



[itobiad], 2021, 10 (1): 12-27.

Karmaşıklık İktisadı: Teorik Bir İnceleme

Complexity Economics: A Theoretical Review

Baki ÜNAL

Dr. Öğr. Üyesi, İskenderun Teknik Üniversitesi

Asst. Prof., İskenderun Technical University

baki.unal@iste.edu.tr

Orcid ID: 0000-0001-9154-0931

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Type	: Araştırma Makalesi / Research Article
Geliş Tarihi / Received	: 30.09.2020
Kabul Tarihi / Accepted	: 25.11.2020
Yayın Tarihi / Published	: 09.03.2021
Yayın Sezonu	: Ocak-Şubat-Mart
Pub Date Season	: January-February-March

Atıf/Cite as: Ünal, B . (2021). Karmaşıklık İktisadı: Teorik Bir İnceleme . İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi , 10 (1) , 12-27 . Retrieved from <http://www.itobiad.com/tr/pub/issue/60435/803089>

İntihal /Plagiarism: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and confirmed to include no plagiarism. <http://www.itobiad.com/>

Copyright © Published by Mustafa YİĞİTOĞLU Since 2012 – Istanbul / Eyup, Turkey. All rights reserved.

Karmaşıklık İktisadı: Teorik Bir İnceleme

Öz

Yakın zamanda karmaşıklık teorisi olarak adlandırılan yeni bir paradigma ortaya çıkmıştır. Karmaşıklık teorisi karmaşık sistemlerin modellenmesi ve anlaşılması ile ilgilenmektedir. Bu teorinin ortaya çıkışının başlıca sebebi bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerdir. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde çok sayıda bileşenden oluşan karmaşık sistemlerin bilgisayarda ajan tabanlı olarak modellenmesi ve benzetimlerinin yapılması mümkün hale gelmiştir. Analitik yöntem bir sistemi analiz ederken o sistemi bileşenlerine ayırmakta ve bu bileşenleri birbirinden izole olarak analiz etmektedir. Ancak bu tür bir analizle bileşenler arasındaki etkileşimler dikkate alınmamaktadır. Bu yüzden analitik yöntem karmaşık sistemlerin ele alınması için uygun değildir. Karmaşıklık teorisi birçok bilimsel disiplinde yeni anlayışlara yol açmıştır. İktisat da bu bilimlerden biridir. Ekonomik yapıların karmaşık sistemler olduğuna dair bir şüphe bulunmamaktadır. Buna karşın neoklasik teori ekonomik yapıları basit yapısal denklemlerle modellemeye çalışmıştır. Ancak bu tür modellerle heterojenlik, öğrenme, evrim, seçim, tarihe bağımlılık ve uyarılma gibi olgular modellenememektedir. Buna karşın ajan tabanlı modellerle bu olgular modellenabilmektedir. Karmaşıklık teorisi ile neoklasik teorinin ekonomik yapıları açıklama tarzları da farklılık göstermektedir. Karmaşıklık iktisadında iki önemli olgu pozitif geribildirimler veya artan getiriler ile patika bağımlılığıdır. Neoklasik teori uygun çıkarımlarda bulunabilmek için azalan getirileri varsaymaktadır. Ancak ekonomide artan getirilere de sıkça rastlanmaktadır. Ekonomide patika bağımlılığı ise tarihin belirleyiciliğini ifade etmektedir. Bu çalışmada yeni bir paradigma olan karmaşıklık teorisinin ekonomi disiplinine yansımaları ele alınarak bu teori ile anaakım iktisadi teori (neoklasik teori) arasındaki farklılıkların ortaya koyulması, ekonomi biliminde uygulanabilirliği ve avantajlarının genel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın en önemli sonucu, karmaşıklık iktisadının geçici bir bilimsel bir moda olmadığı ve bu teorinin ekonominin analizinde yeni araçlar sunduğudur.

Anahtar Kelimeler: Karmaşıklık İktisadı, Ajan Tabanlı Modelleme, Ajan Tabanlı Benzetim, Santa Fe Yaklaşımı, Sistem.

Complexity Economics: A Theoretical Review

Abstract

A new paradigm called the complexity theory has recently emerged. Complexity theory is concerned with the modeling and understanding of complex systems. The main reason for the emergence of this theory is the advances in computer technology. With the developments in computer



technology, it has become possible to model and simulate complex systems consisting of many components on the computer. When analyzing a system, analytical method separates the system into its components and analyzes these components isolated from each other. However, interactions between components are not taken into account with this type of analysis. Therefore, the analytical method is not suitable for handling complex systems. Complexity theory has led to new insights in many scientific disciplines. Economics is one of these disciplines. There is no doubt that economies are complex systems. However, neoclassical theory tried to model economies with simple structural equations. With such models, phenomena such as heterogeneity, learning, evolution, selection, dependence on history and adaptation cannot be modeled. However, these phenomena can be modeled with agent-based models. The explanation styles of complexity theory and neoclassical theory also differ. Two important phenomena addressed in complexity economics are path dependency and positive feedback or increasing returns. Neoclassical theory assumes diminishing returns in order to make appropriate inferences. However, increasing returns in the economy are also common. Path dependence in economy expresses the determinacy of history. The aim of this study is to consider the reflection of complexity theory, which is a new paradigm, to the discipline of economics, to reveal the differences between this theory and main stream (neoclassical) theory, and to evaluate the applicability and advantages of this new theory in economics. The most important conclusion of the study is that the complexity economics is not a temporary scientific fashion and that this theory offers new tools for the analysis of economies.

Keywords: Complexity Economics, Agent-Based Modelling, Agent-Based Simulation, Santa Fe Approach, System.

Giriş

Doğaya baktığımızda neredeyse her yerde karmaşık sistemlerle karşılaşmaktadır. İnsanlar, tarih boyunca doğada karşılaştığı karmaşıklıkla baş etmek için çeşitli yaklaşımlar geliştirmeye çalışmıştır. Bu yaklaşımlar arasında doğaüstü ve metafizik yorumlar da bulunmaktadır. İnsanlar tarih öncesi dönemden itibaren doğadaki karmaşıklıkla baş etmek ve karmaşıklığı açıklamak için karmaşıklığı gönlü alınabilen ruhlara veya tanrılara atfetmişlerdir. Genel olarak bu sürecin Aydınlanma Dönemi¹'ne kadar devam ettiği kabul edilebilir.

İnsanların karmaşıklıkla mücadelesinde kritik dönüm noktası bilgisayarın keşfi ve yaygın biçimde kullanılması olmuştur. Bilgisayar teknolojisindeki gelişme sayesinde araştırmacılar karmaşık sistemleri modellemek ve açıklamak için yeni araçlara sahip olmuşlardır. Bu araçlardan önde gelenleri

¹ Avrupa'da başlangıcı 1688 İngiliz Devrimi ve zirvesi 1789 Fransız Devrimi olan dönem.



ajan tabanlı modelleme² ve benzetimdir. Belirtilen araçların ortaya çıkmasıyla ve kullanımıyla karmaşıklık teorisi, karmaşıklık yaklaşımı veya karmaşıklık bilimi adı verilen yeni bir paradigma doğmuştur.

Analitik yöntem, bilimde kullanılan başlıca yöntem olagelmıştır. Bu yöntemle bir sistemi ele almak için sistem önce parçalarına ayrılmakta, bu parçalar birbirinden bağımsız şekilde analiz edilmekte ve böylece sistem anlaşılmaya çalışılmaktadır. Ancak bu yöntemde parçalar arasındaki etkileşimler gözden kaçmaktadır. Bu etkileşimler sistemin nitelikleri bakımından oldukça önem taşımaktadır. Buna karşın karmaşıklık teorisinde, sistemler, parçaları arasındaki etkileşimler de içerilecek şekilde bir bütün olarak ele alınmaktadır³. Dolayısıyla analitik yöntem, karmaşık sistemlerin analiz edilmesinde uygun bir yöntem değildir.

Bilimin özellikle de fiziğin kökeni XVII. yüzyılda Isaac Newton'un ortaya attığı mekanik paradigmaya dayanmaktadır (Cohen, 1994, s.56; Tetenbaum, 1998, s.21). Bu paradigma katı bir determinizm içermekte ve doğayı, davranışları deterministik kanunlarla belirlenmiş atomlara veya parçacıklara indirgemektedir. Bu Newtoncu anlayış uzun süre fizikte baskın bir anlayış olarak görülmüş ve diğer bilimsel alanlara da transfer edilmiştir. Bu alanlardan biri de ekonomi olmuştur. Ancak bu tür bir anlayışla karmaşık sistemlerin yenilikler, yaratıcılık, evrim ve uyarılma gibi özellikleri açıklanamamaktadır. Dolayısıyla Newtoncu paradigma karmaşık sistemlerin ele alınmasında uygun bir yöntem değildir. Newtoncu paradigmanın determinizmi tarih içinde aşağıdaki aşamalarla çözülmüştür (Bertuglia ve Vaio, 2005, s.21):

1. Determinizm: Klasik mekanikte ortaya çıkmıştır. Başlıca isimleri: Newton, Pierre-Simon Laplace, Gottfried Leibniz, Leonhard Euler, Joseph-Louis Lagrange.
2. İstatistiksel Belirlenimsizlik (*Statistical Indetermination*): XIX. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkmıştır. Başlıca isimleri: Ludwig Boltzmann, Rudolf Clausius ve William Thomson.
3. Kuantum Belirlenimsizliği (*Quantum Indetermination*): XX. yüzyılın başında ortaya çıkmıştır. Başlıca isimleri: Erwin Schrödinger, Niels Bohr, Paul Dirac ve Werner Heisenberg.
4. Determinist Kaos (*Deterministic Chaos*): XX. yüzyılın sonunda ortaya çıkmıştır. Başlıca isimleri: Edward Norton Lorenz, Ilya Prigogine, James A. Yorke ve Stephen Smale.

² Ajan tabanlı modelleme yönteminin öncesinde baskın olarak denklem tabanlı modelleme yöntemi kullanılmıştır.

³ Marxist yöntemin iktisadi olaylara sistemsal yaklaşımı, karmaşıklık iktisadını çağrıştırmaktadır. Emek Değer Teorisi bağlamında Marxist terminolojiye bir giriş için bk. Bozpinar (2020b). Ayrıca Marxist yöntemin karmaşıklık iktisadını en fazla iktisadi kriz açıklamalarında çağrıştırdığı belirtilebilir. Böylesi bir çalışma için bk. Bozpinar (2020a).



Karmaşıklık İktisadı: Teorik Bir İnceleme (Complexity Economics: A Theoretical Review)

Bu çalışmada karmaşıklık iktisadına ilişkin genel bilgiler ışığında anaakım iktisadi düşüncede (neoklasik iktisat düşüncesinde) mevcut eksiklikler üzerine tartışmalara bir katkıda bulunulması amaçlanmıştır. Nitekim neoklasik iktisatta temel olarak kabul edilen varsayımlar reel ekonomilerde her zaman geçerli değildir. Karmaşıklık teorisi ile bu varsayımlar esnetilebilmektedir.

Bu çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Konuya ilişkin genel bilgilerin verildiği "Giriş" bölümünden sonra gelen ikinci bölümde karmaşık sistemler ele alınmıştır. Bu bölümde karmaşık sistemlerin önemli bir özelliği olan kendi kendine organizasyon olgusundan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde ekonomi bir karmaşık sistem olarak ele alınmış ve ekonominin neden bir karmaşık sistem olduğu ortaya koyulmuştur. Bunun dışında neoklasik teori ile karmaşıklık teorisi arasındaki farklılıklardan bahsedilmiştir. Ayrıca karmaşık sistemlerin açıklanması için Epstein'in (2006) sunduğu üretken bilim paradigmasına değinilmiştir. Dördüncü bölümde pozitif geribildirimlerden ve artan getirilerden, beşinci bölümde ise patika bağımlılığında bahsedilmiştir. Altıncı bölümde karmaşık sistemler üzerine çalışan dünya üzerindeki başlıca kurum olan Santa Fe Enstitüsü tanıtılmış ve bu enstitünün yaklaşımı hakkında bilgi verilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar sunulmuştur. Bu bölümlendirme aynı zamanda karmaşıklık iktisadının daha iyi anlaşılması için yapılmıştır.

Karmaşık Sistemler

Karmaşık sistemler birbirleri ile etkileşim halindeki çok sayıda parçadan oluşmaktadır. Bu tür sistemler özellikle doğada bulunmaktadır. Karmaşık sistemlere örnek olarak canlılar, hayvan sürüleri, beyin, ekosistem, doğal diller, ekonomi ve toplum verilebilir.

Karmaşık sistemlerin basit yapısal denklemlerle modellenmesi genellikle mümkün değildir. Ancak karmaşık sistemler ajan tabanlı⁴ olarak bilgisayarda modellenebilmektedir.

Karmaşık sistemlerin sahip olabileceği önemli bir özellik kendi kendine organizasyondur (*self-organization*). Cilliers (1998, s.91) kendi kendine organize olan sistemlerin özelliklerini şu şekilde sıralamaktadır: Kendi kendine organize olan sistemlerin yapısındaki değişim bir tasarımın veya salt çevresel etkilerin sonucu değil ancak çevre ile sistem arasındaki etkileşimin bir sonucudur. Buna göre sistemin yapısı dinamik olarak çevredeki değişimlere uyarlanmaktadır. Kendi kendine organizasyon sistemin bütünsel bir niteliği olarak yerel etkileşimlerden ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda basit yerel etkileşim davranışlarından karmaşık bütünsel davranışlar ortaya çıkabilmektedir. Buna örnek olarak beyin verilebilir. Sinir hücrelerinin basit yerel etkileşim davranışları bulunmaktadır. Ancak bu basit yerel etkileşim davranışlarından karmaşık beyin davranışları ortaya çıkabilmektedir. Sistemi oluşturan ve yerel

⁴ Ajan tabanlı modellemede sistem, hesaplama yapabilen ve birbirleri ile ilişkili ajanlarla modellenmektedir.



etkileşim halindeki parçalar genellikle sistemin bütünü hakkında bir bilgiye sahip değildir. Kendi kendine organize olan sistemlerin genellikle bir bellekleri bulunmaktadır ve bunu öğrenmede kullanabilmektedirler. Bu bağlamda yapay sinir ağları denilen bir bilim dalı ortaya çıkmıştır.

Kendi kendine organize olan sistemler yalnızca düzgün bir evrimle değil ayrıca yıkımlı olaylarla⁵ da değişim gösterebilmektedir. Bu olguyu açıklamak için Bak (1996) “kendi kendine organize olan kritiklik” (*self-organized criticality*) kavramını ortaya atmıştır. Bu kavrama örnek olarak kum yığını metaforu verilmektedir. Buna göre kum sabit bir hızda bir yüzey üzerine dökülmektedir. Bu esnada başlangıçta kum yığını bir piramit oluşturmaktadır. Ancak bu dökülme esnasında belirli bir andan sonra kumlar piramitten aşağı doğru kaymaya başlamakta ve küçük heyelanlar oluşmaktadır. Bu heyelanlar zincirleme bir etki sonucu oluşmaktadır. Böylece bu kum yığını kesintili ve sıçramalı bir denge davranışı göstermekte ve yerel bir olayın sistem çapında etkide bulunabileceği kritik bir duruma evrilmektedir. Sistemin davranışı heyelanların başlamasından itibaren kumların bireysel davranışına bağlanamamaktadır. Sonuç olarak kendi kendine organize olan kritiklik paradigması kendi kendine organize eden bir sistemin kendisini kaos ile katı düzenlilik arasında dengeleyeceğini ifade etmektedir. Bu olgu “kaosun eşiğindeki hayat” (*life at the edge of chaos*) olarak adlandırılmaktadır (Lewin, 1999).

Kendi kendine organize olan sistemlerde bir bellek bulunmakta ve bu bellek sistemin davranışı üzerinde belirleyici olmaktadır. Bu yüzden bu tür sistemler tarihleri dikkate alınmadan anlaşılabilir. Burada bellek genellikle dağıtık⁶ bir biçimde bulunmaktadır.

Nicolis ve Prigogine (1977), kendi kendine organizasyon olgusunun, çoğunlukla termodinamik denge dışı bir durumdaki doğrusal olmayan sistemlerde ortaya çıktığını ortaya koymuşlardır.

Karmaşık Bir Sistem Olarak Ekonomi

Ekonominin karmaşık bir sistem olduğuna dair bir şüphe veya tartışma yoktur. Bununla birlikte ekonomi biliminde fizikte olduğu gibi başlıca modelleme araçları olarak yapısal denklemler kullanılmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeye ve karmaşıklık teorisinin ortaya çıkmasına koşut olarak ekonominin modellenmesinde ve anlaşılmasında yeni olanaklar belirmiştir. Bu kapsamda birçok teorik ve ampirik çalışma gerçekleştirilmiştir (Anderson vd., 1988; Arthur vd., 1997; Arthur, 1999; Blume ve Durlauf, 2005; Farmer ve Foley, 2009; Durlauf, 2012; Foxon vd., 2013; Keleş ve Eren, 2014; Eser ve Kırer, 2017; Bozpinar, 2020c; Örün, 2020; Ünal, 2020).

⁵ Örneğin ekonomide yaşanan krizler.

⁶ “Dağıtık”, tek bir merkezde bulunmayan anlamına gelmektedir. Örneğin bir piyasada alıcıların ve satıcıların bilgileri tek bir merkezde bulunmamaktadır. Her alıcı ve satıcı kendi bilgisine sahiptir.



Karmaşıklık İktisadı: Teorik Bir İnceleme (Complexity Economics: A Theoretical Review)

Foster (2005, s.875), ekonominin aşağıdaki özellikleri sebebiyle karmaşık bir sistem olduğunu ifade etmektedir:

1. Ekonomik sistemler, organize karmaşıklığı yaratmak, genişletmek ve sürdürmek hedefiyle dışarıdan aldığı enerjiyi işe, veriyi ise bilgiye dönüştüren dağıtık yapılardır. Ekonomilerde enerji kaynaklarının tüketilmesi ile entropi üretilmektedir. Ekonomiler düşük entropili ham maddeleri yüksek entropili ürünlere dönüştürmektedir. Bu bağlamda üretim süreci düşük entropili kaynakları azaltmaktadır. Böylece yüksek entropi, ekonomik süreçle ortama salınmakta ve ekonomik süreç tersinmezlik göstermektedir. Sonuç olarak düşük entropi, belirli bir malın faydasını açıklamakta kullanılmaktadır.⁷
2. Ekonomik sistemler başka sistemlerin parçası ya da karşıtı olmaktadır ancak yine de kendi içinde bir bütündür. Sistemler arasındaki bağlantılar yüksek düzeyde karmaşıklığın ortaya çıkmasına yol açmaktadır.
3. Parçalar arasındaki bağlantıların hiyerarşik ve yapısal özellikleri nedeniyle ekonomik sistem, belirli bir seviyede yapısal tersinmezlik göstermektedir. Bu durum bozuk uyarılma ve esnek olmama gibi yapısal süresizliklere neden olabilir.
4. Ekonomik sistemin sergilediği evrimsel süreç ancak zaman boyutu da dikkate alınarak anlaşılabilir. Ekonomik sistemde ortaya çıkan olgular-büyüme, durağanlık ve yapısal dönüşüm-ancak zaman boyutuyla ele alınabilir. Bu durumda çeşitliliğin üretilmesi, yenilikçilik, difüzyon, seçim ve sistemin sürdürülmesi gibi olgulara hangi faktörlerin yol açtığına dair teorik sorunsallar ortaya çıkmaktadır.

Ekonomide karmaşıklık teorisi, neoklasik teoriden farklılıklar göstermektedir. Montgomery (2000, s.227) bu farklılıkları aşağıdaki gibi özetlemektedir:

1. Neoklasik teori ekonomiyi açıklamak için doğrusal modeller kurarken, karmaşıklık teorisi doğrusal olmayan modeller de kurmaktadır.
2. Neoklasik teori izole bireysel davranışlardan kitlesel davranışı elde etmeye çalışırken, karmaşıklık teorisi kitlesel davranışı açıklayabilmek için bireyler arasındaki etkileşimlerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamaktadır.
3. Neoklasik teori denge varsayımı üzerine yapılanmışken, karmaşıklık teorisi dengenin bulunmadığı durumları da dikkate almaktadır.
4. Neoklasik teori bireylerin davranışlarını rasyonel beklentiler varsayımı ile açıklarken, karmaşıklık teorisi bireylerin sınırlı rasyonel olduğunu belirtmektedir.

⁷ Ekonomide entropi kavramı için bk. Ulusoy (2017) ve Jakimowicz (2020).



5. Neoklasik teori azalan getiriler varsayımı üzerine temellenmişken, karmaşıklık teorisi ekonomide artan getirilerin de bulunduğunu dikkate almaktadır.

6. Neoklasik teori, ekonominin tarihinin sonraki olaylar üzerinde belirleyici olmadığını varsayarken, karmaşıklık teorisi tarihin belirleyici olduğunu ve bu bağlamda patika bağımlılığının bulunabileceğini öne sürmektedir.

7. Neoklasik teori para ve maliye politikası gibi basit politika reçeteleri önerirken, karmaşıklık teorisi daha karmaşık politika reçeteleri önermektedir.

Colander (2000)'a göre bilim, olgulardaki basitliklerin araştırılmasıdır. Bu bağlamda basitlikler ve genellikler araştırılmakta ve bunlar matematiksel ifadeler biçiminde depolanmaktadır. Colander (2000, s.2) bu bağlamda şunları ifade etmektedir:

“Bilim, ister karmaşıklık bilimi ister standart bilim olsun basitlik arayışıdır –doğal süreçlerle ilgili bilgileri verimli bir şekilde depolama metotları arayışıdır. Bilim, dünyanın karmaşıklığını alıp veri sıkıştırma süreciyle onu basitleştirmektedir. Bu veri sıkıştırma birçok biçim olabilir: Başlangıçta enformel bilgi biçimini alır; bilim ileriye gittikçe ve derinleştikçe formel bilgi daha kusursuz hale gelir.”

Basitlik arayışı ekonomi biliminin gelişiminde de görülmektedir. Colander (2000, s.2), ekonomi biliminden şu örneği vermektedir: “Adam Smith örneğin rekabetin insanların genel refahına hizmet edeceği bilgisini ortaya koymuş ama bunu biçimsel bir hale getirmemiştir.” Smith'in bu görüşü daha sonra ekonomide biçimsel hale getirilmiştir. Standart bilim, olguları matematiksel denklemlerle biçimsel olarak ifade etmeyi amaçlamıştır. Ancak karmaşık sistemlerin basit yapısal denklemlere indirgenmesi genellikle mümkün değildir. Karmaşık sistemler; heterojenlik, evrim, seçim, tarihe bağımlılık ve belirme (*emergence*) gibi özellikler sergileyebilmektedir. Bu bağlamda Colander (2000, s.2) şu tespitlerde bulunmaktadır:

“Standart bilim, veri sıkıştırmada yapısal basitleştirici metodu takip eder. Basit ilişkileri araştırır, veriyi analitik olarak çözülebilir modele indirgemeye çalışır ve modelin indirgenmiş halini bulur. Newton'un ve Einstein'ın ünlü denklemleri bunun örnekleridir. Standart bilim birçok alanda çok büyük derecede başarılı olmuştur. Örneğin enerji ile kütle arasındaki ilişkinin $E=mc^2$ 'ye indirgenmesi büyük bir başarıdır.”

Bununla birlikte karmaşık sistemler genellikle basit yapısal denklemlere indirgenememektedir. Colander (2000)'a göre eğer bir araştırmacı ele aldığı olguda basit yapısal denklemler ortaya koyamıyorsa üç seçeneği bulunmaktadır: “Alanı bilimin dışında ilan edebilir, yapısal bir basitlik



aramaya devam edebilir veya basitliği başka bir alanda aramaya başlayabilir.” Karmaşıklık yaklaşımını benimseyen araştırmacı üçüncü seçeneği benimseyecektir:

“Karmaşıklık bilimi, basit yapısal yasalara tabi olmayan bununla beraber yinelemeli (*iterative*) bir süreç olarak ele alındığında basitleştirilebilecek bir olgu sınıfının var olduğunu kabul eder. Yinelemeli süreçlerin, tahmin edilebilir ve anlaşılabilir belli sonuçlara yol açan karakteristiklerinin olduğunu öne sürer. Bu görüşle uyumlu olarak karmaşıklık basitliği yapıda değil yinelemeli süreçte arar.” (Colander, 2000, s.3).

Karmaşıklık teorisinde ekonominin açıklanması Epstein (2006)’ın ortaya koyduğu “üretken bilim” (*generative science*) paradigması çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Buna göre bir makro olgunun açıklanması için ajan tabanlı bir model⁸ ile söz konusu olguyu meydana getiren mikro kurallar bulunmalıdır. Bu bağlamda karmaşıklık teorisi neoklasik teoriden farklılaşmaktadır. Neoklasik teori, matematiksel ifadelerle sistem dinamiklerini ifade ettiğinde söz konusu olguyu açıklanmış kabul etmektedir.

Pozitif Geribildirimler ve Artan Getiriler

Neoklasik teori denge varsayımını benimsediği için negatif geribildirimleri yani azalan getirileri varsaymaktadır. Ancak ekonomide pozitif geribildirimlere ve artan getirilere de rastlanabilmektedir. Arthur (2000, s.23), pozitif geribildirimlerin sonucu olarak ekonomide karmaşık yapıların ortaya çıkabileceğini ifade etmiş ve bu duruma iki örnek vermiştir.

İlk örnek nükleer santral teknolojilerinin benimsenmesine ilişkindir. Buna göre başlangıçta Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) üç çeşit nükleer santral teknolojisi bulunmaktadır. Bunlar hafif su, ağır su ve gaz soğutmalı nükleer santralleridir. Her teknoloji ne kadar çok benimsenirse o kadar çok gelişme göstermektedir yani pozitif bir geribildirim bulunmaktadır. Başlangıçta üç teknoloji de eşit pazar payına ve eşit şansa sahiptir. Eğer başlangıçta bu teknolojilerden biri küçük de olsa bir üstünlüğe sahipse o teknoloji baskın hale gelecektir. ABD’de başlangıçta üstünlüğe sahip olan hafif su santralleri baskın hale gelmiştir.

İkinci örnek internet alanındandır. ABD’de internet sektöründe başlangıçta eşit şansa sahip üç çevrimiçi servis şirketi bulunmaktadır. Bunlar American Online, Prodigy ve CompuServe’dir. Burada da pozitif bir geribildirim geçerli olmuştur. Her şirket daha fazla müşteri kazandığında daha geniş servis seçenekleri sunmuştur. Bu örnekte de American Online başlangıçta üstünlük elde ederek baskın duruma gelmiştir.

⁸ Ekonomide ajan tabanlı modellere örnek olarak Ünal (2018) ile Ünal ve Aladağ (2019)’ın gerçekleştirdiği ikili müzayede benzetimleri verilebilir.



Eğer bir tüketici için bir malın değeri diğer tüketicilerin aynı veya uyumlu mala sahip olmasıyla artıyorsa bu durum şebeke dışsallığına⁹ (*network externalities*) işaret etmektedir. Bu tür bir şebeke dışsallığına telekomünikasyon ağlarında ve kişisel bilgisayar yazılımlarında rastlanmaktadır.

Farrell ve Saloner (1985, 1986) ile Katz ve Shapiro (1985, 1986) şebekeler (ağlar) bağlamında artan getiriler ve patika bağımlılığı için modeller geliştirmişlerdir. Farrell ve Saloner (1985) ile Katz ve Shapiro (1985)'ya göre eğer mallar veya hizmetler artan getirilere yol açacak şekilde üretiliyorsa bu durumda şebeke dışsallığı ortaya çıkabilmektedir. Arthur (1989), Katz ve Shapiro (1986) ile Farrell ve Saloner (1986) ortaya koydukları modellerle şebeke dışsallığının ortaya çıkmasında artan getiriler ile tüketicilerin zaman içindeki seçimlerinin (patika bağımlılığı) önemini ortaya koymuşlardır.

Patika Bağımlılığı (Path Dependence)

Patika bağımlılığı mevcut kararların geçmişte yapılmış kararlarla ilişkili olduğunu belirtmektedir. Karmaşık sistemler patika bağımlılığı özelliğine sahiptirler. Başka bir deyişle karmaşık sistemlerin bir tarihi vardır ve bu tarih karmaşık sistemlerin şekillenmesinde rol oynar.

Patika bağımlılığına şöylesi bir süreç örneği verilebilir. Bu süreç, içinde bir kırmızı bir de beyaz top içeren bir kupa ile başlamaktadır. Ardından kupadan rastgele bir top seçilmektedir. Eğer çekilen top kırmızı ise bu top kupaya geri atılmakta ve kupaya bir kırmızı top daha eklenmektedir. Buna karşın eğer çekilen top beyaz ise yine bu top kupaya geri atılmakta ve kupaya bir beyaz top daha eklenmektedir. Eğer bu süreç çok defa tekrarlanırsa başlangıçta çekilen topların rengine bağlı olarak kırmızı veya beyaz toplardan biri baskın hale gelecektir. Bu süreç patika bağımlılığına bir örnek teşkil etmektedir. Patika bağımlılığında başlangıçtaki seçimler ilerideki sonuçları etkilemektedir.

Teknolojinin gelişiminde patika bağımlılığının örneklerine rastlanabilir. Bu duruma başlıca bir örnek literatürde QWERTY hikâyesi olarak anılmaktadır. QWERTY hikâyesi daktilonun evrimi ile ilgilidir. Başlangıçta daktilonun icadında QWERTY olarak isimlendirilen tuş yerleşimi verimli olmamasına rağmen daha sonra standart hale gelmiştir.

Santa Fe Enstitüsü

1984 yılında Santa Fe Enstitüsü'nün kuruluşu karmaşıklık teorisinin gelişiminde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu enstitü iktisatçı Kenneth J. Arrow da dâhil olmak üzere ekonomi, sosyoloji, biyoloji, fizik ve bilgisayar gibi farklı disiplinlerden birçok seçkin bilim insanını bir araya getirmiştir. Günümüzde de karmaşık sistemler üzerine çalışan dünya üzerindeki en önemli araştırma merkezi olup kendini şöyle tanıtmaktadır:

⁹ Şebeke dışsallıkları üzerine literatür için bk. Top vd. (2011).



“Santa Fe Enstitüsü bilimsel anlayışın sınırlarını genişleten disiplinler arası bir araştırma topluluğudur. Amacı günümüzde karşılaşılan birçok problemin altında yatan, karmaşık fiziksel, hesapsal, biyolojik ve sosyal sistemlerdeki genel temel prensiplerin keşfedilmesi, anlaşılması ve bildirilmesidir.” (“Santa Fe Institute”, t.y.)

Arthur vd. (1997, s.2) tarafından ifade edildiği gibi ekonomide karmaşıklığın anlamını ve önemini ifade edebilecek tek bir görüş bulunmamaktadır. Bunun yerine ilişkili konular arasında benzerlikler bulunmaktadır. Farklı bilimsel alanlardaki benzerlikler karmaşık uyarlamalı sistemler veya uyarlamalı doğrusal olmayan ağlar konusunda ortaklaşmaktadır. “Bu sistemler ya da ağlar ister proteinleri ister karıncaları ister ekonomik ajanları temsil etsin yüksek derecede birbirine bağımlı ve etkileşimli bireylerin oluşturduğu bilimsel bir alanı temsil etmektedir.” (Comim, 2000, s.157).

Arthur vd. (1997, s.3) uyarlamalı doğrusal olmayan ağları şu şekilde karakterize etmektedir:

1. Dağınık etkileşimler (*Dispersed interaction*): Global sonuçlar birçok farklı ajan birbirlerinin davranışlarına göre etkileşimde bulunduğu süreçlerle üretilir. Burada ajanların yalnızca sayıca çok olmaları değil aynı zamanda farklı olmaları da gereklidir çünkü bu özellik kitlenin davranışında “sürekli yeniliklerin” (*perpetual novelty*) üretilmesine yardımcı olur.
2. Evrensel bir kontrolörün var olmaması (*No global controller*): Ajanlar arasındaki etkileşimler yasal kurumlar gibi rekabet ve koordinasyon mekanizmalarıyla üretilir.
3. Enine kesen hiyerarşik organizasyon (*Cross-cutting hierarchical organization*): Evrensel organizasyon birçok farklı düzeyde var olmaktadır. Herhangi bir düzeydeki birimler daha üst düzeydeki birimler için yapı taşı görevi görmektedir.
4. Sürekli uyarılma (*Continual adaptation*): Çevredeki değişimlere yanıt olarak ajanların içsel durumları değişmektedir. Bireyler biriken deneyimlerine göre sürekli adapte olmaktadır.
5. Aralıksız yenilikler (*Perpetual novelty*): Yeni davranışlar ve yeni yapılar, yeni davranışların ve yeni yapıların yaratılmasını harekete geçirmektedir. Böylece sistem sürekli yeniliklerin üretilmesi durumundadır.
6. Denge-dışı dinamikler (*Out-of-equilibrium dynamics*): Sürekli yenilikler durumu verili iken ekonomi herhangi bir optimum denge yakınında çalışmamaktadır.

Santa Fe yaklaşımı yukarıda özellikleri belirtilmiş karmaşık uyarlamalı sistemlerin ya da uyarlamalı doğrusal olmayan ağların disiplinler arası çalışılmasını içerir. Bu sistemler, içinde buldukları çevrenin dinamik durumunu içselleştirmekte ve yansıtmaktadır:



“Santa Fe anlayışı karmaşıklığın düzeyler ve hiyerarşiler halinde olduğunu, kendi kendini organize ettiğini, korunumlu ve korunumsuz dinamik sistemleri, denge harici düzen nosyonlarını, kaotik fenomenleri, fiziksel sistemlerin çoğulculuğunu ve kozmik bir denge-dışı fenomen olan big-bang’i kapsar. Santa-fe’nin karmaşıklık anlayışı ayrıca Hayek’in karmaşık fenomen teorisiyle¹⁰ de çarpıcı benzerlikler gösterir. Hayek’teki gibi, Brian Arthur’un etkisi altında ekonomi, beliren (*emergent*), kendi kendini organize eden evrimsel bir süreç olarak görülür. Ajanlar bilgiyi sınıflandırır ve hiyerarşik olarak düzenlerler, hiyerarşik olarak ne bildikleri ve kendi yerel dünyalarındaki beklentilerine göre bilişsel biçimde karar verirler. Ekonominin sürekli bir denge dışılık halinde bulunması daha muhtemeldir.” (Wible, 2000, s.23).

Santa Fe yaklaşımı karmaşık sistemlerin ele alınması için “teorem-ispat” biçimindeki bir teorik yapının uygun olmadığını ifade etmektedir. Böyle bir teorik yapı karmaşık sistemlerde çoğunlukla bulunmayan dengeye, doğrusallığa ve sabit noktalar ile çekicilerin varlığına dayanmaktadır. Uyarlamalı doğrusal olmayan ağlar üzerine çalışmalar akademik ilgiyi denge noktalarının bulunmasından daima değişen yörüngelerin bulunmasına çevirmiştir. Santa Fe yaklaşımında ekonomi, izole bir disiplin olarak görülmemekte ama daha geniş bir kültürel sistem içine gömülü daha bütünleşik bir disiplin olarak ele alınmaktadır (Comim, 2000, s.159).

Sonuç

Karmaşık sistemlerin bilimsel olarak ele alınmaya başlanmasıyla karmaşıklık teorisi adında yeni bir paradigma ortaya çıkmıştır. Karmaşıklık teorisi birçok alanda olduğu gibi ekonomide de yeni anlayışlara yol açmıştır. Karmaşık sistemler yüzlerce yıldır bilinmesine rağmen bilimsel olarak ele alınmasının tarihi yenidir. Bu duruma bilişim teknolojisindeki gelişme yol açmıştır. Bu bağlamda artık bilgisayar sayesinde etkileşim içindeki birçok parçadan oluşan sistemlerin modellenmesi ve benzetimlerinin yapılması mümkün hale gelmiştir.

¹⁰ Hayek, karmaşıklık modellerinin birbiriyle yakından ilişkili iki faktörü dikkate alması gerektiğini savunmuştur. Bu faktörler çok sayıda değişken ve bu değişkenler arasındaki bağlantılardır. Bu iki koşul karmaşık fenomenleri tanımlamaktadır. Bu perspektifle Hayek dağılmış (*dispersed*) ve iyi ifade edilmemiş (*inarticulate*) bilgi olgularını tanımlamış ve “prensiplerin açıklamaları” (*explanations of the principles*) kavramını öne sürmüştür (Fiori, 2009, s.265). Prensiplerin açıklamaları kavramına, düzeni belirleyen bütün olayların bilinmesinin pratik olarak mümkün olmadığı durumlarda başvurulmaktadır (Fiori, 2013, s.263). Hayek’in bu teorisi ile karmaşıklık üzerine çağdaş çalışmalar birçok ortak özellik taşımaktadır. Her iki yaklaşımda da bireysel birimlerin kendi kendine organizasyonu, uyarılma süreci, doğrusal olmayan ilişkiler ve patika bağımlılığı olguları bulunmaktadır (Fiori, 2009, s.265).



Karmaşıklık İktisadı: Teorik Bir İnceleme (Complexity Economics: A Theoretical Review)

Bu çalışmada ekonomik olayların anlaşılmasında anaakım iktisadi düşünce yani neoklasik iktisadi düşüncedeki eksiklerin tamamlanabilmesi ve çeşitli tartışmalara bir katkıda bulunmak amacıyla karmaşıklık iktisadi genel olarak incelenmiştir. Buna göre şu sonuçlara ulaşılmıştır:

a) Ekonominin analizinde neoklasik yaklaşım ile karmaşıklık yaklaşımı arasında derin farklar bulunmaktadır. Farklı yaklaşımı benimseyen ekonomistler farklı sorular sormakta ve farklı yöntemleri kullanmaktadırlar. Neoklasik teori, teoremleri tümdengelsel bir yöntemle ispatlayarak gelişim kaydederken karmaşıklık yaklaşımı, bilgisayar benzetimleri ile konusunu aydınlatmaya çalışmaktadır. Bilgisayar benzetimleri bir çeşit laboratuvar olarak görülmektedir. Neoklasik teori denge kavramına dayanırken, karmaşıklık yaklaşımı heterojenliği, tarihi, öğrenmeyi, yerel etkileşimleri ve denge dışı dinamikleri de ele almaktadır. Neoklasik teori ekonomiyi "teorem-ispat" yöntemi ile anlamaya çalışırken, karmaşıklık yaklaşımı makro düzeni oluşturan mikro kuralları bulmaya çalışarak ekonominin işleyişini anlamaya çalışmaktadır. Arthur (2000, s.20)'un ifadesiyle:

"Santa-Fe yaklaşımı ya da karmaşıklık yaklaşımı standart teoriye bir ek değil denge dışı (out-of-equilibrium) düzeyde daha genel bir teoridir."

b) Neoklasik teoride, ekonomi açıklanmaya çalışılırken ve ekonomik modeller kurulurken denge, azalan getiriler, rasyonel beklentiler, tam bilgi, temsili birey ve bireylerin homojenliği gibi varsayımlarda bulunmaktadır. Ancak bu varsayımlar reel ekonomilerde her zaman geçerli değildir. Karmaşıklık teorisi bağlamında kurulan modellerde bu varsayımlar esnetilebilmektedir. Böylece ekonomilerin daha doğru modellenmesi sağlanmakta ve daha doğru açıklamalar elde edilmektedir.

c) Son olarak karmaşıklık iktisadının neoklasik iktisada göre ekonomik yapıların neredeyse bütünsel bir şekilde anlaşılmasına imkân verecek araçlar sunduğu görülmektedir. Böylece bu alanda yapılan çalışmaların sayısının artacağı öngörmek mümkündür.

Kaynakça

Anderson, P. W., Arrow, K. J. ve Pines D. (1988). *The Economy as an Evolving Complex System*. Redwood City, CA: Addison-Wesley.

Arthur, W. B. (1989). Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal*, 99(394), 116-131.

Arthur, W.B., Durlauf, S. ve Lane, D. A. (1997). *The Economy as an evolving complex system II*. Massachusetts: Addison-Wesley.

Arthur, W. B. (1999). Complexity and the economy. *Science*, 284(5411), 107-109.



- Arthur, W. B. (2000). Complexity and the economy. D.A. Colander (Ed.), *The Complexity vision and the teaching of economics* (ss. 19-28) içinde. Cheltenham: Edward Elgar.
- Bak, P. (1996). *How nature works*. New York: Springer.
- Bertuglia, C. ve Vaio, V. (2005). *Nonlinearity, chaos & complexity*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Blume, L. E. ve Durlauf, S. N. (Ed.). (2005). *The economy as an evolving complex system, III: Current perspectives and future directions*. Oxford: Oxford University Press.
- Bozpinar, C. (2020a). Uzun Dalgalar Teorisi çerçevesinde 2008 küresel krizi. *Ekonomik Yaklaşım*, 30 (112), 57-84. doi: 10.5455/ey.17005.
- Bozpinar, C. (2020b). Marx öncesi Emek Değer Teorisi: Genel bir bakış. *Politik Ekonomik Kuram*, 4 (1), 72-93.
- Bozpinar, C. (2020c). Marx ve işsizlik: Karmaşıklık iktisadının izleri. Y. A. Unvan (Ed.), *İktisadi ve idari bilimler: Teori, güncel araştırmalar ve yeni eğilimler* (ss. 178-197) içinde. Karadağ: Ivpe.
- Cilliers, P. (1998). *Complexity and postmodernism: understanding complex systems*. London: Routledge.
- Cohen, I. B. (1994). Newton and the social sciences, with special reference to economics, or, the case of the missing paradigm. P. Mirowski (Ed.), *Natural Images in Economic Thought* (ss. 55-90) içinde. Cambridge: Cambridge University Press.
- Colander, D. (Ed.). (2000). *The complexity vision and the teaching of economics*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Comim, F. (2000). Marshall and the role of common sense in complex systems. D. Colander (Ed.), *Complexity and the History of Economic Thought* (ss. 155-192) içinde. London, UK: Routledge.
- Durlauf, S. N. (2012). Complexity, economics, and public policy. *Politics, Philosophy & Economics*, 11(1), 45-75.
- Epstein, J. M. (2006). *Generative social science: studies in agent-based computational modeling*. Princeton: Princeton University Press.
- Eser, R. ve Kırer, H. (2017). Mekansal iktisat ve mekansal kompleksite üzerine bir değerlendirme. *Yıldız Social Science Review*, 3(2), 137-156.
- Farmer, J. D. ve Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685-686.
- Farrell, J. ve Saloner, G. (1985). Standardization, compatibility, and innovation. *The RAND Journal of Economics*, 16, 70-83.



Karmaşıklık İktisadı: Teorik Bir İnceleme (Complexity Economics: A Theoretical Review)

Farrell, J. ve Saloner, G. (1986). Installed base and compatibility: Innovation, product preannouncements, and predation. *The American Economic Review*, 76, 940-955.

Fiori, S. (2009). Hayek's theory on complexity and knowledge: dichotomies, levels of analysis, and bounded rationality. *Journal of Economic Methodology*, 16(3), 265-285.

Fiori, S. (2013). Subjectivism and Explanations of the Principle: Their Relationship with Methodological Individualism and Holism in Hayek's Theory. R. Leeson ve F. Roger (Ed.), *Hayek and Behavioral Economics* (pp. 263-277) içinde. London: Palgrave Macmillan.

Foster, J. (2005). From simplistic to complex systems in economics. *Cambridge Journal of Economics*, 29 (6), 873-892.

Foxon, T. J., Köhler, J., Michie, J. ve Oughton, C. (2013). Towards a new complexity economics for sustainability. *Cambridge Journal of Economics*, 37(1), 187-208.

Jakimowicz, A. (2020). The Role of Entropy in the Development of Economics. *Entropy*, 22(4), 1-25. <https://doi.org/10.3390/e22040452>

Katz, M. L. ve Shapiro, C. (1985). Network externalities, competition, and compatibility. *The American Economic Review*, 75(3), 424-440.

Katz, M. L. ve Shapiro, C. (1986). Technology adoption in the presence of network externalities. *Journal of Political Economy*, 94(4), 822-841.

Keleş, E. ve Eren, E. (2014). Ajan tabanlı modelleme ve hesaplamalı iktisat. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 11(42), 197-219.

Lewin, R. (1999). *Complexity: Life at the edge of chaos*. Chicago: University of Chicago Press.

Montgomery, M. R. (2000). Complexity theory an Austrian perspective. D. Colander (Ed.). *Complexity and the history of economic thought* (ss. 227-240) içinde. London, UK: Routledge.

Nicolis, G. ve Prigogine, I. (1977). *Self-organization in non-equilibrium systems*. New York: Wiley.

Örün, E. (2020). Kompleksite iktisadı ve ajan bazlı kompütasyonel iktisat. *Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(19), 48-62.

Santa Fe Institute. (t.y.). *Our Mission*. Erişim adresi: <https://www.santafe.edu/about>.

Tetenbaum, T. J. (1998). Shifting paradigms: From Newton to chaos. *Organizational Dynamics*, 26(4), 21-33.

Top, S., Dilek, S. ve Çolakoğlu, N. (2011). Perceptions of network effects: Positive or negative externalities? *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 24, 1574-1584.



Ulusoy, T. (2017). Ekonofizik ve Finansal Entropi. *Kastamonu University Journal of Economics & Administrative Sciences Faculty*, 18(1), 138–149.

Ünal, B. (2018). Comparison of a fuzzy-logic based bidding strategy with other strategies in dynamic double auctions. *Turkish Journal of Fuzzy Systems*, 9(2), 1-10.

Ünal, B. ve Aladağ, Ç. H. (2019). Fuzzy logic-based bidding strategies in dynamic double auctions. *Kybernetes*, 48(3), 612-35.

Ünal, B. (2020). Karmaşıklık iktisadı ve benzetim. Y. A. Unvan (Ed.), *İktisadi ve idari bilimler: Teori, güncel araştırmalar ve yeni eğilimler* (ss. 110-126) içinde. Karadağ: Ivpe.

Wible, J. (2000). What is complexity. D.A. Colander (Ed.), *The complexity vision and the teaching of economics* (ss. 86-115) içinde. Cheltenham: Edward Elgar.

