



Araştırma Makalesi

Kentleşmenin karmaşıklık düzeyinin belirlenmesi ve coğrafi dağılımının araştırılması

İsmail Ercüment AYAZLI^{1*}, Salim BOYRAZ¹, Mehmet Aykut BAŞCI¹, Emre ULUSU¹

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Fraktal Boyut
Korelasyon Yöntemi
Kümeleme Analizi
Kentleşme
CBS

20. yüzyıldan itibaren kentlerin siyasal, toplumsal, ekonomik ve mekânla ilgili pek çok alt sistemden oluşan kaotik bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. Ölçekten bağımsız olarak kendini tekrar eden bu kaotik yapı fraktal geometriye sahiptir. Son 30 yılda coğrafi bilgi sistemleri alanındaki gelişmeler kentlerin bu yapısının fraktal boyut analizi ile incelenmesinde büyük kolaylıklar sağlamıştır. Fiziksel kent formunu oluşturan, binalara, yollara ve imar adalarına ait geometrik şekiller aynı zamanda fraktal kent geometrisini oluşturmaktadır. Fraktal kent geometrisi hesaplanarak kentin karmaşıklık düzeyinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, bina, yol ve imar adalarına ait fraktal boyut değerleri hesaplanmış ve istatistiksel yöntemlerle bu değerlerin coğrafi dağılımı incelenmiştir. Bu kapsamda Sivas ili, merkez ilçesi, 65 mahalleden oluşan çalışma alanında fraktal kent geometrisi bileşenlerine ait fraktal boyut değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen bu fraktal değerlerin çalışma alanı içinde coğrafi olarak nasıl dağıldığını belirleyebilmek için TwoStep Cluster analizi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre karmaşıklık düzeyi yüksek olan mahalleler çalışma alanının %71'ini oluşturmaktadır.

Determination of the complexity level of urbanization and investigation of its geographical distribution

Keywords:

Fractal Dimension
Correlation Method
Clustering Analysis
Urbanization
GIS

ABSTRACT

Since the 20th century, cities have been accepted to have a chaotic structure consisting of many subsystems related to political, social, economic life, and space. This chaotic structure that repeats itself independently of scale has a fractal geometry. Developments in the field of geographic information systems in the last 30 years have provided great conveniences in examining this structure of cities with fractal dimension analysis. The geometrical shapes of buildings, streets, and blocks that create the physical city form constitute at the same time the fractal urban geometry. The study aims to determine the complexity level of the city by calculating the fractal urban geometry. The fractal dimension values of the buildings, roads and zoning blocks were calculated and the geographical distribution of these values were examined by statistical methods. In this context, the fractal dimension values of fractal urban geometry components were calculated separately in the study area consisting of 65 neighborhoods in Sivas province, central district. A two-step cluster analysis was used to determine how these obtained fractal values dispersed geographically within the study area. According to the results, neighborhoods with high level of complexity constitute 71% of the study area.

*Sorumlu Yazar

^{*}(eayazli@cumhuriyet.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-0782-5366
(salim_boyraz@hotmail.com) ORCID ID 0000-0002-2654-2655
(aykutbasci5800@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-7865-6323
(eulusu672@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-4836-5722

Kaynak Göster (APA)

Ayazli, I. E., Boyraz, S., Basci, M. A., & Ulusu, E. (2020). Kentleşmenin Karmaşıklık Düzeyinin Belirlenmesi ve Coğrafi Dağılımının Araştırılması, *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 2(2), 57-63

Geliş Tarihi: 04/07/2020; Kabul Tarihi: 26/11/2020

DOI: XXXXXXXXXXXXX

e-ISSN: 2687-5179

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı özellikle kentsel arazi kullanımı yoğunluğunu artırmaktadır. Buna ek olarak, yüksek rant getirisi nedeniyle güvenli bir yatırım aracı olan taşınmazlara istem de kentsel arazi kullanımını tetiklemekte ve imar faaliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Arazi ve arsa düzenlemesi işlemleri sonrası meydana gelebilecek çevresel, sosyal ve ekonomik değişikliklerin yanı sıra kentsel dokunun fiziksel bileşenini oluşturan; imar adası, mülkiyet/kadastro parselleri, bina ve yol ağlarının şekillerinin, başka bir deyişle kent geometrisinin değişmesine yol açmaktadır.

Kentleşmeyi daha iyi anlayabilmek için uzun yıllardır kentsel modeller kullanılmaktadır ve bu modeller kurgulanırken temel verilerden biri de taşınmazların değeridir. 19. yüzyılda Johann Heinrich von Thünen çok meşhur olan "The Isolated State" teorik modelinde pazara uzaklık, arazi kullanımı ve taşınmaz değeri arasındaki ilişkiyi tanımlamıştır (Ayazlı, 2011; Wendt, 1957).

Toplu taşıma ve özel araç iyeliğinin gelişmediği 19. yüzyıldan 20. yüzyılın ortalarına kadar insanlar, merkezi iş alanlarına yakın yerlerde yaşamayı tercih etmektedir (Landis & Huang, 1995).

Bunun bir sonucu olarak da kent merkezinde taşınmaz fiyatları yüksekken merkezden uzaklaştıkça fiyatlarda bir düşüş görülmektedir. Ancak, 20. yüzyıldan itibaren özel araç iyeliği ve nüfus artışları ile birlikte kentler, merkezden çeperlere doğru bir büyüme eğilimine girmiştir. Bu eğilim taşınmaz fiyatlarını da doğrudan etkilemiş ve büyüme nedeniyle oluşan kentsel arazi kullanımına sahip taşınmazların getirisi ile tarımsal arazi kiralalarının değeri arasında büyük bir boşluk oluşmasına yol açmıştır (Capozza & Helsley, 1989). Bu durum taşınmaz değerlerini esas alan kentsel modellerin doğrusal bir yapıya sahip olduğunun bir göstergesidir. 20. yüzyılın ortalarına kadar pek çok model geliştirilmesine rağmen bu modellerin doğrusal ve statik yapısı nedeniyle kentleri modelleme konusunda yeterince başarılı olamadığı görülmüştür. Bu nedenle yeni bir yaklaşımla, 1970'lerden itibaren kentler, dinamik bir sistem olarak ele alınmıştır. Günümüzde kentler; makrodan mikroya siyasal, toplumsal, ekonomik ve mekânla ilgili pek çok alt sistemden oluşmaktadır (Başlık, 2008). Bu nedenle kentler; karmaşıklık düzeyi sonsuz olan açık, dinamik, canlı, yani yaşayan sistemler olarak tanımlanabilir. Bu karmaşıklık da doğrusal olmayan yapılar gösterir. Karmaşık sistemlerin davranış yapılarını anlayabilmek için kaos ve karmaşıklık teorilerinden yararlanılmaktadır.

Kaos görünümünün geometrisinin fraktal yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir (Batty & Longley, 1994). Bu geometrinin temel bileşeni fraktallardır. Fraktalların özünde tekrar ve kendine benzerlik yer almaktadır. Bu nedenle fraktal, düzensiz ve parçalı, kırıklı ve kesikli şekilleri

betimlemek, hesaplamak ve düşünmek için kullanılan bir kelimedir. Fraktal terimi, düzgün bir geometrik şekli olmayan, her ölçekte kendine benzeyen yapılara sahip, parçalı, kırıklı ve kesikli şekiller ile canlı veya cansız fiziksel sistemleri tanımlamak için kullanılır. Fraktal geometri, ölçekten bağımsız olarak her boyutta kendini tekrar eden kırıklı bir yapıya sahiptir. Başka bir deyişle ölçek değişse bile nesnelere sahip olduğu fragmented düzeyi değişmez ve bu düzey Mandelbrot tarafından fraktal boyut olarak tanımlanmıştır (Mandelbrot, 1967). Boyutların tam sayılarla ifade edildiği Öklid geometrisinden farklı olarak iki boyutlu bir uzamda fraktal geometrinin boyutu 1 ile 2 arasında değer alan kesirli bir sayı olabilir (Ayazlı, 2019).

1967 yılında Mandelbrot İngiltere kıyılarının uzunluklarını fraktal boyut değerleri ile belirlemeye çalışmıştır (Mandelbrot, 1967). Goodchild (1980), çizgi uzunluğu, alan ve nokta karakteristiği gibi topografik özelliklerin fraktal boyut değerlerini hesaplamıştır (Goodchild, 1980). Uzun yıllardır, dağlar, ağaçlar, bulutlar, kıyı şeritleri (coastlines) gibi doğal şekillerin (natural shapes) incelenmesinde fraktallar kullanılmaktadır (Clarke & Schweizer, 1991; Guneroglu vd., 2013; Jaya vd., 2014; Jiang & Anders, 2016; Pentland, 1984).

Karmaşık sistem davranışı gösteren kentlerin araştırıldığı, özellikle farklı arazi kullanım biçimlerinin karşılaştırıldığı ve kentsel büyümenin araştırıldığı pek çok çalışmada fraktal boyut analizi yöntemi başarıyla kullanılmaktadır (Batty & Longley, 1994, 1987; Ozturk, 2017; Poudyal vd., 2009; Purevtseren vd., 2018; Shen, 2002; Terzi & Kaya, 2008; Thomas vd., 2008). İlk Batty ve Longley (1987), tarafından yapılan çalışmalarda iki boyutlu kent formu ve kentsel büyüme, fraktal boyut değerleri ile incelenmiştir (Batty & Longley, 1987). Frankhauser (1990, 1992, 1998), kent morfolojisini fraktal boyut değerlerini hesaplayarak analiz etmiş (Frankhauser, 1990, 1992, 1998) ve Avrupa kentlerinin kent dokusunu fraktal yaklaşım ile karşılaştırmıştır (Frankhauser, 2004). 2000'li yıllarda Shen (2002), Amerika Birleşik Devletleri'nin 20 kentinin fraktal boyut değerlerini hesaplamış ve bu değerleri nüfusla ilişkilendirmiş, ayrıca, Baltimore için de 1792 yılından itibaren 200 yıllık bir periyotta kentsel büyümeyi fraktal boyut analizi ile araştırmıştır (Shen, 2002). Thomas et al, (2008), Belçika'nın Wallonia bölgesinde benzer fraktal boyut değerlerine sahip yüzey ve sınırları kümeleyerek kentsel yayılma karakteristiklerini belirlemişlerdir (Thomas vd., 2008). Ozturk (2017), Samsun İlının 3 ilçesine ait 1989-2013 yılları arasındaki kentsel yayılmayı çalışmıştır. Kentsel yayılmanın derecesinin ölçülebilmesi için Shannon's entropy yönteminin, yayılmadan kaynaklı değişimin anlaşılması için de fraktal boyut analizi yönteminin kullanılmasını önermektedir (Ozturk, 2017).

Bu çalışmanın ana amacı, fraktal kent geometrisini oluşturan bina, yol ve imar adalarına ait

fraktal boyut değerlerini hesaplayarak kentsel dokuya ait karmaşıklık düzeyinin ve fraktal kent geometrisi bileşenlerine ait fraktal boyut değerlerinin coğrafi olarak nasıl bir dağılım gösterdiğinin “TwoStep cluster” Analizi yöntemi ile belirlenmesidir.

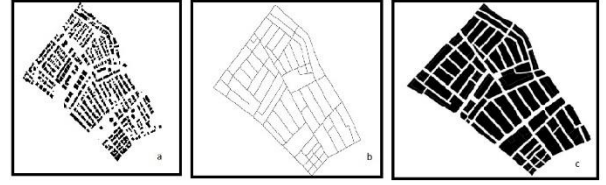
Bu kapsamda Orta Anadolu’da yer alan Sivas ili merkez ilçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Nüfusu 300.000’in üzerinde olan il merkezinin karmaşık bir yapıya sahip olduğu söylenebilir (Kaya & Bölen, 2006). Çalışma için ihtiyaç duyulan idari sınır, imar adaları, yol ağları ve bina verileri Sivas Belediyesi’nden temin edilmiştir. ThÉMA araştırma merkezi tarafından geliştirilen (Fractalyse, 2016) ve dünyada pek çok çalışmada kullanılan (Erdogan & Cubukcu, 2014; Ma vd., 2008; Thomas vd., 2008, 2010) “Fractalyse” yazılımı kullanılarak, 65 mahalle içinde yer alan bina, imar adaları ve yol ağı için korelasyon yöntemine göre ayrı ayrı fraktal boyut değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin coğrafi olarak nasıl dağıldığını ve nasıl kümелendiği belirleyebilmek için “TwoStep cluster” analizi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel yöntemlere ait hesaplamaların tümü SPSS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kent geometrisinin yorumlanmasına yardımcı olan fraktal boyut değeri ve kentsel çalışmalarda bu değer nasıl hesaplandığı, fraktal boyut değerleri ve coğrafi olarak nasıl dağıldığı araştırılırken kullanılan istatistikler yöntemler hakkındaki teorik bilgilere Yöntem bölümünde geniş bir biçimde yer verilmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı ve Veri İşleme

Kent formunun karmaşık bir yapıya sahip olduğu önceki çalışmalarla belirlenen (Ayazlı, 2017; Kaya & Bölen, 2006) Sivas İlinin merkez ilçesindeki 65 tane mahalle bu makalenin çalışma alanını oluşturur. Yüzölçümü olarak Türkiye’nin ikinci büyük ili olan Sivas’ın merkez ilçesinin nüfusu Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) 2018 yılına ait verilerine göre 348.683 kişidir (TÜİK, 2018). 2015’te revize edilen imar planında belediye idari sınırları kapsamında 65 mahalle bulunmaktadır. Çalışmanın amacına uygun olarak Sivas Belediyesi’nden coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında 2018 yılına ait bina, ulaşım ağları, imar adası ve mahalle idari sınır verileri temin edilmiştir.

Kent geometrisine ait fraktal boyut değerlerini hesaplayabilmek için ArcGIS yazılımı kullanılarak hem tüm kent için hem de her bir mahalle için; imar adaları, binalar ve yol ağları “.tif” formatında 8 bitlik görüntüler halinde oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Mahalle bazında fraktal boyut değerlerinin hesaplanabilmesi için hazırlanan bina (a), imar adası (b) ve yol ağına ait (c) 8 bitlik siyah-beyaz girdi verileri

2.2. Fraktal Boyut Değerlerinin Hesaplanması

Çevremizde gördüğümüz her şeyin aslında fraktal bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Fraktalların en temel özelliği kendine benzerlik ilkesidir. Dağlar, bulutlar, kıyıları, ağaçlar, kar taneleri gibi doğal yapıların veya solunum sistemi, güneş sistemi gibi fiziksel sistemlerin herhangi bir bölüme parçaları bu yapıların veya sistemlerin bütününe benzerlik göstermektedir. Karmaşık bir görünüme sahip bu yapılar, fraktallar olarak tanımlanır ve Öklid geometrisi ile açıklayabilmek mümkün değildir. Fraktallar sayesinde karmaşıklık, kendine benzeyen yapıların farklı ölçeklerdeki ilişkisi ile elde edilmektedir (Nabiyev, 2013). İşte bu ilişki de boyut kavramı ile açıklanmaktadır. D boyut, N benzer parça sayısı ve r ise ölçek faktörü olmak üzere, benzerlik ve ölçek arasındaki ilişki formül 1’deki gibi karşımıza çıkar.

$$N \cdot r^D = 1 \quad (1)$$

Bu nedenle r oranında N tane kendine benzer parçaya ayrılmış bir nesnenin fraktal boyutu 2. bağıntıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$D = \log(N) / \log\left(\frac{1}{r}\right) \quad (2)$$

Bu durum bir örnek ile ifade edilecek olursa; bir kenarı 9 birim uzunluğundaki bir karenin her bir kenarı 3’e bölünsün. Sonuç olarak bir kenarı 3 birim olan 9 tane benzer kare elde edilir, yani $r = 1/3$, $N = 9$ ve $D = 2$ olmaktadır. Eğer bu kare 9’a bölünseydi bu defa da bir kenarı 1 birim olan 81 adet kare elde edilecekti ve fraktal boyut değeri, D yine 2 olacaktı. Bu örnekten de anlaşılacağı üzere fraktalların ölçekten bağımsız bir şekilde her boyutta kendini tekrar ettiği söylenebilir.

Fiziksel kent formunun saf fraktal bir yapıya sahip olmadığı kabul edilmektedir (Frankhauser & Tannier, 2005). Bu nedenle, kentsel çalışmalarda kendine benzerlik, farklı ölçeklerde benzer formların varlığından ziyade uzamsal organizasyon ve karmaşıklık seviyesi açısından süreklilik olarak değerlendirilmelidir (Kaya & Bölen, 2011; Ozturk, 2017). Kentsel analiz çalışmalarında grid / kutu sayma analizi, genişleme (dilation) analizi, radyal analiz ve korelasyon analizi olmak üzere dört temel yöntem kullanılmaktadır (Frankhauser, 1998).

Grid yöntemi, her bir kutuda kaplanan alan miktarını ölçer, ancak tamamen farklı bir morfolojiye sahip olabilecek alanlarda kutu boyutları nedeniyle küme yapısında bir sapmaya da neden olabilmektedir. Bu nedenle çalışmada korelasyon yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Korelasyon analizinde siyah-beyaz raster görüntüler girdi verisi olarak kullanılmaktadır. Merkeze ϵ yarıçaplı bir daire yerleştirilerek bu daire içinde yer alan yüzeyler $N(\epsilon k)$ belirlenir ve daha sonra tüm $N(\epsilon k)$ yüzeyleri için ortalama $N(\epsilon)$ değeri hesaplanarak işlem tekrar edilir (Frankhauser & Pumain, 2007).

2.3. Kümeleme Analizi

İki boyutlu kentsel dokuya ait fraktal boyut değerleri 1 ile 2 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerin kent içinde nasıl bir dağılım gösterdiğini belirlemek amacıyla kümeleme analizi yapılmıştır. Ancak fraktal boyut değerlerinin kaç kümeye ayrılacağı, yani küme sayısı bilinmediği için TwoStep Cluster Analysis yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede küme sayısı otomatik olarak belirlenmiştir. Bu yöntemde süreç, ön kümeleme (pre-cluster) ve kümeleme olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Ön kümeleme işlemi, yaprak düğüm seviyelerinden oluşan değiştirilmiş bir küme özelliği (modified cluster feature, CF) ağacının kullanıldığı BIRCH algoritmasına göre yapılmaktadır (Zhang vd., 1996). CF yapraklarındaki düğüm noktaları her bir veri için son bir alt kümeyi temsil eder. Hiçbir alt kümeye üye olmayan veriler, hızlı bir şekilde yeni bir yaprak düğüm noktasına yönlendirilir. Ardışık kayıtlar, kök düğüm noktasından başlayarak en yakın alt kümeyi bulmayı çalışır. Bir yaprak düğüm noktasına ulaştığında kendisine en yakın alt kümeyi bulmuş olur. Eğer yaprak düğüm noktasında yeni bir veri için yer yoksa bu düğüm noktası ikiye ayrılır. CF ağacı maksimum boyuta ulaştığında eşik uzaklık kriteri artırılarak yeni bir CF ağacı oluşturulur. Bu süreç veri geçişi tamamlanıncaya kadar devam eder.

Ön kümeleme aşamasında veriler alt kümelere ayrılarak eldeki verinin önceden oluşturulan kümelerle mi birleştirileceğine yoksa yeni bir kümeye mi ekleneceğine, mesafe ölçütüne göre karar verilir. Kümeler arasındaki mesafe Log-likelihood veya Öklid uzaklığına göre hesaplanmaktadır. Bu iki ölçütten hangisini seçileceği verinin özelliğine göre değişiklik göstermektedir. Log-likelihood algoritmasına göre hesaplamalarında değişkenlerin birbirinden bağımsız olması koşulu aranmaktadır. Ayrıca, değişkenler sürekli ise normal dağılım, kategorik ise çok terimli (multinomial) dağılım göstermesi gerekmektedir. Eğer tüm değişkenler sürekli ise Öklid uzaklığı kullanılır (IBM, 2013) ve bu sayede veriler kendisine en yakın Öklid uzaklığına sahip kümede toplanır. Çalışmada hesaplanan fraktal boyut değerleri birbirinden bağımsız

değişkenler olduğu için ön kümeleme aşamasında log-likelihood uzaklığı kullanılmıştır.

Ön kümeleme aşamasında alt kümelere ayrılan veriler küme sayısı bilinmediği için otomatik kümeleme yöntemine göre gruplandırılmıştır. Alt küme sayısı veri sayısından çok daha az olduğu için geleneksel kümeleme yöntemleri böylece etkin bir şekilde kullanılabilir. TwoStep Cluster algoritması, oto kümeleme yöntemi ile uyumlu bir şekilde çalışan aglomeratif hiyerarşik kümeleme yöntemini kullanır. Hiyerarşik kümeleme yöntemi, hesaplamaların yinelemeli olarak yapılarak kümelerin birleştirildiği bir işlemdir. İşlemlerin sonucunda tüm verileri içeren tek bir küme elde edilmiştir. İlk olarak ön kümeleme aşamasında üretilen alt kümelerin her biri için bir başlangıç kümesi tanımlanır. Daha sonra tüm kümeler karşılaştırılarak mesafe ölçütüne göre birbirine en yakın küme çifti seçilir ve bu kümeler birleştirilir. Bu işlem en sonunda tek bir küme elde edilinceye kadar devam eder (IBM, 2013).

Oto kümeleme yönteminde hangi küme sayısının en iyi olduğunu belirlemek için kümeleme kriteri olarak Schwarz's Bayesian Criterion (BIC) veya the "Akaike Information Criterion (AIC)" kullanılır. BIC, en küçük boyutlu modeli seçmek için kullanıldığından (MIT, 2015), fraktal boyut değerlerinin kaç kümeye ayrıldığına hesaplanması için tercih edilmiştir. Kümeleme kalitesi ise "Silhouette birleşme ve ayrışma ölçüsü (Silhouette measure of cohesion and separation)" test ile kontrol edilmiştir.

3. BULGULAR

Bu bölümde, Sivas ili Merkez İlçesinde yer alan 65 adet mahalle için hesaplanan fraktal boyut değerleri ve bu değerlerin coğrafi olarak dağılımını belirlemek için gerçekleştirilen kümeleme analizine ait elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak Sivas Belediyesinden CBS ortamında elde edilen, mahallelere ait idari sınır verilerinin poligon merkezleri belirlenerek kent merkezine uzaklıkları hesaplanmıştır. Mahallelerin merkeze uzaklıkları ortalama 2,3 km'dir ve imar planında kullanılan mahallelere ait nüfus verileri ile kent meydanı merkez alınarak gerçekleştirilen, 2,3 km yarıçaplı tampon bölge analizine göre nüfusun yaklaşık %60'ı bu bölgede yaşamaktadır. Her bir mahalle için ayrı ayrı bina, yol ağı ve imar adası olmak üzere 8 bitlik ".tif" uzantılı üç veri kümesi oluşturulmuş ve fraktal boyut değerleri hesaplanmıştır. Kent merkezine yakın yerlerde yüksekten merkezden uzaklaştıkça azalmaktadır (Şekil 2).

KAYNAKÇA

- Ayazlı I E (2019). An empirical study investigating the relationship between land prices and urban geometry. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8 (10).
- Ayazlı İ E (2011). Ulaşım ağlarının etkisiyle kentsel yayılmanın simülasyon modeli: 3. Boğaz Köprüsü örneği. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayazlı İ E (2017). Investigation Of the Relationship Between Property Geometry and Urbanization By Calculating Fractal Dimension Values: A Case Study Of Sivas. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 17 (1), 165-171.
- Başlık S (2008). Dinamik kentsel büyüme modeli lojistik regresyon ve cellular automata (İstanbul ve Lizbon örnekleri). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Batty M & Longley P (1994). *Fractal cities: A Geometry of Form and Function*. Academic Press Limited.
- Batty M & Longley P A (1987). Urban shapes as fractals. *Area*, 19, 215-221.
- Capozza D R & Helsley R W (1989). The fundamentals of land prices and urban growth. *J. Urban Econ.*, 26, 295-306.
- Clarke K C & Schweizer D M (1991). Measuring the fractal dimension of natural surfaces using a robust fractal estimator. *Cartogr. Geogr. Inf. Syst.*, 18, 37-47.
- Erdogan G & Cubukcu K M (2014). Explaining Fractal Dimension In Populous Cities. *Eurau 2014 Composite Cities*.
- Fractalyse (2016). Fractalyse. www.fractalyse.org/en-doc-1.2_The_counting_methods.html
- Frankhauser P (1990). Aspects fractals des structures urbaines. *Espace Geographique*, 19-20 (1), 45-69.
- Frankhauser P (1992). Fractal properties of settlement structures. *The First International Seminar on Structural Morphology*.
- Frankhauser P (1998). The fractal approach. A new tool for the spatial analysis of urban agglomerations. *Population*, 52 (4), 1005-1040.
- Frankhauser P (2004). Comparing the morphology of urban patterns in Europe—A fractal approach. *Eur. Cities Insights Outskirts Rep. COST Action*, 10, 79-105.
- Frankhauser P & Pumain D (2007). Fractals and Geography. In L. Sanders (Ed.), *Models in Spatial Analysis*, 281-300.
- Frankhauser P & Tannier C (2005). A multi-scale morphological approach for delimiting urban areas. *CUPUM 05: Computers in Urban Planning and Urban Management*, 9th Conference Organised by the CASA.
- Goodchild M F (1980). Fractals and the accuracy of geographical measures. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, 12 (2), 85-98.
- Guneroglu N, Acar C, Dihkan M, Karsli F & Guneroglu A (2013). Green corridors and fragmentation in South Eastern Black Sea coastal landscape. *Ocean and Coastal Management*, 83, 67-74.
- IBM. (2013). IBM Knowledge Center. www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSLVMB_22.0.0/com.ibm.spss.statistics.algorithms/alg_2step_cluster.htm.
- Jaya V, Raghukanth S T G & Sonika M S (2014). Estimating fractal dimension of lineaments using box counting method for the Indian landmass. *Geocarto International*, 29(3), 314-331.
- Jiang B & Anders B S (2016). A Fractal Perspective on Scale in Geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (6).
- Kaya H S & Bölen F (2006). Kentsel Mekan Organizasyonundakz Farklılıkların Fraktal Analiz Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Journal of Istanbul Kültür University*, 4, 153-172.
- Kaya H S & Bölen F (2011). Kentsel dokudaki değişimin fraktal geometri yöntemiyle incelenmesi. *İTÜ Dergisi/A Mimarlık*, 10 (1), 39-50.
- Landis J & Huang W (1995). Theoretical foundations and literature review. In *Transit Investments, Real Estate Values, and Land Use Change: A Comparative Analysis of Five California Rail Transit Systems* (pp. 13-26). UC Berkeley: Berkeley, CA, USA.
- Ma R, Gu C, Pu Y & Ma X (2008). Mining the urban sprawl pattern: A case study on Sunan, China. *Sensors*, 8 (10), 6371-6395.
- Mandelbrot B (1967). How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension Author (s): Benoit Mandelbrot Source : Science , New Series , Vol . 156 , No . 3775 (May 5 , 1967) , pp . 636-638 Published by : American Association for the *Advanc. Science*, 156 (3775), 636-638.
- MIT (2015). MIT The Bayes Information Criterion (BIC). www-math.mit.edu/~rmd/650/bic.pdf
- Nabiyev V V (2013). *Algoritmalar*. Seçkin Yayınevi.
- Ozturk D (2017). Assessment of urban sprawl using Shannon's entropy and fractal analysis: a case study of Atakum, Ilkadim and Canik (Samsun, Turkey). *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25 (3), 264-276.
- Pentland A P (1984). Fractal-Based Description of Natural Scenes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-6 (6), 661-674.
- Poudyal N C, Hodges D G, Tonn B & Cho S H (2009). Valuing diversity and spatial pattern of open space plots in urban neighborhoods. *Forest Policy and Economics*, 11(3), 194-201.
- Purevtseren M, Tsegmid B, Indra M & Sugar M

- (2018). The fractal geometry of urban land use: The case of Ulaanbaatar City, Mongolia. *Land*, 7 (2), 1-14.
- Shen G (2002). Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 16(5), 419-437.
- Terzi F & Kaya H S (2008). Analyzing Urban Sprawl Patterns Through Fractal Geometry: The Case of Istanbul Metropolitan Area. *Working Papers Series*, 144 (0), 0-18.
- Thomas I, Frankhauser P & Biernacki C (2008). The morphology of built-up landscapes in Wallonia (Belgium): A classification using fractal indices. *Landscape and Urban Planning*, 84 (2), 99-115.
- Thomas I, Frankhauser P, Frenay B, Verleysen M & Samos-Matisse S M (2010). Clustering patterns of urban built-up areas with curves of fractal scaling behaviour. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37 (5), 942-954. <https://doi.org/10.1068/b36039>
- TÜİK. (2018). TÜİK. www.tuik.gov.tr
- Wendt P F (1957). Theory of Urban *Land Values*. *Land Economics*, 33 (3), 228. 1
- Zhang T, Ramakrishnan R & Livny M (1996). BIRCH: An Efficient Data Clustering Databases Method for Very Large. *ACM Sigmod Record*; ACM: New York, NY, USA, 25, 103-114.



© Author(s) 2020. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>