

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNDE MODEL KAVRAMI

Şevki DANACIOĞLU¹

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gün geçtikçe kullanım ağını yaygınlaştırmakta; mekânın dinamik yapısının anlaşılmasında ihtiyaç duyulan metodolojik eksikliği gidermeye yardımcı olmaktadır. Coğrafya bilimi kapsamında CBS, farklı mekânsal analizlerle peyzaj paterninin, nedenlerinin ve süreçlerinin açıklanmasında; birbirleri arasındaki ilişkilerin tespitinde kullanılan önemli bir araçtır. Mekânsal analiz çalışmalarında sıkça başvurulan temel kavramlardan bir tanesi ise “*model*”dir. CBS’nin geniş uygulama alanları içerisinde önemli bir yere sahip olan modeller, belirli bir zamansal ölçekte gerçek dünyaya ait coğrafi bilgilerin sorgulanması, analiz edilmesi ve sunulması süreçlerine yönelik yöntemsel yaklaşımlardır. CBS kapsamında modeller, basit bir veri tablosundan, analiz süreçlerine; mekânsal sorgulamalardan, ilişkisel yaklaşımlara kadar farklılık göstermektedir. Bu çalışmada Coğrafya ve CBS kapsamında modellere ve modellemeye tanıtıcı bir bakış açısıyla yaklaşmıştır. Bu kapsamda CBS de uygulamaya konulmuş model çeşitleri tartışılmış, bir mekânsal modelleme perspektifi olarak CBS tartışılmış ve CBS’yi kullanan modelciler için önemli olan temel kavramlar vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mekânsal Analiz, Model, Mekânsal Model

1. GİRİŞ

II. Dünya Savaşı sonrası tüm bilim alanlarında yeniden güçlenmeye başlayan genel ve evrensel arayan, açıklamaya dayalı pozitivizm karşısında coğrafyanın eski idiografik yöntemini koruması zorlaşmış ve sonuçta nomotetik yöntem coğrafya biliminde kabul görmüştür (Yavan, 2005). Bu dönem sonrası yoğun mekânsal verilerin kullanıldığı mekânsal modeller geliştirilmiş ve coğrafya araştırmalarında kantitatif teknikler daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Ölgen, 2001). Kantitatif metodların uygulanması ile elde edilen coğrafi bilginin kapsamının (pratikte uygulanabilirliği), güvenilirliğinin artırılması ve coğrafya disiplininin yönünün mekânsal ilişkilere, yasalar üretmeye ve araştırmaya yönelik değiştirilmesi hedeflenmiştir. Bu metodlardan biri olan matematiksel modelleme tekniklerinin coğrafyanın bilimselliği tartışmalarını ortadan kaldıran ve coğrafya disiplinini birleştiren yöntemler olacağı iddia edilmiştir (Chorley ve Haggett, 1967).

İnsanoğlu yüzyıllardır coğrafi/mekânsal bilginin (gerçeğin) karmaşık yapısını anlamak istemiştir. Bu karmaşık yapıya ait bilgilerin elde edilmesi birçok faktörün birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Doğa ile insanın karşı karşıya geldiği ve elbette insanın bireysel olarak yetersiz kaldığı bu durumda, doğanın sahip olduğu karmaşık sistemin ilişkilerine ait doğrulanabilir ve uygulanabilir bilgilerin elde edilmesi sürecinde modeller önemli rol oynamaktadır (Morton ve Suarez, 2001). Modelleme ya da model kullanımı coğrafya çalışmalarında geçmişten günümüze sıkça başvurulan araştırma metodlarından biri olmuştur (Blackie ve Eeles, 1985; Dehn ve Buma, 1998; Hulme vd., 2000; Smith vd., 2001 ve Gielen ve Yagita, 2002). Teori ve model oluşturma/uygulama yaklaşımları coğrafi problemlerin ve süreçlerin açıklanmasında kantitatif devrim ile başlamış ve gelişen bilgisayar teknolojileri ile birlikte gelişerek devam etmiştir. 1980’li yıllarda başlayan CBS teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte mekânsal modelleme metodları yeni perspektifler kazanmıştır. “CBS Devrimine” geçişle birlikte bilgisayarlar araştırmalar için kullanılan araçlar olarak değil artık kendileri birer araştırma ortamları haline gelmiştir (Brimicombe, 2009). Bu da gelişen CBS teknolojisi ile mekânsal modellerin oluşturulması sürecini daha kolay hale getirmiş ve aynı zamanda “varsayım” (*what-if*) senaryolarının rahatlıkla oluşturulmasını sağlamıştır (Longley, 2000). CBS, mekânsal verinin dijital formatta depolanması, görselleştirilmesi, sorgulanabilmesi, görselleştirilen bilginin farklı şekillerde sunulabilmesi ve raporlanması gibi özelliklere sahip olması ile mekânsal modellerin oluşturulması işlemlerinde etkili bir araçtır. Ancak CBS bir modelleme sistemi olarak ortaya çıkmadığından, özellikle çok büyük veri setleri ve çok sayıda işlem adımının yer aldığı durumlarda yeterli performansı sağlayamamaktadır (Longley vd., 2005).

Replika ürünler kimi zaman gerçeğinin maliyetinin yüksek olmasından, kimi zaman ise gerçeğine ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda tercih edilen ürünlerdir. Bir replika ürününün tercihinde rol oynayan etmenler ise O’nun gerçeğine olan benzerliği ve elbette güvenilirliğidir. Modeller aslında, basit anlamda, gerçeğin replika edilmiş halidir (Longley vd., 2005). Bazı araştırmacılar ise modeli gerçek

¹ Balıkesir Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, sdanacioglu@gmail.com

dünyaya ait özelliklerin O'na en yakın halde O'ndan soyutlanarak gösterimi ve gerçeğin bir resmi olarak tanımlanmaktadır (Mulligan ve Wainwright, 2004; Berry, 2005; Goodchild, 2005; Martin ve Bertazzon, 2010 ve Jorgensen ve Fath, 2011). Modeller gerçek dünyanın bir resmidir ancak bu resim gerçeği tamamiyle yansıtamamaktadır. Çünkü modeller bir problemi çözmeye, açıklamaya ya da anlamaya yönelik oluşturulurlar ve bu amacın özelliklerini barındırırlar; gerçeğin diğer özelliklerini yansıtmazlar. Amacı gerçeği resmetmek olan bir ressamın yaptığı resim onu yansıtabildiği derecede başarılıyken, modeller de gerçeği (amacı kapsamındaki gerçeği) ne kadar yansıtıyorsa o derece başarılıdır. Gerçeği anlamak ve açıklamak bilimin hedefidir ve modeller bu hedefe ulaşmayı sağlayan önemli araçlardır(Baker, 1998).

Karmaşık doğal sistemlerin anlaşılması ve farklı şartlar altında ne tür sonuçların ortaya çıkacağı fizik, kimya, biyoloji gibi bilimlerinde olduğu gibi laboratuvar ortamında ya da gözlem ile tespit edilememektedir (Mulligan ve Wainwright, 2004). Gözlem ya da diğer metodolojik yaklaşımlar konuyla ilgili analize olanak sağlarken, modeller bu analizlerden yola çıkılarak gelecekle ilgili senaryoların oluşturulmasına imkân tanımaktadır (Longley vd., 2005). Modelleri önemli kılan diğer bir husus ise bu senaryolara imkân tanıyan dinamik modellerin yanı sıra bir problemin araştırılması sürecinde formülasyon imkânı tanımasıdır. Model yardımıyla farklı girdi parametreleri ile formüle edilen süreç test edilerek hangi çıktılara sahip olacağı; farklı senaryolarla üretilen hipotez veya teorilerin doğrulanması ya da reddedilmesi işlemleri gerçekleştirilebilir (Martin ve Bertazzon, 2010). Bir model sayesinde ilgili konu üzerindeki hipotez veya teori destekleyen, reddeden veya değişiklik yapmamızı sağlayan matematiksel deliller elde edilebilmektedir.

Uluslararası literatür incelendiğinde coğrafya kapsamında modellerin sıkça kullanıldığı görülmektedir. (Harris ve Ullman, 1945; Monteith, 1965; Gassman vd., 2010 ve Jeong vd., 2012). Ancak Türkiye'de modellerin kullanımına çok sık rastlanmamaktadır. Türkiye'de model yaklaşımıyla ilişkili 2000 yılına kadar olan coğrafya çalışmalarına bakıldığında Erinç (1965), Erol (1983) ve Sezer'in (1996) yayınları dikkati çekmektedir. Türkiye'de model yaklaşımlarındaki bu eksiklik çalışmanın motivasyon kaynağını oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı modellere genel bir giriş yapıp, yaygın kullanılanlara örnekler vererek bilimsel modeller konusunda teorik alt yapı oluşturulmasını sağlamaktır.

2. TARTIŞMA

2.1. Coğrafyada Modeller

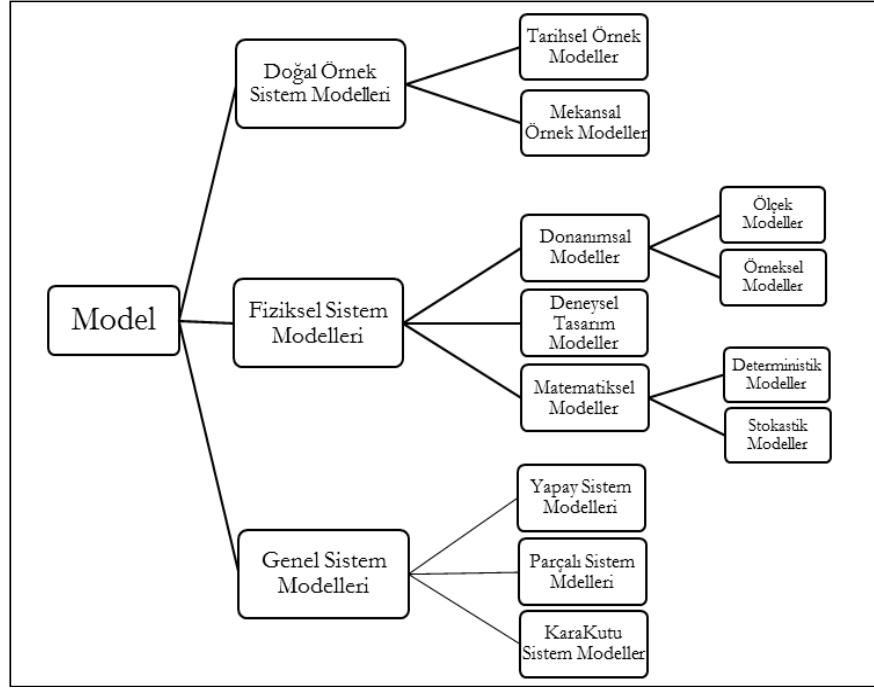
Modellerin fonksiyon ve tanımlarındaki değişkenlik paralelinde farklı sınıflandırmaların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Modelin girdi ve çıktıları, mekânsal ve zamansal ölçeği, dijital veya somut olması gibi özelliklerine bağlı olarak farklı sınıflandırmalara gidilmiştir. Bunlardan bir kısmı (Ackoff, 1964; Chorley ve Haggett, 1967; Harvey, 1969; Demeritt ve Wainwright, 2005; Martin ve Bertazzon, 2010 ve Jorgensen ve Fath, 2011) modelleri coğrafya ya da doğa bilimleri genelinde, bir kısmı da (Berry, 2005; Longley vd., 2005 ve Goodchild, 2005) CBS özelinde sınıflandırılmıştır.

Literatürde Coğrafya kapsamında sıkça değinilen model sınıflandırması Harvey (1969) tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Harvey'e göre modeller, benzer doğal koşulların temel alındığı *doğal örnek sistem modelleri* (1), gerçeğin ona en yakın şekilde somut olarak modellendiği *fiziksel sistem modelleri* (2), birbirleriyle ilişkili olduğu düşünülen parçaların aynı potada ele alınarak çözüme gidildiği *genel sistem modelleri* (3) olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır.

Harvey bu üç ana sınıfı kendi içlerinde bazı alt gruplara ayırmıştır. Buna göre doğal örnek sistem modelleri: Geçmişteki bir olaydan günümüzdeki durumlar için örnekler çıkaran *tarihsel örnek modelleri* ve farklı yerlerde meydana gelmiş olayları dikkate alarak modellenen *mekânsal örnek modelleri* şeklinde iki alt sınıfa ayrılmaktadır. Tarihsel örnek modeller kapsamında gelişmiş ülkelerin deneyimlerini değerlendirerek endüstrileşme yolunda izledikleri süreci modelleyen Rostow'un ekonomik büyüme modeli örnek verilebilir (Rana, 2008). Davis'in aşınım döngüsü modeli (Davis, 1899) ve Christaller'in merkezi yerler teorisi (Christaller, 1933) ise mekânsal örnek modelleri çok güzel ifade eden iki modeldir (Rana, 2008).

Fiziksel sistem modelleri ise somut materyallerin kullanıldığı *donanımsal modeller*, matematiksel sembollerle ifade edilen *matematiksel modeller* ve bazı pratik işlemlerin arazide ya da laboratuvar ortamında uygulanmasına izin veren *deneyisel tasarım modelleri* şeklinde üç alt grubu içermektedir. Bunlardan donanımsal modeller kendi içerisinde somut malzemelerin kullanıldığı ve değişik ölçeklerde üç boyutlu

olarak tasarlanan *ölçek modelleri* ve ölçekle birlikte materyalinde farklılaştığı *örnek sel modeller* olmak üzere iki alt gruba daha ayrılmıştır. Yine matematiksel modeller de uygulanan modelin sonucunun önceden tahmin edilebildiği ya da çıktılarının kesin ve özgün sonuçlar verdiği *deterministik modeller* ve model girdilerinin gerçekte sonuca etki yaptığı kesin değil olmayan *stokastik modeller* şeklinde iki alt gruba ayrılmaktadır.



Şekil 1. Coğrafya Kapsamında Model Sınıfları (Harvey, 1969)

Harvey'in diğer ana sınıflarından biri olan genel sistem modelleri de üç alt gruba ayrılmıştır. Bunlar; kimi zaman deneysel sistem modellerine benzeyen, gerçeğin ona en yakın şekilde sunulması amacıyla oluşturulan *yapay sistem modelleri*, kabaca gruplandırılmış doğal süreçleri etkileyen faktörler arasında ilişkilerin tespitine yönelik oluşturulan *parçalı sistem modelleri* ve modelin iç işleyişi hakkında hiçbir bilginin olmadığı, sadece sonucun elde edildiği *kara kutu sistem modelleri*dir.

2.2. CBS Kapsamında Modeller

Coğrafi varlıklar öklit uzayında yer aldıklarından kartezyen koordinatlarıyla konumlandırılmaktadır. Öklit model ile de nokta, çizgi veya poligon olarak gösterilebilen coğrafi varlıklar iki ya da üç boyutlu olarak CBS ortamına aktarılabilir (Miller ve Wentz, 2003). Bu nedenle CBS, coğrafi/mekânsal modeller ile coğrafi olgulara ait problemlerin çözümünde sağladığı bu imkan ile farklı disiplin ve perspektifler arasında kurduğu köprü nedeniyle önemli bir araçtır (Longley vd., 2005).

Model kelimesi CBS kapsamında temel olarak iki farklı anlam taşımaktadır. Bunlardan ilki, veri modelleridir. Öz nitelik bilgisinin yer aldığı bir tablo veri modellerine basit bir örnektir. CBS'de tablolar gerçek dünyadaki coğrafi varlıklara (akarsular, şehirler, volkanlar, ülkeler vb.) ait özelliklerin belirli bir gruplandırma sistemiyle farklı sütunlarla gösterilen, gerçek dünyadan soyutlanarak CBS içerisinde modellenen tablolardır. Veri modelleri kullanıcıya somut yeryüzünün, gerçek dünyadan soyutlanarak bilgisayar ortamında gösterilmesine imkân tanımaktadır (Goodchild, 2005).

Veri modelleri gerçek dünyanın nasıl sunulacağı ile ilgili CBS'de bir diğer anlamda modeller gerçek dünyanın nasıl işlediğiyle ilgilidir. Model, gerçek dünyada meydana gelen bir ya da daha fazla sürecin soyutlanarak CBS yardımı ile sunulmasıdır (Goodchild, 2005).

Model sınıflandırmalarında coğrafya ölçeğinden CBS özeline inildiğinde Berry (2005) CBS kapsamında modelleri, klasik kartografya kurallarına uygun olarak, coğrafi bilgilerin görselleştirilmesi sürecini kapsayan *kartografik* ve *mekânsal* modeller olarak iki temel gruba ayırmıştır. Mekânsal modeller de kendi içerisinde ölçek, zaman, inceleme alanı, amaç, metod gibi farklı karakteristik özelliklere bağlı olarak alt

sınıflara ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma kavramsal olarak açıklayıcı olmakla birlikte bazı konularda eksik kalmaktadır. “CBS Devrimi” ile birlikte farklılaşan ihtiyaçlar, metodolojik iyileşmeler ve teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında sınıflandırmanın yapıldığı döneme göre CBS, daha ileri seviyede analizlere imkân tanıyan ve daha geniş kapsamlı bir çalışma alanını ifade etmektedir.

Bu açıdan bakıldığında Goodchild (2005) tarafından yapılan sınıflandırma güncel CBS çalışmalarında uygulanan modelleri de kapsamı bakımından önemlidir. Goodchild, CBS kapsamında modelleri: kartografik modeller ve ölçeksel modeller, dijital (sayısal) modeller, ayrık modeller, sürekli modeller, bireysel modeller, birleşik modeller, hücreli otomasyon (cellular automata), etmen tabanlı (agent based) modeller şeklinde gruplandırmıştır.

- a) *Ölçeksel modeller* gerçek dünyanın minyatürleştirilerek somut şekilde temsili hale getirilmesiyle oluşturulan modellerdir. Ölçek modeller günümüzde en çok kullanılan modeller olmasına rağmen CBS kapsamında sıkça başvurulan bir yöntem değildir. Bunun sebebi doğal olarak CBS'nin bilgisayar temelli soyut modeller için altyapısının olmasıdır (Longley vd., 2005). İlk olarak McHarg (1969) basit bir teknikle bu modelleri kullanmıştır. McHarg, kâğıt üzerine aynı alana ait ve aynı ölçekte iki harita çizmiş, daha sonra bu haritalar üzerinde etkilenen (açık renk) etkileyen (koyu renk) olguları renklendirme metodu ile göstermiştir. Haritaların bir ışık altında üst üste konulması ile de iki farklı olgunun (taşkın alanları ile yerleşme) birbirleri ile ilişkisini mekânsal olarak tespit etmiştir. Basit anlamda katman sisteminin kullanılması ile elde edilen bu model, günümüzde CBS yazılımları yardımıyla rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. Ancak iki teknik arasındaki fark birinin somut yani ölçeksel modeller ile diğerinin bilgisayar temelli yani her bir katmanın dijital (sayısal) ifadelerle gösterilmesidir.
- b) *Dijital modeller*, tüm olguların bilgisayarlar tarafından yürütüldüğü modelleri ifade etmektedir. Bu tür modellerin en önemli özelliği mesafe ölçümünün yapılamaması, diğer bir ifadeyle klasik ölçek sisteminin olmamasıdır (Goodchild ve Proctor 1997). Bunun yerine coğrafi olgular mekânsal çözünürlük ile modele yansıtılmıştır. Örneğin 1:25.000 ölçekli bir topografya haritasının sayısal ortama geçirilmesi ile elde edilecek hücreli verinin mekânsal çözünürlüğü yaklaşık olarak 12.5 m. olacaktır (0.5 mm×25.000). Mekansal çözünürlüğün yanı sıra özellikle sayısal modellerde önemli olan bir diğer nokta zamansal ölçek veya zamansal çözünürlüktür. Örneğin, bir arazi değişimi modellemesi için uygun zamansal ve mekânsal çözünürlüklerin seçilmesi gerekmektedir. Zamansal ve mekânsal ölçek gerçek dünya ile gerçek dünyanın bilgisayar ortamında yapılandırılmış modeli arasındaki ilişkiyi belirlemektedir (Goodchild, 2005).
- c) *Ayrık ve sürekli modeller*, coğrafyanın yansıtılmasında iki temel yol olarak kabul edilen ayrık nesnelere görünümü (discrete-object view) ve sürekli alan görünümü (continuous-field view) yaklaşımlarını CBS kapsamında yansıtan modellerdir (Worboys ve Duckham, 2004). Ayrık nesnelere görünümü yaklaşımında dünya sınırları tespit edilmiş nesnelere dışında boştur. Yeryüzü arabalar, evler, elektrik direkleri ve diğer ayrık objelerden meydana gelmektedir. En önemli özelliği objelerin sayılabilir olmasıdır (Longley vd., 2005). Örneğin, Türkiye’de Göller Yöresi adında bir bölgenin bulunmasının sebebi sınırları belirli bir alanda göl (nesne olarak göl) sayısının fazla olmasıdır. Sürekli alan görünümüne göre ise dünya, yeryüzünün her hangi bir noktasında ölçülebilir ve farklılıklar gösterebilir çok sayıda değişkenden oluşmaktadır. Bu nedenle yeryüzü sürekliliği olan bir alandır. CBS kapsamında bu yaklaşımların yansımalarına bakıldığında, ayrık nesnelere arasındaki süreçlerin açıklanmasıyla sonuca ulaşmayı hedefleyen *ayrık modeller* ve atmosferik basınç, sıcaklık, nemlilik, yükseklik gibi mekânın sürekliliğine ait değişkenlerin incelenmesinde rol alan *sürekli modeller* şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Goodchild, 2005).
- d) *Bireysel modellere* bakıldığında ayrık modellere benzer bir yaklaşım görülmektedir. Bu tarz modellerde örneğin bir topluluğun davranışları her bir birey için tanımlanan kurallar ile modellenmektedir. Bir başka ifadeyle bir arazi kullanımını modellemesi her bir karar verici mekanizma için ayrı ayrı belirlenen kurallar kapsamında gerçekleştirilmektedir. Ancak bir kıyı jeomorfolojisi çalışmasında plaj oluşumu modellenmesinde her bir kumun süreç içerisindeki hareketine ait kuralların belirlenmesi mümkün değildir. Bu sebeple bireysel modeller, sürece ait nesnelere modelleme pratiğini etkilemeyecek sayıda olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Goodchild, 2005).

- e) Bireysel modellerin tersine sistemi bir bütün olarak ele alan *birleşik modeller*, özellikle beşeri çalışmalarda sıkça başvurulan bir yaklaşımdır. Birleşik modeller insanları bireysel şekilde dikkate almayı oluşturdukları bütünü (toplumun) hareketlerini anlamaya çalışmayı hedeflemektedir.
- f) *Hücrel özdevinir modeller* mekânsal değişimlerin belirli çözünürlüğe sahip ve her bir birimin (hücrenin) durumunun bir rakam ile belirtildiği sayısal veriler ile gösterilen hücrel (raster) tabanlı modellerdir (Goodchild, 2005). Bu tarz modellerde sonuçlar genellikle iki ihtimal ile sınırlandırılmıştır (Gelişmiş = Gelişmemiş gb.). CBS ve hücrel özdevinir sistemlerin entegre edildiği çalışmalar özellikle arazi kullanımı ve arazi değişimi çalışmaları şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Li ve Yeh, 2002; Hegde vd. 2007 ve Okwuashi vd., 2012). Bunların yanı sıra kentsel gelişme çalışmalarında da hücrel özdevinir modelleri kullanılmaktadır (Batty vd. 1999). Kentsel gelişme çalışmalarında bu tarz modeller ile elde edilen sonuç gelişmiş ya da gelişmemiş şeklinde olmaktadır. Modelin işleyişi sürecinde her bir hücrenin bir sonraki işlem sonundaki durumu, hücrenin kendisinin ve komşu hücrelerin özelliklerine bağlı olarak belirlenen kurallara göre belirlenmektedir. Örneğin eğer hücre şu anda gelişmemiş durumda ise, ana ulaşım ağlarına, belirli faaliyetler için ayrılmış alanlara yakınlığına ve o hücreye komşu hücrelerin gelişmiş olup olmadığı gibi belirlenen kurallara göre sorgulanır. Bu sorgulamalara karşılık sistemin verdiği yanıtı göre gelişmiş olarak belirlenir ya da eğer bir hücre hâlihazırda gelişmiş ise, bir değişiklik yapılmaz.
- g) *Etmen tabanlı* sistemler problem çözme amaçlı oluşturulmuş ve belirlenen etmenin hedef ve kuralları çerçevesinde otomatik olarak sonuca ulaşmaya çalışan yazılımlardır (Jennings, 2000; Ferber, 2005). Bu yöntem ile modellenen olguyu oluşturan ya da etkileyen parçaların genel davranışlarını dikkate almayarak her birinin belirli durumlarda nasıl davranacağı belirlenmektedir. Etmen tabanlı teknolojiler yapay zekâ, bilgisayar ağları, yazılım mühendisliği ve insan-bilgisayar etkileşimi çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Mekânsal modelleme kapsamında ise etmen tabanlı sistemler (çoklu etmen sistemler) farklı nesnelerin (insanlar, araçlar, hayvanlar, bitkiler vs.) örnek küçük hareketlerinden yola çıkarak genel davranışlarının neler olduğunu temsil ederek ortaya koymayı amaçlayan sistemlerdir (Batty ve Torrens, 2005). Sayısal modeller coğrafi analizlerin önemli bir parçası olarak görülse de, CBS'nin yanı sıra mekânsal süreçlerin modellenmesinde çoklu etmen sistemlerinin kullanımı *jeomodelleme* kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Albrecht, 2005). *Etmen tabanlı modeller* CBS de çok farklı ve ilginç uygulamalarda yer bulmuştur. Örneğin Benenson (2004) bu model yapısını şehirlerdeki ailelerin davranışlarını modellemede ve ev seçimlerinde etkili olan faktörleri belirlemede kullanmıştır. Ayrıca arazi kullanımı ve arazi örtüsü çalışmalarında arazi parçalanmalarına sebep olan temel faktörleri tespit etmek ve bu problemlerin doğal yaşam ve canlı türleri üzerinde oluşturdukları problemleri ortaya koymak amaçlı kullanılmaktadır (Ahearn, 2005; Parker, 2005; Taillandier vd. 2012). Bunların yanı sıra Dawson vd. yaptıkları çalışmada sel riski olan alanların yönetimi amacıyla oluşturdukları sistemde etmen tabanlı model yaklaşımını kullanmışlardır (Dawson vd., 2011).

Bu tarz doğal sistemlerin karmaşıklığının açıklanması için oluşturulan modeller, farklı yazılım dillerinin (FORTRAN, C++ vs.) CBS ile entegre halde kullanılması sürecini gerektirmektedir. Ancak oluşturulan bazı platformlar (ArcGIS Agent Analyst, GAMA, ABS2, NetLogo, JADE) yardımıyla da etmen tabanlı modelleme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Yukarıda açıklanan model türleri arasında belirgin metodolojik farklılıklar olmasına rağmen, tercih edilecek model türü kullanıcıyla beraber, ele alınacak konu ile de yakından ilişkilidir. Söz konusu modeller sadece metodolojik olarak birbirlerinden ayrılmamakta aynı zamanda araştırmacının inceleyeceği konuya uygunluğu bakımından da tercih sebebi olmaktadır. Örneğin literatürde sıkça karşılaşılan RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) (Wischmeier ve Smith, 1978) sayısal formülle ifade edilen bir coğrafya modelidir. RUSLE modelinde bireysel ya da birleşik modelleme yaklaşımlarının her ikisi kullanılarak toprak kaybı hesaplaması yapılabilmektedir (Berry, 2005).

Birleşik modelleme yaklaşımı ile RUSLE modelini ele aldığımızda, formülde yer alan 6 faktör (R-K-L-S-C-P) mekânsal bir veri tabanında depolanmakta ve bu veri tabanında gerçekleştirilecek mekânsal sorgulama yardımıyla formül hesaplatılarak, sonuç elde edilebilmektedir. Bu yaklaşımla kullanılacak RUSLE modeliyle coğrafi sorgulama yapılabilmekte, otomatik olarak yüzölçüm hesaplanabilmekte ve

grafik görüntüleme yapılabilmektedir. Bu özellikler, birleşik modelleme yaklaşımı ile ele alınan RUSLE modelinin avantajlarıdır. Ancak söz konusu avantajlarının yanı sıra bu yaklaşımın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Gerçekte alanın içerisinde sahip olduğu sınırlar RUSLE değişkenlerinin coğrafi dağılışından daha çok mülkiyet parsellerinin sınırlarını yansıtabilmektedir. Bu bağlamda bir alan iki ya da daha fazla toprak türüne sahip olabilmekte ve aynı zamanda alanın bir tarafında daha dik kesimlerde, diğer tarafında daha düz alanlarda yer alabilmektedir. Birleşik modeller ile bu farklılıklar değerlendirilemezken bireysel model ile mekân farklı alt birimlere ayrılarak ele alınmaktadır. Bunun sonucunda ise hesaplamalar her bir alt birim için yapılarak, elde edilen sonuçlar daha sonra tüm alana ait değerlerin tespiti amacıyla birleştirilebilmektedir.

Vektör formatta hazırlanan bir model düşünüldüğünde, RUSLE modele ait 6 faktörün üst üste bindirilmesiyle elde edilen haritadan alt birimler mülkiyet sınırlarına bağlı olarak oluşturulabilmektedir. Raster sistemde ise analize dâhil edilecek her bir hücre ayrı bir alt birim olarak kabul edilmektedir. Model içerisinde gerçekleştirilecek hesaplamalar, elde edilen birleştirilmiş vektör poligonlar için ya da her bir hücre için gerçekleştirilmektedir. Ardından tüm alana ait değerlerin tespiti için, bu alt birimlerin sahip olduğu değerlerin ağırlıklı ortalaması kullanılmaktadır.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Karmaşık doğal süreçlerin analizi, yorumlanması, gelecek ile ilgili tahminlerin elde edilmesi gibi amaca sahip çalışmaların işlem süreçlerinin modellenmesi özellikle değişkenlerin ele alınması sürecinde faydalı olmaktadır. Doğal süreçler hem dinamik hem de farklı değişkenlerin söz konusu olduğu süreçlerdir. Değişkenlerin etki ağırlıkları ise gözlem yoluyla elde edilemeyecek değerlerdir. Bu sebeple değişkenlerin istenilen yani gerçeği en yakın biçimde yansıtacağı şekilde düzenlenmesi, farklı değişkenlerin bir arada ele alınması, sorgulanması ve analiz edilmesi işlemlerinde modeller önemli rol oynamaktadır. Ancak unutulmaması gereken nokta bir modelin başarılı sayılabilmesi için gerçeği en iyi şekilde yansıtmasının modelleyen kişinin gerçeğe ait gözlemlerine bağlı olmasıdır. Bir başka ifadeyle doğru gözlem, başarılı modellerin oluşturulmasını sağlamaktadır.

Coğrafi modelleme sürecinde CBS sağladığı zaman, maliyet, görsellik, işlem kolaylığı gibi imkânları sayesinde, uygulamada önemli bir araç özelliğindedir. CBS ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler modellerin sahip olduğu “gerçeğe optimum benzerlik” yaklaşımını olumlu yönde etkilemiştir. Kâğıt haritaların katman mantığı ile kullanıldığı çalışmalardan günümüz teknolojisi arasında geçen süre karşılaştırıldığında, CBS'nin ve modelleme süreç ve işlevlerinin gelişimi net bir şekilde görülmektedir. Bununla birlikte çok boyutlu verilerin kullanıldığı dinamik modellerde gözlenen bazı hatalar ve belirsizlik problemleri, günümüzde CBS kapsamında model çalışmalarının temel problemleri olarak görülmektedir (Maguire vd., 2005).

Söz konusu problemlerin yanı sıra son yıllarda çok sayıda model geliştirilmiş olmakla birlikte bu modellerin paylaşımı da önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Modelleri tanımlayan kabul edilmiş bir metot ve modeller için merkezi bir paylaşım alanı olmaması onların ulaşılabilirliklerini önlemektedir. Bu kapsamda standartların getirilmesi ve çeşitli modelleri belgeleyen kullanım yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar (Crosier vd., 2003) yapılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, bu problemlerin ortadan kaldırılması amacıyla modellerin ve yöntemlerinin paylaşımı ya da daha genel olarak işlem objelerinin paylaşımı geliştirmekte olan bir kavramdır.

KAYNAKÇA

- Ackoff, R.L. (1964). General systems theory and systems research: contrasting conceptions of systems science. In M. D. Mesarovic (Ed.), Views on general systems theory, New York: John Wiley & Sons.
- Ahearn, S. (2005). Modeling the interaction between humans and animals in multiple-use forest: a case study of *Panthera tigris*. In D.J. Batty, & M. F. Goodchild (Eds). GIS, Spatial Analysis and Modeling Maguire (pp. 387-402), California: ESRI press.
- Albrecht, J.H. (2005). A new age for geosimulation. Transactions in GIS, 9, 451–454.

- Baker, V. R. (1998). Paleohydrology and the hydrological sciences, In G. Benito, V. R. Baker & K. J. Gregory (Eds.), *Palaeohydrology and environmental change* (pp 1-10). Chichester: John Wiley & Sons.
- Batty, M., Xie, Y. & Sun, Z. L. (1999). Modeling urban dynamics through GIS based cellular automata, *Computers, Environment and Urban Systems*, 23, 205-233.
- Batty, M., & Torrens, P. (2005). Modelling and prediction in a complex world. *Future*, 37, 745–766.
- Benenson, I. (2004). Agent based modeling: From individual residential choice to urban residential dynamics. In Goodchild, M. F. & Janelle, D. J. *Spatially integrated social science*, (pp. 67-94), New York: Oxford University Press.
- Berry, J.K. (2005). *Analyzing Geo-Spatial Resource Data*. Colorado: John Wiley Publishers.
- Blackie, J.R., & Eeles, C.W.O. (1985). Lumped catchment models. In M.G. Anderson & T.P Burt (Eds.), *Hydrological Forecasting* (pp. 311 - 345). Chichester: John Wiley & Sons.
- Brimicombe, A.J. (2009). *GIS, Environmental Modeling and Engineering* (2nd ed). FL USA: CRC Press.
- Chorley, R.J., & Haggett, P. (1967). *Models in geography*. London: Methuen.
- Christaller, W. (1933). *Die zentralen orte in Suddeutschland*. Jena: Gustav Fischer.
- Crosier, S.J., Goodchild, M.F., Hill, L.L. & Smith, T.R. (2003). Developing an infrastructure for sharing environmental models. *Environment and Planning and Design* 30, 487–501.
- Davis, W.M. (1899). The geographical cycle. *The geographical journal*, 14-5, 481-504.
- Dawson, R.J., Peppe, R., & Wang, M. (2011). An agent-based model for risk-based flood incident management, *Natural Hazards*, 59-1, 167-189.
- Dehn, M., & Buma, J. (1998). Modelling future landslide activity based on general circulation models. *Geomorphology*, 30, 175-187.
- Demeritt, D. & Wainwright, J. (2005). Models, Modelling, and Geography. In N. Castree, A. Rogers, and D. Sherman, (Eds.), *Questioning Geography*, (pp. 206-25), Oxford: Blackwell.
- Erinç, S. (1965). Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enst. Yayınları*, No.41, İstanbul.
- Erol, O. (1983). Türkiye'nin genç tektonik ve jeomorfolojik gelişimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 11, 1-22.
- Ferber, J. (2005). Concepts et méthodologies multi-agents. In Amblard, F. & Phan, D. (Eds.), *Modélisation et simulation multi-agents* (pp. 23–48), Paris: Lavoisier.
- Gassman, P.W., Williams, J. R., Wang, X., Saleh, A., Osei, E., Hauck, L.M., Izaurrealde, R.C. & Flowers, J.D. (2010). The Agricultural policy environmental extender (APEX) model: An emerging tool for landscape and watershed environmental analyses. *Transactions of the ASABE*, 53-3, 711-740.
- Gielen, D.J. & Yagita, H. (2002). The long term impact of GHG reduction policies on global trade: A case study for petrochemical industry. *European Journal of Operational Research*, 139, 665-681.
- Harris, C.D. & Ullman, E.L. (1945). The nature of cities. *Annals of the American academy of political and social science*, 242, 7-17.
- Harvey, D. (1969). *Explanation in Geography*, London: Arnold.
- Hegde, N. P., MuraliKrishna, I.V. & ChalapatiRao, K.V. (2007). Integration of cellular automata and gis for simulating land use changes, *Proceedings of 5th international symposium spatial data quality*, Enschede, 13-15 June.

- Hulme, M., Wigley, T.M.L., Barrow, E.M., Raper, S.C.B., Centella, A., Smith, S. & Chipanshi, A. (2000). Using a climate scenario generator in vulnerability and adaptation assessments: MAGICC and SCENGEN Workbook, Norwich: Climatic Research Unit.
- Jennings, N. (2000). On agent-based software engineering. *Artificial Intelligence* 117, 277–296.
- Jeong, J., Kannan, N., Arnold, J.G., Glick, R., Gosselink, L., Srinivasan, R. & Barrett, M.E. (2012). Modeling sedimentation-filtration basins for urban watersheds in SWAT. *Journal of Environmental Engineering* 138-12, 1167-1242.
- Jorgensen, S.E., & Fath, B.D. (2011). *Fundamentals of ecological modelling* (4th ed.). Oxford: Elsevier.
- Goodchild, M.F. & Proctor, J. (1997). Scale in a digital geographic world. *Geographical and Environmental Modelling* 1, 5-23.
- Goodchild, M.F. (2005). GIS, spatial analysis, and modeling overview. In D. J. Maguire, M. Batty & M. F. Goodchild (Eds.), *GIS, spatial analysis and modeling* (pp. 1-17). California: ESRI press.
- Li, X. & Yeh, A.G. (2002). Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 16-4, 323-343.
- Longley, P. (2000). Spatial analysis in the new millennium. *Annals of the Association of American Geographers*, 90-1, 157-165.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind D.W. (2005). *Geographical systems and science* (2nd ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- Maguire, D.J., Batty, M. & Goodchild, M.F. (2005). GIS, Spatial analysis and modeling: Current status and future prospects, in *GIS*, In Maguire, D.J., Batty, M. & Goodchild, M.F. (Eds.), *Spatial Analysis and Modeling*, California: ESRI press,.
- Martin, Y., & Bertazzon, S. (2010). Modeling, In Gomez, B. & Jones, J.P III. (Eds.), *Modeling, research methods in geography: A Critical Introduction*. (pp. 354-375). Wiley-Blackwell.
- McHarg, I.L. (1969). *Design With Nature*. N.Y.: Natural History Press.
- Miller, H.J. & Wentz, E.A. (2003). Representation and spatial analysis in geographic information systems, *Annals of the association of American geographers*, 93-3, 574–594.
- Monteith, J.L. (1965). Evaporation and environment. In Fogg, G.E. (Ed.), *Proceedings of 19th symposium of the society for experimental biology the state and movement of water in living organisms* (pp 205-234). NY: Academic Press, Inc.
- Morton, A., & Suarez, M. (2001). Kinds of models, In Anderson, M.G. & Bates, P.D. (Eds.), *Model Validation: Perspectives in Hydrological Science* (pp. 11-21). Chichester: John Wiley & Sons.
- Mulligan, M., & Wainwright, J. (2004). Modelling and model building. In J. Wainwright, & M. Mulligan (Eds.), *Environmental modelling: Finding simplicity in complexity* (pp. 7-73). Chichester: John Wiley & Sons.
- Okwuashi, O., Isong, M., Eyo, E., Eyoh, A., Nwanekezie, O., Olayinka, D. N., Udoudo, D.O. & Ofem, B. (2012). GIS Cellular automata using artificial neural network for land use change simulation of Lagos, Nigeria, *Journal of Geography and Geology*, 4-2, 94-101.
- Ölgen, M.K. (2001). Sibercoğrafya: yeni bir coğrafi yaklaşım, *Ege Coğrafya Dergisi*, 12, 51-58, İzmir.
- Parker, C.D. (2005). Integration of geographic information systems and agent-based models of land use: prospects and challenges, GIS. In Batty, D.J. & Goodchild, M.F. (Eds.), *Spatial Analysis and Modeling Maguire* (pp. 403-422). Redlands California: ESRI press,.
- Rana L. (2008). *Geographical thought: A systematic record of evolution*, Concept publication.
- Sezer, L. İ., (1996). IRSE.EXE/IRSE.MAC insolasyon, radyasyon ve SEZER evaporasyon bilgisayar programı, *Ege Coğrafya Dergisi*, 9, 243-266.

- Smith, B., Prentice, I.C., & Sykes, M.T. (2001). Representation of vegetation dynamics in the modelling of terrestrial ecosystems: Comparing two contrasting approaches within European climate space. *Global Ecology and Biogeography*, 10, 621-637.
- Yavan, N. (2005). Bilim felsefesi bakımından coğrafyada pozitivist yaklaşım, *Ulusal Coğrafya Kongresi Bildiriler Kitabı*, (s. 405-414), İstanbul.
- Taillandier, P., Therond, O. & Gaudou, B. (2012). A new BDI agent architecture based on the belief theory. Application to the modelling of cropping plan decision-making. In Seppelt, R., Voinov, .A., Lange, S. & Bankamp, D. (Eds.). *Proceedings of International Congress on Environmental Modelling and Software* (pp. 107-116), Germany.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D., (1978). Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. *USDA-Agriculture Handbook No. 537*, Washington, DC.: U.S. Government Printing Office.
- Worboys, M.F. & Duckham, M. (2004). *GIS: A Computing Perspective*, New York: Taylor & Francis.