



Nitel Sosyal Bilimler/Qualitative Social Sciences

Yıl:2025, Cilt:7 Sayı:2

Year:2025, Vol:7 Issue:2

<https://doi.org/10.47105/nsb.1625147>

Makale Türü/Article Type: *Derleme/ Review*

Atıf/Citation: Kara, H. (2025). Doğrusal olmayan dinamik sistemler karşısında Fraktal Örgüt Teorisi: Fraktal kavramı üzerinden bir literatür araştırması. *Nitel Sosyal Bilimler*, 7(2), 175-190. <https://doi.org/10.47105/nsb.1625147>

Doğrusal Olmayan Dinamik Sistemler Karşısında Fraktal Örgüt Teorisi: Fraktal Kavramı Üzerinden Bir Literatür Araştırması

^aHakan Kara¹ 

^aProf. Dr., Ulaştırma Hizmetleri Bölümü Kütahya Sosyal Bilimler MYO, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

Öz

Bu çalışmada, fraktal kavramı üzerinden, işletme varlıkları ve işletme süreçleri arasındaki bağların nasıl olabileceği betimlenmeye çalışılmıştır. Fraktal kavramı, hedefleri, performansı kesin olarak tanımlanabilen ve bağımsız hareket edebilen bir işletme varlığı olarak değerlendirilmiştir. Böylelikle örgütlerin doğrusal olmayan dinamik sistemler karşısında Fraktal Örgüt Teorisi'nin teorik temellerinin oluşturulmasına odaklanılmıştır. Literatürde fraktal kavramına farklı disiplinlerde atıf yapılmasına karşın, kavramın yönetim ve örgüt bilimine atıf yapılacak kadar yeterince araştırılmadığı görülmektedir. Diğer bir deyişle, literatürden ulaşılabildiği kadarıyla fraktal kavram üzerinden düşünülen Fraktal Örgüt Teorisi'nin tanımı dışında, bütünlük içinde ayrıntılı bir şekilde araştırmalara konu edilmemiştir. Bu gerekçeler doğrultusunda bu çalışmada, özgünlük (açıklayıcı) ve yarar (uygulama) gibi boyutlara atıf yapılarak, fraktal kavramının örgüt biliminde uygulanabilirliğinin teorik dayanaklarını göstermek ve örgütlerin yaşamlarını sürekli kılmak için doğrusal olmayan sistemlere uyum sağlamada kullanılabilecek Fraktal Örgüt Teorisi'ni tanıtmak amaçlanmıştır. Araştırmanın odak kavramları olan fraktal, Fraktal Örgüt Teorisi Google Scholar elektronik veri tabanında aranmıştır. Literatürün genişliği bir sınır oluşturmuştur. Bundan dolayı teorik örnekleme yoluna gidilmiş. Elde olunan bulgular, teorik arka plan, doğrusal olmayan dinamik bir sistem olarak fraktal kavramı ve doğrusal olmayan sistemler karşısında Fraktal Örgüt Teorisi gibi başlıkları altında sistematize edilerek değerlendirilmiştir. Öte yandan gelecekte, teorinin uygulamaları olabilecek fraktal girişim, fraktal şirket, fraktal fabrika, fraktal üretim gibi kavramlara atıfta bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fraktal, fraktal örgüt teorisi, kaos teorisi, doğrusal olmayan sistemler, örgüt

Fractal Organization Theory in the Face of Nonlinear Dynamic Systems: A Literature Review on the Concept of Fractal

Extended Summary

One of the main characteristics of the environment in which a modern organization operates is its high dynamism due to globalisation and rapid technological progress. However, organizations that want to survive in nonlinear (chaotic) systems with global competition for customers, capital, skilled workers, and other resources must be able to adapt quickly to environmental changes, including capitalizing on the opportunities presented by these changes (Bider et al., 2012). Originating from research in non-linear dynamical (chaotic) systems, fractals have proven to be powerful approaches for understanding and modelling the evolution and properties of landscapes and bedforms (Baas, 2002). In other words, the fractal concept has had a significant contribution and role in the study of objects and processes with partial and/or self-similarity (Ruzhitskaya et al., 2021). On the other hand, the comparison of biology with other sciences in organizational research is a new field when it comes to environmental and organizational adaptation. Despite the differences, it can be said that there are striking similarities in how the structure and structuring of organizations resemble biological organisms. This judgement holistically describes the complexity of organizations in fulfilling their responsibilities towards internal and external environments. For instance, the consequences of industrial revolutions are that complexity in organizations increases exponentially as networks of responsibility increase (Jaegler, 2018).

Within the framework of these foundations, it can be said that a type of organization defined based on fractals has emerged (Wyrzykowska et al., 2024). Because it is based on the idea of linear relationships and cannot offer solutions by simplifying real life, traditional theories are ineffective in today's world (Berberoğlu & Şatir, 2012). In this direction, it should be noted that in the traditional organizational understanding, the management hierarchy cannot benefit sufficiently from the knowledge accumulation of the employees due to the hierarchy. A fractal organizational structure that allows the rapid application of employees' knowledge in the face of changes or opportunities in the environment can increase the ability of the organization to adapt to its environment (Shoham & Hasgall, 2005). In other words, there is a need to introduce Fractal Organization Theory to understand and respond to the non-linear dynamic (chaotic) structure and behaviour of internal and external environments (West & Goldberger, 1987).

In this study, with reference to dimensions such as originality (explanatory) and utility (application) (Corley & Gioia, 2011), the following two main objectives were identified.

a) To show the theoretical underpinnings of the evolution of the fractal concept into organizational science.

b) To introduce the Fractal Organization Theory that can be used to adapt to non-linear (chaotic) systems in order to sustain the life of organizations.

The documents containing the concepts of Fractal, Fractal Organization Theory were searched in Google Scholar electronic database. It was seen that the main documents to be used within the scope of the study were in English. The breadth of the literature has created a limit. Therefore, theoretical sampling was used and literature searches were conducted to reach the theoretical maturity limit. As a result of the translation of the sources containing duplicate information, sources were translated into Turkish and evaluated within the scope of the study. Since fractal is an interdisciplinary concept in terms of its origin and fields of use, no date limitation and

interdisciplinary distinction was made among the collected sources. In this direction, the theoretical framework was structured and Fractal Organization Theory was introduced together with its content in line with the evaluation of the fractal concept.

As a result, this study demonstrates the theoretical foundations of the usability of the fractal concept in organisational science and introduces the Fractal Organisation Theory that can be used to adapt to non-linear (chaotic) systems for the survival of organisations. On the other hand, the conclusion of this study on the introduction of Fractal Organisation Theory through fractal evaluation in the face of non-linear dynamic (chaotic) systems is based on the methodology adopted and the evaluations obtained from the literature. Because the concept of fractal and the application of Fractal Organisation Theory to fractal business thinking have brought/will bring up some concepts such as fractal company, fractal factory, fractal production system. A holistic evaluation of the listed concepts based on the fractal concept has been made and discussed as a future orientation in the conclusion section

Fractal enterprise thinking is the most attractive in terms of modelling management tasks. Because it describes self-organizing and self-optimising unit characteristics (Karaulova et al., 2014). The fractal company concept represents an attempt to create a new organizational concept by combining existing organizational and management approaches. In this sense, a fractal is a partial system of an organization that offers entrepreneurial opportunities to all employees (Strauss & Hummel, 1995). As the factory of the future, the fractal factory should be considered as an integrative approach (Kirikova, 2009; Warnecke & Warnecke, 1993). The fractal production system is a concept derived from the fractal factory (Ryu & Jung, 2003). The fractal factory is the application of fractal geometry to organizations (Saad & Lassila, 2004; Shin et al., 2009). It represents a hierarchical structure constructed from a fractal, and the design of a basic unit includes a set of related features that can fully represent any level in the hierarchy. In other words, here the fractal concept can represent an entire production workshop at the highest level or a physical machine at the lowest level (Ryu & Jung, 2003).

Keywords: Fractal, fractal organization theory, chaos theory, nonlinear systems, organization

Giriş

Fraktal kavramının kısmi ve/veya kendi kendine benzerliğe sahip nesneler ve süreçlerin incelenmesinde önemli katkıları ve rolü olmuştur (Ruzhitskaya vd., 2021). Söz konusu kavram çevre ve örgüt uyumu olduğunda örgütsel araştırmalarda biyolojinin, diğer bilimlerle karşılaştırılması yeni bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklılıklara rağmen, örgütlerin yapısı ve yapılandırılmalarının biyolojik organizmalara nasıl benzediği konusunda çarpıcı benzerlikler bulunduğu söylenebilir. Bu yargının, bütünsel bir şekilde örgütlerin iç ve dış çevrelere karşı sorumluluklarını yerine getirmelerindeki karmaşıklığı betimlemektedir (Jaegler, 2018). Bu temeller çerçevesinde, fraktala dayalı olarak tanımlanan bir örgüt türünün karşımıza çıktığı söylenebilir (Wyrzykowska vd., 2024). Öte yandan geleneksel örgüt anlayışında, hiyerarşiden dolayı yönetimin, çalışanların bilgi birikiminden yeterince yararlanamadığının da belirtilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda örgütsel çevrelerde meydana gelen değişim veya olanaklar karşısında çalışanların bilgi birikiminin hızlı bir şekilde uygulanmasına izin veren fraktal bir örgütsel yapı, örgütün çevresine uyum sağlama yeteneğini artırabilir (Shoham ve Hasgall, 2005). Diğer bir deyişle, iç ve dış çevrelerin doğrusal olmayan dinamik yapısı ve davranışlarını anlamak ve yanıt vermek için Fraktal Örgüt Teorisi'ne tanıtıma gereksinim vardır (West ve Goldberger, 1987).

Teorik Arka Plan

Karmaşık bir durumun ortaya çıkması literatürde kaos olarak adlandırılmaktadır. Kaos Teorisi karmaşık, doğrusal olmayan dinamik sistemler olarak ifade edilmektedir. Bu teori, evrenin doğrusal olmayan yönlerinin açıklanmasına yardım ettiği için teoride, fraktal kavramı ön plana çıkmaktadır (Yüksel ve Esmer, 2019). Kaos Teorisi'nin, endüstrilerin dinamik evrimini ve endüstri aktörleri arasındaki karmaşık etkileşimleri anlamak için yararlı bir teorik çerçeve sağladığı savunulmaktadır. Öte yandan, endüstrilerin hem öngörülemezlik hem de bir düzen sergileyen karmaşık birer dinamik sistemler olarak kavramsallaştırılabileceği ve modellenilebileceği de ileri sürülmektedir. Kaos Teorisi'nin strateji açısından önemi tartışılmakta ve bir dizi yönetimsel çıkarımlar önerilmektedir (Levy, 1994). Kaos Teorisi'nin, özellikle aynı ortamlarda bulunan neredeyse aynı varlıkların tamamen deterministik olsa bile, kökten farklı davranışlar sergilemesinin mümkün olmayacağını altı çizilmiştir. Diğer bir deyişle, Kaos Teorisi'nin teorik ve matematiksel ilkelerine dayanarak, sosyal bilimlerin sistem davranışlarının tahmini ve kontrol edilmesi gibi geleneksel hedeflerine bazen ulaşamadığının ileri sürüldüğünün belirtilmesi gerekmektedir. Yine de Kaos Teorisi bireyler, gruplar ve örgütler de dâhil olmak üzere her türlü varlığa uygulanabilecek kadar geneldir (Gregersen ve Sailer, 1993). Bundan dolayı bu çalışma fraktal kavramına gönderme yapmıştır. Fraktal kavramı uzun zaman önce ortaya atılmış olsa da Benoit Mandelbrot, doğrusal olmayan sistemlerin morfolojisi alanında birçok uygulama bildirerek tanımını popülerleştirmiştir (Bueno vd., 2021). Diğer bir deyişle, doğrusal olmayan bir sistem olarak fraktal kavramının günümüzde kullanımı, Mandelbrot'un araştırmaları ve görüşlerine dayanmaktadır (Voss vd., 2017). Öte yandan Mandelbrot'un fraktal geometrisinin 1970'lerde, fraktal bir anlatı olarak

filmlerde, romanlarda ve hikâye anlatımının görsel grafiklerinde kullanılması popülerliğini artırmıştır (Boje, 2015). Mandelbrot, doğanın geometrisini ve etrafta görülen desenlerin zamanla ve evrimsel değişimlerle bütünlüğünü nasıl koruduğunu anlamak istediği için (Rangriz ve Tarei, 2016) doğal süreçlerin geniş bir ölçek aralığında, ölçek değişmezliği gösterdiği kabul edilmektedir. Ölçek değişmez süreçler de genellikle fraktal bir davranış sergilemektedir (Seitz, 2022; Turcotte, 1986). Bundan dolayı fraktal doğrusal olmayan sistemler olarak pürüzsüz ve homojen değildir. Doğanın her yerinde rastlantısallık olarak bulunmaktadır (West ve Goldberger, 1987).

Doğrusal olmayan dinamik sistemlerdeki araştırmalar, ekonomi ve dil biliminden fizik ve jeomorfolojiye kadar hemen hemen tüm fizik ve beşerî bilimlerde tanınmasıyla zenginleşmiş ve çeşitlenmiştir (Baas, 2002). Fraktal, gözlem ölçeğinden bağımsız olarak geometrik yapıları değişmeyen karmaşık nesneler olduğu için tıp, fizik, matematik, jeoloji, biyoloji, jeomorfoloji, finans, borsa piyasaları, işletme, muhasebe, ekonomi, kalite, ekoloji, sosyal ve kültürel alanlarla ilgili sosyal bilimlerde dönüşümlere ve uluslararası ilişkiler ve yerel ve küresel düzeyde ticari ilişkilere ilham kaynağı olmuştur (Baas, 2002; Boje, 2015; Bueno vd., 2021; Martinez vd., 2022). Diğer bir deyişle, fraktal kavramı birçok bilimin dikkat çekmiş ve farklı disiplinlerde kullanılmıştır. Söz gelimi, fraktal, üretim (Karaulova vd., 2014), örgütsel öğrenme (Mir vd., 2016), örgütsel davranış (Voss vd., 2017), yetkinlik yönetimi, motivasyon yönetimi, karar alma, insan kaynakları kapasitelerinin ve becerilerinin geliştirilmesi (Peralta ve Soltero, 2020) ve örgütsel alan da dâhil olmak üzere yaygın olarak kullanılmaktadır (Damm, 2024).

Yöntem

Bu araştırmada, özgünlük (açıklayıcı) ve yarar (uygulama) (Corley ve Giogia, 2011) gibi boyutlara atıf yapılarak aşağıda sıralanan iki ana amaç belirlenmiştir.

- a) Fraktal kavramının örgüt bilimine evrilme sürecinin teorik dayanaklarını göstermek.
- b) Örgütlerin yaşamlarını sürekli kılmak için doğrusal olmayan sistemlere uyum sağlamada kullanılabilecek Fraktal Örgüt Teorisi'ni tanıtmak.

Yukarı kısımda belirtilen amaçlara ulaşmak bu araştırmada nitel yöntemle başvurulmuş ve Doküman Analizinden yararlanılmıştır. Doküman analizi aşamaları aşağıda belirtildiği şekilde izlenmiştir (Güzeler ve Arkan, 2022; Kara vd., 2023).

- a) Dokümanlara ulaşma: Literatürde fraktal kavramı ve Fraktal Örgüt Teorisi'nin yer aldığı dokümanlar, Google Scholar elektronik veri tabanında taranmıştır. Literatürün genişliği bir sınır oluşturduğu için teorik örneklem (47 çalışma) yoluna gidilmiştir.

- b) Özgünlüğü denetleme: Fraktal kavramı köken ve kullanıldığı alanlar bakımından disiplinlerarası bir kavram olması nedeniyle ulaşılan kaynaklar arasında, tarih sınırlaması ve disiplinlerarası ayırım yapılmamıştır. Dokümanların, fraktal kavramı ve Fraktal Örgüt Teorisi ile ilişkisi denetlenmiş ve uygun olanlar Türkçe 'ye çevrilmiştir.

- c) Dokümanları anlama: Teori temelinde fraktal kavramı ve Fraktal Örgüt Teorisi içeren dokümanlardan elde olunan bulgular değerlendirilmeye alınmış ve kaynaklar kısmında belirtilmiştir.

d) Bulguların değerlendirilmesi: Bulgular, teorik betimlemelerde kullanılmıştır. Fraktal kavramı ve Fraktal Örgüt Teorisi üzerine elde olunan bulgular, teori temelinde ayrımlaştırılmıştır.

e) Bulguları kullanma: Bulgular, Teorik Arka Plan, Doğrusal Olmayan Dinamik Bir Sistem Olarak Fraktal Kavramı ve Doğrusal Olmayan Sistemler Karşısında Fraktal Örgüt Teorisi gibi ana başlıklarında sistematize edilerek kullanılmıştır.

Bulguların Değerlendirilmesi

Araştırmada belirlenen amaçlar doğrultusunda elde olunan bulguların değerlendirilmesi ile doğrusal olmayan dinamik bir sistem olarak fraktal kavramı ve doğrusal olmayan sistemler karşısında Fraktal Örgüt Teorisi'nin tanıtılması aşağı kısımda yer aldığı üzere betimlenmiştir.

Doğrusal Olmayan Dinamik Bir Sistem Olarak Fraktal Kavramı

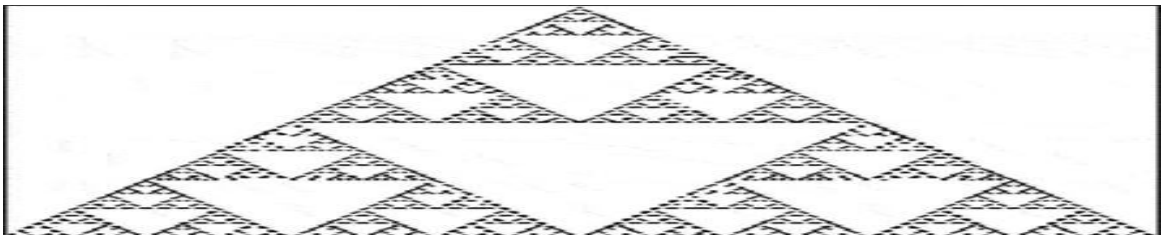
Bu araştırmada bir fraktal departman, hedefleri ve performansı kesin olarak tanımlanabilen bağımsız hareket eden bir örgütsel varlık olarak ele alındığı için (Bider vd., 2017). Fraktal kavramı kaos bir sistemde, birbirine ve bütüne benzeyen en küçük alt departmanlardır. Bu yapılar tüm sistemi temsil eden ve tüm sisteme benzeyen geometrik yapılardır (Çobanoğlu, 2024). Mandelbrot fraktal kavramını, doğada pürüzlülük ve öz-benzerliği göstermek için matematiksel ve geometrik bir kavram olarak ele almış (Forouharfar, 2020) ve fraktal geometriyi de tekdüze olmayan doğal olayların birleştirici bir tanımı olarak değerlendirmiştir. Mandelbrot fraktal kavramını, bir şekilde bütüne benzeyen parçalardan oluşan bir şekil olarak tanımlamış ve doğada bulunan ve görünüşte karmaşık geometrik nesnelerin nasıl değişmezlik unsuruna sahip olarak açıklamıştır (Aon vd., 2004). Bu açıklamalar ile fraktalın benzer özelliklere sahip yapılar anlamına geldiği anlatılmak istenmiştir. Bu anlamda Mandelbrot, Fraktal Geometri Teorisi'ni doğal şekillerin karmaşık yapısının geometrisini net bir şekilde temsil etmek için geliştirmiştir (Ahmed ve Yasin, 2010).

Fraktal Örnekler

Sierpinski Üçgeni fraktalın bilindik bir örneğidir. Bu fraktal, tekrarlamaya dayalı olarak, makro-eşkenar üçgenin genel şeklini oluşturan sonsuz bölünmüş mikro-eşkenar üçgenlere sahip sabit kümesidir (Damm, 2024; Forouharfar, 2020). Bu doğrultuda Mandelbrot kümeleri, öz-benzerlik gösterir, çünkü yalnızca daha büyük ölçeklerde ayrıntı üretmekle kalmaz, aynı zamanda özdeş olmasalar da belirli sabit ölçümler ile ayrıntılar üretirler (Tharumarajah, 1996).

Şekil 1

Sierpinski Üçgeni



Kaynak: Forouharfar, 2020.

Diğer bir örnek ise Fibonacci Serisi'dir. Bu seri, 0, 1, 1, 2, 3, 5, ... gibi sayıları takip etme eğilimini anlatmaktadır (Boje ve Henderson, 2015; Dyck, 2006). Diğer örnek de Menger Süngeri'dir. Bu örnek, fraktalın farklı düzeylerde de aynı olduğuna gönderme yapmaktadır. Fraktal ayrıca kendini tekrarlayan ayrıntılı bir desen düşüncesini de içermektedir. Bir fraktal, dal benzeri bir yapıdır. Söz gelimi, ağaçların büyük olanlardan çok daha fazla küçük dalı vardır. Bu özelliğe bazen güç yasası veya ters güç yasası veya $1/f$ örgütlenmesi de denir. Bu kavramların her biri, büyük olanlara kıyasla üssel olarak daha fazla küçük dal olduğu anlamına gelir. Ağaçlar öz-benzerdir, küçük dallanma desenleri daha büyük olanlara benzer. Bu özellik bazen ölçek değişmezliği veya ölçeksiz olarak da adlandırılır. Çünkü bakılan boyut ne olursa olsun, genel dallanma şekli aynıdır. Ağaç dallanma desenlerinin karmaşıklığı ölçülebilir. Kesirli boyutlarda var oldukları için fraktal olarak adlandırılır. Bu durumda, tekrarlama her ölçekte tam olarak aynıysa, buna öz-benzer desen olarak adlandırılır (Rangriz ve Tarei, 2016). Öte yandan farklı teorik görüşler de bulunmaktadır. Söz gelimi fraktal, gerçek dünyada enerji veya bilgi akışını verimli hale getirdikleri ve enerjinin hem yapıyı oluşturma hem de bozma eğiliminin doğal sonucu oldukları için bulunmaktadır (Boje ve Henderson, 2015; Dyck, 2006).

Fraktal Geometri

Fraktal, küçük ölçeklerde yapısal ayrıntıları tanımlamakla birlikte, matematiksel olarak mutlaka karmaşık olacağı anlamına da gelmemektedir. Doğayı tanımlamanın pragmatik bir yolunu sunmaktadır (Damm, 2024). Fraktal geometri, genellikle bir şeklin karmaşıklığını analiz etmek için kullanılan bir matematik alanıdır. Bu teori, özellikle doku segmentasyonu ve görüntü sıkıştırma için işlemede kullanılmaktadır. Fraktal, ölçek değişikliği altında kendi kendine benzer olan geometrik nesneler olarak da tanımlandığı için şekilleri herhangi bir büyütme veya küçültme altında aynı kalmaktadır (Baas, 2002). Bu bir kendi kendine benzerliktir. Fraktal yapı, enerji akışının doğal sonucudur. Bu doğrultuda Mandelbrot'un olgusu hem matematiksel hem de geometrik özellikler taşımaktadır (Voss vd., 2017). Diğer bir deyişle, fraktal kavramı Mandelbrot tarafından klasik öklid geometrik tanımlarına uymayan düzensiz şekilli nesneleri tanımlamak için ortaya atılmıştır. Ancak daha öncesinde Mandelbrot fraktalı, belirli bir teknik koşulu yerine getiren, Hausdorff boyutu daha büyük olan geometrik bir nesne olarak tanımladığını da hatırlatmak gerekmektedir (Shin vd., 2009). Fraktalın nicelleştirilmesi boyutu ve fraktal boyutun olası biyolojik sonuçların geometrisi de araştırılmıştır. Nicel bir araç olarak fraktal geometri, büyüme sırasında hücre morfolojinin karakterizasyonu ve nöron ve glia farklılaşması, bakteriler ve mantar hücreleri vb. konulara katkıda bulunmuştur (Aon vd., 2004). Öte yandan potansiyel olarak örgütsel olguları inceleyen tüm disiplinlere uygulanabilen evrensel bir prosedür de geliştirilmiştir. Bu prosedür, temel parçacıklardan biyolojik hücrelere, organizmalara ve evrenin tamamına kadar hiyerarşinin tüm düzeylerinde enerji/maddenin kendi kendini örgütlenme dinamiklerinin ölçek değişmezliği olan yeni bir küresel simetri biçiminden yararlanmaktadır. Bu durum evreni oluşturan enerji/maddenin denge durumundan uzak olduğunu, bir akış olarak var olduğunu ve denge dışı termodinamiğin deneysel yasalarına uygun olarak kendi kendini örgütlenme yoluyla geliştiğini

varsayan alternatif bir fiziksel gerçeklik kavramsallaştırmasına dayanmaktadır. Evren'den akan ve onu oluşturan enerji/maddenin çok ölçekli, kendi kendine benzer bir yapı süreci, kendi kendini örgütleyen bir fraktal olarak evrimleştiği varsayılır. Bu, süreçlerin ölçek değişmez olduğu ve hiyerarşinin tüm düzeylerinde yeniden üretildiği anlamına gelir. Bir simetri biçimi olan ölçek değişmezliği, doğal olarak, hiyerarşinin farklı düzeylerindeki ölçek değişmez örüntüleri karşılaştırarak eksik bilgilerin çıkarılmasına olanak tanıyan yeni bir keşif prosedürü olarak bilinmektedir (Kurakin, 2011).

Fraktalda Sistem Tabanlılık

Fraktal kavramı, karmaşık sistemlerin temel bir özelliğidir (Voss vd., 2017). Bir sistem teorisi olarak kabul edilmektedir (Ahmed ve Yasin, 2010). Yukarı kısımda belirtildiği gibi, fraktal tabanlı sistemlerin temel özellikleri, öz-benzerlik, öz-örgütlenme, hedef yönelimi, dinamikler ve canlılıktır (Asnina vd., 2008). Fraktal dinamikler, örgütleri incelemenin sistem tabanlı bir yaklaşımıdır. Bu görüş de, bir örgütü yaygın bir örgütsel fraktalın parçası olarak görmek olanaklıdır. Bu doğrultuda, yöneticilere doğrusal ve ardışık düşünüldüğünde güçlü ve yenilikçi (strateji formülasyonu, maliyet düşürme, süreç yeniden tasarımı, ürün formülasyonu, değişim yönetimi, liderlik geliştirme vb.) bakış açısı sunabilecektir (Malik, 2004). Fraktal örgütlerde, sistem esnekliği, tüm üretim kaynaklarının, departmanlara tahsis edilmesiyle elde edilebilir (Forouharfar, 2020). Böyle sistem, çevresel değişikliklere hızlı bir şekilde tepki vermek, uyum sağlamak ve esneklik elde etmeyi amaçlayan kavramsal bir örgüt modeli olarak değerlendirmek gerekir. Diğer bir deyişle, fraktal sistem davranışı geleneksel sistemlere göre daha açık, otonom, esnek ve işbirlikçi olarak değerlendirilebilir (Ahmed ve Yasin, 2010).

Fraktalın Analiz Düzeyi

Fraktal, örgüt bilimcileri tarafından etkili bir şekilde kullanılabilir, Kaos Teorisi modelleri kategorisi de sunmaktadır. Çok sayıda yinelemeden sonra, analiz düzeyi ne olursa olsun, bir örgüt yetkinliğinin benzer kalıpları ortaya çıkmaktadır. Bunun iyi bir örneği, doğadaki fraktal fenomenlerdir. Bu değerlendirmeler, fraktalın örgütsel bağlamda da görülebileceği anlamına da gelmektedir. Örgütsel düzeyler arasında da benzer örnekler söz konusudur. Fraktal perspektif, temel mekanizmaların sürekli yinleme yoluyla ortaya çıkan bir yapı yaratabilir. Diğer bir deyişle, örgütlerde fraktal bir bakış açısı uygulamak için örgütteki sürekli yinelenmelerinin doğası gereği, örgütlerin faaliyetlerinde kalıplar oluşturmaya yarayan temel mekanizmalar sunabilir (Black vd., 2007). Burada bir fraktal bağlantı söz konusudur. Ancak, doğrusal olmayan ekonomik faaliyetin her bağıntısı (diğer örgütler) diğer bağıntılar ile (diğer örgütler, finansal örgütler, müşteriler vb.) birden fazla alternatif bağıntıya sahip olmalıdır. Bağlantılar, bilgi, para, enerji, malzeme ve ürün alışverişini sağlamalı ve tüm ölçek düzeylerinde gerçekleşmelidir. Ayrıca hem çalışanlar hem de örgütler arasında alışverişi sağlamalı ve hem ekonomik (bankacılık hizmetleri) hem de fiziksel bağlantı araçlarını (kara, hava ve hava deniz ulaştırması) içermelidir (Dyck, 2006).

Fraktalın ana özelliği, öz-yinelemeyi ve desenin içindeki desenine gönderme yapan öz-benzerliktir (Tharumarajah, 1996). Fraktal, büyütüldüğünde veya aynı boyuta küçültüldüğünde, uygun şekilde seçilmiş herhangi bir parçasının belirli bir büyüklükte veya daha küçük parçaya benzer şekilde olduğu çeşitli ve son derece düzensiz eğriler veya şekillerden herhangi birisidir (Forouharfar, 2020). Bundan dolayı genellikle fraktal, niceliğin fraktal boyutunu veya öz-benzerlik kavramını tanıtan geometrik bir kavram olarak kabul edilmektedir (Karaulova vd., 2014). Değişmezlik, ölçeklendirme kavramı ile birleştiğinde, bir fraktalın özellikleri de tanımlanmış olunacaktır (Aon vd., 2004). Dolayısıyla bir fraktalın tanımlanabilmesi için küçük ölçeklerde ayrıntılara sahip olmalıdır, kendine hem yerel hem de küresel olarak geleneksel geometrik dilde tanımlanamayacak kadar düzensiz olmalıdır, kendine benzer olmalıdır, genellikle bir Hausdorff boyutuna; diğer bir deyişle, topolojik boyutundan daha büyük bir fraktal boyuta sahip olmalıdır ve basit bir şekilde öz-yinelemeli olarak tanımlanabilmeli gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir (Shin vd., 2009).

Doğrusal Olmayan Sistemler Karşısında Fraktal Örgüt Teorisi

Fraktallar dinamik bir dış ortamda kendi kendini örgütleyebilen, kendini yenileyebilme ve kendini optimize edebilme özellikleri ile karakterize edildikleri için fraktal örgüt düşüncesi de doğal sistemlerin bir özelliği olan kendine benzerlik temeline dayanmaktadır. Karmaşık sistemlerde yapılan işler, kendi kendine benzerlik, örgüt yapısı, yönetim sistemi, hiyerarşi gibi unsurlarının benzerliği ile ilişkilidir (Skydan vd., 2021). Diğer bir deyişle örgütlerde fraktal kavramı, öz-benzer yapılanmanın doğal dinamiğine dayanan evrensel bir öz-örgütlenmeye dayanmaktadır. Örgütlerdeki fraktal süreçler, doğal çevre ile temelde aynıdır. Fraktal, örgütsel gelişim sorunlarındaki ortadan kaldıracağı için örgütsel değişimi yönetmedeki zorluğun nerede yattığını açıkça gösterir. (Boje ve Henderson, 2015; Voss vd., 2017). Bu değerlendirmelerin temellerinin daha iyi anlaşılması teorileştirme zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Bu doğrultuda, Fraktal Örgüt Teorisi de yaratıcılık, adaptasyon, canlılık ve yenilik kapasitesi bakımından doğayı taklit ederek ortaya çıkan bir insan işletim sistemi olarak betimlenmiştir (Forouharfar, 2020). Bu doğrultuda aşağıda, teorinin temel düşüncesi kısımlara ayrılarak betimlenmiştir.

Teorinin Temel Yaklaşımı

Fraktal yaklaşımda, teknolojiler, projeler üzerinden ölçeklendirilmekte, birlik ve bütünlük vb. herkese uygulanan değerlere dayalı bir etki vurgulanmıştır (O'Brien vd., 2023). Örgütlerde fraktal, herhangi bir proje bağlamını tasarlamak, uygulamak, dağıtmak ve yeniden yapılandırmak için kullanılan bir modeldir. Hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Uyum ve yeniden yapılandırmayı desteklemek için refleksiviteye bir vurgu bulunmaktadır. Proje uygulaması sırasında yeni düşünceler veya gereksinimler ortaya çıktığında, değişen ortama uyum sağlamak için yeni görevler veya hatta projeler oluşturabilir. Herhangi bir proje, bir işlem veya prosedür içeren en az bir görevden oluşur. Bir proje tek bir işlem içerdiğinde, bu işlemin kapsamını ve ölçeğini büyütme ve içine çeşitli görevler oluşturmak olanaklıdır (Canavesio ve Martinez, 2007; Karaulova vd., 2014). Öte yandan, herhangi bir örgütteki biçimsel gücün hiyerarşik dağılımını örgüt şeması üzerinden görüldüğü düşünüldüğünde, fraktalın iki boyutlu bir

görselleştirmesi için Sierpinski Üçgeni metaforunun kullanılabilir. Bu metaforunda, örgüt içindeki küçük üçgenler, örgütsel gücün alt sistemini oluşturmaktadır. Her departman parçalı bir bütünlüktedir. Dolayısıyla örgütsel fraktal, en küçük departmana bile bir gönderme yapılmasını anlatmaktadır (Forouharfar, 2020).

Teoride Örgüt Anlayışı

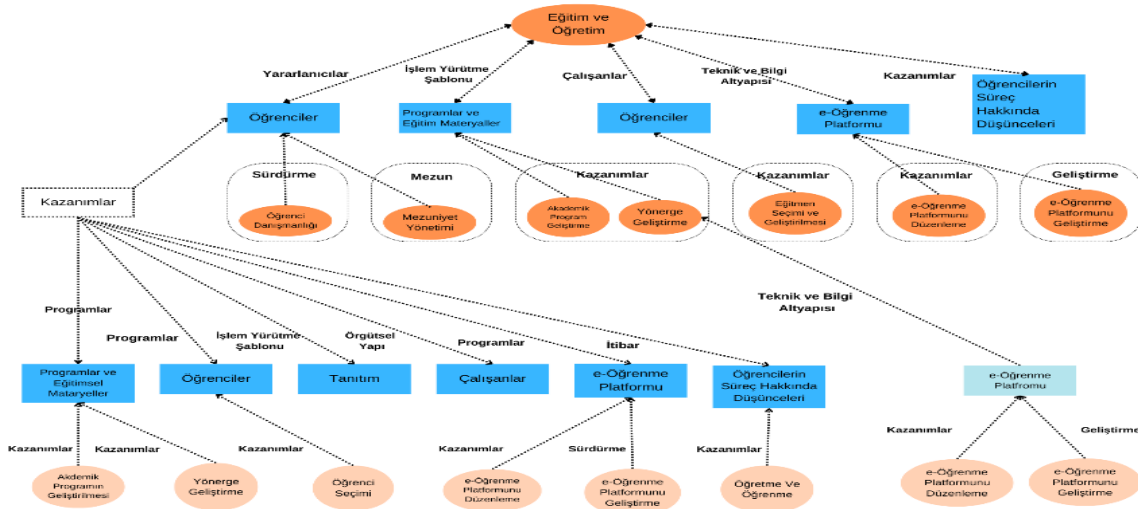
Kaos Teorisi'nde önemli bir yer edinen kendi kendini örgütleme, teorinin ana unsurlarından birisi olmuştur (Yüksel ve Esmer, 2019). Fraktal kavramını örgütlere uygulamak için örgütlerin analizi ve geliştirilmesinde etkili araçlar sunulmaya çalışılmış ve fraktal örgüt adı gündeme geldiği söylenebilir (Forouharfar, 2020). Fraktal örgüt, hedefleri ve performansı belli bir örgütün kendi kendini işletebilen bir departmanı olarak tanımlamıştır. Diğer bir deyişle, fraktal örgüt, benzer davranış kalıplarının farklı düzeylerde tekrarlandığı ve karmaşık, ancak, tutarlı bir yapının varlığına gönderme yapan bir kavram olmuştur (Saad ve Lassila, 2004). Bu değerlendirme fraktal örgütün, kendi kendini örgütleme, kendini iyileştirme, bilgi oluşturma ve yayma gibi özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (Jaegler, 2018). Öte yandan fraktal örgütte her departman aynı ilkelere ve prosedürlere göre çalışmakta, paylaşılan değerlere ve hedeflere sahip özerk, birbirine bağlı departmanlardan oluşan bir ağ ile karakterize edilmektedir. Her bir departman, daha büyük bir bütünün kendi kendine yeten, iyi örgütlenmiş bir parçası olarak çalışmakta, çeşitli görevlerin yönetimini ve değişikliklere daha hızlı uyum sağlamayı kolaylaştırmaktadır. Fraktal örgüt sayesinde, daha iyi kaynak kullanımı ve mevsimsellik vb. zorluklar içeren değişikliklerine yanıt verilebilmektedir. Öte yandan bu zorluklara karşısında, matematiksel ve geometrik ilkelere dayanılarak, esnek ve uyarlanabilir bir yönetim yapısı da sunmaktadır (Voss vd., 2017).

Bir fraktal örgüt oluşturmak için aşağıda sıralanan koşulların karşılanması gerekmektedir (Shin vd., 2009).

- a) İlişkisel desen belirtimi. İlişki örgütün her hiyerarşik basamağıyla uyumlu olmalıdır.
- b) Bileşen varlıkların genel modeli. Başlıca paydaşlar ve rolleri tanımlanmalıdır. Roller hedef alanlarına göre çeşitli şekillerde belirtilse bile, homojen bir ilişkisel desen oluşturmak için genel davranış özelliklerine sahip olmaları gerekmektedir.
- c) Hiyerarşik bir yapı. Bileşenlerin gevşek bir şekilde birleştirilmiş ve dinamik olarak değiştirilebilir katmanlı bir yapısının oluşturulması gerekir. Özellikle, kendi kendine benzer yinelemeli örgütsel yapıda somutlaştırılmalıdır.
- d) Düzenleme mekanizması. Tüm örgüt içindeki diğer bileşenler üzerindeki yerleşik ilişkilerin etkisini göz önünde bulundurarak, ilişki oluşturma prosedürünü ve ilişki yayma prosedürünü yönlendiren bir düzenleme mekanizması oluşturulmalıdır.

Şekil 2

Fraktal Örgüt Modeli Örneği



Şekil 2’de, bir öğretme ve öğrenme fraktal örgüt modeli örneği verilmiştir. Öğretim ve öğrenme için gereken varlıkları yönetmeyi amaçlayan destekleyici süreçlerden bazılarını gösterilmiştir. Burada tüm süreçler listelenmemiştir.

Kaynak: Bider vd., 2017.

Teoride Yönetim

Örgütün olduğu yerde yönetim bulunacağından, fraktal yönetiminde, örgütsel karmaşıklığı basitleştirme ve örgütü dair yeni bir bütünsel bakış açısının getirmek bulunmalıdır (Wyrzykowska vd., 2024). Bu doğrultuda yöneticilerin de hiyerarşik yapı içerisinde yukarıdan aşağıya yerine, doğrudan faaliyetler yolu ile örgüt bütünü içerisinde yeni yapılar oluşturmak, örgütün kendi kendini örgütlemesini sağlamak, kaosun nedenlerini öğrenmek, değişim sürecinde oluşabilecek sorunları fark ederek müdahale etmek, sürekli değişim ile yaşamayı öğrenmek, sistemi kontrol etmek ve tasarlamaya çalışmak yerine, evrilmenin ilerleyişini etkilemeye çalışmak, kaos ortamdaki yeni ve aktarılabilir metaforların uygulanmalarına kolaylaştırmak ve açık olmak gibi yapması gerekenler bulunduğunu belirtmek gerekmektedir (Berberoğlu ve Şatir, 2012).

Teorinin İlkeleri

Fraktal, iş görevlerinin bağımsız olarak çözüldüğü kalite, kaynak kullanımı, iş hızı ve güvenilirlik yönlerini içeren departmanlardır. Bu yaklaşımın temel unsurlarından biri, iş görevlerini en uygun fraktallar ile birlikte yürütme olanağıdır. Bir fraktal, hizmet merkezleri olarak diğer fraktallarla ilişki içindedir. Böylece her fraktal aynı anda örgüt içinde bir müşteri ve bir tedarikçidir. Bu doğrultuda fraktalın, örgütün genel hedeflerinden kendi özel hedeflerini türetebildiğini, kendi hedeflerini diğer fraktalların hedefleriyle uyumlu hale getirebildiğini, hedeflere bağlı olarak fraktalları ve süreçleri kontrol edebilecektir. Bu sıralananlar için aşağıda bulunan bazı ilkelerin varlığına gönderme yapmak gerekmektedir. (Strauss ve Hummel, 1995).

a) Ekip ilkesi. Fraktal yapılandırılırken iş akışlarını, çevreyle ilişkilerini bağımsız olarak planlayabilir ve kontrol edebilir. Ekip ilkesi, çalışma grubu anlamında değil, değişen süreç ekipleri olarak kullanılmalıdır.

b) Yardımcı olma ilkesi. Fraktal her zaman aşağıdan yukarıya doğru yapılandırılır. Bu ilkenin uygulanması iki önemli yöne gönderme yapmaktadır. Bunlardan ilki, fraktallar arasındaki ekip çalışması, tüm iş görevlerinin yerine getirilmesi için garanti altına alınması; bir diğer de karar verme yetkisinin devredilmesinin zorunlu hale gelmesidir.

c) Öz-düzenleme ilkesi. Burada üç önemli faktör bulunabilir. Birincisi merkeziyetsizliktir. Kararlar, kontrol veya hatta bütçeleme alanındaki görevlerin devredilmesi, karar yetkilerinin devredilmesini gerektirir. İkincisi, süreç odaklılıktır. Yatay bütünleşmiş yapıların, süreçleri ve eksiklikleri algılamak gerekmektedir. Üçüncüsü ise çalışanlara yönelik yönelimdir. Ekiplerde, kişisel özgürlüklerin başarıya yönelik kullanılması gerekir.

Sonuç

Bir departman, örgütün bütününi temsil edebileceği düşünüldüğünde, bir departmanda ortaya çıkabilecek sorunlar örgütün bütününi etkileyebilecektir. Fraktal düşünce, örgüt temelinde ele alındığında bir departmanda meydana gelebilecek ve/veya gelen sorunlar ve kökenlerinin belirlenmesi ve çözümlerinde kullanılabilecektir. Yine aynı düşünce yöneticilerin, departmanlar arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde ve olası değişimlerde ayrıntılı düşünmesine yardımcı olacaktır. Bu doğrultuda doğrusal olmayan dinamik sistemler karşısında, Fraktal Örgüt Teorisi tanıtılmıştır.

Bu araştırma literatürden ulaşılabildiği kadarıyla elde olunan bulgu ve değerlendirmelere dayandığı için Fraktal Örgüt Teorisi, gelecek yönelimli olarak bazı kavramları da gündeme getireceğinin altının da çizilmesi gerektiği düşünülmüştür. Diğer bir deyişle Fraktal Örgüt Teorisi, uygulamaya yönelik olarak fraktal işletme düşüncesi, fraktal şirket, fraktal fabrika, fraktal üretim sistemi gibi bazı kavramları gündeme gelebileceğini literatüre atıf yaparak vurgulamak gerekmektedir. Fraktal işletme düşüncesi, yönetim görevleri modellemesi açısından en çekici olanıdır. Çünkü kendi kendini örgütleyen ve kendi kendini optimize eden departman özelliklerini anlatmaktadır (Karaulova vd., 2014). Fraktal şirket kavramı da mevcut örgütsel ve yönetim yaklaşımlarını bir araya getirerek yeni bir örgütsel kavram oluşturma girişimini temsil etmektedir. Fraktal fabrika da bütünleştirici bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir (Kirikova, 2009; Warnecke ve Warnecke,1993). Fraktal üretim sistemi, fraktal fabrikadan türetilen bir kavramdır (Ryu ve Jung, 2003). Fraktal fabrika, fraktal geometrisinin örgütlere uygulanmasıdır (Saad ve Lassila, 2004). Fraktaldan oluşturulan hiyerarşik bir yapıyı temsil eder ve temel bir departmanın tasarımı, hiyerarşideki herhangi bir düzeyi tam olarak temsil edebilen bir dizi ilgili özelliği içerir. Burada fraktal kavramı en üst düzeyde tüm bir üretim atölyesini veya en alt düzeyde fiziksel bir makineyi temsil etmektedir (Ryu ve Jung, 2003). Tasarım amaçları doğrultusunda, atölye, sabit iş istasyonlarından veya alternatif olarak iş merkezlerinden (iki veya üç makineden oluşan küçük ekiplerden) oluşan fraktal departmanlara bölünür. Her departman normalde tüm atölyede oluşma oranlarına benzer oranlarda çeşitli tiplerde iş istasyonlarının bir karışımını içerir. Bu örgütlerde, akış

atölyeleri söz konusu olduğunda da fraktal çok iyi çalışabilir. Bir iş istasyonu bir veya daha fazla fraktal departman tarafından paylaşılabilir. Uygulamada, bir fabrikadaki fraktal departmanların mutlaka aynı olması gerekmez. Fraktal düzenin net bir şekilde tanımlanamayacağı açıktır. Her ne kadar bir fraktal düzeni diğer örgütlerden ayıran özellikleri kısa ve öz bir şekilde tanımlamak istense de üretim sistemleri tasarımının böyle bir çabaya meydan okuyan oldukça karmaşık bir konu olduğunu düşünmek de gerekecektir (Montreuil, 1999).

Araştırmacıların Katkı Oranı/ Contribution Statement

Çalışmaya tüm araştırmacılar eşit oranda katkı sağlamıştır. / All researchers contributed equally to the study.

Destek ve Teşekkür Beyanı/ Funding Statement and Acknowledgements

Araştırma kapsamında herhangi bir destekten yararlanılmamıştır. / This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Çatışma Beyanı/ Declaration of Competing Interest

Çıkar çatışması bulunmamaktadır. / There is no conflict of interest.

Etik Onay/ Ethics Committee Approval

Etik kurul onayı gerekmemektedir. / Ethical approval is not required for this study.

Referanslar

- Ahmed, N. S., & Yasin, N. M. (2010). Inspiring a fractal approach in distributed healthcare information systems: A review. *International Journal of the Physical Sciences*, 5(11), 1626-1640.
- Aon, M. A., O'Rourke, B., & Cortassa, S. (2004). The fractal architecture of cytoplasmic organization: Scaling, kinetics and emergence in metabolic networks. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 256, 169-184.
- Asnina, E., Osis, J., & Kirikova, M. (2008). Design of fractal-based systems within MDA: Platform independent modelling. *Proceedings of the Third AIS SIGSAND European Symposium on Analysis, Design, Use and Societal Impact of Information Systems* (ss. 39-53).
- Baas, A. C. (2002). Chaos, fractals and self-organization in coastal geomorphology: Simulating dune landscapes in vegetated environments. *Geomorphology*, 48(1-3), 309-328.
- Berberoğlu, B. M., & Şatır, S. (2012). Fractal organization management: University as a model. *15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)* (ss. 1-7).
- Bider, I., Perjons, E., & Elias, M. (2012). Untangling the dynamic structure of an enterprise by applying a fractal approach to business processes. K. Sandkuhl, U. Seigerroth, & J. Stirna (Ed.), *The Practice of Enterprise Modeling: 5th IFIP WG 8.1 Working Conference, PoEM* içinde (ss. 61-75). Springer Berlin Heidelberg.
- Bider, I., Perjons, E., Elias, M., & Johannesson, P. (2017). A fractal enterprise model and its application for business development. *Software & Systems Modeling*, 16, 663-689.
- Black, J. A., Hinrichs, K. T., & Fabian, F. H. (2007). Fractals of strategic coherence in a successful nonprofit organization. *Nonprofit Management and Leadership*, 17(4), 421-441.
- Boje, D. M. (2015). Change solutions to the norms and standards overwhelming organizations: An introduction to "fractal" wings of "tetranormalizing". *Organizational Change and Global Standardization* içinde (ss. 39-67). Routledge.
- Boje, D. M., & Henderson, T. L. (2015). Fostering awareness of fractal patterns in organizations. *Perspectives on Change* içinde (ss. 22-36). Routledge.
- Bueno, M. J. D. O., Silva, M., Cunha, S. A., Torres, R. D. S., & Moura, F. A. (2021). Multiscale fractal dimension applied to tactical analysis in football: A novel approach to evaluate the shapes of team organization on the pitch. *PLoS ONE*, 16(9), 1-14.
- Canavesio, M. M., & Martinez, E. (2007). Enterprise modeling of a project-oriented fractal company for SMEs networking. *Computers in Industry*, 58(8-9), 794-813.
- Corley, K. G., & Gioia, D. A. (2011). Building theory about theory building: What constitutes a theoretical contribution? *Academy of Management Review*, 36(1), 12-32.
- Çobanoğlu, F. (2024). Understanding and managing change in educational organizations. *Educational Academic Research*, 54, 154-169.
- Damm, T. (2024). Fractals beyond hierarchy: Analyzing the temporal patterns of contact networks in a French public sector organization. *Connections*, 1(44), 1-15.
- Dyck, R. G. (2006). Fractal planning for integral economic development. *Kybernetes*, 35(7/8), 1037-1047.
- Forouharfar, A. (2020). The anatomy and ontology of organizational power as a fractal metaphor: A philosophical approach. *Cogent Business & Management*, 7(1), 1-20.
- Gregersen, H., & Sailer, L. (1993). Chaos theory and its implications for social science research. *Human Relations*, 46(7), 777-802.

- Güzeler, F. B., & Arkan, Z. (2022). Zekeriyâ Tâmir'in el-A'dâ' adlı öyküsünün Türkçe çevirisinde deyiş kaydırmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(4), 1241-1252.
- Jaegler, A. (2018). Fractal organization: Preparing for the factory of the future. *Engineering Management Review*, 46(4), 136-142.
- Kara, H., Gül Ersöz, S., & Oyur, E. (2023). Nitel araştırma yöntemine dayalı bir kuramın gelişim süreci: Gömülü Kuram örneği. *Nitel Sosyal Bilimler*, 5(2), 191-210.
- Karaulova, T., Poljantshikov, I., Shevtshenko, E., & Kramarenko, S. (2014). Fractal approach for manufacturing project management. *Mechanics*, 20(3), 352-359.
- Kirikova, M. (2009). Towards flexible information architecture for fractal information systems. *2009 International Conference on Information, Process, and Knowledge Management* içinde (ss. 135-140).
- Kurakin, A. (2011). The self-organizing fractal theory as a universal discovery method: The phenomenon of life. *Theoretical Biology and Medical Modelling*, 8, 1-66.
- Levy, D. (1994). Chaos theory and strategy: Theory, application, and managerial implications. *Strategic Management Journal*, 15(S2), 167-178.
- Malik, P. (2004). An introduction to fractal dynamics. *Journal of Human Values*, 10(2), 99-109.
- Martinez, F., Manriquez, H., Ojeda, A., & Olea, G. (2022). Organization patterns of complex river networks in Chile: A fractal morphology. *Mathematics*, 10(11), 1-23.
- Mir, U. R., Hassan, S. S., & Tanweer, M. (2016). Knowledge exploration and exploitation in virtual teams using the concept of fractal organization. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 36(2), 781-795.
- Montreuil, B. (1999). Fractal layout organization for job shop environments. *International Journal of Production Research*, 37(3), 501-521.
- O'Brien, K., Carmona, R., Gram-Hanssen, I., Hochachka, G., Sygna, L., & Rosenberg, M. (2023). Fractal approaches to scaling transformations to sustainability. *Ambio*, 52(9), 1448-1461.
- Peralta, M. E., & Soltero, V. M. (2020). Analysis of fractal manufacturing systems framework towards Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 57, 46-60.
- Rangriz, H., & Tarei, M. E. (2016). Fractal population ecology theory. *Journal of International Economics and Management Studies*, 1(2), 83-96.
- Ruzhitskaya, D. D., Ryzhikov, S. B., & Ryzhikova, Y. V. (2021). Features of self-organization of objects with a fractal structure of dendritic geometry. *Moscow University Physics Bulletin*, 76(5), 253-263.
- Ryu, K., & Jung, M. (2003). Agent-based fractal architecture and modelling for developing distributed manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 41(17), 4233-4255.
- Saad, S. M., & Lassila, A. M. (2004). Layout design in fractal organizations. *International Journal of Production Research*, 42(17), 3529-3550.
- Seitz, T. A. (2022). *Fractal dimension as a predictor of organizational change success* [Doktora tezi, Walden University].
- Shin, M., Mun, J., & Jung, M. (2009). Self-evolution framework of manufacturing systems based on fractal organization. *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), 1029-1039.
- Shoham, S., & Hasgall, A. (2005). Knowledge workers as fractals in a complex adaptive organization. *Knowledge and Process Management*, 12(3), 225-236.
- Skydan, O., Nykolyuk, O., Chaikin, O., & Shukalovych, V. (2021). Concept of fractal organization of organic business systems. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 7(2), 59-76.

- Strauss, R. E., & Hummel, T. (1995). The new industrial engineering revisited-information technology, business process re-engineering, and lean management in the self-organizing "fractal company". *Proceedings for Operating Research and the Management Sciences* içinde (ss. 287-292).
- Tharumarajah, A. (1996). Comparison of the bionic, fractal and holonic manufacturing system concepts. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 9(3), 217-226.
- Turcotte, D. L. (1986). A fractal approach to the relationship between ore grade and tonnage. *Economic Geology*, 81(6), 1528-1532.
- Voss, R. A., Krumwiede, D. W., & Lucas, A. D. (2017). Fractality in four dimensions: A framework for understanding organizations as fractal entities. *International Journal of the Academic Business World*, 11(2), 1-15.
- Warnecke, H. J., & Warnecke, H. J. (1993). The fractal factory: An integrating approach. *The fractal company: A revolution in corporate culture* içinde (ss. 137-217).
- West, B. J., & Goldberger, A. L. (1987). Physiology in fractal dimensions. *American Scientist*, 75(4), 354-365.
- Wyrzykowska, B., Wilczyńska, M., Boguski, J., & Wysokińska, A. (2024). The role of leaders in fractal structures of enterprises: A case study of Chris Tourism and Recreation. *European Research Studies Journal*, 27(4), 2029-2040.
- Yüksel, M., & Esmer, Y. (2019). İşletme yönetiminde kaos yaklaşımı: Teorik bir bakış. *OPUS International Journal of Society Researches*, 12, 937-952.