

İZMİR BÖLGE MORFOLOJİSİNİN FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİYLE İRDELENMESİ

Sıla Özdemir*, Emine Yetişkul**

*Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Dr.

** ODTÜ, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Prof. Dr.
sila1299@gmail.com; yetiskul@metu.edu.tr

Ekonomik, teknolojik ve kültürel değişiklikler doğrultusunda geleneksel kent-kır sınırlarının ortadan kalktığı, kentselliğin ağ ve düğümler vasıtasıyla daha geniş ölçeklerde gerçekleştiği kabulleri ortaya çıkmıştır. Yerleşme sistemleri ve kent-bölgeler doğa bilimlerine bağlı sosyal bilimler epistemolojisi doğrultusunda kendini organize eden, açık sistemler olarak tanımlanmaktadır. Kaotik bir yapıya sahip, doğrusal olmayan ve Öklid geometrisine indirgenemeyen yerleşme örüntüsünün nasıl temsil edileceği literatürde önemli bir çalışma alanı olarak görülmektedir. Kenti karmaşık bir sistem olarak elen alan yaklaşımlar arasında yer alan fraktal analiz; düzensiz, parçalı, kırıklı formları düşünmek, betimlemek ve hesaplamak için kullanılan bir matematiksel araçtır. Yerleşimleri kent-bölge sistemi olarak ele alan yaklaşımlar literatürde kısıtlıdır. Türkiye çalışmaları ise yerleşmelerin eski tarihli görsellerinin teminin güçlüğü nedeniyle güncel ve kısa geçmişe dayanan kent ve kent parçalarını ele almıştır. Bu çalışmada İzmir'in bir kent bölge olarak karmaşıklık kuramı bakış açısıyla zamana bağlı yerleşme sistemi ve mekânsal örüntüdeki değişikliklerinin 20. Yüzyıl ortasından itibaren ele alınmak üzere tespiti amaçlanmıştır. Kentsel dokular ve kent sistemleri yapıları gereği ölçeğe duyarlı olduklarından geniş bölge (extended region) ve çekirdek bölge (core-region) olmak üzere iki ölçek tespit edilmiştir. Kent-kır ve bölgenin sınır tespitilerindeki bulanıklık nedeniyle çalışmada fraktal bir yapıya sahip olan ulaşım sistemi analiz edilmiştir. Bu kapsamda çekirdek bölge için Harita Genel Müdürlüğünden ve geniş bölge için Karayolları Genel Müdürlüğünden temin edilen haritalar üzerinden 1950li yıllardan günümüze kadar İzmir kent-bölgesinin fraktal boyut değişimi, nüfus ve morfolojik gelişme eğilimleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karmaşık kent sistemleri, fraktal boyut, kent bölge

Giriş

Ekonomik, teknolojik ve kültürel değişiklikler doğrultusunda geleneksel kent-kır sınırlarının ortadan kalktığı, kentselliğin ağ ve düğümler vasıtasıyla daha geniş ölçeklerde gerçekleştiği kabulleri ortaya çıkmıştır. Yerleşme sistemleri ve kent-bölgeler, doğa bilimlerine bağlı sosyal bilimler epistemolojisi doğrultusunda kendini organize eden açık sistemler olarak tanımlanmaktadır. Kaotik bir yapıya sahip, doğrusal olmayan ve Öklid geometrisine indirgenemeyen yerleşme

örüntüsünün nasıl temsil edileceği literatürde önemli bir çalışma alanı olarak görülmektedir. Kenti karmaşık bir sistem olarak elen alan yaklaşımlar arasında yer alan fraktal analiz; düzensiz, parçalı, kırıklı formları düşünmek, betimlemek ve hesaplamak için kullanılan bir matematiksel araçtır. Yapı ölçeğindeki detaylardan başlayarak karmaşıklık, kentsel eleman ve dokular fraktal analiz yöntemiyle incelenebilmektedir. Dünya ve Türkiye kentlerinin fraktal yapısını incelemeye yönelik çalışmalarda kentlerin merkezi bölgelerinde çoğunlukla yüksek fraktal boyut hesaplanmaktadır. Bununla birlikte yerleşimleri bir kent-bölge sistemi olarak merkez ve çeper dokularıyla birlikte ele alan yaklaşımlar kısıtlıdır. Türkiye çalışmaları ise yerleşmelerin eski tarihli görsellerinin temininin güçlüğü nedeniyle güncel ve kısa geçmişe dayanan kent ve kent parçalarını ele almaktadır. Bu çalışmada İzmir'in bir kent bölge olarak karmaşıklık kuramı bakış açısıyla zamana bağlı yerleşme sistemi ve mekânsal örüntüdeki değişikliklerinin 20. Yüzyıl ortasından itibaren ele alınmak üzere tespiti amaçlanmıştır. Kentsel dokular ve kent sistemleri yapıları gereği ölçeğe duyarlı olduklarından çalışmada geniş bölge (extended region) ve çekirdek bölge (core-region) olmak üzere iki ölçek tespit edilmiştir. Türkiye'de kent ölçeğindeki çalışmalarda kent merkezi uydu fotoğrafları veya diğer uzaktan algılama araçlarıyla belirlenerek kent makroformunun değişen fraktal boyutları irdelenmiştir. Kent parçalarında ise ulaşım dokusu ve kütsel doluluk üzerinden analizler yapılarak farklı kentsel değişkenlerle fraktal boyut arasındaki ilişkiler ele alınmıştır. Kent-kır ve bölgenin sınır tespitlerindeki bulanıklık ile birlikte uzaktan algılama araçlarının bulunmadığı yıllara ilişkin verilerin analize dahil edilememesi sorunları bir araya geldiğinde fraktal bir yapı olan ulaşım sisteminin fraktal analiz için kullanılmasına karar verilmiştir. İzmir kent bölgesi için yapılan bu çalışma ölçeği bakımından kent-bölge ilişkilerinin tanımlaması ve yerleşime konu olmayan kırsal olarak nitelendirilen alanları da kapsamı bakımından ilktir. Çalışmanın amacı fraktal boyutun geniş ve çekirdek kent bölgede zaman içerisinde nasıl farklılaştığı, gelişme eğilimi ile nüfus arasında anlamlı bir yapının ortaya çıkıp çıkmadığının tartışılmasıdır.

Kentlerin Mekânsal Temsilinde Paradigma Değişikliği

19. yüzyılın sonu itibariyle Fizik biliminde yaşanan gelişmeler zaman ve mekânın kavramsallaştırılmasında önemli değişikliklerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Newton fiziğini temel alan klasik fiziğe bağlı zaman-mekân sürekliliğine ilişkin kuramlar; görelilik teorisini ortaya çıkışı, atom altığı fiziği ve hareketle ilişkin yeni kuramlar ile kavramsallaştırmalarını değiştirmiş buna bağlı olarak kent parçaları ve bölgelerin temsili de değişikliğe uğramıştır. Cebir dışı fraktal objeler ve saçaklanmalar üzerinden kentin morfolojik yapısı zamana bağlı dinamik sistemler olarak ele alınarak noktasal ve deterministik sınırlar üzerine kurulu alansal temsiller yerini akış, bulanıklık, düğüm ve ağlar ile kurgulanan bir konfigürasyona bırakmaya başlamıştır (Brenner and Schmid (2011), (Tekeli, 2016). Coğrafi mekânın klasik fiziği temel alan temsillerinin yanı sıra kentsel mekânın sosyo-ekonomik katmanları II. Dünya Savaşı'ndan sonra neo-klasik iktisat ku-

ramlarının ontolojik kabulleri ile ele alınmıştır. Uluslararası ticaret ve makroekonomi kuramları lineer olmayan ağ paylaşımı, eşgüdüm ve karmaşık dinamikleri tartışmakla birlikte, davranışsal ekonomi alanında da oyun teorisi, irrasyonel karar süreçleri deterministik yaklaşımları değişikliğe uğratmıştır. Kentleşme olgusu da küresel dinamiklerin etkinliğinin artmasıyla kartografik kesinliğini yitirmiş, kent ve kentleşmenin sınırlarının bulanıklaştığı ortaya koyulmuştur (Amin & Thrift (2002). Benzer şekilde kentleşmenin gezegen ölçeğinde gerçekleştiği, gelişmiş bölge kentleşmesinin kentleşme sürecini domine ettiği tartışmaları ortaya çıkmıştır (Brenner, 2013), (Brenner & Schmid, 2014), (Angelo, 2016). Kentsel siteleri dinamik, kompleks ve açık sistemler olarak ele alan bu bakış açısında kentleşmenin sosyal ve çevresel mekanı da metabolik bir sistem olarak değerlendirilmektedir (Swyngedouw, 2006), (Ibanez & Katsikis, 2014). Söz konusu gelişmeler bağlamında ise kentin morfolojik modellenmesine ilişkin yaklaşımlar da değişikliğe uğramıştır.

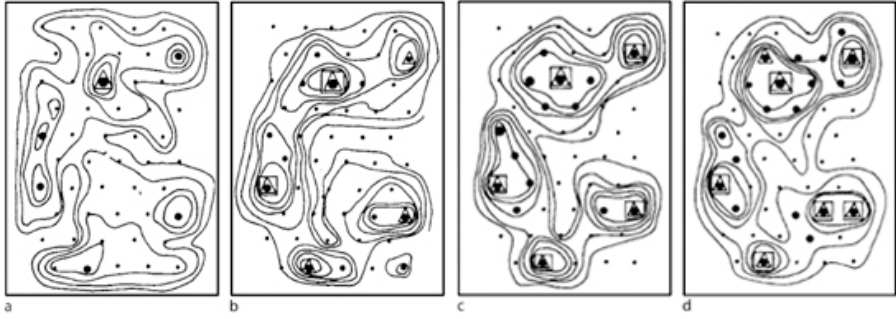
Kent Sistemlerinin Karmaşık Sistemler Olarak Ele Alınması

Merkezi Yerler Kuramı, Güç Yasası, Ekolojik Kuram gibi klasik kent kuramlarını da içerisinde barındıran karmaşık sistem yaklaşımı; kent sistemleri ve kent parçalarını doğrusal olmayan, kendi kendini organize edebilen, dinamik sistemler olarak ele almaktadır (Batty and Longley 1994), (Batty, 1995), (Portugali, 2000), (Yin, 2009). Deterministik yasalara uysalar da tahmin edilebilirliği olmayan ve denge noktası bulunmayan içsel ve dışsal olarak kaotik ilişkilerin ortaya çıktığı sistemler olarak tanımlanmaktadır (Portugali, 2009). Doğrusal olmayan geriye etkili sistemler barındıran, başlangıç durumuna hassas bağlılığı olan, periyodik olmayan bir düzeni ifade eden ve kentleri karmaşık sistemler olarak ele alan temel yaklaşımlar 20.yy'nın son çeyreğinde ortaya çıkmış olup, geliştirilme süreçleri devam etmektedir.

Dağıtıcı (*Dissipative*) Yaklaşım: Doğa bilimleri epistemolojisi temelli bu yaklaşım Bernard Hücreleri olgusundan yola çıkılarak termodinamiğin ikinci yasasına göre denge noktasından uzak kendini organize etme sistemine dayanmaktadır. Merkezi yerler kuramında yer alan altıgen formlar üzerinden gelişim Şekil 1'deki gibi Bernard hücrelerinin altıgen hücreleri esas alınarak durağan olmayan şekilde yeniden formüle edilerek bölgesel gelişime uyarlanmıştır (Portugali, 2015).

Sinerjetik ve Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı: Nöron teorisi geliştirilerek kentlerin ortaya çıkma, gelişme ve değişim süreçlerinin bilişsel haritalandırmasını karmaşık bir sistem olarak ele alan yaklaşımdır. Mikro seviye değişimler hızlı süreçler olarak adlandırılırken kent sistemlerini ele alan yavaş süreçler makro düzey değişimler olarak ele alınmaktadır. Çok sayıda mikro düzey içsel ve dışsal etkileşim sonucu makro düzey değişiklikler modellenmektedir (Portugali, 2000).

Hüresel Otomata Yaklaşımı: Kentlerin karmaşık yapısının basit kurallar üzerinden kalibrasyon süreçleri ile gelişim simülasyonlarının modellendiği yaklaşım-

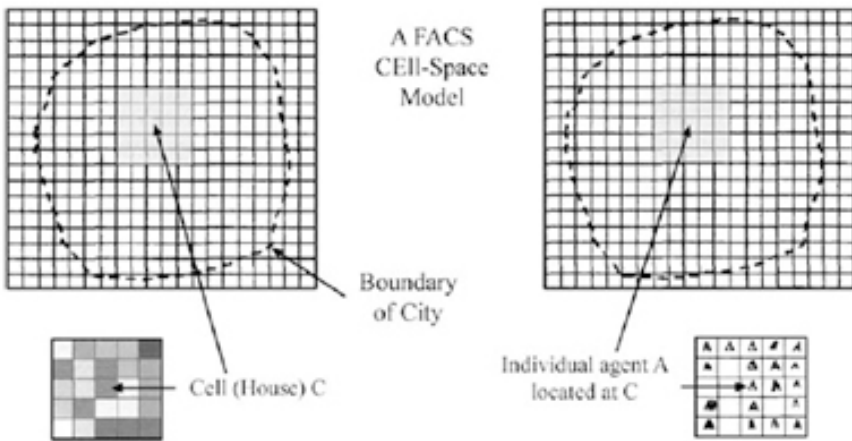


Şekil 1. Dağıtıcı Yaklaşımına göre gelişim simülasyonu (http://senseable.mit.edu/papers/pdf/20050115_Pulselli_etal_DissipativeStructures_BuiltEnvironment.pdf)

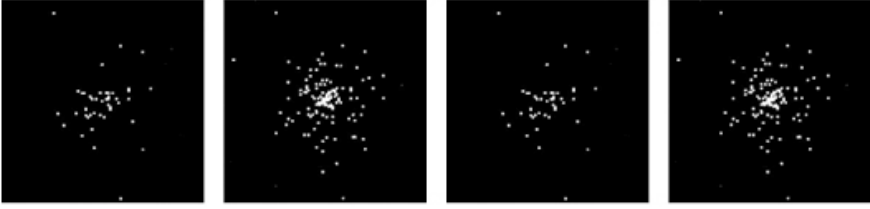
lar bütünüdür. Tarihsel gelişimi veya olası gelişme davranışını simüle eden örtük modellerin yanı sıra açık modeller ile mikro ölçekteki kararların global davranışı nasıl etkilediği de yaklaşımın temel çalışma sorunsalıdır (Batty, 2005), (Portugali, 2000).

Ajan Tabanlı Yaklaşım: Sosyal süreçleri karar vermeye dâhil ederek dinamik, sosyo-ekonomik ve çevresel bir bağlantı kurmak için bireysel karar verme girdilerini ve bunların birbirleriyle etkileşimlerini incelemektedir. Şekil 2’de örneklenildiği gibi hücresel ilişkiyi temel alan yaklaşımda mikro kararların kümülatif olarak büyük sonuçlarının ortaya çıktığı tespit edilmektedir (Hatna & Benenson, 2012).

Kaos Temelli, Küçük Dünya ve Kumyığını Yaklaşımları: Kaos temelli yaklaşımda uzun dönemlerde kentlerin durağan bir sürecin ardından kısa dönemde



Şekil 2. Hücresel Mekanda Serbest Ajan Modeli (Portugali, 2000,7968) (http://senseable.mit.edu/papers/pdf/20050115_Pulselli_etal_DissipativeStructures_BuiltEnvironment.pdf)



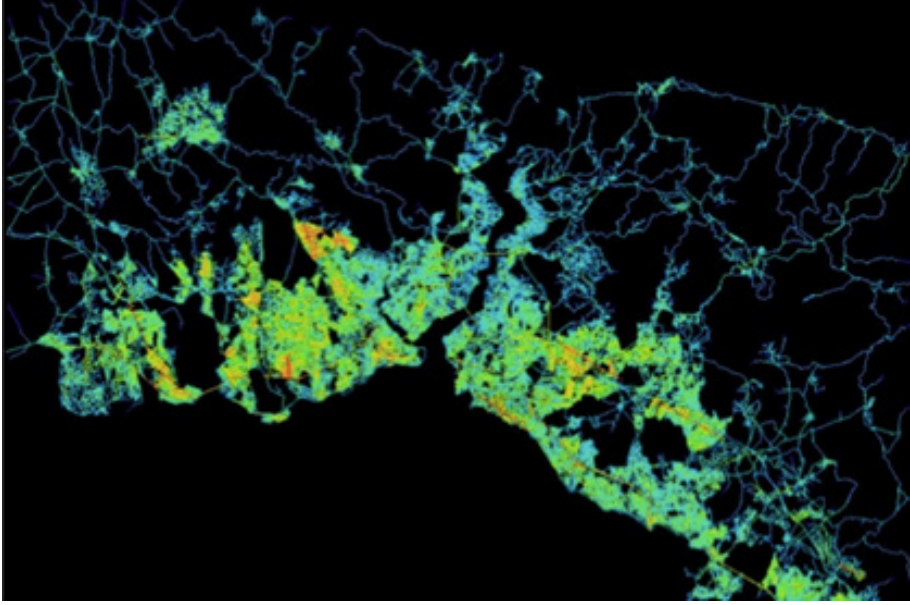
Şekil 3. Kum taneleri yaklaşımında kentin hipotetik gelişimi (Batty, 2005,65)

güçlü dalgalanmalar ve kaos ile karakterize olduğu üzerinden kentlerin mikroskobik kaotik safhaları modellenmektedir. Kum taneleri yaklaşımı ise iç dinamiklerin durağan zamanlardaki karmaşık dinamiklerinin modellenmesini amaçlamaktadır (Şekil 3). Küçük-dünya yaklaşımında ise güç yasasına göre karmaşık ağların etkileşimi modellenmektedir (Portugali, 2000).

Mekan Dizimi Yaklaşımı: Kentsel sistemlerin mekansal karakteristiklerini belirlemeye yarayan matematiksel morfoloji analiz ve temsillerinin bütünüdür. Mekânların ve aksların birbiriyle bağları ve etkileşimlerinin hesaplanmasının yanı sıra geniş kentsel alanlarda olası akışların tahmini için de kullanılmaktadır. Batty'e (2005) göre karmaşıklık teorisinin mekân dizimi yöntemiyle etkin uygulama alanları bulunmaktadır. Şekil 4 ile mekan dizimi analizlerinden bir düğümün sisteme ne kadar entegre olduğunu temsil eden analiz örneği görülmektedir.

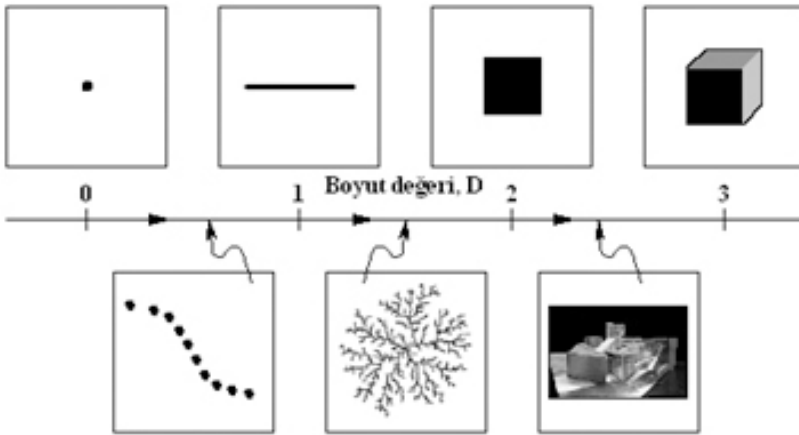
Fraktal Analiz Yaklaşımı: Matematiksel temeli olan fraktal analiz, fraktal bir yapısı olan kent ve kent sistemlerine de uygulanmaktadır. İlk olarak Mandebrot (1983) tarafından tanımlanmış olup «fractus» kelimesi kırılmak-tekrar anlamına gelmektedir. Düzensiz, parçalı, kırıklı formları düşünmek, betimlemek ve hesaplamak için kullanılan “*Fraktal Boyut*” Öklid geometrisi temelli 3 boyuttan farklı olarak buçuklu boyutları ifade etmektedir (Şekil 5). Fraktalların boyutsal değerleri zaman içinde değişebilmekte ve devamında kaotik bir süreç olarak ele alınmak üzere ilk koşulların sistem üzerinde etkisi bulunmaktadır. Teorik fraktalların yanı sıra doğal fraktallar da tanımlanmış olup, sıradağlar, ağaçlar, fay hatları, kıyı çizgisi gibi yapılar da fraktal olarak nitelendirilmektedir (Baranger, 2000). Bununla birlikte sosyal sistemler ve ekonomik göstergelerde de fraktal yapı tespit edilmiş, kentsel yerleşim alan sınırı ve ulaşım dokusu da heterojen fraktal yapıya sahip olarak nitelendirilmiştir (Batty ve Longley, 1994).

Kendine benzerlik ve tekrar üzerine kurulu fraktalların boyutsal değerlerinin zamansal değişimi kentsel büyüme ve büyümenin niteliği ile ilişkilendirilmektedir. Farklı ölçeklerde benzer geometrinin tekrarlanması anlamına gelen kendine benzerlik, boyutu tam olarak kendine benzer olmayan kentsel strüktürün değerlendirilmesinde uygun değildir. Bu nedenle birçok fraktal analiz yaklaşımından



Şekil 4. Mekan dizimi yaklaşımında İstanbul'un global integration analizi
(Kaynak: URL-1)

birkaçı kentsel analiz için uygun olarak değerlendirilmektedir. Kutu sayma yöntemi kentsel dağılımları analiz etmede uygun olarak değerlendirilirken tek merkezli yerleşimler için yarıçap kümelenmesi (rassradius) yöntemi de etkin olarak kullanılmaktadır (Mc Adams, 2007) (Peitgen ve diğerleri, 2004), (Kaya ve Bölen, 2017). Literatür bulguları incelendiğinde kentsel büyüme ve fraktal boyut arasında pozitif yönlü ilişki bulunduğu ancak büyümenin niteliğinin bu ilişkinin



Şekil 5. Öklid ve fraktal boyutlar (Kaynak: Kaya, 2003: 46)

boyutunu değiştirdiği, kentsel yayılma ve saçaklanma doğrultusunda bu boyutun azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte yüksek geometrik düzen düşük fraktal boyut ile ilişkilendirilmektedir. Kentsel sistemlerin iki boyutlu temsilinde fraktal boyut 1 ile 2 arasında hesaplanmaktadır. Kent merkezlerinde bu oran 1,85-1,95 aralığında, yeni oluşan kentlerde de 1,6 ve 1,77 arasında tespit edilmiştir. Kontrol dışı büyümede ise fraktal boyut 1,6'nın altında hesaplanmaktadır (Batty ve Longley, 1994), (Frankhauser, 2004), (Terzi ve Kaya, 2009).

Bölgesel Ulaşım Sistemine Fraktal Analiz Yaklaşımının Uygulanması

Ulaşım ağının fraktal bir sistem olarak ele alınabileceği ile birlikte karmaşıklık ölçümünün kentsel büyüme ve büyümenin niteliği ile ilişkilendirilebileceği ortaya koyulmuştur (Lu ve Tang, 2004), (Thomas ve Frankhauser, 2013). Ulaşım ağının fraktal analizinde de kutu sayma yöntemi etkin olarak kullanılmaktadır. Kent makro-formlarının fraktal analiz sonuçlarına benzer şekilde, ulaşım ağının analizinde merkezi, yoğun ve organik alanlar yüksek fraktal boyut ve kentsel karmaşıklık ile ilişkilendirilirken çeper yerleşimlerde ve kentsel saçaklanmada boyut değeri azalmaktadır (Le ve diğerleri 2016), (Thomas ve Frankhauser, 2013). Kentin büyüklüğü ve nüfusu ile ulaşım ağının fraktal boyutu arasında ise pozitif yönlü ilişki bulunduğu ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte ağ uzunluğu ile ağın karmaşıklığı arasında belirli bir ilişki ortaya koyulmamıştır (Lu ve Tang, 2004) (Lu ve diğerleri, 2016). Şekil 6'da Tel Aviv Metropolitan alanı için fraktal analiz çalışma alanları görülmektedir.

Teorik fraktallardan farklı olarak kentler ve kent sistemleri ölçekten tam bağımsız olmadıklarından kent parçaları ve kent bölgelerinin fraktal boyutlarının farklılaşabileceği öngörülmektedir. Kent ölçeğinde 1 ve 2 arasında tespit edilen fraktal katsayının kent sistemleri ve kent-bölgelerde daha düşük olarak hesaplandığı tespit edilmiştir (Lu veTang, 2004), (Thomas ve Frankhauser, 2013).

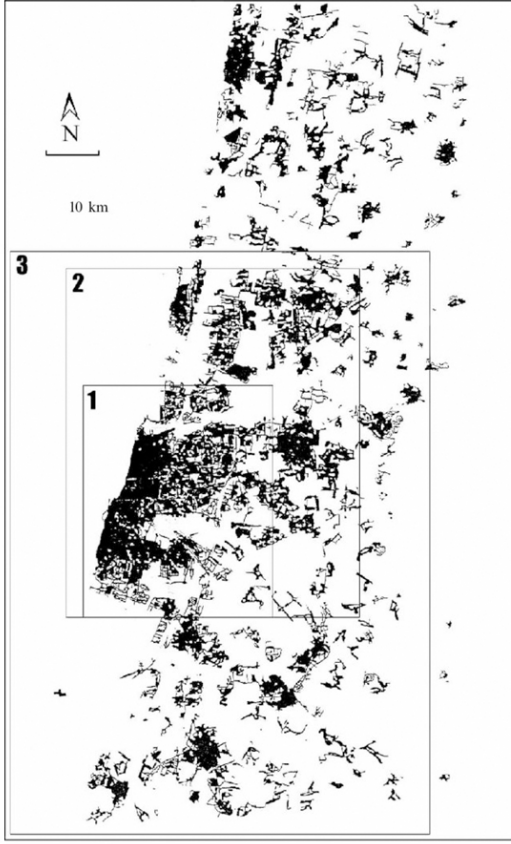
Yöntem

Fraktal boyutun ölçülmesinde kutu sayma yöntemi kendine benzerlik özelliği aramadan düzlem üzerinde her yapıya uygulanabilen bir yöntemdir. Kıyı ölçümü gibi tamamen kendine benzer olmayan karmaşık fraktallar için uygun bir yöntemdir. Kutu sayma yönteminde doku birim boyutu "s" olan bir grid üzerine yerleştirilerek bu yapıyı içeren kutular sayılmakta ve "K" değeri elde edilmektedir. Bu sayı seçilen "s" birim boyutuna bağlı olduğundan $K(s)$ olarak ifade edilmekte olup "s" değeri iterasyonlarla adım adım küçültülerek $K(s)$ değeri hesaplanmaktadır.

$$= (\log - \log) / (\log () - (\log))$$

"", is kutu sayma boyutu, "K" kutu sayısı ve "S"; kutu kenar uzunluğu

Geniş-bölge analizi kapsamında İzmir'in çevre kentleri de kapsayacak şekilde karayolu ağı üzerinden fraktal boyutu hesaplanmıştır. Bu amaçla Karayolları Genel Müdürlüğünden 1953-2018 yılları arasında farklı yıllara ait karayolu haritaları



Şekil 6. Tel Aviv Metropolitan yol ağının fraktal analiz çalışması (Kaynak: Benguigui ve diğerleri, 2000:5)

elde edilmiştir. Farklı ölçeklerde ve ölçeksiz olarak temin edilen haritalar taranarak resim dosyası haline getirilmiştir. Daha sonra, tüm haritalar 1/300.000 ölçekte Adobe Photoshop programı kullanılarak üst üste oturtulmuştur. Geniş bölge fraktal boyut ölçülmesinde İzmir'in doğrudan ilişkisinin bulunduğu etki alanı 2018 yılı karayolu sınırları eşik alınarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda kuzeyde; Ayvalık, Balıkesir Merkez, Sındırgı; doğuda; Simav ve Uşak, güneyde ise Denizli Merkez, Yatağan ve Didim eşik alınmıştır. Aydın ve Manisa İlleri ise İzmir'in geniş bölgesi içinde değerlendirilmiştir (Şekil 7).

Karayolları haritaları lejantında yer alan 4 kademe yol sistemi çizilerek tüm yıllardaki değişimi gözlemlemek amacıyla yol hiyerarşisi korunarak her grup için kalem kalınlığı atanmıştır.

- 1) Otoban ve çok şeritli yollar (10 pxl)
- 2) Asfalt 2 şeritli yollar (7 pxl)
- 3) Şose/stabilize yollar (4 pxl)
- 4) Ham toprak yollar (2 pxl)



Şekil 7. İzmir geniş bölge karayolu analiz sınırı

Kalem kalınlıklarının atanmasında Google Earth uydu görüntüsü ile 2018 yılı uydu fotoğrafı çakıştırılmış ve eşleşecek şekilde kalınlık söz konusu kalınlıklar verilmiştir. Farklı yıllara ait harita verisinde karşılaştırılabilirliğin sağlanması için lejanttaki temsiline söz konusu yol kalınlıkları tüm yıllara ait haritalara uygulanmıştır. Yol sisteminin çizilmesinin ardından elde edilen “.tiff” uzantılı resim dosyalarının “Fractalyse” yazılımı ile fraktal boyut katsayısı hesaplanmıştır.

Çekirdek-bölge analizi İzmir İl sınırı bütününde yürütülmüş olup, İzmir İli içerisinde kendine bağlı alt yerleşimlerini kapsayacak şekilde geriye dönük fraktal boyut analizi yapılmıştır. Bu kapsamda, Harita Genel Müdürlüğünden 399 adet pafta temin edilmiştir. Söz konusu haritalar her paftanın çizim tarihinde göre dört temel dönemi kapsamaktadır:

- 1. Dönem: 1959-1964
- 2. Dönem: 1976-1980
- 3. Dönem: 1996-2000
- 4. Dönem: 2021-2018

Öncelikle raster formatındaki 1/25.000 ölçekli haritalar her dönem için Netcad Programında ölçeklendirilmiş ve koordinatlandırılmıştır. Daha sonra standart pafta lejantı doğrultusunda karşılaştırmalı analizin sağlanabilmesi için altı kademe yol tespit edilerek haritadaki yollar sayısallaştırılmıştır. “Ham Toprak Yol” ve “Otoyol” arasında 5 kademe yol belirlenmiş, son dönem yol ağı Google Uydu

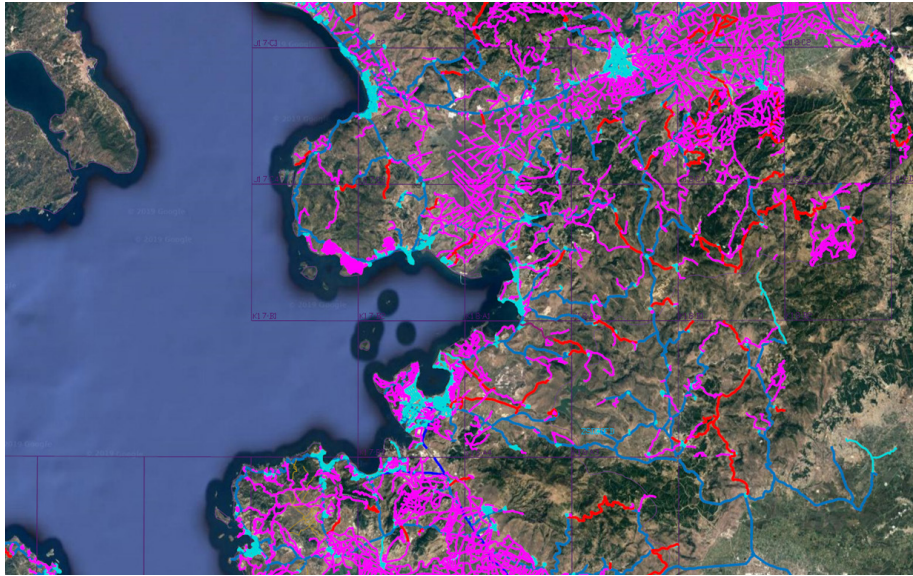
görüntüsü ile karşılaştırılmış, yol kalınlıkları tayin edilerek objektif karşılaştırmanın sağlanabilmesi için diğer dönemlere uygulanmıştır (Şekil 8).

Yol sisteminin çizilmesinin ardından elde edilen “.tiff” uzantılı resim dosyaları “Fractalyse” yazılımı ile 4 dönem için fraktal boyut katsayıları hesaplanmıştır.

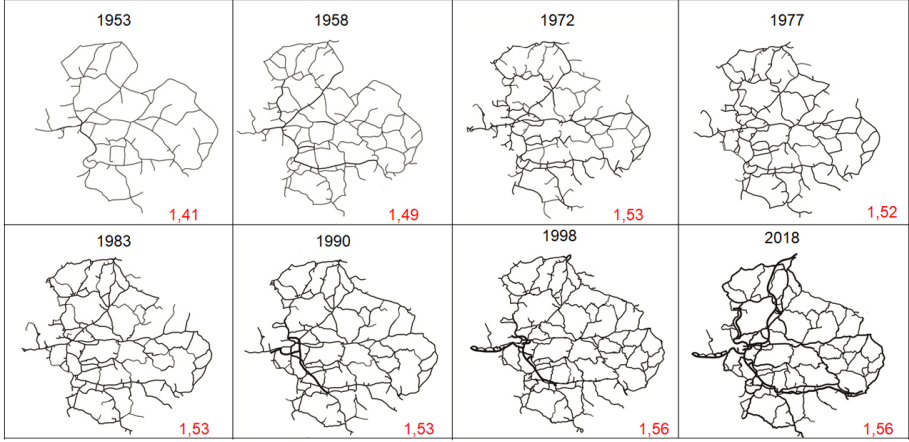
Sonuçlar

İzmir geniş kent bölgesinde sonuçlar incelendiğinde fraktal boyutun 1953 yılından itibaren yükseldiği görülmektedir. Bu kapsamda, literatür araştırmasından ortaya çıkan sonuçlar ışığında 65 yıllık süreçte bölge ölçeğinde karmaşıklığın arttığı, yerleşimler arası etkileşimin yükseldiği tespit edilebilmektedir. Bununla birlikte 1970’li ve 1980’li yıllarda fraktal boyutun durağan olağan seyrettiği yine 1998, 2002 ve 2018 yıllarında da karmaşıklık katsayısının değişmediği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda yaklaşık 65 yıllık süreçte iki adet durağan dönem bulunduğu anlaşılmaktadır. İzmir geniş kent bölgesinin fraktal analiz sonuçları ile İzmir İli nüfusu arasındaki ilişki de incelenmiştir. Bu kapsamda, 1950-2007 yılları arasında 5 yıllık olarak düzenlenen nüfus verileri nüfus artış hızı üzerinden yıllık veriye çevrilerek yıllık nüfus verileri Excel programına işlenmiştir. Bölgesel fraktal analiz katsayısı ile ilgili yılın nüfus verisinin istatistiksel ilişkisi ise SPSS yazılımında analiz edilmiştir (Şekil 9).

Fraktal katsayısının artış trendini iki dönemde durağan olarak koruması ile birlikte İzmir İli nüfusunun 65 yıllık dönem içinde arttığı tespit edilmiştir (Tablo 1). İstatistiksel olarak literatür araştırmalarından beklendiği üzere nüfus ile fraktal



Şekil 8. İzmir çekirdek bölge yol ağı sayısallaştırma çalışması



Şekil 9. İzmir geniş bölge fraktal analiz sonuçları

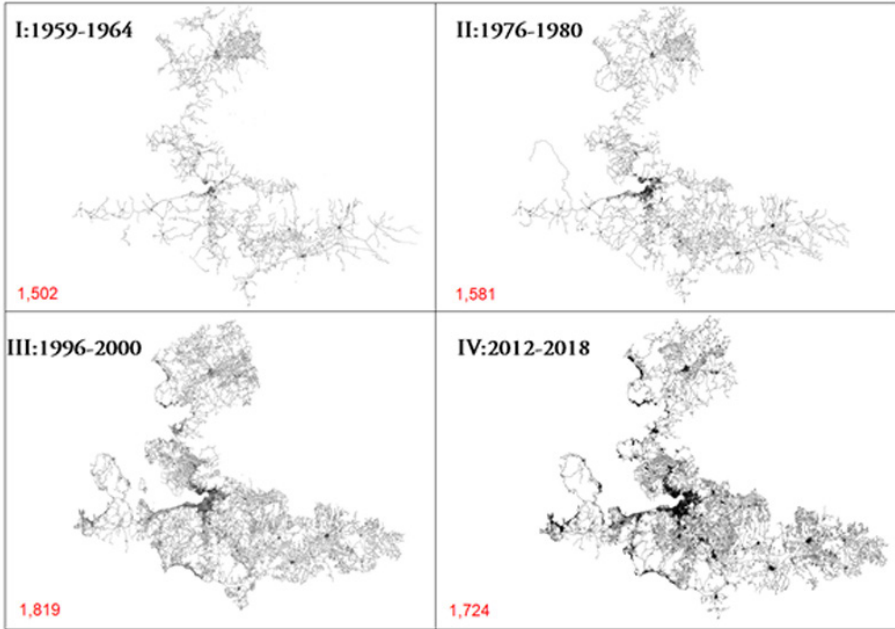
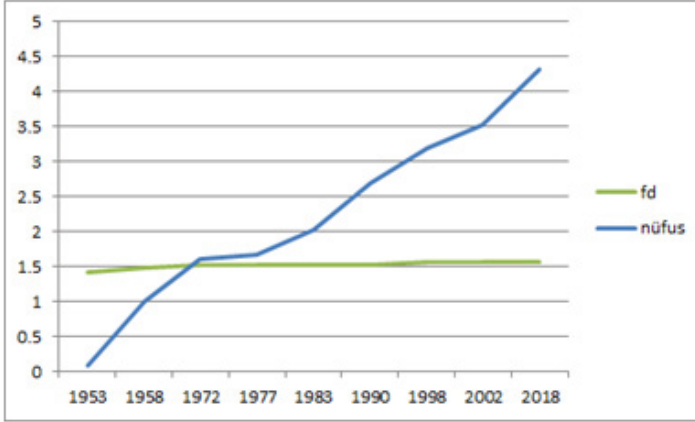
boyut katsayısı arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Literatür araştırmasından da beklenen bu bulgu kapsamında geniş kent bölge içerisinde karmaşıklığın zaman içerisinde arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte nüfus artış trendi ile fraktal boyutun durağan olduğu dönemler arasında bir ilişki tespit edilememiştir.

Çekirdek bölgede yol ağının gelişimi incelendiğinde 1959-1964 yılları arasındaki ilk dönemde Körefizçi merkezi alanda Konak ve çevresi ile Karşıyaka çevresinde kentsel doku yoğunluğunun ortaya çıktığı görülmektedir. Güney yönünde kentsel ağ dokusunun kırsal alana doğru uzandığı tespit edilebilmektedir. Yol ağı verisi tarımsal ağı da içerdiğinden bölgesel ölçekte kırsal merkezler de gözlemlenebilmekte olup, Bergama ve çevresinde doku yoğunluğu görülmüştür. Bununla birlikte çekirdek bölgenin doğusunda koridor niteliğinde bir yapı da ortaya çıkmıştır. Sonraki dönemlerde ise İzmir Körfezi çevresi başta olmak üzere kıyılarda odakların oluştuğu görülmektedir. 2012-2018 yılları arasını kapsayan son dönemde ise merkezi alanın gelişiminin hem körfez kıyı hattı boyunca hem de kuzey güney ekseninde devam ettiği görülmüştür.

Şekil 10'da yer aldığı üzere çekirdek bölge ölçeğinde fraktal katsayısı incelendiğinde ise çekirdek bölge sisteminin karmaşıklığının ilk 3 dönem boyunca arttığı görülmektedir. Fraktal boyut 1996 ve 2000 yıllarını kapsayan üçüncü dönemde en yüksek değerine ulaşmıştır. Bununla birlikte yol ağı uzunluğu ve nüfusun artmasına rağmen 2012-2018 yılları arasındaki son dönemde fraktal katsayısının çekirdek bölge bütününde azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak; geniş kent bölge ölçeğinde yürütülen fraktal analiz çalışmasında geniş bölgede kaotik süreçlere uygun olarak artan nüfus ve kentsel gelişimle birlikte sistemin karmaşıklığının arttığı, uzun vadede durağan dönemler sonunda sistemin fraktal katsayısının arttığı görülmüştür. Nüfus ile fraktal boyut arasında ise literatür bulgularıyla uy-

şan şekilde pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Çekirdek bölge ölçeğinde ise sistemin karmaşıklığının 40 yıl boyunca artmaya devam ettiği, son dönemde ise yol ağı gelişimi ve nüfus artışının kent bölgenin karmaşıklığına yansımadağı görülmüştür.

Tablo 1. İzmir geniş bölgesinde fraktal boyut izmir ili nüfusu ilişkisi



Şekil 10. İzmir çekirdek bölge fraktal analiz sonuçları

Teşekkür

Bu makale, 117K824 kodlu ‘İzmir Örneği ile Türkiye’de Değişen Yerleşme Örüntüsünün Yorumlanması’ başlıklı TÜBİTAK Projesi kapsamında ODTÜ, Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalında Sıla Özdemir tarafından yürütülen doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

Kaynaklar

- Amin, A. Thrift, N. (2002). Cities: remaining the urban, *Ethnicities*. SAGE
- Angelo, H. (2016). From the city lens toward urbanization as a way of seeing: country/city binaries of an urbanizing planet. *Urban Studies Journal*, 1-21
- Baranger, M. (2001.) Chaos, complexity, and entropy a physics talk for non-physicists. New England Complex Systems Institute
- Batty M., Longley P. (1994). Fractal cities: a geometry of form and function. San Diego, CA Academic Press
- Batty, M. (2005). Cities and complexity: understanding cities with cellular automata, agent based models and fractals. Cambridge: MIT Press
- Brenner, N. (2013). Theses on urbanization. Duke University Press Public Culture 25 (1)
- Brenner, N., Schmid C. (2014). The ‘Urban Age’ in question. *International Journal of Urban and Regional Research* 38(3), 731-755
- Frankhauser, P. (2004). Comparing the morphology of urban patterns in Europe a fractal approach, in: *European Cities Insights on outskirts*, Report COST Action 10 Urban Civil Engineering, Vol. 2, Structures, edited by A. Borsdorf and P. Zembri, Brussels, 79-105.
- Hatna E., Benenson, I. (2012). The Schelling model of ethnic residential dynamics: beyond the integrated - segregated dichotomy of patterns. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 15 (1) 6
- Ibanez, D., Katsikis, N. (2014). Grounding Urban Metabolism. New Geographies Lab, Harvard University Press
- Kaya, S. (2003). Kentsel mekan zenginliğinin kaos teorisi ve fraktal geometri kullanılarak değerlendirilmesi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi
- Kaya, S., Bölen, F. (2017). Urban DNA: Morphogenetic analysis of urban pattern. *International Journal of Architecture & Planning* Volume 5, Issue 1, 10-41
- Lu, Y., Tang, J. (2004). Fractal Dimension of a transportation network and its relationship with urban growth: A study of the Dallas- Fort Worth Area. *Environment and Planning B: Planning and Design* 2004, volume 31, 895 – 911

- McAdams, M. (2007). Fractal analysis and the urban morphology of a city in a developing country: A case study of İstanbul, İstanbul: Marmara Coğrafya Dergisi
- Peitgen, H.O., Jürgens, H., Saupe, D. (2004). Chaos and fractals: New frontiers of science. Springer Verlag Press
- Portugali, J. (2000). Self organization and the city. Berlin: Springer-Verlag
- Portugali, J. (2009). Self-organization and the city. Eslab (Environmental Simulation Lab), Encyclopedia of Complexity and Systems Science, 7953-7991
- Portugali, J. (2015). SIRD-Synergetic inter representation networks: An approach to urban planning and design with implications to visual reasoning and design creativity. Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity
- Tekeli, İ. (2016). Yerleşmeler için temsil sorunları ve strateji önerileri. Ankara: İdeal Kent Araştırmaları
- Terzi, F., Bölen, F. (2009). Urban sprawl measurement of İstanbul. European Planning Studies 17 (10), 1559-1570
- Thomas, I., Frankhauser, P. (2013). Fractal dimensions of the built-up footprint: Building versus roads. Fractal evidence from Antwerp (Belgium). Environment and Planning B Planning and Design, Ocak 2013
- URL-1: 'Centers From Above', <https://citiesfoundation.org/2013/centers-from-above/>