıklık genellikle rastlantı ile ilişkilendirilmiştir. Bilimin temel amacı bu rastlantıları istatistiklerle ya da analitik modellerle açıklamaya çalışmaktır.

Bu bağlamda karmaşa teorisi kendi başına organize olabilen, kritik ve düzensiz sistemleri anlamada giderek önem kazanmaktadır (Wilson, 2000; Toffoli, 1998; Holland, 1995; White ve Engelen, 1994; Kauffman, 1993; Prigogine, 1984). Günümüzde birçok kentsel gelişim modelleme yaklaşımı geliştirilmiştir ve bunlardan sadece bazıları akademik çalışmalar için ücretsiz olarak kullanıcılarla paylaşılmaktadır. LUCAS, Markov, SLEUTH, Smart Growth Index, UPLAN ve UrbanSim bu ücretsiz modeller arasındadır (Oğuz, 2004).

Diğer yöntemlere kıyasla daha basit kentsel modelleme yöntemlerinden biri olan hüresel öz-

işleme (Cellular Automata (CA)), şehir gelişimini simüle ve tahmin etmekte araştırmacıların dikkatini çekmektedir. CA modeller; alanları hücreler halinde ifade etmekte 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. CA modellerinin avantajları arasında: (i) interaktif olması (sonuçlar görsel olarak yorumlanabilmesi ve miktarının ölçülebilmesi), (ii) CBS ortamında kolayca ilişkilendirilebilmesi, (iii) konumsal tabanlı hüresel verilerden örneğin, uzaktan algılamış görüntülerden elde edilebilir olması ve (iv) çevresel modellerle kolayca ilişkilendirilebilir olması yer almaktadır (Tanrıöver, 2011).

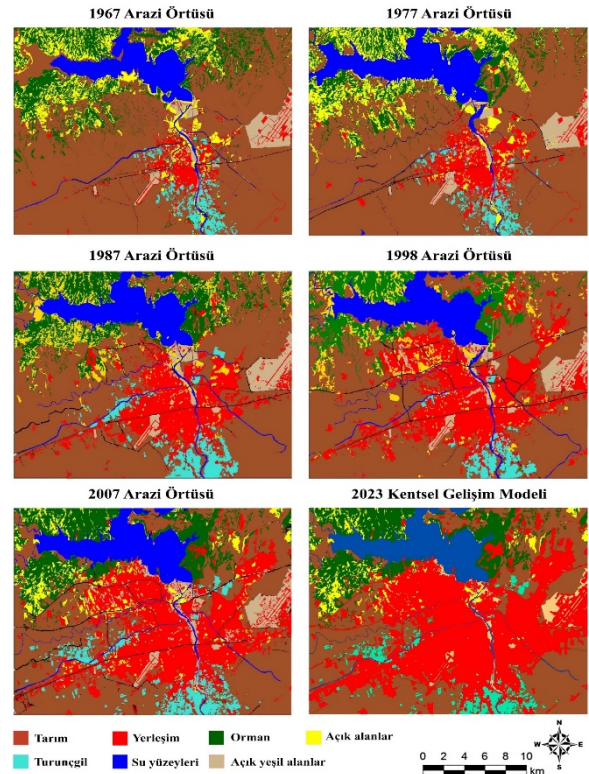
CA kapsamında yer alan Markov Chain, bir zaman aralığındaki olasılıkları geçmiş zamandaki değerlere bağlı olan tesadüfler serisidir. Basit bir örnek ile kişilerin daha önce gezdikleri yerlere geri dönmelerini kısıtlayan yani geri dönüşü olmayan ve tesadüfi yapılan bir yürüme eylemi verilebilir. Markov'daki kontrol faktörü, mevcut sistemdeki yeni bir duruma gidilmesi beklenen bir hücre için koşulları içeren geçiş olasılıklarıdır. Birçok problem için, Markov Chain, en önemli örnekleri toplar. Bunun anlamı, eğer düzenli geçiş olasılıkları tanımlanabilirse, oldukça verimli tahminler yapılabileceğidir. Markov Chain, dinamik bir sistemdeki özel bir sınıf için simetrik matrisler olarak tanımlanan geçiş olasılıklarını ifade eder. (Luenberger 1979; Logofet ve Lesnaya 2000). Birçok durumda, olasılık matrisleri, farklı zamanlarda bütün arazi kullanım sınıflarını kapsar. Bütün arazi kullanım sınıflarını içererek, Markov Chain geniş yersel ölçekte modelleme yapma eğilimi gösterir ve bütün bu çalışmalar birinci derece Markov'a göre yapılır (Drewett 1969; Bell 1974; Robinson 1978; Jahan1986; Muller ve Middleton 1994).

Mevcut arazi örtüsü/kullanımı değişimini Markov ile modellemede; arazi tanımlama dijital görüntü işleme teknikleri ya da çalışma alanından toplanan yer verisine ek olarak uzaktan algılanmış veri seti ve hava fotoğraflarının kullanılması da iyi sonuçlar vermektedir (Drewett, 1969; Bourne, 1971; Bell, 1974; Bell ve Hinojosa, 1977; Robinson, 1978; Jahan, 1986; Muller ve Middleton, 1994). Fakat bu ikinci grup veriler için, sadece arazinin belli bir bölümü örneklendiği için verideki belirsizlik zaman zaman yüksek olmaktadır. Bu nedenle uzaktan algılanmış verilerin kullanılması daha gelişmiş analizler sağlamaktadır. Bununla birlikte Markov modeller kentsel çalışmalarda ve büyük ölçekli alanlarda çoğunlukla uygulanmaktadır.

Kentsel süreç dinamiklerini modellemek için Clarke ve Hoppen (1997), revize edilmiş bir hüresel otomasyon yöntemi geliştirilmiştir: SLEUTH (Slope-eğim, Land use-arazi kullanımı, Exclusion-çıkarma, Urban-kent, Transportation-ulaşım ve Hillshade-yamaç), başka bölgeler için de uygulanabilen ve ölçekten bağımsız bir modeldir (Kramer, 1996).

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 temel girdi haritasına ihtiyaç duyulur: kentleşme, ulaşım, kentleşmenin olmaması gereken 'çıkarma' alanları, eğim ve yamaç görüntüleri. Bütün katmanlar için 0 anlamsız değer olarak alınmış buna karşın 1-255 arasındaki değerler hesaplanmış değerlerdir. Modelde aynı zamanda giriş verilerinin coğrafi referanslandırmasının yüksek doğrulukla olması önemlidir. Kentleşme modeldeki en önemli katmandır ve istatistiksel kalibrasyon için en az dört farklı yıla ait kentin yersel yayılım görüntülerine ihtiyaç vardır (Silva and Clarke, 2005).

1967-2007 yılları arasında Adana ili için onar yıllık periyotlarla kentsel değişim belirlenmiş ve 2023 yılı için SLEUTH, Markov Chain, Yapay Sınır Ağları, Regresyon Ağacı ve Lojistik Regresyon gibi farklı yöntemler kullanılarak kentsel gelişim olasılık görüntüleri oluşturulmuştur (Şekil 3). Bu çalışma Adana için ilk detaylı çalışma niteliğindedir. Son zamanlarda doğal kaynakların tükenmesi ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlar nedeniyle giderek önem kazanan bir kavram olan 'sürdürülebilir kalkınma' için, bu olumsuz sorunları en çok tetikleyen kentsel yapıların çok iyi tanımlanması ve geleceğe yönelik bir takım simülasyonlar yardımıyla farklı koşulların test edilmesine olanak tanımaktadır (Berberoğlu 2011).



Şekil 3. Adana'nın kentsel gelişim modellemesi (Tanrıöver, 2011; Berberoğlu ve ark., 2011)

## 2.2.1 Stereo Görüntülerin Kullanımı

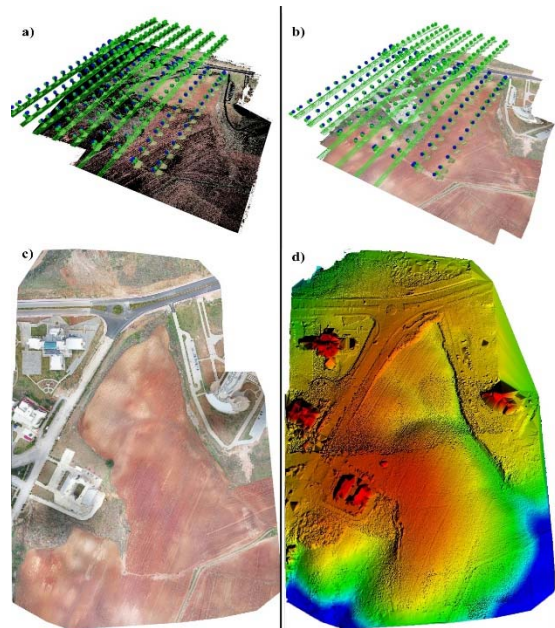
Yeni dijital araçlar ile sorunların analiz edilmesi, çözüm üretilmesi ve aynı zamanda fikirlerin daha iyi ifade edilmesini sağlamıştır. Dijital araçlar kademeli olarak iki boyutlu seviyeden üç boyutlu seviyelere hatta dördüncü boyuta kadar geliştirilerek karar verme sürecinin desteklenmesi ve fikirlerin hızlı ve etkin biçimde paylaşılarak kullanıcılar tarafından kolaylıkla erişilebilir olması sağlanmaktadır. Günümüzde birçok alanda uzaktan algılama ve fotogrametri teknikleri ile üretilen veriler kullanılmaktadır. İnsansız Hava Aracı (İHA) fotogrametrisi, geleneksel platformlardan veri toplama işleminin kısmen yerini alabilir, ancak aynı zamanda hem araştırma hem de uygulamada birçok alan için yeni olanaklar sağlamaktadır (Remondino ve Ark. 2012, Colomina ve Molina 2014, González-Jorge ve ark. 2017). İHA'lar, kullanıcılara mevcut sensör ekipmanı, zaman ve uçuş planlama açısından büyük esneklik sağlamaktadır. Gelişen teknolojiler ile son yıllarda konumsal verilerin temininde insansız hava araçlarının uygun maliyet, geniş yersel ve zamansal çözünürlük olanakları büyük rol oynamaya başlamıştır. Ayrıca İHA'lar ile hassas alanların kolaylıkla izlenmesi ve değerlendirilmesi avantaj sağladığı için tercih edilmektedir.

İHA Sistemleri farklı taşıma kapasitelerine göre video, termal, multispektral, hiperspektral kameralar veya lidar algılayıcısını içerebilmektedir. Ayrıca İHA'larda GNSS/INS (Global Navigation Satellite System/Inertial Navigation System) sistemi ile sensörlerden alınan verilerin yüksek hassasiyetle konumlandırılması sağlanmaktadır.

İHA'lardan elde edilen görüntüler geleneksel hava fotogrametrisinden çok daha düşük maliyetle üç boyutlu verilerin üretilmesi ile turizm, mimarlık, şehir planlama ve peyzaj mimarlığı alanlarında oldukça etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Uygun fiyatlı İHA'ların çeşitli sensörler ve fotogrametrik yazılımlar için çok yönlü uçan

platformlar olarak kullanılması, peyzaj mimarlarının geleneksel topografik araştırma yöntemlerine göre çok daha düşük maliyetle ve daha hızlı coğrafi referanslı 3 boyutlu modellerin oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. İHA'larla toplanan veriler topografya ile sınırlı değildir, ancak taşkın riskini, bitki örtüsünü değerlendirmek veya peyzaj tasarım çalışmalarına altlık oluşturmak için de kullanılabilir.

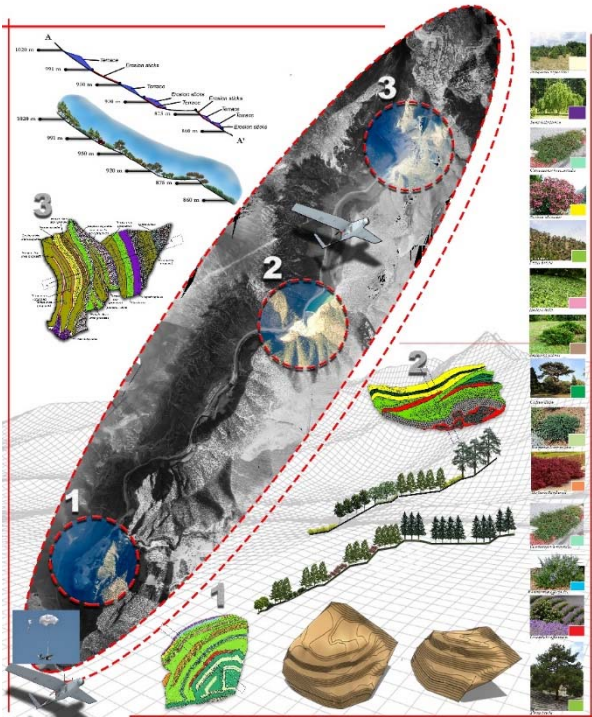
Birbirleri ile çakışan görüntülerden nokta bulutlarına, yüzey modellerine veya ortofoto görüntülerine dönüşüm düşük maliyet ve yüksek hızla yapılabilmektedir (Şekil 4). İHA'lardan elde edilen fotogrametrik görüntülerin yüksek çözünürlü sayısal yükseklik modeli gibi peyzaj planlama veya peyzaj tasarımı uygulamalarında birçok kullanım alanı bulunmaktadır.



Şekil 4. Fotogrametrik görüntülerin birleştirilmesinde nokta bulutu (a), yüzey modellemesi (b), ortofoto (c) ve sayısal yükseklik modeli görüntülerinin üretimi (Çukurova Üniversitesi Kampüsü).

İHA'lardan %70 bindirmeli şekilde alınan görüntüler fotogrametrik işlemler sonucunda birleştirilerek ortofotolar üretilerek peyzaj planlama

çalışmalarında altlık olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak HES santrali inşaat sırasında topografyadaki bozulmalar sonucu, rehabilitasyon projelendirmesinde oldukça etkin bir şekilde kullanılmıştır. Bu alanların tekrar doğaya kazandırılması ve erozyon riskinin azaltılması için bitkilendirme yapılması gereken alanlar için topografik veriler üretilmektedir. Dokuz farklı alanda konumlandırılmış malzeme döküm alanlarından alınan görüntüler fotogrametrik işlemler yapılarak ortofoto haritalar 5 cm hassasiyetinde elde edilmiştir. Bu verilerden gerekli palyalar, bitki dikim alanları ve erozyon önleme uygulamaları belirlenmiştir. Şekil 2'de verilen üç alan için stereo görüntülerden arazi topografyası üretilerek kesitler ve yüzey modelleri oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. İHA görüntüleri kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu modeller ve peyzaj onarım projelerinde kullanımı (Adana, Saimbeyli - Yamanlı HES sahası)

### 2.2.2 Lidar Görüntüleri ile 3B üretilmesi

Lidar (Light Detection and Ranging) teknolojisi nesnelerin digital olarak görüntülenmesinde, 3 boyutlu taranması ve modellenmesinde, peyzaj dokusunun oluşturulmasında uzaktan algılama ve yersel fotogrametrik yöntemler önemli rol oynamaktadır. Lidar, lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını gönderdiği sinyalin ne kadar zamanda geri döndüğünü belirleyerek konumlandırır. Bu konumlandırmalar saniyede milyonlarca lazer darbesi göndererek taranan objeyi temsil eden milyonlarca koordinatlı lazer nokta bulutu haline dönüştürerek oluşturulur. Lidar verileri geleneksel ölçme teknikleri ile kıyaslandığında 3B bilgilerinin çok yüksek ve çok hassas bir şekilde hızla elde edildiği görülmektedir. Lazer tarayıcıları ölçülen noktaları dahili bir koordinat sisteminde tanımlayarak bütün noktaları bu koordinat sistemi üzerinde yerleştirir (Sümer ve Türker, 2009). Farklı platformlara monte edilebilen (uzay-hava-yersel-mobil) lidar sistemlerinde 3 temel birim bulunmaktadır. Lidar sensörleri ile hareket halinde belirtilen yüzeyi lazer ışığını gönderip almaya yarar, GPS/GNSS alıcıları ile hava araçlarının enlem, boylam ve yükseklik bilgilerini kaydeder. Lidar sistemlerine bağlı bilgisayarlar ise tarama işlemi sırasında bütün noktaları yükseklik bilgilerini işleyerek üzerinde bulunan diske kaydeder. Lidar verilerinden elde edilen nokta bulutundan; temel ölçme verileri, 2 veya 3B çizimler, 3B animasyon, katı yüzey modelleri veya gerçekçi yüzey dokulu 3B modeller elde edilebilmektedir.

Son yıllarda lazer tarama sistemleri kentsel planlama ve tasarım çalışmalarında, yüksek doğrulukta (yaklaşık 5 cm hassasiyet) 3B model üretmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 6).





Şekil 6. İnsansız hava araçlarında lidar algılayıcılar

### 2.2.3 Radar Verilerinin Kullanımı

Günümüzde uzaktan algılama teknolojilerindeki gelişmeler hızlanarak artmakta olup farklı çalışma prensipleri ve farklı veri toplama biçimlerine sahip yeni uydulara yer verilmeye başlanmıştır. Uzaktan algılama sistemleri/algılayıcıları temel olarak aktif ve pasif algılayıcılar olarak ikiye ayrılmaktadır. Aktif algılayıcılar, nesnelere gözlemlemek için kendi enerji kaynaklarını kullanırken, pasif algılayıcılar güneş gibi bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar. Aktif algılayıcıların belirli bir dalga bandı aralığında farklı bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan radyasyon sağlayarak nesneyi algılaması bu algılama türünü pasif algılayıcılara göre değişen hava koşullarından bağımsız yapmaktadır. Aktif algılayıcıların çoğu, elektromanyetik spektrumun mikrodalga kısmında çalışmaktadır. Aktif algılayıcının gönderdiği enerji objeye ulaşır, enerjinin bir kısmı algılayıcıya geri yansır ve algılama işlemi gerçekleşir. Enerji objeye ulaşır sensöre geri dönerken algılayıcı, hedeflere yansıyan enerjinin menziline ve büyüklüğünü kaydederek yüzeyin iki boyutlu görüntüsünü oluşturur.

Radar verileri bir manzaradaki görünür yüzeylerin geometrisinden ve dokusundan bilgi çıkarmak, veriler hakkında muhakeme sağlamak ve son olarak sonuçları iletmeye ilgili olan bir süreçtir. Elektronik alanındaki son gelişmeler sayesinde, güvenilir, yüksek çözünürlüklü ve doğru bilgi aktarımı sağlayan 3 boyutlu aktif menzilli kameralar yapmak mümkün olmuştur (Godin ve ark., 2002). Günümüzde aktif 3 boyutlu algılama; biyomedikal görüntü analizi, robot rehberliği, kişisel navigasyon araçları, araç güvenliği, bilgisayar arayüzleri, uzaktan algılama, okyanus coğrafyası, endüstriyel muayene, mikroskopi, astronomi, sanal gerçeklik gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Bitki örtüsü hakkında sağlanan bilgiler biyoçeşitlilik ve habitat hakkında doğrudan ya da dolaylı bilgilerin açığa çıkmasını da sağlamaktadır. Landsat TM / ETM + veya MODIS gibi multispektral pasif optik sensörler bitki örtüsü tipini ve yatay peyzaj yapısını ayırt etmek için kullanılırdır. Fakat bitki örtüsünün yatay yapısının önemli olduğu gibi dikey boyutları ve bu yapıların zaman içindeki değişimi biyoçeşitlilik ile ilgili önemli bilgiler verebilmektedir. Pasif optik sensörlerden daha yeni bir teknolojiye sahip olan aktif radar ve lidar sensörleri bitki örtüsü hakkında elde edilmek istenen dikey ve hacimsel bilgileri araştırmacılara daha açık bir şekilde sunmaktadır.

Lidar ve radarın biyoçeşitlilik ile ilgili çalışmalarda uygulanması fikri nispeten yeni bir fikirdir, ancak bitki örtüsü 3 boyutlu yapısını özellikle habitat ve biyoçeşitlilik uygulamaları için haritalamak ve ölçmek için bu sensörleri kullanan çalışmalar bulunmaktadır.

Radar sensörleri, bitki örtüsü geometrisini hacimsel olarak karakterize etme ve alan genişliği boyunca görüntüler oluşturma yeteneklerinden dolayı biyoçeşitlilik analizleri için çekici araçlardır. Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) sistem parametreleri,

frekans (veya dalga boyu), polarizasyon, artış açısı ve uzamsal çözünürlüğü içeren sistemlerdir. Örneğin çok yoğun bitki örtüsü kanopilerinde, daha kısa dalga boyları taç içerisinde absorbe olma niteliği gösterirken daha uzun dalga boyları dallardan ve gövdelerden geri saçılım özelliği gösterir. Bunun gibi SAR geri saçılım metotlarına ek olarak, orman yüksekliğini doğrudan tahmin edebilmek için interferometrik SAR (InSAR) verileri kullanılabilir (Bergen ve ark., 2009). SAR verisi kullanarak sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimi çeşitli tekniklerle gerçekleştirilebilir. SYM'ler topografya üzerinde bulunan bitki örtüsü, orman ve insan yapımı tüm objeleri 3 boyutlu olarak yansıtan temel ürünlerdir. SYM'ler yersel ölçmelerden uydu bağlantılı uzaktan algılamaya kadar çok sayıda yöntem kullanılarak üretilebilmektedir. Bunların başlıcaları radargrametri ve InSAR'dır. InSAR yöntemi, çok sayıda adımdan oluşmakta ve her adımda çok sayıda parametre ve eşik değere ihtiyaç duyulmaktadır (Sefercik ve ark., 2012). İnterferometrik SAR (InSAR) farklı yörünge pozisyonlarında ve/veya farklı zamanlarda elde edilen en az iki karmaşık değerli SAR görüntüsünün kesişim farklarını kullanır.

İnterferometrik SAR'ın toprağı, buzu ve hatta deniz yüzeyinin topografyasını haritalamak için güçlü bir araç olduğu kabul edilmiştir. InSAR yöntemi, santimetre ve hatta milimetre aralığında hassasiyetle yüzey yer değiştirmelerinin tespiti ve haritalanması için benzersiz bir yöntemi temsil ettiği bilinmektedir. Deprem ve volkanik araştırmalar, buzul izleme, tektonik süreçleri takip etme, madencilik, kentsel alanlarda yüzey değişimlerinin incelenmesi gibi konularda yapılan çalışmalarda InSAR yöntemi yaygın şekilde kullanılmaktadır.

InSAR'ın odunsu biyokütlenin dikey dağılımı hakkında önemli bilgiler verebildiğini gösteren

ciddi miktarda çalışma vardır. Ayrıca kuş türlerinin çeşitliliği, birey sayıları ve habitat kullanımları Avustralya'daki farklı bitki örtüsü bölgeleri üzerinde incelenmiştir (Imhoff ve ark., 1997). Kuşlarla ilgili habitat ve biyoçeşitlilik çalışmalarının yanı sıra, Afrika Kongo havzasında bataklık ve ova ormanlarının yapısal özelliklerini ayırt etmek için tropik bölgelerde orman çeşitliliğinin mekansal dağılımlarını ortaya çıkarmak adına radar kaynaklı veriler kullanılmıştır (De Grandi ve ark., 2000) ve Orta Güney Amerika'da tropikal ağaç türlerinin çeşitliliğinin haritalandırılması (Buermann ve ark., 2008; Saatchi ve ark., 2007) gibi birçok alanda interferometrik SAR verileri kullanılmıştır

### Tartışma ve Sonuç

Bu gelişmeler karşısında peyzaj mimarlığı disiplini, hem ulusal hem de uluslararası düzeyde bilgi teknolojilerindeki bu gelişmeleri fiziki planlamaya aktarabilmesi günümüzde önemli bir çalışma konusudur. Eğitim programlarının bu gelişmelere yönelik revize edilmesi ile akademik çalışmaların klasik veri setleriyle ve tekniklerle sınırlı kalmasının önüne geçilerek konumsal bilgi teknolojilerine (uzaktan algılama, CBS, konumsal modeller ve GPS) dayalı çalışmaların peyzaj mimarlığı çalışma alanı içinde değerlendirilmesi sonucu peyzaj mimarlığı için önemli avantajlar sağlanacaktır. Temel sorun, gelişen konumsal bilgi teknolojileri ile üretilen bilgilerin planlama ve tasarıma aktarılması noktasında oluşmaktadır. Bu sorunun çözümü ile fiziki planlama çalışmaları daha objektif kriterlere oturtulabilecektir. Başta lisansüstü olmak üzere eğitim programlarımız bu alanlarda desteklenmeli, model sonuçlarının planlamaya aktarılacak formata getirilmesi konusunda çalışmalar artırılmalı ve ölçek inceltme teknikleri ile uygun ölçeklere sonuçların dönüştürülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için konumsal bilgi teknolojilerini anlayabilen ve kullanabilme bilgisine sahip donanımlı peyzaj

mimarlarının yetişmesi önem taşımaktadır. Ancak, peyzaj mimarlığını dar sınırlar içinde değerlendirmek başka ifadeyle, bu disiplini klasik fiziki planlama ve tasarım anlayışı kapsamında tutmak bu teknolojik fırsatların gerisinde kalmak anlamına gelmektedir. İçinde bulunduğumuz bilgi çağının insan kaynağı ile ilgili en önemli gerçeği "ne olduğunuz değil ne kadar bildiğiniz" in önemli olmasıdır. Bunun en önemli göstergesi Bologna süreci ile sadece alınan diplomanın artık yeterli olmamasıdır. Peyzaj mimarlığı disiplininin sınırları, esnek ve gelişen bilgi teknolojileriyle birlikte dinamik bir yapıya sahiptir. Temel hedef doğayla uyumlu sürdürülebilir planlama ve tasarımıdır, bu hedefe ulaşmanın yolu da doğru bilginin planlama ve tasarımıda kullanımından geçmektedir.

### Kaynaklar

Bamler R, Hart P (1998) Synthetic aperture radar interferometry, *Inverse Problems* 14 R-1-R54. Printed in the UK

Bell EJ (1974) Markov analysis of land use change: An application of stochastic processes to remotely sensed data. *Socio-economic Planning Sciences*, 8, 311-316.

Bell EJ, Hinojosa RC (1977) Markov analysis of land use change: continuous time and stationary processes. *Socio-Econ Planning Science* 11, 13-17.

Bergen KM, Goetz SJ, Dubayah RO, Henebry GM, Hunsaker CT ve ark (2009) Remote sensing of vegetation 3-D structure for biodiversity and habitat: Review and implications for lidar and radar spaceborne missions. *Journal of Geophysical Research*. 114:1-13. doi: 10.1029/2008JG000883.

Bourne LS (1971) Physical adjustment processes and land use succession: a review and central city example. *Economic Geography* 47, 1-15.

Buermann W, Saatchi S, Smith TB, Zutta BR, Chaves JA, Milá B, Graham CH (2008) Predicting species distributions across 8 | MOTHE ET AL. the Amazonian and Andean regions using remote sensing data. *Journal of Biogeography*, 35, 1160-1176. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01858.x>

Clarke KC, Hoppen S (1997) A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning A* 24, 247-261.

Colomina I, Molina P (2014) Unmanned aerial systems for photogrammetry and re-mote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>

De Grandi GF, Mayaux P, Malingreau JP, Rosenqvist A, Saatchi S, Simard M (2000) New perspectives on global ecosystems from wide-area radar mosaics: Flooded forest mapping in the tropics, *Int. J. Remote Sens.*, 21, 1235-1249, doi:10.1080/014311600210155.

Drewett JR (1969) A stochastic model of the land conversion process. *Regional Studies*, 3, 269-280.

Godin G, Beraldin JA, Taylor J, Cournoyer L, Rioux M, El-Hakim S, Baribeau R, Blais F, Boulanger P, Domey J, ve ark (2002) Active Optical 3D Imaging for Heritage Applications., *IEEE Comput. Graph. Appl.* 22, 24-36.

González-Jorge H, Martínez-Sánchez J, Bueno M, Arias P (2017) Unmanned Aerial Systems for Civil Applications: A Review. *Drones*, 1 (1), 2. <https://doi.org/10.3390/drones1010002>.

Hermann A, Kuttner M, Hainz-renetzeder C, Konkoly-gyuró É, Tirászi Á, Brandenburg C, Allex B,



Ziener K, Wrbka T (2014) Assessment framework for landscape services in European cultural landscapes: An Austrian Hungarian case study 37, 229–240.

Hermann A, Schleifer S, Wrbka T (2011) The concept of ecosystem services regarding landscape research: a review. *Living Rev. Landscape Res.* 5, 1 (Online Article): cited (10.11.2012), <http://www.livingreviews.org/lrlr-2011-1>

Holland J (1995) *Hidden Order. How adaptation builds complexity* Reading, Massachusetts, USA: Helix Books.

Imhoff M, Lawrence WT, Stutzer DC, Elvidge CD (1997) Using nighttime DMSP/OLS images of city lights to estimate the impact of urban land use on soil resources in the US. *Remote Sensing of Environment*, 59, 105–117

Jahan S (1986) The determination of stability and similarity of Markovian land use change processes: A theoretical and empirical analysis. *Socio-economic Planning Sciences*, 20, 243–251.

Kauffman S (1993) *Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution* Oxford, UK: Oxford University Press.

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.

Logofet DO, Lesnaya EV (2000) The mathematics of Markov models: What Markov chains can really predict in forest successions. *Ecological Modeling*, 126, 285–298.

Luenberger DG (1979) *Introduction to dynamic systems theory, models, and applications.* New York: Wiley.

Muller RM, Middleton J (1994) A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 9, 151–157.

Norgaard RB (2010) Ecosystem services: from eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecol. Econ.* 69, 1219–1227

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

Prigogine I, Stengers I (1984) *Order out of chaos. Man's new dialogue with nature* Toronto, CA: Bantam Books.

Remondino F, Barazzetti L, Nex F, Scaioni M, Sarazzi D (2012) UAV photo-grammetry for mapping and 3d modeling – current status and future perspectives. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-1/, 25-31. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011>

Robinson VB (1978) Information theory and sequences of land use: An application. *The Professional Geographer*, 30, 174–179.

Saatchi SS, Houghton RA, Dos Santos Alvalá RC, Soares JV, Yu Y (2007) Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*, 13: 816-837. doi:10.1111/j.1365-2486.2007.01323.x

Sefercik UG, Schunert A, Soergel U, Watanabe K (2012) Yüksek Çözünürlüklü Terrasar-X Verilerinin 3b Kalite Değerlendirmesi- Barselona Örneği, UZAL-CBS 2012.

Silva EA, Clarke KC (2005) Complexity, emergence and cellular urban models: lessons



learned from applying SLEUTH to two Portuguese metropolitan areas, *European Planning Studies*, 13, 93-115

Sümer E, Türker M (2009) Üç Boyutlu Bina Modelleri İçin Otomatik Bina Yüz Dokusu Çıkarımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Tanrıöver AA (2011) Adana Kentsel Gelişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Modellenmesi, Doktora tezi, Ç.Ü. Peyzaj Mimarlığı A.D., 203s.

Toffoli T (1998) Cellular Automata as an Alternative to rather than an approximation of differential equations, *Physica D*, 10,117–127.

Wegener M (2001) New spatial planning models. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 3, 224–237. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0303-2434\(01\)85030-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0303-2434(01)85030-3)

White R, Engelen G (1994) Cellular Dynamics and GIS: Modeling spatial complexity, *Geographical Systems*, 1, 237–253.

Wilson A (2000) *Complex Spatial Systems: The Modeling Foundations of Urban and Regional Analysis* Harlow, England: Prentice Hall.