

TC  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
İKTİSAT DOKTORA PROGRAMI

DOKTORA TEZİ

**KOMPLEKSİTE İKTİSADI, KENDİ KENDİNE  
ORGANİZE OLAN KRİTİKLİK VE FİRMA  
DİNAMİKLERİ**

**RÜYA ESER  
8710302**

**TEZ DANIŞMANI  
PROF. DR. ERCAN EREN**

**İSTANBUL  
ARALIK 2016**

TC  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
İKTİSAT DOKTORA PROGRAMI

DOKTORA TEZİ

KOMPLEKSİTE İKTİSADI, KENDİ KENDİNE  
ORGANİZE OLAN KRİTİKLİK VE FİRMA  
DİNAMİKLERİ

RÜYA ESER  
8710302

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 21.12.2016  
Tezin Savunulduğu Tarih: 15.02.2017

Tez Oy birliği / Oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur

	Unvan	Ad Soyad
Tez Danışmanı:	Prof. Dr.	Ercan EREN
Jüri Üyeleri :	Prof. Dr.	Murat DONDURAN
	Prof. Dr.	Nuri YILDIRIM
	Prof. Dr.	Meral UZUNÖZ
	Doç. Dr.	Gönenç YÜCEL

İmza  
E. Eren  
M. Donduran  
N. Yıldırım  
M. Uzunöz  
G. Yücel

İSTANBUL  
ARALIK 2016

## ÖZ

### KOMPLEKSİTE İKTİSADI, KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLAN KRİTİKLİK VE FİRMA DİNAMİKLERİ

Rüya ESER

Aralık, 2016

Geleneksel iktisat ilişkilerin basit olduğu varsayımına göre kurulmuş olmasına karşın, gerçek dünya iktisadi sistemleri genel olarak kompleksdir. İktisadi sistemler, kompleks sistemlerin temel özelliklerin çoğunu göstermektedir. Bu çerçevede "kendi kendini organize eden kritiklik" (KKOK) teorisinin, iktisadi sistemlerde dinamik denge ve kompleksitenin kaynağını açıklayabileceği gündeme gelmiştir. Kendi kendine organize olan kritiklik, evrimsel sistemlerin gelişimini araştırmayı amaçlayan dinamik sistemler analizinden, son dönemlerde geliştirilmiş bir kavramdır. KKOK'da yavaş dışsal güçler, sistemin unsurları arasındaki güçlü yerel etkileşimlerle birlikte analiz edilmekte, sistemlerin davranışlarının önemli ve anlamlı dönüşümlerine yol açan, iç dinamiklerinden gelen kritik koşullar belirlenmektedir. KKOK, genel şokların sonucu olarak görülen çığ gibi katastrof olaylarının meydana gelişini yakalayıp açıklayabildiğinden, iktisat için etkileyici bir analiz aracı olarak görülmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada iktisatta firma gibi kompleks dinamik sistemlerin kendi kendine organize olan kritiklik özelliği gösterip göstermediği araştırılmıştır. Bunun için kompleks sistem davranışlarını belirleyen evrensel kanunlar olarak nitelenen ölçeksizlik ve güç kanunlarının firma dağılımlarının temel özelliklerini veren çalışılabilir bir yöntem olup olmadığı belirlenerek, firma dinamiklerinin KKOK durumu sergileyip sergilemedikleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmada, 2000'den 2014'e kadar olan yıllar için Türkiye'de ekonominin üretken reel kesimini oluşturan imalat sanayi firmalarının çalışan sayısı, satışlar ve aktif toplamı düzeyinde evrimsel büyüme dinamikleri ile ilgili olarak, KKOK varlığı incelenmiştir. Bu amaçla, ilk olarak Türkiye'de imalat sanayi firmalarının büyüklüklerinin, bir sistemin kompleksliğinin göstergesi olan güç kanunu dağılımına uygunluğu sınanmış ve çalışan sayısı, satışlar ve aktif toplamı olarak ölçülen büyüklüklerin güç kanunu dağılımına uyduğu sonucuna varılmıştır. Daha sonra aynı ölçütler kullanılarak, firma büyümesinin k-ortalama kümeleme yöntemi ile oluşturulan kümeleri için güç kanunu dağılımının varlığı test edilmiştir. Ampirik bulgularda kümelerin dağılımının da güç kanununa uyduğu görülmüş ve böylece imalat sanayi firmalarının kendi kendine organize olan kritiklik özelliği gösterdiği hipotezinin reddedilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik, Firma Büyüklük Dağılımı, Güç Kanunu Dağılımı, Kompleks Sistemler, Kompleksite İktisadı.

## **ABSTRACT**

### **COMPLEXITY ECONOMICS, SELF ORGANIZED CRITICALITY AND FIRM DYNAMICS**

**Rüya ESER**

**December 2016**

Although traditional economics is based on the assumption that relations are simple, the real world economic systems are generally complex. Economic systems display many of the basic emergent properties of complex systems. In this framework, the theory of "self organizing criticality" (SOC) it can explain the source of dynamic equilibrium and complexity in economic systems. Self-organized criticality is a concept developed over the last decade from the analysis of dynamical systems investigating the progression of evolutionary systems. The main emphasis in the SOC is to determine the critical conditions that result from the internal dynamics of slow exogenous forces, which are analyzed together with strong local interactions between the elements of the system, leading to significant and meaningful transformations of the behavior of the systems. The SOC began to be seen as an impressive analysis tool for economics, as it could capture and explain catastrophic phenomena such as avalanches seen as the result of aggregate shocks.

This study investigates whether firms in the economy, as complex dynamical systems, show self-organized criticality characteristics. It is examined whether the firm dynamics show a SOC status by determining whether scale invariance and power laws, which are universal laws that determine complex system behaviors, describe the basics of firm distribution. Presence of SOC is investigated in the context of evolutionary growth dynamics for Turkish manufacturing firms for the years 2000 through 2014, where size is approximated by the number of employees, volume of sales and total assets. In this study, firstly the size of the manufacturing firms were tested for suitability to of power law distribution, which is indicative of the complexity of a system. The results indicate that the size of the manufacturing firms in Turkey, measured in terms of number of employees, sales and total assets conform to power law distribution. Secondly, using the same criteria, the existence of a power law distribution for the clusters generated by the k-means clustering method of firm growth was tested. In the empirical findings the distribution of the clusters also proved to be in with power law. Thus, is concluded that the hypothesis of manufacturing firms showing self-organizing criticality characteristics, could not to be rejected.

**Keywords:** Self Organized Criticality, Firm Size Distribution, Power Law Distribution, Complex Systems, Complexity Economics.

## ÖN SÖZ

Öncelikle tez çalışmasında, beni komplekste iktisadı üzerine çalışma yapmaya yönlendiren, tezin yazılma aşamasında ve tüm doktora eğitimim süresince bilgi birikimi ile her zaman aydınlatarak, iktisatta yeni yaklaşımlar ile tanışmamı sağlayan, manevi desteğini hiç bir zaman esirgemeyen ve tezi yazmam konusunda sabırla bekleyen tez danışmanım Prof. Dr. Ercan EREN'e sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

Bu çalışmanın uygulama kısmında R programının kullanılmasında çok büyük katkısı olan ve uygulama ile ilgili yaşadığım tüm sıkıntı ve ümitsizliklerde bana destek olan Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Elif Özge ÖZDAMAR'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmamın uygulama kısmı için beni Elif Özge ÖZDAMAR ile tanıştıran üniversite arkadaşım Yrd. Doç Dr. M. Levend DURANSOY'a da teşekkür borçluyum. Ayrıca tezin uygulama kısmında kullandığım kutulama yöntemi konusunda bana yol gösteren doktoradan dönem arkadaşım Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Bandırma İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Hale KIRER'e teşekkür ederim.

Tezin sonuçlandırılması sürecinde, yazım düzeltmeleri konusundaki yardımları başta olmak üzere, her türlü desteği ile yanımda olan sevgili eşim Serdar ESER'e çalışmamdaki emeği ve anlayışı için gönülden teşekkürler.

İktisat alanındaki kompleks sistem uygulamaları ve kendi kendine organize olan kritiklik konusunda yapılacak bundan sonraki çalışmalar için yararlı bir kaynak teşkil etmesi dileklerimle...

**İstanbul, Aralık 2016**

**Rüya ESER**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖN SÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KOMPLEKSİTE TEORİSİ VE KOMPLEKSİTE İKTİSADI</b> .....	<b>4</b>
2.1. Kompleksitenin Tanımı ve Kompleksite Teorisi .....	4
2.2. Kompleks Uyum Sağlayan Sistemler.....	9
2.3. Kompleks Sistemlerin Özellikleri .....	11
2.4. İktisadi Sistemlerde Kompleksite.....	15
2.5. Kompleksite İktisadı ile Geleneksel İktisat Arasındaki Farklar.....	19
2.6. İktisatta Kompleksitenin Ölçümü ve Modellenmesi.....	23
<b>3. KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLAN KRİTİKLİK</b> .....	<b>27</b>
3.1. Ölçekleme Değişmezliği ve Ölçeksizlik .....	27
3.2. Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik Nedir?.....	31
3.2.1. Kendi Kendine Organize Olma .....	31
3.2.2. Kompleksite Mekanizması: Kritiklik Durumu ve Kaos Eşiği.....	34
3.3. Kendi Kendine Organize Olan Kritikliğin Yapısı.....	37
3.4. Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik Modelleri.....	39
3.4.1. BTW Kum Yığını Modeli.....	40
3.4.2. Kum Yığını Modeline Dayalı Diğer Modeller .....	43
3.5. Sistemin KKOK Olduğunun Belirlenmesi .....	48
3.6. KKOK İle İlgili İstatistiksel Dağılımların Özellikleri.....	51
3.6.1. Güç Kanunu Dağılımı.....	51
3.6.2. Güç Kanunu Dağılımının Matematiksel Çerçevesi .....	54
3.7. Kendi Kendine Organize Olan Sistemlerde Güç Kanunu .....	57

<b>4. İKTİSATTA KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLMA .....</b>	<b>61</b>
4.1. İktisadının Evrimsel Yapısı .....	61
4.2. İktisatta Kendi Kendine Organize Olma Yaklaşımları ve Uygulamaları .....	64
4.3. İktisadi Sistemlerde Kendi Kendine Organize Olmanın Ana Mekanizması ...	69
4.4. Kompleksite Teorisi İktisadi Sistemlerin Analizinde Kullanılmalı Mıdır? ....	74
<b>5. FİRMA DİNAMİKLERİ, KOMPLEKSİTE VE KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLMA .....</b>	<b>78</b>
5.1. Firma Anlayışı ve Firma Teorilerinin Oluşumu .....	78
5.2. Kompleks Sistem Olarak Firmalar .....	81
5.3. KKOK Unsuru Olarak Firmalarda Büyüme .....	84
5.3.1. Firma Büyümesi Stokastik Ya Da Deterministik Midir? .....	84
5.3.2. Firma Büyümesinin Kendini Organize Eden Yapısı: Güç Kanunu .....	87
5.4. Kendiliğinden Organize Olan Kritikliğin İktisadi Sistemlerde Belirlenmesi .	89
5.4.1. Kendi Kendine Organize Olan Kritikliğin İktisadi Sistemlerde Belirlenmesi Üzerine Bir Model .....	89
5.4.2. Kendiliğinden Organize Olan Kritiklik Konusunda Ampirik Uygulamalar .....	94
5.5. Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik Firmalar İçin Uygun Mudur? .....	98
<b>6. İMALAT SANAYİ FİRMALARI ÜZERİNE KKOK UYGULAMASI .....</b>	<b>102</b>
6.1. Araştırma Hipotezleri .....	102
6.2. Çalışmada Kullanılan Veriler .....	103
6.3. İmalat Sanayi Firmalarının Büyüklük Dağılımları .....	104
6.3.1. Uygulanan Yöntem .....	104
6.3.2. Elde Edilen Ampirik Bulgular .....	107
6.3.2.1. Çalışan Sayısı Büyüklük Dağılımı .....	107
6.3.2.2. Satış Büyüklük Dağılımı .....	111
6.3.2.3. Aktif Büyüklük Dağılımı .....	114
6.3.2.4. Genel Değerlendirme .....	118
6.4. İmalat Sanayi Firmaları Dinamiklerinde Kendi Kendine Organize Olan Kritikliğin Belirlenmesi .....	120
6.4.1. Uygulanan Yöntem .....	120
6.4.2. Elde Edilen Ampirik Bulgular .....	125
6.4.2.1 Çalışan Sayısı Büyüme Dinamikleri .....	125

6.4.2.2 Satışların Büyüme Dinamikleri .....	127
6.4.2.3. Aktif Büyüme Dinamikleri.....	129
6.4.2.4. Genel Değerlendirme .....	130
<b>7. SONUÇ.....</b>	<b>133</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>138</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>154</b>
Ek 1: Çalışma Kapsamındaki İmalat Sanayi Firmalarının Sektörel Dağılımı .....	154
Ek 2: Çalışma Kapsamındaki İmalat Sanayi Firmalarının Mekansal Dağılımı ...	155
Ek 3: İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Kernel Yoğunluk Tahmini .....	156
Ek 4: İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS.....	157
Ek 5: İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE.....	158
Ek 6: İmalat Sanayi Firmalarının Satışlar Kernel Yoğunluk Tahmini .....	159
Ek 7: İmalat Sanayi Firmalarının Satışlar Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS.....	160
Ek 8: İmalat Sanayi Firmalarının Satışlar Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE.....	161
Ek 9: İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Kernel Yoğunluk Tahmini.....	162
Ek 10: İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS.....	163
Ek 11: İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE.....	164
Ek 12: Çalışan Sayısı Büyüme Oranlarının Küme Sayısı Belirlemede Dindex Grafikleri.....	165
Ek 13: Satışlar Büyüme Oranlarının Küme Sayısı Belirlemede Dindex Grafikleri .....	166
Ek 14: Aktif Toplamı Büyüme Oranlarının Küme Sayısı Belirlemede Dindex Grafikleri.....	167
Ek 15: Çalışmada Kullanılan R Script'leri.....	168
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>169</b>



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Kompleks Sistemlerin Genel Özellikleri.....	13
Tablo 2: Kompleksitenin Ontolojik Özellikleri .....	14
Tablo 3: Neoklasik ve Kompleksite İktisadı Arasındaki Farklar.....	21
Tablo 4: Popüler KKOK Modelleri ve Kullanılan Kısaltmaları .....	44
Tablo 5: Evrimsel Düşüncenin İki Yapısı.....	62
Tablo 6: Kendi Kendine Organize Olmanın Kompleksite Ontolojisi İle İlgili Varsayımları.....	65
Tablo 7: Kum Yığını Modeli ile Bazı Sistemler Arasındaki Analogiler .....	69
Tablo 8: Dinamik Dengeleri Olan İktisadi Olaylar.....	70
Tablo 9: Çalışan Sayısı Verilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	108
Tablo 10: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüklüğünün Güç Kanunu Değerleri .....	109
Tablo 11: Satış Verilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	111
Tablo 12: Firmaların Satış Büyüklüğünün Güç Kanunu Değerleri .....	114
Tablo 13: Aktif Toplamı Verilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri .....	115
Tablo 14: Firmaların Aktif Toplamı Büyüklüğünün Güç Kanunu Değerleri .....	117
Tablo 15: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüme Kümelerinin Üstel Dağılımı .....	126
Tablo 16: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı	126
Tablo 17: Firmaların Satış Büyüme Kümelerinin Üstel Dağılımı .....	128
Tablo 18: Firmaların Satış Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı .....	128
Tablo 19: Firmaların Aktif Büyüme Kümelerinin Üstel Dağılımı.....	130
Tablo 20: Firmaların Aktif Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı.....	130
Tablo 21: Kümelerin Dağılım Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi .....	130

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Tezin Amacı.....	2
Şekil 2: NK Uzayında, Durum Uzayı Eksenini.....	8
Şekil 3: Kompleks Sistemlerin Önemli Özellikleri.....	12
Şekil 4: Kendine Benzerlik, Kendi Kendine Organize Olma, Güç Kanunu ve Fraktal Boyut Arasındaki İlişki .....	29
Şekil 5: Güç Kanunu Biliminin Temel Unsurları .....	30
Şekil 6: Yerel Mikroskobik Etkileşim.....	33
Şekil 7: Kaos ve Kaos Eşiği .....	34
Şekil 8: KKOK Kavramının Şematik Sunumu .....	39
Şekil 9: BTW Kum Yığını Modeli.....	41
Şekil 10: Kum Yığını Paradigması ve KKOK .....	42
Şekil 11: Orman Yangını Modeli.....	46
Şekil 12: Orman Yangını Modelinde Yangın Boyutlarının Kümülatif Dağılımı .....	47
Şekil 13: Gaussiyen ve Pareto Dağılımları .....	53
Şekil 14: Biçimlendirilmiş Güç Kanunu Dağılımları.....	54
Şekil 15: Deterministik, Kendi Kendine Organize Olan ve Kaotik Sistemlerde Güç Kanunu Dağılımı.....	59
Şekil 16: İktisadi Ajanların ve Dinamik Dengelerin İktisadi Sistem Tipinde Etkileşimi .....	73
Şekil 17: Danimarka Domuz Eti Üretim Sektörünün Güç Kanunu Dağılımı .....	95
Şekil 18: Almanya İş Gücü Piyasası Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı.....	97
Şekil 19: Amerika’da Firma Birleşmelerinin Zipf Dağılımı.....	98
Şekil 20: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonunun Lineer - Lineer Ölçekte Gösterimi .....	108
Şekil 21: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS .....	110
Şekil 22: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE .....	110
Şekil 23: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonunun Lineer - Lineer Ölçekte Gösterimi .....	112
Şekil 24: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS .....	113

Şekil 25: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE.....	113
Şekil 26: 2000-2014 Yılları Arasında Aktif Toplamı Olasılık Yoğunluk Fonksiyonunun Lineer - Lineer Ölçekte Gösterimi .....	115
Şekil 27: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE .....	116
Şekil 28: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE .....	116
Şekil 29: İmalat Sanayi Firmalarının 2000-2014 Yılları Arasında Güç Kanunu Üstelinin Gelişimi .....	118
Şekil 30: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Ortalama Büyüme Oranı .....	125
Şekil 31: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı .....	126
Şekil 32: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Ortalama Büyüme Oranları .....	127
Şekil 33: Firmaların Satış Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı .....	128
Şekil 34: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Aktiflerinin Ortalama Büyüme Oranları .....	129
Şekil 35: Firmaların Aktif Toplamı Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı .....	129
Şekil 36: Ölçeklere Göre Maksimum Küme Büyüklüğünün Gelişimi .....	131

## KISALTMALAR

<b>ACE</b>	: Ajan Bazlı Hesapsal İktisat (Agent-based Computatioal Economics)
<b>ABM</b>	: Ajan Bazlı Modelleme
<b>BTW</b>	: Bak, Tang ve Wiesenfeld
<b>CDF</b>	: Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (Cumulative Density Function)
<b>ISIC</b>	: Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması (International Standart Industrial Classification)
<b>KS</b>	: Kolmogorov-Smirnov
<b>MLE</b>	: Maksimum Olabilirlik Tahmini (Maximum Likelihood Estimator)
<b>OLS</b>	: Sıradan En Küçük Kareler (Ordinary Least Square)
<b>PDF</b>	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Probability Density Function)
<b>KKOK</b>	: Kendi Kendine Organize Olan Kritik

## 1. GİRİŞ

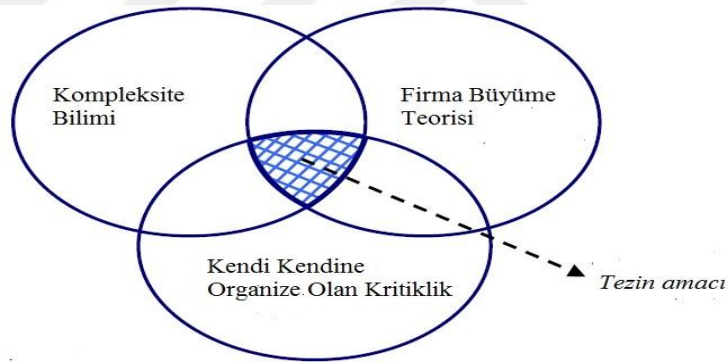
İktisat, iktisadi birimler arasında karşılıklı etkileşimlerin olduğu, karmaşık düzenlemelerin yer aldığı dinamik bir yapıdır. Ekonominin ana unsurlarından olan firmalar da zaman içinde değişen koşullara göre belirlenen dinamik bir yapıya sahiptir. Firmaların dinamik büyüme süreçleri ise hem endüstriyel organizasyon, insan kaynakları gibi iç bileşenlere, hem de rekabetçi stratejiler, pazarlama yaklaşımları, bölgesel davranış gibi dış bileşenlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle firmalar, diğer firmaların davranışlarını gözlemleyip, öğrenerek, kendi faydalarını arttırmakta ve diğer firmaların stratejileri ile rekabetçi davranışlarına göre ağ (network) bağlantıları ile davranışlarını belirlemektedir. Her firmanın bu değişim süreciyle oluşan kendine özgü morfolojisi ve büyüme karakteri olması, büyümenin biçimsel özelliklerinden bağımsız olan birtakım unsurların sistemin işleyiş ve düzeninde etkili olduğunu göstermektedir.

İktisatta, firmaların iç ve dış bileşenlere bağlı büyüme karakterinin geleneksel iktisat yöntemleriyle incelenmesi zordur. Çünkü geleneksel iktisat ajanların yarattığı kompleks örüntüyü incelemek yerine basit analitik çıkarsamalar üzerine odaklanmıştır. Bu nedenle firmaların dinamik performans örneklerinin kararlı bir evrim sergileyip sergilemediği veya firmaların iç tepki stratejilerinden ya da iş ortamındaki değişikliklere olan dış tepkilerden kaynaklanabilecek şok ve sıçramalar gösterip göstermediği konusunda yeni bir metodolojiye ihtiyaç duyulmuştur. Bu çerçevede dinamik büyüme ve öğrenme temelli ekonomide firmaların evrimi, kompleksite ve istatistiksel fizik açısından araştırılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda dinamik sistemler teorisinden ortaya çıkan yeni teorik ve metodolojik kavramlar ile firmalarda büyüme veya küçülme davranışlarını başlatan dönüm noktalarının ve kritik durumların belirlenip belirlenemeyeceği soruları ele alınmakta ve incelenmektedir. Bu çerçevede Bak, Tang ve Wiesenfeld (1987) ve Bak ve Chen (1991) “belirli denge sistemlerinin dışsal ajanlar tarafından kontrol veya manipüle edilmediği durumlarda, yapılar ve örüntüler geliştirebilme yeteneği” olarak tanımlanan oldukça genel nitelikte olan kendi kendine organize olma kavramına atıf

yaparak “kendi kendine organize olan kritiklik” (KKOK) kavramını ortaya atmıştır. Bu kavram fizik ve biyoloji yanında, ekonomi dahil sosyal bilimlerde pek çok kompleks sistemin dinamik davranışını açıklamak için kullanılmaya başlamıştır.

Bu çalışma kompleksite fizikçilerinin öne sürdüğü “uzun ömürlü kompleks sistemler düzen ve kaos arasında bir noktada mutlaka dengelenirler” hipotezini başlangıç noktası olarak almaktadır: Düzen ve kaos arasında kalacak uzun süreli bir iktisadi sisteme duyulan ihtiyaç başlıca sorunlardan biridir (Pueyo 2014). Bu kapsamda çalışmada, kompleks sistemler olarak iktisat ele alınarak, firma büyümesi kompleksitenin temel oluşum (emergence) özelliği olan KKOK bağlamında incelenmektedir (Şekil 1). KKOK sistemlerin dinamikleri yalnızca dış şoklar tarafından değil, ayrıca hem mikro hem de makro seviyelerdeki iç mekanizmalar tarafından da belirlenmektedir. KKOK yaklaşımı, kritik durumun ortaya çıkması için sistemin iç dinamiklerindeki hangi koşulların sistemin davranışında önemli ve yapısal dönüşümlere neden olduğunu incelemeyi amaçlamaktadır.



**Şekil 1: Tezin Amacı**

Bu çalışmada, iktisatta firma gibi kompleks dinamik sistemlerin KKOK özelliği gösterip göstermediğinin saptanması için, kompleks sistem davranışlarını belirleyen evrensel kanunlar olarak nitelenen ölçeksizlik ve güç kanunlarının firma dağılımlarının temel özelliklerini veren çalışılabilir bir yöntem olup olmadığı belirlenerek, firma dinamiklerinin KKOK durumu sergileyip sergilemedikleri ortaya konmaya çalışılmaktadır.

Çalışmanın beklenen katkıları üç alanda ele alınabilir: 1) Çalışma iktisatta, disiplinlerarası bir yaklaşım benimsemektedir. İktisat ve fizik disiplinleri arasındaki birleşimin kuvvetlendirilmesi 2) Firma büyümesi hakkında teori oluşturma çabalarına katkıda bulunulması ve 3) İktisatta ve özellikle firmalarda "kendi kendine

organize olma” kavramının tüm araştırma için çekirdek analitik paradigma görevini görmesidir.

Çalışma yedi ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümdeki giriş yer almakta olup, ikinci bölümde kompleksite teorisinin tanımına, kavramlarına ve özelliklerine değinilerek, iktisatta kompleksite olgusunun ortaya çıkışı, kompleksite iktisadının geleneksel iktisattan farkları ele alınmaktadır

Üçüncü bölümde, son zamanlarda geliştirilen ve kompleks davranışların dinamiklerinin aniden ve beklenmedik bir biçimde değişiklik gösterebileceği çeşitli çoklu gövdeli sistemlerde kendiliğinden gelişebileceğine dayanan KKOK kavramının fikir ve yansımaları incelenmektedir. Bu kapsamda, ölçekleme (scaling), KKOK kavramının tanım ve özelliklerine değinilerek, evrimsel dinamiklerin gelişimi ile ilgili “oluşum” (emergence) olgusu üzerinde yoğunlaşmakta, iktisadi sistemlerde KKOK’un varlığını belirlemeyi hedefleyen metodoloji tanımlanmaktadır.

Dördüncü bölümde, iktisatta evrimsel dinamiklerin gelişimi, iktisatta kendi kendine organize olma olgusu ile evrimsel iktisadi sistemlerde KKOK uygulamalarının genel görünümü verilmektedir.

Beşinci bölümde firmaların oluşumu ele alınarak, firmaların kompleks bir sistem olup olmadığına değinilmekte, firmaların dinamik yapısının göstergesi olan büyüme konusundaki yaklaşımlar değerlendirilmekte, büyümenin temelini oluşturan firma büyüklüğüne ilişkin istatistiksel fizik bağlamında büyüklük dağılımlardan bahsedilmekte, KKOK unsuru olarak firma büyümesine ilişkin model ve uygulamalar sonucunda firmaların KKOK olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği açıklanmaktadır.

Altıncı bölümde, Türkiye’deki imalat sanayi firmalarının dinamikleri 2000-2014 yılları arasındaki zaman zarfında incelenmektedir. Bu çerçevede firmaların büyüme ölçütü olan büyüklüklerin güç dağılımı gösterip göstermediği belirlenmekte, daha sonra firmaların büyümelerine bağlı büyüme kümelerinin arasındaki ilişkilerde güç dağılımı bulunup bulunmadığı analiz edilerek, firma büyümesinde KKOK varlığı belirlenmeye çalışılmaktadır.

Son olarak yedinci bölümde ise, sonuç ve değerlendirmeler yer almakta olup, ileriye dönük yorumlar ile çalışma sonlandırılmaktadır.

*Bütün, parçaların toplamından daha fazladır.  
The whole is more than the sum of its parts.  
— Aristotle*

*Şeylerin kompleksitesi- şeylerin içindeki şeyler - sonsuz görünmektedir.  
Yani hiçbir şey kolay değil, hiçbir şey basit değildir.  
The complexity of things — the things within things — just seems to be endless.  
I mean nothing is easy, nothing is simple  
— Alice Munro*

## 2. KOMPLEKSİTE TEORİSİ VE KOMPLEKSİTE İKTİSADI

### 2.1. Kompleksitenin Tanımı ve Kompleksite Teorisi

Kompleks sistemleri ayrıntıları ile incelemeyen önce, bir sisteme atfedilen “kompleks” teriminin kelime anlamının ne olduğunun bilinmesinde yarar vardır. Ayrıca, kompleksiteyi sadece mecazi ya da gerçek anlamı ile değil, matematiksel, bilimsel ve analitiksel olarak formel biçimde de anlamak önemlidir. Çünkü kompleksite konusu modern bilimin temel bölümlerinden birini oluşturmaktadır (Potts, 2007).

Öncelikle kompleks (complex) ve kompleksite (complexity) sözcüğünün kökenine bakılmalıdır. İngilizce “complex” kelimesi Latince birlikte veya bağlı anlamına gelen “cum” ve örülmüş veya kıvrılmış anlamına gelen “plexus” kelimelerinden türemiştir. Oxford İngilizce Sözlüğü “complex” terimini “parçalardan oluşan” ve “girift - kolaylıkla analiz edilmeyen veya çözülmeyen” olarak açıklamaktadır (Ameen ve Jacob, 2009). İngilizce “complexity” kelimesi de aynı şekilde Latince “complexus” kelimesinden gelmekte ve anlamı Marriam Webster sözlüğünde dolaşmak, bütünü karşılıklı etkileşimli veya karmaşık kısımlardan oluşması olarak tanımlanmaktadır (Koivisto, 2001, 4; Kuhn, 2009; Morin, 2005’den aktaran Abbasi, 2008).

Kompleksite teriminin Türkçedeki karşılığı olan “karmaşıklık”; Türk Dil Kurumu sözlüğünde “karmaşık olma durumu olarak tanımlanmakta”, sıfat olarak “karmaşık” kelimesi ise, “içinde aynı cinsten birçok öge bulunan, birbirine az çok aykırı birçok şeyden oluşan” ve “öğelerinin veya gerekli işlemlerin sayısının çokluğu, çeşitliliği yüzünden anlaşılması, yapılması güç olan, komplike” olarak tanımlanmaktadır. Ancak kompleksite kavramı, Türkçedeki “karmaşıklık” tanımından çok daha geniş bir anlam taşımakta ve içinde veriler, süreçler ve ilişkiler olan dinamik ve organik bir



yapıyı yansıtmaktadır. Bu nedenle, bu tezde karmaşıklık yerine “kompleksite” teriminin kullanılması tercih edilmiştir.

Ayrıca kompleksite ile komplike (complicated), komplikasyon (complication) ve çokluk (multiplicity) arasındaki ayrımın belirtilmesine de ihtiyaç vardır. Komplike olmak “karmaşık ve anlaşılması güç olmak” anlamına gelirken, komplikasyon teorik olarak indirgenebilirliğin (reducible) niceliksel bir artışıdır. Bundan başka komplike sözcüğünün, yaygın olarak farklı parçaların birbirleriyle iç içe geçmesi anlamında kullanıldığı görülmektedir. Bu tür komplike sistemlere, kısımlarının birbirinden ayrılıp, tekrar birleştirilmesinin mümkün olduğu saat, araba ve bilgisayar örnek olarak verilebilir. Kompleksite ise komplike (complicated) olma durumundan daha fazlasını ifade etmekte, farklı anlamlar içermekte ve belirli disiplinler bir tanımı bulunmaktadır (Potts, 2007; Martin ve Sunley 2007, 577).

Potts (2007) kompleks ile komplike arasındaki farkı aşağıdaki gibi bir denklem biçiminde tanımlamıştır.

Öğeler arasındaki bağlantılar kritik yapıdadır. Ajanlar arası bağlantılar bu şekildedir.	+	Basit kuralların sonuçları kompleks ve adaptif cevapları ortaya çıkarır.	+	Ajanların kurallar içinde cevap serbestliği vardır.	= <b>Kompleks</b>
Öğelerin her biri ve onların bağlantıları eşit olarak önemlidir.	+	Basit algoritma basit ve tahmin edilebilir cevaplar üretir.	+	Cevapların bileşenleri tamamıyla bellidir.	= <b>Komplike</b>

Potts (2007) gibi, Axelrod ve Cohen (2000) ile Pavard ve Dugdale (2000) da çalışmalarında, komplike ve kompleks arasındaki farka vurgu yapmıştır. Komplike bir sistem, bireysel davranışların toplamından oluşan kolektif davranışları olan çok sayıda genellikle çok yüksek unsurların toplanmasıdır. Başka bir deyişle, komplike bir sistem alt unsurlara ayrışabilmekte ve bu alt unsurların her birinin analiz edilmesi ile anlaşılabilir. Tam aksine, kompleks bir sistem ise sadece bütün olarak unsurların analiz edilmesi ile belirlenebilmekte, hemen hemen sistemi oluşturan kısımların sayısından bağımsızdır (Martin ve Sunley, 2007, 577). Eğer sistemi oluşturan parçaların analiz edilmesi ile bütün tamamıyla anlaşılmıyor ve sistemin bütünü kısımlarının toplamından farklılık gösteriyor ise sistemin kompleks olduğu söylenmektedir (Reitsma, 2002).

Kompleksite konusu ile hangi açıdan ilgilenildiğine bağlı olarak, kompleksitenin tanımı da değişebilmektedir. Bunun sonucunda literatürde tek bir kompleksite tanımı

bulunmamaktadır. "Bir sistem ne kadar ve ne derecede komplekstir?" soruları birçok alanda birçok bilim adamını meşgul eden ve halen tam bir açıklaması yapılamamış bir konudur. Bu soruların yanıtları kompleks sistemleri anlama yeteneğini artıracaktır (Edmonds, 1999).

Kompleksite kavramının orijini doğal bilimlerden gelmektedir. Kompleksite ve kompleks sistem üzerine doğal bilimlerde, ekonomide, sosyal bilimlerde ve dilbiliminde birçok çalışma yapılmaktadır. Ancak bilimsel olarak kompleksitenin tanımı, farklı bilimlerde değişik şekilde ele alınmıştır. Kompleksite kavramı üzerinde bir uzlaşma oluşmadığından, kompleksitenin standart tek bir tanımı bulunmamaktadır. Kompleksite, Lewis Carroll'un (1960) Alice Harikalar Diyarında/Aynanın İçinden, kitabının karakteri Yumurta Adam'ın (Humpty Dumpty) dediği gibi "Eğer ben bir sözcük kullanıyorsam, hangi anlama gelmesini istiyorsam o anlamda kullanırım. Ne bir eksik, ne bir fazla!" ifadesine benzemektedir. Bu nedenle olgunun disiplinlerarası soruşturulmasından dolayı, ne evrensel kabul gören tanımı, ne de kompleksiteyi neyin oluşturduğu konusunda etkili bir düşünce bulunmamaktadır (Nedopil, Steger ve Aman, 2010). Edmonds (1999) ve Lloyd (2001) kompleksiteyi tanımlamak ve ölçmek için 45 farklı biçimde liste oluşturmuşlardır.

Edmonds (1999) ve Lloyd (2001) kompleksite biçimlerini benzer şekilde şöyle özetlemektedir; ağ kompleksitesi, azaltılamazlık (irreducibility), boyut (dimensions) sayısı, bilgisayar ve matematik ile ilgili aritmetik kompleksite, psikoloji ile ilgili bilişsel kompleksite<sup>1</sup> (cognitive complexity), bağlantısallık (connectivity), bağlantı (loop) kompleksitesi, siklomatik kompleksite<sup>2</sup> (cyclomatic complexity), Kolmogorov kompleksitesi<sup>3</sup>, çekicilerin boyutu (dimension of attractor), kolay

---

<sup>1</sup> Bireylerin dünyevi algı ve değerlendirmeleri kompleksliğin belirlenmesinde bir değişken olarak kullanılmaktadır. Kişinin algılamada ve kategorize etmedeki duyarlılığını açıklamaktadır. Bilgi edinme ve bilinçli duruma gelme sürecinin öğrenme, davranış üzerindeki etkileri psikolojinin konusunu oluşturur (Couture, 2007).

<sup>2</sup> Yazılım ölçümü ile ilgilidir. Thomas J. McCabe tarafından 1976'da, yazılımların kompleksite düzeyini ölçmek üzere geliştirilmiştir. Siklomatik kompleksite ölçütü, bir modülün (sınıfın alt bileşeni) karar yapısının kompleksliğini ölçmeye yarar. Doğrusal olarak bağımsız karar patikalarının sayısını göstermektedir (Couture, 2007).

<sup>3</sup> Minimum tanımlama büyüklüğüdür. Kolmogorov kompleksitesi, stokastik kompleksite, Chaitin kompleksitesi, algoritmik entropi veya program boyu kompleksitesi olarak da bilinmektedir. Genellikle dilbilimi kompleksitesinin ölçülmesinde kullanılır. Daha uzun tanımlanan bir sistem, daha az kelime ile tanımlanabilen sisteme göre daha kompleks olarak değerlendirilmektedir. Bir sistem için uzun tanımın gerekliliği, daha fazla karşılıklı ilişki olduğu ve bu yüzden daha fazla kompleks olduğu yönündedir (Fredendall ve Gabriel, 2003). Kompleksite basit yapısal düzeyde

ayrıştırma (easy of decomposition), iktisadi kompleksite, enformasyon kompleksitesi, entropi, Goodman kompleksitesi; işlemsel kompleksite (computational complexity), hiyerarşik kompleksite, algoritmik kompleksite<sup>4</sup>, Horn kompleksitesi, hiyerarşik yaklaşımda ve ölçekteleme bilgi kazanımı ya da Kullback–Leibler uzaklığı (görelî entropi), Kauffman kompleksitesi<sup>5</sup>, Kemeny kompleksitesi<sup>6</sup>, mantıksal (logical) kompleksite, alt grupların minimum sayısı (minimum büyüklük); içsel ilişki sayısı, sonlu otomat (automata) sayısı, değişken sayısı, organize/organize olmayan kompleksite, Shannon enformasyonu, basitlik/sadelik, büyüklük, Sober's minimum ekstra enformasyon, sofistike olma (sophistication), tabular kompleksite, termodinamik derinlik, çeşitlilik, efektif ölçüm kompleksitesi, Fisher enformasyonu, gramer kompleksitesi, Lempel-Ziv kompleksitesi, topolojik (topological) kompleksite.

Söz konusu kompleksite ölçüleri birbirini dikkate almakta, aynı zamanda farklı yönlerden kompleksiteye değinerek birbirini tamamlamaktadır (Xing ve Manning, 2005). Bu yaklaşımlar birbirine karşı olmayıp, sadece seçtikleri hesaplama yöntemleri farklıdır (Fredendall ve Gabriel, 2003). Bununla birlikte, bu kompleksite biçimleri yaygın olarak birkaç grupta sınıflandırılarak ortaklaşa kullanılmaktadır (Lloyd, 2001; Rescher, 1998, 8-16): Bunlar, oluşum/yaradılış zorluğu, tanımlama zorluğu ve organizasyon derecesidir. Buradan hareketle, kompleksitenin genel tanımı, kısımlar arası ilişkilerin (etkileşimlerin) basit olmadığı, kısımların çeşitliliği ile sayılarının çokluğu olarak yapılmaktadır. Belirtmek gerekir ki kısımların kendisi

---

açıklama uzunluğu ile ölçülmektedir. Ancak, Kolmogorov kompleksitesi, sezgilere/mantığa/anlayışa aykırı olarak rassal dizelere (serilere) yüksek kompleksite değerleri atamaktadır (Page, 2011).

<sup>4</sup> Bir hesaplamayı gerçekleştirmek veya bir problemi çözmek için kesin işlemlerin sonlu kümesine algoritma denmektedir. Algoritmaların özelliklerinden biri de verimliliğidir. Algoritmanın verimliliğinin ölçütü ise, algoritmanın belirli bir giriş verisine karşın, problemin çözümü için bilgisayarın harcadığı zamanın ölçülmesidir. Diğer bir ölçü ise, belirli giriş verisine karşın bilgisayarın kullandığı bellek miktarıdır. Problemi çözmek için algoritmanın harcadığı zamanın analizi zaman kompleksitesinin, gerekli belleğin analizi ise yer (space) kompleksitesinin hesabını gerektirir. Yer kompleksitesi probleminin çözümü, algoritmayı gerçeklerken kullanılan veri yapıları ile bağlantılıdır. Algoritmanın zaman karmaşıklığı ise, belirli miktardaki giriş verisine karşılık, yapılan karşılaştırma, tamsayı toplama, tamsayı çıkartma, tamsayı çarpma ve bölme işlemleri ile diğer basit işlemlerin sayısı olarak hesaplanmaktadır (Türkyılmaz, 2011).

<sup>5</sup> Kauffman (1993) kompleksiteyi "çelişkili (conflicting) kısıtlamalar sayısı" olarak tanımlamaktadır. Tanım belirtilen kısıtlamalar veya "kurallar" içinde başarılı bir görev belirtmenin zorluğunu göstermektedir. Bununla birlikte tanım sadece yapısal kuralların kompleksite faktörü ile ilgilidir (Xing ve Manning, 2005).

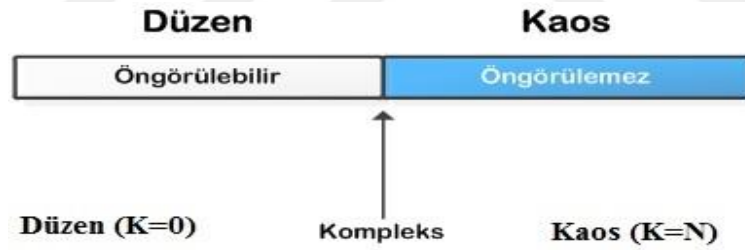
<sup>6</sup> Kemeny, izomorfik olmayan sonlu modellerinin sayısının logaritması temelinde ekstra mantıksal (extra-logical) doğrulama türüne kompleksitenin ölçümünü dayandırmaktadır. Bu, tarz ve yön olarak Goodman'ın kompleksite ölçümüne benzemektedir (Edmonds, 1999).

basit olabilir, ama aralarındaki ilişkiler basit değildir (Fredendall ve Gabriel, 2003; Rescher, 1998, 1).

Bu noktada “Bir sistem sırf çok sayıda parçadan oluştuğu için kompleks midir?” sorusu ortaya çıkmaktadır. Örneğin bir araba çok sayıda parçalardan oluşur, fakat arabanın davranışı basittir ve teknik anlamında kompleks sistem olmak için tasarlanmamıştır. Bir balonun içindeki çok sayıda hava molekülü genellikle bir kompleks sistem olarak anılmaz. Aynı şekilde, yüz milyar yıldız içeren bir galaksi de kompleks bir sistem olarak düşünülmez. Buna karşın, basit parçaların kompleks davranışları olabilir. Örneğin, bir arada uçan kuşlar, yürüyen insanlar, otoyoldaki trafik, Twitter’deki arkadaşlık ağı, beyindeki nöron ağı kompleks sistemlerdir. Genel olarak bir sistemi “kompleks” yapan şeyin, sistemin bir bütün olarak, bireysel bileşenlerden beklenmeyen davranışlar sergilemesi olduğu kabul edilmektedir.

Page (2011, 31–33) ise kompleksite ile ilgili tanımlamaları birleştirmekte ve kompleksiteyi sadece iki genel özellik ile açıklamaktadır;

1. Kompleksite kolayca tanımlanamaz, tahmin edilemez,
2. Kompleksite düzen ile düzensizliğin (rasgeleliğin) arasındadır (Şekil 2).



**Şekil 2: NK Uzayında, Durum Uzayı Eksenini**

**Kaynak:** Poots, 2007.

Burdan hareketle tamamıyla düzenli sistemlerde bütün ilişkiler belli ve kısımlar arasında sınırlı sayıda ilişki olduğundan kompleksite bulunmamaktadır. Aynı zamanda tamamıyla düzensiz sistemlerde bütün unsurlar öngörülemez şekilde hareket ettiklerinden kompleksite yoktur. Düzensiz sistemlerde birçok unsur bulunabilir, fakat unsurların öngörülemez olması, aralarında kesin bir ilişki olmaması anlamına gelir, yani sistem kompleks değildir. Sistemdeki unsurlar arasında düzenli ilişki, karşılıklı etkileşim varsa, kompleks sistem var demektir (Fredendall ve Gabriel, 2003).

Kompleksite kavramını tanımlarken, bazen deterministik (belirleyici) kaos teorisinin basit uygulamaları kompleks olarak adlandırılmakta, bazen de bir sistemi oluşturan parçalar arasındaki karşılıklı ilişki (interrelation) kompleksite ile ilişkilendirilmektedir. Bazı durumlarda ise, “oluşum” (emergence) varlığının üzerinde durulmaktadır (Kirman ve Salzona, 2005).

Rickles (2008) kompleksitede birleştirici (unificatory) yaklaşımlardan kaçınılması gerektiğini belirtmesine karşın, farklı hesaplamaları paylaşan bir temel varsayımın oldukça güvenli olduğunu belirtmiştir. Bunlar;

1. Bir kompleks sistem birçok alt birim içermeli,
2. Alt birimler birbiriyle etkileşimli olmalı
3. Alt birimler arasındaki bu etkileşim doğrusal olmamalıdır.

Buradan hareketle kompleksite için doğrusal olmama gerekli, fakat yeterli şart değildir (Rickles, 2008, 4-5). Kompleksite teorisi, kısmen doğrusal olmayan dinamik sistemler ve aynı zamanda stokastik dinamik sistemler üzerine çalışmalardan ortaya çıkmıştır (Potts, 2007).

Kompleksitenin ne olduğu konusunda Langton’dan (1989) alınan alıntı genel bir fikir oluşturmaktadır: *“Sistemlere neden oluştukları açısından değil, nasıl davrandıkları açısından bakmalısınız. Bunu yaptığınızda düzen ve kaostan meydana gelen iki uç olduğunu göreceksiniz. Atomların mekan içinde kilitli kaldığı katılar ve atomların rastgele biçimde birbiri üzerinden geçtiği sıvılar arasındaki farklılık gibidir. Ancak bu iki ucun tam ortasında, "kaos sınırı" adı verilen soyut bir evre geçişinde kompleksiteyi bulabilirsiniz.”* (Langton 1989’dan aktaran Waldrop, 1992, 293).

## **2.2. Kompleks Uyum Sağlayan Sistemler**

Kendi kendine organize olan ve dinamik davranışı basit durağanlıktan ve kaostan farklı olan, bazı doğrusal olmayan dinamik sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerin genel matematik terimi olarak tanımlanması kolay olmamakla birlikte, “kompleks uyum sağlayan sistemler” (complex adaptive systems-CAS) olarak adlandırılmaktadır (Albin, 1998, 14). Kompleks uyum sağlayan sistemler, açık, çevresiyle etkileşim süreciyle uyum sağlayan ve evrim geçiren doğrusal olmayan dinamik, yeni bilgiyi analiz etme ve değerlendirebilme yetisine sahip olan sistemler biçiminde tanımlanmaktadır (Foster, 2005; Mason, 2007, 18).

Kompleks uyum sağlayan sistemler, özü itibarıyla kendi kendini organize eder, uyum sağlar, öğrenir, çevre içinde yaşamak ve konumunu güçlendirmek için tepkiler verir. Uyum, öğrenme ve tepki sistemdeki her bir hiyerarşik kademede ortaya çıkar. Bazen bir kademede uyum, küçük dalgalanmalarla, bütün kademelerde uyum sağlama sürecini başlatır; burada bir çeşit içsel kelebek etkisi görülür. Kompleks uyum sağlayan sistemler, bu içsel doğrusal olmayan dinamikler yoluyla yaşamlarını sürdürmek için kendilerini sürekli olarak yeniden yaratırlar. Bir başka ifadeyle, kompleks uyum sağlayan sistemler kendi kendini organize eden davranış sergilerler, başlangıç koşullarına olağanüstü duyarlıdırlar ve optimum bir duruma nadiren gelebilirler.

Makro düzeyde uyum sağlama; oluşum (emergence) ve sistemi oluşturan adaptif davranışı temel alan kendi kendine organize olma (self-organization) ile karakterize edilir. Oluşan (emergent) yeni sistem davranışı başlangıç şartlarına çok duyarlıdır (Merali, 2006). Uyum sağlamak ve tahminde bulunmak için bir sistemin sağlam (robust) olması gerekir. Eğer bir sistem hassas ise, düzensizliğe karşı koyamaması nedeniyle parçalanacaktır. Bu nedenle eğer bir sistem düzensizlikler karşısında çalışmasını sürdürüyorsa, o sistemin sağlam olduğu belirtilir (Gershenson, 2007).

Bir sistem kendi kendini organize ediyorsa, çok sayıda ajanın hiç birinin yalnız olarak bulunduğunda sahip olmayıp, bir araya geldiklerinde oluşan (emergent) özellikler olan davranışlar gösterir. Oluşan (emergent) özellik durumuna örnek olarak, iki molekül hidrojen ile bir molekül oksijenin birleşmesinden su molekülünün oluşması verilebilir (Glenn, 2002).

Uyum sağlayan ve kendi kendini organize edebilen kompleks sistem fikri orijinal olarak doğa bilimlerinden geliştirilmiştir. Son yıllarda bu fikirler analogi<sup>7</sup> olarak değil, homoloji<sup>8</sup> olarak sosyal bilimlere yayılmıştır. Sosyal dünya (insanlar, politika, ticaret gibi) çok sayıda içsel bağlantıların olduğu en büyük ve en geniş biçimde kompleks uyum sağlayan sistemdir. Kompleks uyum sağlayan sistemlere örnek olarak pay senedi piyasası/borsalar, karınca kolonileri, biosfer ve ekosistem, beyin ve bağışıklık sistemi, hücre ve embriyonun gelişimi, tedarik zinciri, endüstri işletmeleri,

---

<sup>7</sup> Benzeşim, örneksene. köken ya da yapı olarak farklı olmaya karşın, benzer özellik ya da işlevdeki iki oluşum.

<sup>8</sup> Türdeşlik, Darwin ve takipçileri, homolojiyi “ortak bir atadan kalıtım yoluyla miras alınmış özellikler” olarak tarif etmişlerdir.

kültürel ve sosyal sistemde çaba gösteren sosyal gruplar (siyasi partiler gibi) verilebilir.

Teknolojik gelişmişlik düzeyi artıkça, yani, iktisadi sistemin toplam enerjisi yükseldikçe, sistemin kompleksitesi artmaktadır. Sistemdeki bağlar bilgiyi tanımlamakta ve birleşme biçimlerindeki değişimler, farklı yapı, örgüt ve teknolojileri oluşturmaktadır. Bu tür sistemler düzen ve kaos arasında sınırda (edge of chaos) yer alan sistemlerdir ve değişimlere kendi kendilerine uyum sağlarlar. Bu sistemlerin çalışmasına ya da davranışlarına müdahale çoğu zaman beklenmedik sonuçlara yol açar.

McMillan (2004) göre, kompleks uyum sağlayan sistemler, duruma göre uyum sağlamayı değiştirmeyi öğrenen, pasif olarak olaylara cevap veren bazı kendi kendine organize olan sistemlerden farklıdır. Çünkü kompleks uyum sağlayan sistemler, uyum sağlarken pasif olarak olaylara cevap vermez, aktif olarak her hangi bir durumdan faydalanmayı gerektirir. Gell-Mann'a (1994) göre, kompleks uyum sağlayan sistemler, çevresiyle etkileşimli, deneyimlerden öğrenen ve sonra uyum sağlayan örüntüyü (pattern) aramaktadır. Bundan başka, kompleks uyum sağlayan sistemler geleceği tahmin edebilir. Waldrop (1992) kompleks uyum sağlayan sistemlerin deneyim kazandıkça sürekli olarak kendini ele alıp ve yeniden organize olduğunu belirtmiştir.

Tüm bu açıklamalara karşın, bilimsel literatürde kompleks uyum sağlayan sistemler ile kompleks sistemler arasındaki ayırım her zaman açık değildir. Santa Fe Enstitüsünün kullandığı “kompleks uyum sağlayan sistemler”, “kompleks sistemlere” göre genellikle daha kapsamlı gözükmektedir (Couture, 2007, 16).

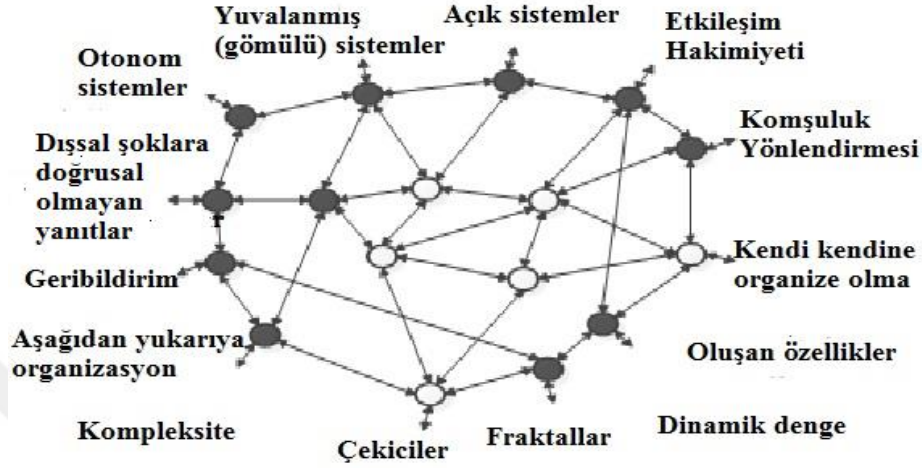
### **2.3. Kompleks Sistemlerin Özellikleri**

Kompleks sistemler, deterministik sistemler ve sibernetik<sup>9</sup> sistemlerden önemli ölçüde farklılık gösterirler, çünkü sistemin unsurları arasındaki etkileşimler, özelliklerinden daha fazla önem arz etmektedirler. Sistem teorisyenleri (örneğin:

---

<sup>9</sup> Sibernetik veya güdüm bilimi, canlılar ile kendi kendini düzenleyen makinalar arasındaki çalışma benzerliklerini araştırmaktadır. Yaşayan organizmalarla ve makinalarda kontrol ve haberleşme ile alakalı bilimlerin karmaşıklığını ifade etmek için kullanılmaktadır (Wikipedia, [01.07.2016]). Sibernetik terimini ilk kez 1834 yılında Fransız matematikçi ve fizikçi André-Marie Ampère kullanmıştır. Terim günümüzdeki anlamını ise, modern sibernetiğin kurucuları arasında olan Amerikalı matematikçi ve felsefeci Norbert Wiener 1948 yılında yapmış olduğu tanımlamadır.

Mandelbrot, Bak, Axelrod, Watts, Scott, Strogatz) fiziksel, biyolojik, iktisadi veya başka bir yapıdan olmasına bakılmaksızın kompleks sistemlerin tipik temel özellikleri olduğu konusunda görüş birliği içindedirler (Noell, 2007). Kompleks sistemlerin birçok spesifik özellikleri olup, önemli olanlar Şekil 3'de gösterilmektedir.



**Şekil 3: Kompleks Sistemlerin Önemli Özellikleri**

**Kaynak:** Noell, 2007.

Kompleksite teorisi, sistem ve kaos teorisinin bir uzantısıdır ve kavramsal temellerini buradan almaktadır (Glenn, 2002, 3). Bu nedenle kompleksite ve kaos teorisinin kendine özgü anahtar niteliği taşıyan temel kavramlarının çoğu her iki teoride de kullanılmaktadır. Bu özellikler birbirleriyle o kadar içiçe geçmişlerdir ki, bunları anlamadan kaos ve kompleksite teorisini anlamak ve yorumlamak mümkün değildir (Abbasi, 2008, 31). Kompleksiteye dayalı yazında genellikle şu kavramlarla karşılaşılır; kendi kendine organize olma, kaos eşiği, güç kanunu ölçeklemesi, fraktallar ve diğer özbenzeşimler (self similarity), uyum sağlama (adaptability), parçacık sistemlerinin karşılıklı etkileşimi, karşılıklı bağımlılık (interdependence), istatistiksel mekanik, ortalama alan teorisi (mean field theory), ergodik olmayan<sup>10</sup> sistemler, büyük sayılar kanununun bozulması, doğrusal olmama, oluşum (emergence), bağlantısallık (connectivity), geribildirim (feedback), dengeden uzaklık, mekânsal ve zamansal bağımlılık, birlikte evrim (co-evolution), çatallanma ve yüzlerin değişimi (bifurcation and face changes), garip çekiciler (strange

<sup>10</sup> Ergodik sistemler için ortalamalar oldukça iyi tanımlanmıştır. Sistemi açıklayan koşullu olasılık ifadeleri, sistemin ortalama veya uzun vadedeki davranışını benzersiz bir şekilde karakterize etmezse, sistem ergodik değildir (Durlauf 2005).



attractors), patika bağımlılığı (path dependency)<sup>11</sup>, ölçek (scale), başlangıç durumuna duyarlılık, örüntüler, evrensellik, yitigen yapılarıdır<sup>12</sup> (Abbasi, 2008). Bu kavramlar bir çeşit “komplekslik sözlüğünü” ve aynı zamanda kompleks sistemlerin özelliklerini oluşturmaktadır.

Kompleks sistemlerin söz konusu ortak özellikleri farklı şekillerde gruplanmaktadır. Martin ve Sunley (2007) ana gruplar olarak kompleks sistemlerin özelliklerini Tablo 1’deki gibi sınıflamaktadır.

**Tablo 1: Kompleks Sistemlerin Genel Özellikleri**

Özellikler	Yorumlar
<b>Dağınık yapı</b>	Sistemin unsurları arasındaki fonksiyonlar ve ilişkiler çok çeşitli ölçeklerde dağınık, bu sisteme yüksek derecede dağınık (dispersed) bağlantısallık verir.
<b>Açıklık</b>	Kompleks sistemler diğer sistemlerle sürekli enerji, madde ve bilgi alışverişinde buldukları için açıktır, çevrelerinden izole değildir. “Açıklık” özelliği nedeniyle kompleks sistemlerin sınırlarını belirlemek zordur.
<b>Doğrusal olmayan dinamikler</b>	Sistem unsurları arasında birçok kompleks geribildirim ve karşılıklı etkileşimler yüzünden kompleks sistemler doğrusal olmayan dinamikler sergilerler. Kompleks sistemler böylece sıklıkla patika bağımlılığıyla nitelendirilirler. Büyük değişimlerin küçük etkileri olur ya da hiç etkisi yoktur, buna karşın küçük değişimler büyük sonuçlara neden olabilir. Sebebin boyutuyla etkinin boyutunun ilintisiz olması, kompleks sistemleri tamamiyle öngörülemez yapar.
<b>Sınırlı fonksiyonel ayrışma</b>	Yüksek derecede bağlantısallık içermesi, açıklık ve dinamik yapısından dolayı, bir kompleks sistemin denge unsurlarına doğru ayrışması sınırlıdır. Sistemin unsurları arasındaki etkileşimlerin örüntüleri, doğrusal olmayan ve dağıtılmış yapısı, kendisini zamanla yeniden yapılandırmasına olanak tanımaktadır.
<b>Oluşum ve kendini organize edebilme</b>	Oluşum veya kendi kendini organize olma özellikleri dinamik bir sistem tarafından bir bütün olarak sahip olunan, ancak onu oluşturan parçalar tarafından sahip olunmayan özellikler olarak tanımlanabilir. Kendini düzenleme sistemin çeşitli unsurları etkileştikçe ve geribildirimlerle gerçekleşmektedir.
<b>Uyumlu davranışlar ve uyum sağlama</b>	Sistemin verimliliğini tehdit eden çevresel rahatsızlıklara karşı, kendisini veya çevresini değiştirme kabiliyeti adaptasyon olarak nitelenir. Kendi kendini organize etmekle ilgili süreçler, kendi yapılarını ve dinamiklerini uyarlayabilme potansiyeli olan kompleks sistemlerin, gerek dış çevredeki değişimlere cevap vermesi, gerekse birlikte evrimleşen mekanizmalarla veya kendi kendini organize eden kritiklik cevapları ile oluşmaktadır.
<b>Deterministik ve çözülebilir olmamak</b>	Kompleks sistemler temel olarak deterministik değildirler. Bütün parçalarının işlevleri bilinse bile, davranışlarını tamamen sezmek mümkün değildir. Ama bu durum, sistemlerin davranışlarının rassal olduğunu belirtmez.

**Kaynak:** Martin ve Sunley, 2007.

<sup>11</sup> Geçmişin bugün üzerindeki belirleyici etkisini vurgulayan bir kavramdır. Patika bağımlılığı (tarihsel bağımlılık) geçmişte alınan kararların bugünün koşullarında geçerliliğini yitirmiş olmaları durumuna bile devamlılık göstermesini açıklamaya çalışmaktadır.

<sup>12</sup> Kompleks sistemler yitigen yapılar (dissipative structures), yani dış baskılara ve doğrusal tipte yönlendirmelere cevap vermeyen yarı sabit ayarlamalardır. Yitigen yapılar doğrusal olmayan mantığa göre işler. Yitigen bir yapı örnek olarak belirli konumlarda önemli derecede dış baskıyı emip, başka bir konumda ise küçük etkiler altında ciddi şekilde değişebilir (Amagoh, 2008).

Robert ve Yoguel (2013) ise, kompleksitenin farklı tanımlarında mevcut olan öğeleri sentezleyerek; i) mikro-heterojenite, ii) etkileşimler, iii) ağ mimarisi, iv) dengesizlikler ve farklılıklar ve iv) oluşum (emergence) olarak beş grupta toplamıştır. Söz konusu özellikleri ise ontolojik olarak Tablo 2'deki gibi alt unsurlara ayırmıştır.

**Tablo 2: Kompleksitenin Ontolojik Özellikleri**

<b>I. Mikro Heterojenite</b>	1. Ajanların evrimsel heterojenitesi
	2. Öğrenme ve adaptasyon
	3. Sistemler arası heterojenite (mikro-meso)
<b>II. Etkileşimler</b>	4. Unsurlardan çok bağlantılar önemli
	5. Yerel ve kısmi bilgi.
<b>III. Ağ yapısı</b>	6. Hiyerarşik organizasyonlar
	7. Ayrılabilir modüler yapı
<b>IV. Dengesizlik ve farklılık</b>	8. Pozitif geribildirim
	9. Denge dinamiklerinden uzaklık
	10. Belirsizlik ve değişkenlik
	11. Patika bağımlılığı, dönemsel olmama
<b>V. Oluşum</b>	12. Global optimum eksikliği
	13. Çok ölçekli analiz
	14. Yenilik
	15. Makro düzenlilik ile tutarlı mikro değişkenlik

**Kaynak:** Robert ve Yoguel, 2013,195.

**Birinci** özellik mikro-heterojenite boyutu, sistemlerin unsurların farklı özelliklerine, alt sistemlere (mikro-meso), sistemlerin davranışına ve performansına değinmektedir. Sistem unsurlarının farklılık oluşturma, uyum sağlama ve gelişme yetenekleri ile ilgilidir. **İkinci** etkileşim boyutu, sistemin unsurlarının karşılıklı etkileşimini ele almaktadır. Sistemin global dinamikleri açısından, sistemlerin karşılıklı etkileşimlerin karakteristikleri, unsurların karakteristiklerine göre daha önemlidir. **Üçüncü** ağ yapısı boyutu kompleks sistemlerin içinde buldukları etkileşimler ve bağlantılar ağının mimari türü ile ilgilidir. Bilginin sistem içinde, sistemler ve çevre arasındaki dolaşım karakteristiklerini ağ yapısı belirlemektedir. **Dördüncü** özellik dengesizliklerdir. Kompleks sistemler denge dışıdır; düzen vardır, ancak bu denge durumu anlamına gelmemektedir. Geri besleme süreçleri, sistemin heterojen unsurları ve sistemin çevre arasındaki etkileşimleri ile ortaya çıkmaktadır. Bu durum sistemlerin neden dengeden uzak dinamiklere sahip olduklarını açıklamaktadır. Sistem dinamikleri başlangıç koşulları ile ilişkili olup, patika bağımlılığına sahiptir. Söz konusu ilişki farklı patikalara ve bağımlı durumlara neden

olan dinamikleri yaratmakta ve bu nedenle tek bir denge bulunmamaktadır. Son olarak **beşinci** oluşum (emergence), analizlerin farklı ölçeklerindeki çoklu karşılıklı etkileşimler sonucu gelişen özelliklerdir. Kompleks sistemlerin çeşitli zaman ve mekan ölçekleri göstermesi gerçeği, her bir ölçeğin doğrusal bir biçimde daha düşük ölçeklerden türetilmeyeceği, her birinin her bir durumda spesifik özelliklere sahip olacağı anlamına gelmektedir (Robert ve Yoguel, 2013 ve 2014).

Tüm anlatımların sonucunda, henüz bir kompleksite teorisi oluşturacak genel olarak kabul edilmiş kanun benzeri kesin ifadelerin mevcut olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte kompleks sistemler, karşılıklı etkileşimlere evrimleşen, iç yapılarını anında düzenleyebilmelerini sağlayan uyum sağlama kapasiteleriyle kendi kendini organize eden davranışların ortaya çıkması ile belirlenebilmektedir.

#### **2.4. İktisadi Sistemlerde Kompleksite**

Kompleks sistemler ile ilgili buraya kadar yapılan açıklamalar, kompleksite teorisinin temelini, sosyal dünyanın kompleks, dinamik sistemleri içermesi nedeniyle iktisat dahil diğer sosyal bilimlere, kurum teorisine ve iş stratejisine uygulanabileceğini düşündürmektedir. Sosyal bilimlerdeki geleneksel yaklaşımların, teknoloji, iletişim ve ulaşımdaki hızlı gelişmelerle güdülen sosyal ve ekonomik yaşamın gittikçe artan kompleksitesinin gerisinde kaldığı iddia edilmektedir. Kompleksite toplumdaki istikrarlı ve karşılıklı olarak birbirini destekleyen etkileşimler ağına odaklandığından sosyal, siyasal ve ekonomik etkileşimleri içerdiği kabul edilmektedir. Ekonomi ve politika dünyasının kompleks ve dinamik olduğu tartışılmaz bir gerçektir; ancak hangi geleneksel doğrusal modellerin ve tahminlerin yetersiz olduğu veya kompleksite teorisinin boşlukları doldurmada ne kadar iyi olacağı belli değildir (Levy, 2000).

İktisatta birbirini etkileyen ve birbirinden etkilenen birçok unsur vardır. Tek bir firmadan global ekonomiye, iktisadi ve sosyal sistemin hepsi kompleks biçimde çeşitli nedenlerle birbiriyle etkileşimli aktörleri içermektedir. İktisadi sistemler, etkileşim içindeki çok sayıda ajan içerdiklerinden kompleks, evrimleşen sistemler olarak ele alınmaktadır. Makro seviyede kompleks yapılar çok sayıda ve birbirleri ile ilişki içindeki bileşenlere sahiptirler. Niteliksel açıdan bu bileşenler arasında öngörülemez dinamiklere neden olabilecek etkileşimler mevcuttur. Bu etkileşimler

interaktif olup, bir dönemdeki çıktı, gelecek dönemin başlangıç noktasını oluşturmaktadır, yani patika bağımlılığı söz konusudur (Levy, 2000).

İktisadi sistemler “yavaş güdülen, etkileşim egemenliğinde eşik sistemleri” olarak da tanımlanabilir. İktisadi faaliyetler, tamamen olmasa bile, büyük ölçüde etkileşim egemenliğindedir; değişiklikler genelde yarı kararlı yapıların evrilmesine ve zaman ölçülerinin ayrılmasına izin verecek kadar yavaş (veya hızlı) gerçekleşmektedir (Noell, 2006).

İktisadi ajanların birbiri ile etkileşime girdiği her durumda, örneğin varlık fiyatlarında, döviz kurlarında, açık artırmada, borsalarda, ürün piyasalarında ve endüstrilerde etkileşimlerin genel sonuçları ve trendleri çok sayıda faktöre bağlı olduğundan tahmin edilmesi zordur. Özellikle iktisadi ajan sayısı arttıkça, ajanların heterojenitesi çoğalmakta, etkileşimler yoğunlaşmakta ve karşılıklı etkileşim süresi uzun oldukça daha fazla yan etki ortaya çıkarak, geri bildirim tepkileriyle iktisadi yapılar üzerinde etkisi olacak amaçlanmamış sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. İktisadi ajanların (üreticiler, tüketiciler, politika oluşturanlar ve kurumlar) etkileşimleri ve karakteristikleri sürekli değişen veya evrim geçiren kurallara göre hareket eden dinamik iktisadi yapılar şeklinde zamanla organize olmakta ve şekil almaktadır (Noell 2007, 219). Sistem teorisi açısından bakıldığında, söz konusu koşullar altında sistem elemanlarını oluşturan iktisadi ajanların etkileşimlerinin ve kendi kendini organize eden güçlerin kompleks bir sistem oluşturduğunu söylemek mümkündür.

Kompleks sistemler, yapıları gereği iktisatta doğal olarak ortaya çıkmaktadır. Bankalar, tüketiciler, firmalar veya yatırımcılar gibi iktisadi ajanlar satın alma kararlarını, piyasa hareketlerine, fiyatlara ve beklentilerin oluşturdukları duruma göre sürekli olarak düzenlemektedir. Ancak spin<sup>13</sup> camda yerel manyetik alana her zaman bir tepki veren iyonlardan farklı olarak, iktisadi "ajanlar" gösterecekleri davranışların sonucunu öngörecektir strateji ve beklentiyle hareket etmektedir. Bu özellik iktisada doğa bilimlerinde bulunmayan bir kompleksite katmanı eklemektedir (Arthur 1999, 1).

---

<sup>13</sup> Spin, kütle, yarıçap ve hızın çarpımına eşit olan açısal momentumdur. Kuantum mekaniğine göre, her bir parçacığın toplam spinini sabittir; ancak spinin yönü sabit değildir (Hoof, 2008). Spin camı, ferromanyetik, (demir, nikel, kobalt ve alaşımlarını içeren maddelerin kuvvetli bir şekilde mıknatıslardan etkilenmesidir) bağlar arasına rastgele ferromanyetik olmayan bağlar yerleşmesiyle oluşan, spinlerin rastgele yönlerde donmaları sonucu oluşan bir sistemdir. Spin camı fazında zamana göre düzen, konumuna göre deterministik bir kaos altında düzensizlik, yani toplamında rastgele donmuşluk vardır. Burada konuma göre bir rastgelelik mevcuttur.

Çalışmanın 1.1. Bölümünde ayrıntılı olarak belirtildiği gibi fizikçi Lloyd (2001) tarafından ifade edilen 45 farklı kompleksite tanımı olmakla beraber, ancak bu tanımlardan az bir kısmı iktisat için uygun ve geçerlidir. İktisatta kullanılmaya uygun üç farklı kompleksite tanımı bulunmaktadır. Bunlar basit kompleksite (complicatedness), dinamik kompleksite ve hesapsal (computational) kompleksitedir (Rosser, 2010). İktisadi anlamda kompleksite ise, daha çok yapısal olarak karmaşıklaktan bahsedilmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu çerçevede kompleksite iktisadında iktisat, birbirini etkileyen parçacıkların birleşimi ve onlar arasındaki ilişkiyi inceleyen kompleks uyum sağlayan sistemler olarak tanımlanmaktadır. Teknolojik gelişmişlik düzeyi arttıkça, yani, iktisadi sistemin toplam enerjisi yükseldikçe, sistemin kompleksitesi artmaktadır. Dinamik kompleksite, durağan bir sistemin zaman farkından oluşmakta ( $dl/dt$ ) ve zaman içinde (deterministik bir süreç olarak) sistem durumunun nasıl değiştiğini göstermektedir. İktisatta büyüme eşitlikleri dinamik sistemlerdir. Bu nedenle iktisatta büyüme, kompleksitenin kaynağını oluşturmaktadır (Potts, 2007).

Kompleksite iktisadı, dünyayı makinadan çok yaşayan ve belli özelliklere sahip bir organizma olarak görmektedir. Değişen ve statik formda kalmayan bir dünyada ekonomiye genellikle gelişen/evrimleşen, kendi kendine organize olan ve kendisini meydana getirenlerin toplu davranışlar nedeniyle oluşumun (emergence) yaşandığı bir kompleks sistem biçiminde bakılmaktadır. Kompleksite iktisadının bu tanımı aynı zamanda Santa Fe yaklaşımı (Amerikan bakış açısı) olarak adlandırılmaktadır. Benzer yaklaşım Holland'ın (2002) kompleks uyum sağlayan sistem paradigmasını kullanan ajan bazlı hesapsal iktisatta da (agent-based computational economics-ACE) bulunmaktadır. Fakat ACE nesneye yönelik (object-oriented) “aşağıdan yukarıya” kurulmuş bir iktisadi model tasarlayan bilgisayar simülasyonu kullanımına yoğunlaşmıştır (Zaman, 2005). Hem Santa Fe, hem de ACE yaklaşımı ile amaç, ajanların yerel bilgilerinden ve yerel etkileşimlerinden global ekonomik olgunun nasıl yükseldiğini belirlemektir. Bu çıkarımlar ekonomide global yada merkezi kontrol olmadığının kanıtıdır. İktisadi bir ağda global düzenler, tamamıyla yerel adaptif otonom ajanların ya da kurumların karşılıklı ilişkilerinden çıkmaktadır.

Kompleksite perspektifi iktisatta nedir? Bu kompleksitenin tanımında da görüldüğü gibi, cevap verilmesi kolay bir soru değildir. Bunun anlamı hala araştırılmaktadır. İktisat yazarları arasında iktisat içerisindeki kompleksitenin önemi ve anlamı

hakkında tek bir tutarlı görüş bulunmamaktadır. Bunun yerine, bir araya getirildiğinde iktisat içerisinde kompleksitenin mevcut anlamını oluşturan birbirleri ile ilgili konulara dayalı ortak noktalar bulunmaktadır.

Arthur, Durlauf ve Lane (1997, 3-4) ise, çalışmalarında iktisatta kompleksite yaklaşımını tanımlamak için ekonominin 6 özelliğine dikkat çekmektedir. Bunlar;

1. Heterojen ajanlar arasında dağınık etkileşim
2. Global kontrolün olmaması
3. Kesişen (cross-cutting) hiyerarşik organizasyon
4. Devamlı öğrenen ve evrim geçiren, uyum sağlayan ajanlar
5. Ekolojik sistemde yeni piyasalar, teknolojiler, davranışlar kurumlar olarak sürekli yenilik yaratılması
6. Dinamik dengesizlik, ya da birçok dengeli dinamikler ve asla global optimuma yakın olmayan sistemlerdir.

Durlauf (2005) ise kompleksitenin dört özelliğinin sosyal bilim ile ilgili olduğunu görmüştür. Bunlar; ergodik olmama (non-ergodic), evre geçişi, oluşum (emergence) ve evrenseldir. Bu özelliklerin her birisi kompleks bir sistemde oluştuğunda, sosyoekonomik olayların anlaşılmasında büyük önem taşıyacağını ve iktisadi kompleksitenin farklı ampirik yönlerini değerlendirmek için kullanılabileceğini belirtmiştir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kompleksite iktisadı ile ilgili problemlerin üç konuda ortaya çıktığı görülmektedir (Perona, 2007):

1. Birden fazla kompleksite kavramının ve tanımının bulunması; Kompleksitede birbirleriyle rekabet içindeki çeşitli görüşlerin bulunması ve bu görüşlerin kapsamının ve türlerinin başarılı bir biçimde açıklığa kavuşturulmamış olması,
2. İktisatçıların kompleksitenin, iktisadın ve iktisadi modellerin bir özelliğiymiş gibi çelişkili davranmaları,
3. Geleneksel teorinin başarısızlıklarına ortodoks ve heterodoks olarak kompleksite iktisadının cevabının belirsiz olması; ayrıca kompleksitenin hem geleneksel hem de heterodoks iktisatçıları tarafından benimsenmiş gibi gözükmemesidir.

## 2.5. Kompleksite İktisadı ile Geleneksel İktisat Arasındaki Farklar

Neoklasik (ana akım/geleneksel) iktisat modellemesi, halen geleneksel bilimi etkisi altına alan 19. yüzyıl fiziğinden alınan paradigmaları izlemektedir. Bu çerçevede neoklasik yaklaşımın yaygın olarak bilinen temel unsurları; genel denge kavramı, evrimsel olmayan dinamikler, çok iyi tanımlanan tercihler, tam rasyonalite ile şekillendirilmiş ajanların beklenen faydalarını maksimize ettiği optimizasyon teorisidir. Ayrıca neoklasik iktisatta artan getiri bulunmamakta, üretim setinin dışbükey (konveks) olduğu öngörülmektedir. Tercihlerin dışbükeyliği ile birlikte marjinalist yaklaşım kabul edilmiş, toplulaştırılmış davranışları analiz ederken temsili ajan kullanılmıştır. Tüm bunlar aynı zamanda neoklasik yaklaşımın hipotezlerine olan itirazları oluşturmaktadır (Kirman ve Salzona, 2005).

Kompleksite paradigması, tam bilgi, azalan getiri ve bir kurum adına hareket eden tek bir rasyonel vekilin varlığı gibi geleneksel neoklasik iktisadın bazı temel varsayımlarını reddetmektedir (Levy, 2000). İktisadi analiz açısından, iktisadi olguların neoklasik iktisat çerçevesinde grafik ve birkaç eşitlikle temsil edilecek kadar basit olmadığı kabul edilmektedir (Zaman, 2005).

Bu durumda kompleks iktisat nedir? Öncelikle kompleks iktisat asla bir denge değildir. Çünkü iktisat sürekli olarak kısa süreli hareketleri etkileyen hem dışsal, hem de içsel şoklara maruz kalmaktadır. Sistemde kuvvetli bozulmaların olmadığı hallerde bile, ekonomik değişkenlerin (fiyat, miktar, maaş, varlık bedelleri) denge değerlerinden önemli biçimde sapmasına neden olan, yerel doğrusal olmayan rezonanslar sıklıkla yaşanmaktadır (Gintis, 2006). Bu sapmalar zaman serisi olarak, genellikle neoklasik teorisinin Gauss dağılımlarına zıt olarak, kompleks sistemlerin güç kanunlarının “şişman kuyruk” özelliklerine sahip olmaktadır (Farmer ve Lillo, 2004).

İktisadi sistemlerdeki negatif döngüleri içeren neoklasik modeller, genel olarak sistemleri dengeye götürme eğilimindedirler. Ev talebindeki bir artış ev fiyatlarını artırırken, oluşan bu fiyat etkisi evlerin gelecekteki taleplerini azaltıcı yönde bir etki yapan negatif bir geri besleme sürecini göstermektedir. Bu anlamda neoklasik ekonomik modellerin çekirdeğinde yer alan negatif geri besleme süreçlerinin sistemleri stabilize edici işlev gördüğü ileri sürülebilmektedir (Page, 2011).

Beinhocker (2006) kompleks ekonomide “Tek Fiyat Kanunu” nun geçersiz olduğunu vurgulamıştır. Örnek olarak, ekonomiler nadiren dengede olduğundan, çoğu üretim, ticaret ve tüketim denge dışında gerçekleşmektedir. Bu nedenle en azından Walrasyen ekonominin bir şekilde dengeye ulaştığı gerçeğiyle kıyaslandığında Pareto-suboptimaldir (Gintis, 2006).

Kompleksite iktisadına bakıldığında daha çok doğrusal olmayan modelleri, çoklu dengely ve heterojen ajanları içeren yapıları kapsadığı görülmektedir. Kompleksite iktisadının öne çıkardığı heterojen ajan, sınırlı rasyonellik, kompleks uyum sağlayan sistemler, hesapsal iktisat (ACE) ve simülasyon tekniklerindeki hızlı gelişim, giderek yerleşik iktisadı daha fazla etkilemeye başlamıştır.

Geleneksel iktisat teorisi, ajanların yarattığı biçimlerin oluşumunu (emergence) incelemek yerine, analitik çözümler bulmak amacıyla sorduğu soruları basitleştirmeyi tercih etmiştir. Örneğin, genel denge teorisi “üretilen ve tüketilen ürünlerin hangi fiyatları ve miktarları ekonomi piyasalarındaki fiyatlar ve miktarların toplam şekliyle tutarlı olduğunu” sorusunu sormaktadır. Oyun teorisi “hangi stratejiler, hareketler veya tahsisler söz konusu stratejiler, hareketler ve tahsislerin işaret edebileceği potansiyel sonuçlarla tutarlı olduğunu” sorgulamaktadır. Rasyonel beklentiler teorisi, “hangi beklentilerin söz konusu beklentiler ve tahminlerle birlikte yarattığı sonuçlarla tutarlı olduğunu” araştırmaktadır. Bu nedenle geleneksel iktisat, hangi davranışsal unsurların (eylemler, stratejiler, beklentiler) ortaklaşa yarattığı toplam biçimlerle uyumlu olduğunu, yani davranışsal dengely fazla tetiklemeyecek tutarlı biçimleri incelemektedir. Santa Fe Enstitüsü, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT), Stanford, Şikago ve diğer enstitülerdeki iktisatçılar eylemler, stratejiler veya beklentilerin genel anlamda bunların yarattığı toplam biçimlere nasıl tepki vereceği, bunlarla birlikte nasıl içsel biçimde değişeceği sorusunu yönelterek söz konusu dengely genişletmektedir. Sonuç olarak kompleksite iktisadı, standart iktisadi teoriye bir ilave değil, daha geniş ölçekte dengesizlikleri dikkate alan bir teoridir (Arthur, 1999).

Neoklasik teori ve kompleksite iktisadı arasındaki farklılıkları Beinhocker (2006) ve Montgomery (1999) aşağıdaki gibi belirtmektedir. Bu farklılıklar ayrıca Tablo 3’de özetlenmektedir.



**Tablo 3: Neoklasik ve Kompleksite İktisadı Arasındaki Farklar**

	<b>Neoklasik İktisat</b>	<b>Kompleksite İktisadı</b>
<b>Doğa bilimlerindeki kökenleri</b>	19. yüzyıl Newton fiziğini temel alır (denge, durağanlık, belirleyici dinamikler).	Biyolojiyi (yapı, örüntü, kendi kendine organize olma, yaşam döngüsü), termodinamik ve kompleksite bilimini temel alır.
<b>Ajanlar</b>	Ajanlar homojendir, toplu olarak modellenir; karar vermek için kompleks tümdengelimci hesaplamaları kullanır; tam bilgi vardır, piyasa temizleyen (market clearing) fiyat ile sadece etkileşimdedir; hata ve önyargı yoktur; halihazırda mükemmeliyet olduğundan öğrenme ve uyum göstermeye ihtiyaç yoktur.	Ajanlar heterojendir, bireysel olarak modellenir; karar vermek için temel kural tümevarımı kullanır; eksik bilgi vardır; hatalar ve önyargılar söz konusudur; zaman boyunca uyum sağlar; sonsuz ikili etkileşim vardır, direkt etkileşim ilişkilerde geribildirim izin vermektedir.
<b>Ağlar</b>	Ajanlar birbiriyle piyasa mekanizmaları ile dolaylı olarak etkileşim içindedir.	Ajanlar arasında birbirini etkileyen ağlar açık olarak modellenir; ilişkiler ağı zamanla değişir.
<b>Oluşum (Emergence)</b>	Mikro ve makroekonomi ayrı disiplin olarak ele alınmıştır.	Mikro ve makroekonomi arasında ayırım yoktur. Makro örüntüler mikro düzeyde davranışlar ve karşılıklı ilişkiler sonucunda ortaya çıkar.
<b>Evrim</b>	Endojen (içsel) olarak yenilik yaratacak mekanizmalar veya düzen içinde büyüme ve kompleksite yoktur.	Farklılaşmanın evrimsel süreçleri, seçim ve güçlendirme sisteme yenilik sağlar ve bunlar düzen içinde büyümeyi ve kompleksiteyi yaratır.
<b>Teknoloji</b>	Teknoloji veridir yada ekonomik temelde seçilidir.	Teknoloji akışkandır, sistemde endojendir.
<b>Tercihler</b>	Tercihler veridir; ajanlar bencildir.	Tercihlerin formülasyonu temel olmuştur; ajanların bencil olması gerekmez.
<b>Sistemler</b>	Kapalı, doğrusal, dengede, statik durumdadır.	Açık, doğrusal olmayan, dengeden uzak, çoklu denge, dinamik durum vardır.
<b>Beklentiler</b>	Rasyonel beklentiler, ajanlar tam bilgiye sahiptir; hatalar yapmaz ve önyargıları yoktur; öğrenmeye ve adaptasyona ihtiyacı yoktur.	Adaptif beklentiler, evrimsel tümevarımcı, ajanlar hatalar ve önyargılara duyarlıdır; öğrenir ve uyum sağlar.
<b>Uysurlar</b>	Fiyat ve miktar söz konusudur.	Örüntüler ve olasılıklar söz konusudur.
<b>Piyasa</b>	Azalan getiri, kurumlar yok, akıcı, rekabetçi serbest piyasa.	Artan getiri, kurumlar var, patika bağımlılığı, piyasa başarısızlığı.

**Kaynak:** Velasquez 2009, 32; Beinhocker 2006, 97.

a. **Dinamikler/Denge:** Kompleks ekonomi termodinamik olarak açık, dinamik, doğrusal olmayan ve genellikle dengeden uzak bir yapıdadır. Walrasyen ekonomi ise kullanılan cebirsel geometri ve çok katmanlı teorinin anlaşılabilirliği açısından termodinamik olarak kapalı, statik ve doğrusaldır. Neoklasik teori tıpkı kaynağını aldığı 19. yüzyıl fiziği gibi doğrusallaştırma (linearization) üzerine kuruluyken, kompleksite teorisi ekonomik olgunun doğrusal olmamanın gerekliliğini

vurgulamaktadır. Neoklasik teori, iktisat biliminin temel kavramı olarak dengeyi vurgularken, kompleksite teorisi dengesizlik (veya bazen çoklu denge) süreçlerini temel almaktadır. Ayrıca, kompleks sistemler teorisi iktisadi sistemlerin durumunun genel statik dengelerde değil, dinamik dengelerde bulunduğunu kabul etmektedir. Bunun muhtemel nedeni, kendi kendine organize olan kritikliğin etkilerinin tamamen keşfedilmemiş sonuçlarıdır.

b. **Ajanlar:** Kompleks ekonomide ajanlar sınırlı bilgiye sahiptir ve yüksek bilgi işleme maliyetleriyle karşı karşıyadır. Ancak uygun koşullarda kompleks ortamlarda faaliyet göstermek için optimal olmasa da oldukça etkili bilişsel yöntemler geliştirilmektedir. Bunun aksine neoklasik ekonomide ajanlar mükemmel bilgilere sahiptir ve maliyetsiz biçimde optimize olabilirler. Ajanlar neoklasik teoride “rasyonel” beklentilere sahipken, kompleksite teorisyenleri adaptif, evrimsel, tümevarımcı süreçleriyle gerçek ekonomide ajanların öğrenmekte olduğunu vurgulayan beklenti oluşturma teorilerinin önemini belirtirler.

c. **Ağlar:** Kompleks ekonomideki ajanlar, sınırlı bilgiye sahip olup, karşı karşıya kaldıkları oldukça yüksek bilgi işleme maliyetleri sorununu gidermelerini sağlayan sofistike biçimde iç içe geçmiş ağlar içinde faaliyet göstermektedir. Walrasyen ekonomide, ajanlar hiçbir etkileşimde bulunmamaktadır, her bir ajan kişiler üstü bir fiyat yapısıyla karşı karşıyadır. Neoklasik teori toplu davranışların, izole edilmiş olarak görülen “temsilci ajan” davranışları yoluyla tamamen anlaşılabilirliğini savunurken, kompleksite teorisyenleri bunun yanılgı olduğunu, toplu davranışın topluluk içerisindeki ajanlar arasında meydana gelen karşılıklı etkileşimler, ilişkiler ağı ile farkına varılacağını iddia etmektedirler.

d. **Oluşum (emergence):** Kompleks ekonomide makroekonomik örüntüler mikro düzeyde etkileşimler ve davranışların oluşan (emergent) özellikleridir. Bu durumlarda makro sistemin özellikleri bileşen parçalarının özelliklerinden analitik olarak türetilmediğinden, oluşan (emergent) özelliklerin davranışını modellemek için özgün matematik tekniklerin kullanılması gerekmektedir. Walrasyen ekonomide makroekonomiyi oluşturan mikro özelliklerden türetilebilecek teknikler ve makro özellikler bulunmamaktadır. Kompleksite iktisadında da halen söz konusu yüksek seviyeli modelleme yapıları büyük oranda mevcut değildir, ancak ajan temelli modelleme uygun matematiksel araçların geliştirilmesi için gerekli olan verileri sağlayabilmektedir.

e. **Evrım:** Kompleks ekonomide farklılaşım (diferentiation), ayıklanma (selection) ve çoğalma (amplification) evrimsel süreci, sistemi olağandışı yaparak düzenli ve kompleks biçimde büyüme yaratmaktadır. Walrasyen ekonomide ise, olağandışılık veya kompleksite içinde büyüme oluşturacak bir mekanizma yoktur. Neoklasik teori geçmiş kararların günümüz kararlarını kısıtlamadığını kabul ederken, kompleksite teorisi patika bağımlılığını, adaptif evrimin ve kurumsal yapının hayati önemini vurgulamaktadır. Kompleks sistemler teorisi, teorik iktisadın ve özellikle de evrimsel iktisadın merkezinde yer almaktadır.

f. **Piyasa:** Neoklasik teori, azalan getiriler varsayımı süreçleri (veya olumsuz geribildirim) üzerine kurulmuştur, kompleksite teorisyenleri ise artan getiriler (veya olumlu geribildirim) gibi birçok sürecin ekonomik olarak önemli olduğunu vurgulamaktadır. Neoklasik teorisyenler genellikle basit serbest piyasa görüşlerine sahipken, kompleksite teorisyenleri serbest ticaret için serbest piyasa koşullarını ve serbest piyasa teknoloji seçimlerini geçersiz kılan, “piyasa başarısızlığı” senaryolarını ortaya koymaktadırlar.

Kompleksite teorisi, iktisadın sorunları ele alışı, yorumlayışı ve analiz biçimi üzerinde çok önemli etkiler yaratmıştır. Böylece Colander, Holt ve Rosser (2004) tarafından standart/ana akım iktisat teorisinin kutsal üçlüsü olarak tanımlanan rasyonellik, bencillik ve denge varsayımları vazgeçilmez olmaktan çıkmıştır.

## 2.6. İktisatta Kompleksitenin Ölçümü ve Modellenmesi

İktisatta kompleksiteyi ölçme ve modelleme yöntemleri bu tezin konusu olmamakla birlikte, bu çalışmada ele alınan kendi kendine organize olan kritiklik açısından genel olarak kullanılan yöntemlere göz atmak faydalı olacaktır. William Thomson yada diğer adıyla Lord Kelvin'nin ölçmenin önemini vurgulayan sözleri; “*Eğer konuştuğun hakkında ölçüm yapabiliyor ve onu rakamlar ile ifade edebiliyorsan onun hakkında bir şeyler biliyorsun, ancak onu ölçemez, onu rakamlar ile ifade edemezsen senin bilgin tatmin edici değildir.*” sözlerinde olduğu gibi ölçme önemli bir konudur.

Sistemlerin kompleksitesini ölçmek için ideal bir ölçütler (metrics) seti, tüm yönleriyle kompleksiteyi ele almak amacıyla tüm bilgiler yakalamalıdır. Bazı ölçüm alanları Couture (2007, 88) tarafından aşağıdaki gibi önerilmiştir.

- Oluşan (emergent) yapıları açıklamak için ölçütler (örneğin kendi kendine organize olma).
- Göreceli kompleksiteyi değerlendirmek için ölçütler
- Kompleks sistemlerin kontrolünü sağlayan ölçütler
- Etkin modellerin oluşumuna yol gösteren ölçütler
- İstatistiksel tahminleri sağlayan ölçütler
- Düzen ve bilgi kanunlarını miktarını belirlemek için ölçütler

Bir sistem kompleks olarak tanımlandıktan sonra ona uygun yaklaşımlarla ve tekniklerle çalışmalıdır. Kompleksite teorisi paradigması olaylar ve etkiler arasında doğrusal nedenselliği benimseyen mekanik ontolojik modelleri reddetmektedir (Mason, 2007, 22). Bunun sonucunda kompleksitenin modellenmesinde kompleksite iktisadında farklı yaklaşımlar ele alınmıştır. İktisatta kompleks sistemlerin incelenme yöntemleri, bilişim teknolojilerinin sunduğu yeni imkanlarla son yirmi senede artarak devam etmektedir.

Kompleksitenin modellenmesinde genellikle, “matematiksel programlama teknikleri” ve “simülasyon” yaklaşımı kullanılmaktadır. Matematiksel programlama kompleksite ile statik açıdan ilgilenmektedir. Diğer taraftan simülasyon dinamik açıdan kompleksiteyi ele almakta ve genellikle “sistem dinamiği” ve “ajan bazlı modeller” (agent based modelling) kullanılmaktadır. En popüler simülasyon yöntemleri Boolean ağları (network), hücresel otomat (cellular automata) genetik algoritmayı temel alan ajan bazlı modellerdir (Abbasi 2008). Couture (2007) tarafından önerilen simülasyon ve teknikler; oyun teorisi, spin camları (spin glasses), zaman serisi analizi, bulanık mantık (fuzzy logic), çok amaçlı optimizasyon (multi objective optimization), sistem dinamiği, evrimsel dinamikler ve çoklu ajan sistemleridir.

Ajan bazlı modelleme (ABM) etkileşen ajanların dinamik sistemlerinin hesapsal (computational) çalışmasıdır. ABM güçlü bir simülasyon (yapay) hesaplama tekniği olup, yoğun olarak kompleks sistemler olmak üzere son yıllarda birçok uygulamaları görülmektedir. ABM bir sistem, ajan olarak adlandırılan otonom olarak karar veren birimlerin toplanıp modellenmesidir. Her bir ajan bireysel olarak kendi durumunu değerlendirmekte ve bir kurallar seti çerçevesinde karar vermektedir. Ajanlar temsil ettiği sistem için uygun olan farklı davranışlar gösterebilmektedir. Söz konusu bu

bireysel ajanların etkileşimleri doğrusal olmadığından, genel davranış, parçaların davranışlarının toplamından elde edilememektedir. Bu yüzden ajan bazlı modelleri “aşağıdan – yukarıya” modeller olarak tanımlanmaktadır.

Diğer bir kompleks sistem modellemesindeki yaygın sınıflama: (1) cebir (algebra) analizi ve istatistiği temel alan *dinamik sistem*, (2) çizge/graf (graph) teorisini temel alan *ağlardır*. Buna aynı zamanda hesaplamayı (computation) temel alan genetik algoritma ve hüresel otomat (cellular automata) dahildir. Bunlar çok ajanlı simülasyon modellemesinin (multi agent simulation modelling) temeli olup, aynı zamanda ajan temelli hesaplanabilir modeller olarak bilinmektedir (Potts 2007).

Kendi kendine organize olan kritiklikte ise simülasyon ve istatistiksel fizik temelli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel aldığı KKOK durumunun ortaya konduğu Bak, Tang ve Wiesenfeld (1987) çalışması, kum yığına dayalı bir simülasyon modeldir. Model hüresel otomat modeli olup, fraktal yapıları incelemekte, basit yapılar ile kompleksitenin ortaya çıkacağını ve sistemin kritik noktaya spontane olarak geleceğini göstermektedir.

İstatistiksel fizik<sup>14</sup> yönteminde ise farklı ölçeklerdeki kompleks dinamik sistemlerin gözlemlenebilir özelliklerinin istatistiksel dağılımı incelenmektedir. Bunun karakteristik imzası güç kanunu dağılımıdır (Potts, 2007, 2). Bu doğrultuda istatistiksel fizik, ölçekleme teorisini formüleştirmiştir. Ölçekleme teorisinin ana fikri, belirli şartlar altındaki çok parçacıklı bir sistemin özelliklerinin değişmez ölçekli olacaktır. Bu yöntemi daha çok ekonofizikçiler kullanmakta, istatistiksel dağılımların kuyruklarında bulunan uç (ekstrem) olayların analizleri ile ilgilenmektedirler.

Krugman (1996) tarafından belirtildiği gibi, güç kanunları genellikle kendi kendine organize olma (self-organization) ve kendi kendine organize olan (self-organizing) ekonomilerin göstergesi olarak görülmektedir (Andriani ve McKelvey, 2009). Bu çalışmada da KKOK için istatistiksel fizik yöntemi kullanılmaktadır.

Bak (1996), başlangıçtaki küçük olayların oransal çığlarla ardışık kompleksiteye neden olduğu kendi kendine organize olan kritiklik - basit bir güç kanunu tarafından

---

<sup>14</sup> İstatistiksel fiziğin temeli termodinamiktir. Termodinamik enerji düzensizliği ve düzenli enerji arasındaki ilişkiyi anlamak üzerinedir. Fizikte düzensiz enerji sıcaklık olarak adlandırılmaktadır. Termodinamik ismi 19. yüzyıl ortalarında ampirik bir görüşle çalışan fizikçiler tarafından verilmiştir. İstatistiksel mekanik/istatistiksel fizik ismi, daha sonraları teorik görüşle çalışan, istatistik kullanarak mekanikten termodinamik kanunlarını türetmeye çalışan fizikçiler tarafından verilmiştir.

temsil edilen bir süreç- durumunu keşfetmesi ile bu bakışın ilk genişletilmiş uygulamasını sağlamıştır.

Doğrusal olmayan dinamiklerin incelenme yöntemleri geçtiğimiz yüzyılda evrimsel zamansal sistemler ile ilgili kuvvetli ve umut verici bir bakış açısı ileri sürmüştür. Özellikle kaos ve kompleksite teorisi doğrusal olmayan sistemlerin bilimsel gelişmesinde indirgemeci bir bakış açısı ile çözülmesi zor olan problemleri ele alabilme yeteneği ile büyük etkiye sahip olmuştur. Bununla birlikte kompleks sistemler yaklaşımının modellenmesi ve ampirik anlamlılığı hala birçok bilimsel tartışmaya neden olmaktadır (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp 2004).



*Olasılık kanunları genellikle doğru, istisnai olarak yanlıtıcıdır.*  
*The laws of probability, so true in general,*  
*so fallacious in particular.*  
— Edward Gibbon

*Doğal süreçleri mekanik süreçlerden farklı değerlendirilmeli*  
*çünkü onlar kendi kendine organize olurlar.*  
*“Natural processes should be judged different from mechanical ones*  
*because they are self-organizing”*  
—Immanuel Kant

### 3. KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLAN KRİTİKLİK

#### 3.1. Ölçekleme Değişmezliği ve Ölçeksizlik

Fizikte, KKOK bir çekici (attractor) olarak kritik bir noktaya sahip dinamik sistemlerin bir özelliğidir. KKOK'in makroskopik davranışları, evre geçişinin kritik noktasının mekansal ve zamansal ölçek-değişmezliği (scale invariance) karakteristiklerini göstermektedir. Buradan hareketle güç kanunlarının kendi kendini organize eden davranışın temeli olduğunu ileri sürülmektedir. Bu dinamikler fraktal yapılarla sonuçlanmakta ve ölçeksizlik ya da başka bir deyişle “ölçeklenebilirlik (scalability)” teorisi ile açıklanmaktadır (McKelvey Lichtenstein ve Andriani, 2010). Bu nedenle kendi kendine organize olan kritiklik kavramına girmeden önce, bu kavramın dahil olduğu üst kavram olan ölçekleme değişmezliği örüntülerinin meydana gelişinden bahsetmek faydalı olacaktır.

Ölçekleme kanunları olarak bilinen “benzerlik kanunları” kendine benzerlik/özbenzeşim, belirli fiziksel gözlemlenebilir unsurların uyduğu sürekli bir simetri, model ve örnek yapı arasındaki ilişkileri tanımlamaya yarayan korelasyon fonksiyonlarının tümüne verilen isimdir. Fizik, matematik<sup>15</sup>, istatistik<sup>16</sup> ve iktisatta ölçek değişmezliği için enerji, uzunluk veya diğer değişken ölçülerinin, bir ortak faktör ile çarpılabilir olup olmadığı belirlenerek, ölçekleme kanunları ortaya konulmaya çalışılmaktadır.

<sup>15</sup> Matematikte ölçek değişmezliği, fonksiyonların veya eğrilerin değişmezliği anlamındadır.

<sup>16</sup> İstatistiksel mekanikte yada istatistiksel fizikte, ölçek değişmezliği faz geçişlerinin bir özelliğidir.

Kendine benzerlik/özbenzeşim ve ölçekleme değişmezliğinin en iyi bilinen örneği fraktallardır<sup>17</sup>. Fraktallar, farklı ölçeklerde tekrar eden örüntülerdir. Kendine benzer bir nesnede, nesneyi oluşturan unsurlar nesnenin bütününe benzer, desenler giderek küçülen ölçeklerde yenilenir ve küçük nesnelerin şekli büyütüldüğünde aynı görünür ve nesnenin kendisine benzer parçalar elde edilir (Komulainen, 2004). Kendine benzerlik çerçevesinde toplumsal davranış parametreleri (iktisadi veriler ya da firma büyümeleri) bir “zaman serisi” olarak incelemeye tabi tutulduğunda, zamana bağlı görülen değişikliklerin farklı zaman ölçekleri içinde örüntü olarak kendisini tekrarladığı gözlenebilir.

Ölçeklenebilirlik Mandelbrot’un (1982) “*fraktal geometri*” adını verdiği alandan doğmuştur. Genel olarak, boyutsuz niceliklerde ölçek değişmezdir. Ölçekleme değişmezliklerinden dolayı, göllerin ve adaların büyük bir çoğunluğu küçükken, bazıları çok büyüktür. Bir dağdan daha küçük dağlar ve tepeler, nehirlerin daha küçük kolları, her bir göl ve ada için daha küçük bir göl ve ada vardır. Ayrıca bulut ve deniz kıyılarının şekillerinde, ağaçların ve solunum borularının dallanma örüntülerinde benzer düzenler gözlemlenebilir, bunlar hep kendilerinin daha küçük parçalarına benzerler (Pueyo, 2014). Bu konuda verilebilecek diğer bir örnek karnabahardır. Karnabaharın içindeki “çiçekçiklerden” biri kesilip alındığında, sonra bu çiçekçiğin içinden bir çiçekçik daha kesilip alındığında, ikinci çiçekçiğin içinden de bir çiçekçik çıktığı, her bir parçanın aynı şekil ve yapıda, ancak bir önce kesilenden daha küçük olduğu görülecektir. Bunlar fraktaldır, çünkü hepsi aynı görüntüye ve aynı davranışlara sahiptir (Andriani ve McKelvey, 2009, 2). Ölçekleme değişmezliği, mekanın (spatial) yanı sıra, zamanda (temporal) da bulunmaktadır. Örneğin, kuraklık sürelerinde, depremlerde (Guthenberg-Richter kanunu), heyelan, fırtına, hortum, sel ve kırsal alan yangınları gibi birçok katastrof olayının boyutlarında ölçekleme değişmezliği gözlemlenmiştir (Pueyo, 2014).

Daha büyük ve daha küçük unsurlar arasındaki orantı, büyük unsurun ne kadar büyük olduğundan bağımsız olarak kendini sıklıkla tekrar etmektedir. Bu özellikleri gösteren sistemler “ölçekleme değişmezi” olarak adlandırılmaktadır. Ölçekleme

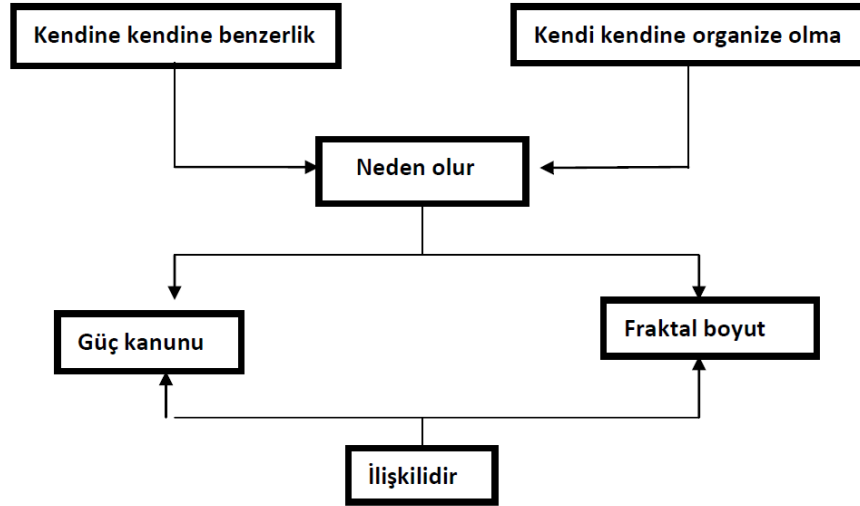
---

<sup>17</sup> Fraktal, kaosu tahayyülüne sahip, kendine benzeme özelliği gösteren kompleks geometrik şekillerin ortak adıdır. Fraktal cisimler, düzensiz biçimlidirler. Klasik Öklid geometrisi ile anlamlı ve tanımlayıcı olan ölçüler çok kompleks nesnelere yeterli düzeyde ifade edilememektedir. Bu nedenle, fraktal geometride kompleksite düzeyinin ölçülmesi olarak ifade edilecek bir yöntemle uzunluk, yüzey veya hacmin, ölçme birimi küçüldükçe nasıl değiştiği incelenmektedir. Fraktal nesnelere alt ölçekten üst ölçeğe doğru aynı ilkenin tekrarı ile gelişmektedir.



değişmezliği düzen ve kaos arasının özelliği olarak görülebilir, örneğin fraktal sıradağlar yerde yayılmış kaya setlerinden daha düzenli, fakat devasa bir monolit oluşturan kayalar topluluğundan daha az düzenlidir (Pueyo, 2014).

Güç kanunu ve fraktal boyut, bir paranın iki yüzüdür ve aralarında Şekil 4’de gösterildiği gibi sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Fraktallar, sabit bir oranla küçüldükleri için bir güç kanunu etkisi sergilerler ve sıralama (rank)/frekans dağılımlarıyla belirlenirler. Aynı davranışı gösteren sistemlerinin gerçek hayattaki örnekleri olarak, kum yığınlarının çığları, şehirlerin ve depremlerin büyüklüğü, ay kraterleri, güneş patlamaları, bilgisayar dosyaları, elektrik kesintisi ya da internet üzerindeki ağ kesintisi sıklığı, web sayfalarının tıklanma sayıları, savaşlar ve kelimelerin sıklığı, insan isimlerinin sayıları, bilim adamlarının yazdığı makale sayıları, makalelere atıf yapılması ve farklı boyutlarda kayaların dağılımı verilebilir (Newman 2005). Araştırmacılar organizasyonlara ilişkin güç kanunlarına firma içi kararlarda, tüketici satışlarında, maaşlarda, firma büyüklüklerinde, ekosistemlerde, yönetici bağlantılarında, biyoteknoloji ağlarında ve sanayi bölgelerinde rastlamaktadırlar (Andriani ve McKelvey, 2009, 2). Güç kanunu, kişilerin yıllık gelirleri, pay senedi fiyat oynaklığı, pay senedi işlem hacmi gibi diğer iktisadi olaylarda da görülmektedir.

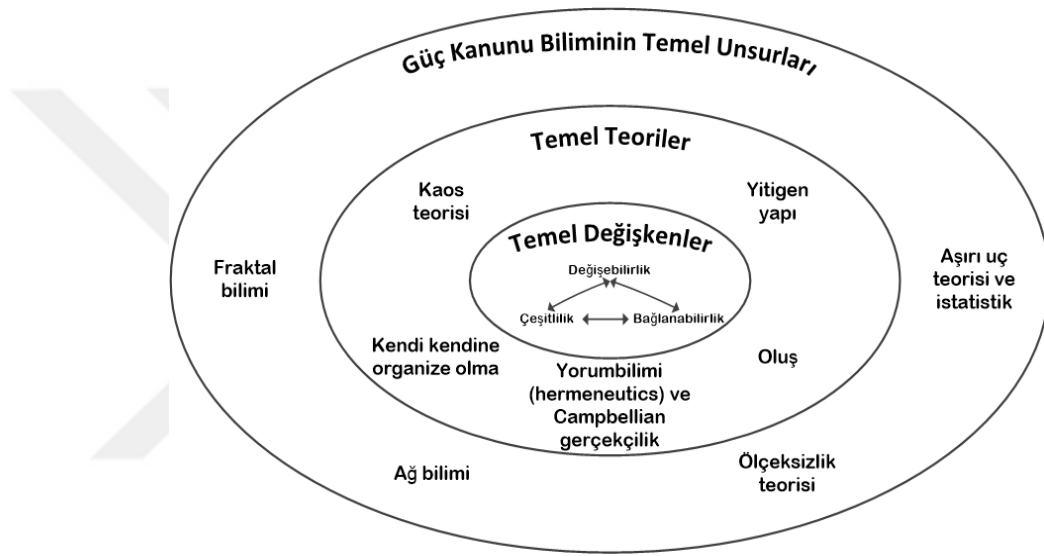


**Şekil 4: Kendine Benzerlik, Kendi Kendine Organize Olma, Güç Kanunu ve Fraktal Boyut Arasındaki İlişki**

Kaynak: Komulainen 2004, 110.

Birçok kompleks sistem seviyeleri kendine benzer/özbenzeştir; oluşan (emergent) bir sistemin çoklu seviyelerinde düzen oluşturma davranışlarında aynı süreç

güdülmektedir. Sistemlerin ardıl seviyelerinde fazlasıyla basit gelişim kurallarının tekrarlanması, oldukça kompleks ancak özbenzeş yapılara yol açabilir. Söz konusu süreçler “ölçekleme kanunları” ya da “ölçekleme değişmezliği” olarak adlandırılmaktadır. Çünkü ölçekleme değişmezliği, atomlardan galaksilere ve doğada bazı çiftlerden türlere kadar, ölçümü yapılan ölçekten bağımsız olarak birçok büyüklük dizisine uygulanabilen sistem davranışlarını temsil etmektedirler. Şekil 5’de görüldüğü gibi kompleksite araştırmaları yeni düzenli sistemlerin oluşumu (emerge) olarak gelişen örüntülerin veya ölçekleme kanunlarının altında yatan güçleri anlamaya yönelmişlerdir (Baum ve McKelvey, 2006 123).



**Şekil 5: Güç Kanunu Biliminin Temel Unsurları**

**Kaynak:** Andriani ve McKelvey, 2011, 259.

Ölçeğe duyarsızlığın güç kanunu oluşturmasının ampirik temellerinin başında kendi kendine organize olan kritiklik (self-organized criticality) gelmektedir. Bunun yanı sıra kendiliğinden düzen yaratma (spontaneous order creation), faz geçişleri, tercihli bağlanma<sup>18</sup> (preferential attachment), en az çaba ilkesi (least effort)<sup>19</sup>, kare/küp problemi (square/cube law) ve hiyerarşik modülerlik (hierarchical modularity) de güç kanunu yaratan ölçeğe duyarsızlık durumlarıdır (Andriani ve McKelvey, 2011).

<sup>18</sup> Çizge (graph) teorisinin temelindeki bağlantılar ve birbirine bağlanmış düğümler ile ilgilidir.

<sup>19</sup> En az çaba ilkesi; belli bir amacın gerçekleştirilmesi için, insanın mümkün olduğu kadar az enerji ve çaba harcaması olarak tanımlanmaktadır. Bunun temeli, 14. yüzyıl düşünürlerinden Ockham’lı William’ın (William of Ockham) tarafından, Ockham’ın usturası (Ockham’s razor) olarak adlandırılan “eğer aynı şeyi açıklayan bir biriyle rakip iki teori varsa, daha basit olanı tercih edilmelidir” görüşüne dayanmaktadır (Eser ve Toigonbaeva, 2011). En az çaba ilkesi, Zipf kanunu olarak bilinen Zipf’in (1949) çalışmasındaki dilin kullanımındaki en az çabayla ilişkilendirilmektedir.

### **3.2. Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik Nedir?**

KKOK olgusu fizikçiler tarafından son yıllardaki kompleksite çalışmalarında türetilmiştir. KKOK ilgi çekici iki konuyu birleştirir: 1. “Kendi kendine organize olma”, 2. “Kritiklik” (Li, 2002). "Kritiklik" kelimesi, sonsuz boyutta limit içerisinde korelasyon uzunluğunun ve hassasiyetin sonsuz olduğu kritik bir noktada bulunan bir sistem durumu anlamına gelmektedir. “Kendi kendine organize olma” kavramı ise, genellikle birçok etkileşimli unsurlar arasındaki örüntüyü biçimlendirmek için kullanılmaktadır. Kavram, yapılanmanın, örüntülerin ve büyük ölçekli organizasyonların kendiliğinden ortaya çıkması anlamındadır. Kendi kendine organize olma kavramı, kontrol parametrelerinin eksikliğini işaret etmektedir (Sornette, 2007). Her iki kavram aşağıda ayrıntılı ele alınmaktadır.

#### **3.2.1. Kendi Kendine Organize Olma**

Kendi kendine organize olma kelimesinin ortaya çıkışı 1950’lerin sonunda, matematikçiler, mühendisler, sibernetikçiler ve nörologlar tarafından kullanılmaya başlanmasıyla olmuştur (Morin 2005’den aktaran Abbasi, 2008).

Kendi kendine organize olma, istatistiksel fizikte, manipülasyon veya kontrol eksikliğinde dışsal ajan tarafından örüntüler ve yapılar geliştirerek kesin dengede olmayan sistemler yaratma yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Leong, 2003). Diğer bir deyişle, belirli denge sistemlerinin dış bir ajan tarafından kontrol veya manipüle edilmediği durumlarda örüntüler ve yapılar geliştirebilme yeteneğidir (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004). Kendi kendine organize olan sistemler unsurlarının etkileşimlerinden küresel bir örüntü üreten sistemlerdir (Gershenson, 2007). Kendini organize eden sistem, dış kontrollerin etkisi olmadan düzenli duruma doğru eğilim gösteren bir sistemdir. Örneğin kar yağdıktan sonra dışarı bakıldığında kendini düzenleyen bir sistem görülür. Eğer rüzgar yoksa kar kendini, kar altındaki zeminde bulunan tüm çarpıklıkları örten, pürüzsüz bir katman oluşturacak şekilde düzenler. Burada kar taneleri kendilerini sabit bir halde düzenlemiş olurlar (Davis, 2008). Kendi kendine organize olmaya verilebilecek diğer klasik örnekler olarak, böcek, kuş ve balık sürüleri sayılabilir (Gershenson ve Fernandez, 2012).

Kendi kendine organize olma, kompleks sistemlerin spontone olarak yeni içsel yapılar ve davranış biçimleri üretme yeteneğidir. Ancak bu, sibernetik kavramındaki kendini düzenleyen ve organizasyonun kontrol konusuna odaklanan kendi kendine

organize olmadan farklıdır. Kapalı sistemler entropilerini azaltamayacaklarından, kendiliğinden organize olma, yalnız enerjinin devamlı aktığı açık sistemlerde görülür.

Kendini organize eden sistemlerin mekanizmalarından bağımsız olarak, zaman içindeki düzenlerini kendi iç dinamikleriyle artıran sistemler olduğu söylenebilir. Herhangi bir dinamik sistem, çekim noktalarına<sup>20</sup> doğru meyilli olduğunda ve söz konusu çekim noktaları “düzenli” olarak adlandırıldığında kendi kendini organize eden sistem olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla kendini organize etme kısmen bir sistemin en olası durumuna verilen anlama bağlıdır. Bu kendini organize etmenin tamamen öznel/subjektif olduğu anlamına gelmemektedir. Düzeni ölçmek için Shannon bilgi teorisi kullanılabilir: düzenli ve sıralı diziler kaotik ve düzensiz dizilerden daha az bilgiye sahiptir. Kendini düzenleme, negatif bilgi değişimi olarak ( $\Delta I$ ) ölçülebilmektedir: böylece bilgi azaldığında kendini düzenleme gerçekleşirken; bilgi arttığında ise kendini düzensizleştirme durumu gerçekleşmektedir. Ayrıca, tek bir sistemin ölçeğe ve duruma göre mekânının bölümlenmesine bağlı olarak hem kendini düzenleyici, hem de kendini düzensizleştirici olarak kabul edilebileceği gösterilmiştir (Gershenson ve Fernandez, 2012).

Bunların yanı sıra kendi kendine organize olmada indirgeyici bir yaklaşım söz konusudur. İndirgeyici yaklaşım, kendiliğinden organize olma kavramının iki temel özelliğine dayalı olarak ortaya çıkmaktadır:

1. Sürekli enerji alış verişinde bulunan açık sistemler olarak yaşayan sistemler
2. Yüksek derecede doğrusal olmama içeren geniş etkileşim ağları olan kompleks organizasyonlar.

Bu iki özelliğin bileşimi kompleks sistemlerin kendiliğinden organize olmasına neden olarak oluşumu (emergence) sağlamaktadır. Buna bağlı olarak sinerji ile sinerjetik,<sup>21</sup> ilerleyici evrimde ve böylece kendiliğinden organize olma olgusunun

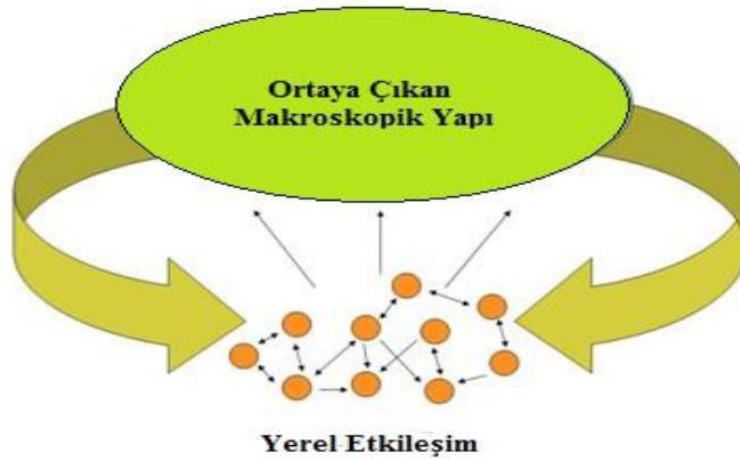
---

<sup>20</sup> Çekim Noktaları (Çoklu Dengeler): Kompleks sistemlerin tek ve statik denge hallerine erişme eğilimi yoktur. Bunun yerine birçok muhtemel çekim noktası veya denge halleri bulunur. Çekim noktaları, bir nokta, düzenli bir yol, kompleks bir haller serisi veya “tuhaf çekim noktası” ya da “fraktal çekim noktası” olarak adlandırılan sonsuz bir dizi olabilir (Noell, 2007).

<sup>21</sup> Sinerjetik, iki veya daha çok parçanın veya organizmanın tektek yapamayacakları bir şeyi birlikte başarabilmek için bir araya gelen, aralarındaki etkileşimin gelişmesi ile bütünleşen ve durağan enerjilerini hareket enerjisine dönüştürerek sinerji yaratan veya sinerji geliştirmek, arttırmak için kendini organize eden dinamik güçlü, hareketli canlı grup ya da organizasyon demektir (Çamlıbel, 2003)

oluşumunda önemli bir rol oynayabilmektedir (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004).

Oluşum (emergence), mikro seviye etkileşimler arasındaki dinamik karşılıklı bağımlılık ve makro seviyede ortaya çıkan küresel yapı sonucunda kendiliğinden organize olma ile belirlenmektedir. Bu nedenle hem makro hem de mikro seviye etkileşimlerin yanı sıra, birbirleri arasındaki sürekli etkileşim, oluşumun (emergence) ve kendiliğinden organize olan yapının sürdürülmesi için çok önemlidir. Kompleksite kaynağı olan etkileşim, bilimsel düşüncenin gelişiminde “yukarıdan aşağıya”(top-down) “aşağıdan yukarıya” (bottom-up) doğru olarak karakterize edilebilecek bir paradigma kaymasına yol açmıştır. Şekil 6’da detaylandırılmış olan bu yeni yaklaşıma “oluşum (emergence) olgusu” adı verilmektedir (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004). Bir sistemin etkileşimler sonucu orijinal yapısından daha farklı bir yapıya sahip olması oluşan (emergent) özelliklerdir. Bu tanımına göre, buz, suyun ortaya çıkmış bir özelliğidir. Buz olmanın özelliği, su moleküllerinin birbirinden bağımsız olarak tek tek bir araya gelmesinden değil, bir molekülün komşularıyla bağlantılı olan özelliklerin bir araya gelmesi ile tanımlanmaktadır. Benzer şekilde, mıknatıslanma, ortaya çıkan bir özelliktir, çünkü ortak atom parçalarındaki atomların spinlerinin bağlantısından kaynaklanmaktadır (Durlauf, 2005).



**Şekil 6: Yerel Mikroskobik Etkileşim**

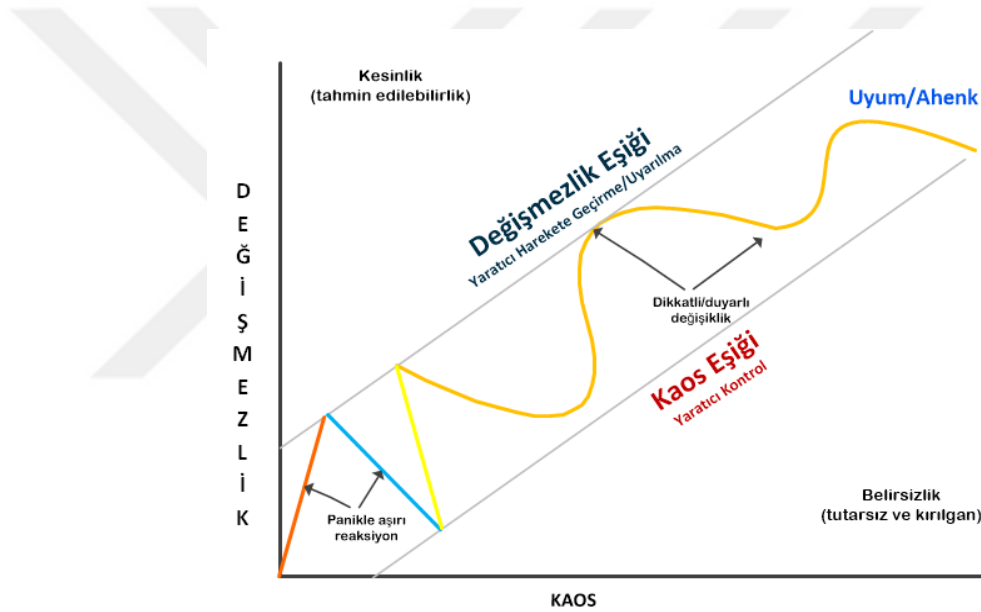
**Kaynak:** Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004.

KKOK davranışı sergilediğine inanılan fiziksel sistemler, aynı zamanda çevreden enerji alan ve veren maddeler olarak karakterize edilmektedir. Dolayısıyla, bu sistemler aslen dengede olmayan sistemlerdir (Markovic ve Gros, 2013, 6).

### 3.2.2. Kompleksite Mekanizması: Kritiklik Durumu ve Kaos Eşiği

Kritiklik, bir sistemin özelliklerinin aniden değişebilme (eşik etkisi) halidir. Kompleks sistemlerin daha yüksek tepkimeye sahip kritik hallere ulaşmak üzere kendi kendilerini düzenledikleri, evre değişikliklerinden geçtikleri, daha az tepkimeli bir hale geçerek “gevşedikleri” ve ardından tekrar kritik hallere erişmek üzere geliştikleri ve bunu sürekli tekrarladıkları belirtilmektedir (Noell, 2007).

Düzen ve kaos arasında olmanın iyi bir tanımı evre geçişi teorisinde yapılmaktadır. Packard (1988) ve Langton (1990) gibi öncü yazarlar, “düzen ve kaos arasından” ziyade, daha dar “kaosun eşliğinde” ifadesini kullanmışlardır, çünkü evre geçişi varsa iyi tanımlanmış bir “eşik” vardır (Şekil 7) (Pueyo, 2014).



Şekil 7: Kaos ve Kaos Eşiği

Kaynak: Hill, 2012.

Evre geçişleri, düzen ve kaos arasındaki paradigmanın önemli içeriklerindedir. Kritiklik tam olarak denge termodinamiğinde tanımlanmaktadır ve devamlı evre geçişi ile bağlantılı kullanılmaktadır (Leong, 2003). Evre geçişi iki tür olmaktadır. Örneğin, bir katı suya dönüştüğünde veya bir sıvı katıya dönüştüğünde “birinci derece evre geçişi”<sup>22</sup> söz konusudur. Likit suyun kaynama noktasında gaza geçişi ise

<sup>22</sup> Katıdan sıvıya veya sıvıdan katıya geçişi durumu karakterize etmek için ihtiyaç duyulan düzen parametresi “yoğunluktur”. Bu geçiş, sistemi soğutarak uygulanabildiğinden, sıcaklık “kontrol parametresi” rolünü oynamaktadır. Eşik sıcaklık ( $T_c$ ) aşıldığında ve sistem katıdan sıvıya geçtiğinde, tipik olarak yoğunlukta sürekli olmayan bir artış sergilemektedir. Kontrol parametresi ile düzen parametresi arasındaki ilişki süreksizlik sergilediğinde, bu bir “birinci derece evre geçiştir”.

kritiklik örneğidir. Eğer katı bir kristal ise, aslen düzenliyen, sıvı (gaz kadar kaotik olmasa da) aslen kaotiktir. Mıknatıslar ise “ikinci derece evre geçişi”<sup>23</sup> için verilebilecek başka bir örnektir. Mıknatısların polaritesi (kutupları), oluştukları cisimlerin de polarize (kutuplaşma) olmasından ve düzenli bir şekilde ayarlanmış olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat sıcaklık belirli bir eşiğin üzerine çıktığında, cisimler düzenlenmiş durumlarını terk etmekte ve metal parçası mıknatıs özelliğini yitirmektedir (Pueyo, 2014).

İkinci derece evre geçişlerinde kritik eşikte dengelenen sistemler, ölçekleme değişmezlikleri sergilemektedir. Evre geçişleri sürecinden geçen sistemlerde, “düzen ve kaos arasında” bulunma anlamında belirsizlik yoktur: sistem düzen ve kaos arasında kritik eşiktedir (Pueyo, 2014).

Eşik değerine ulaşıldığında, sistem bileşeni tetikleyici harekete göre ayarlanan sistemin karakteristiklerinin durumu olarak diğer sistem bileşenlerine ve çevreye uyarılar gönderir. Eğer bir sistem bu tür çok sayıda bileşenden oluşuyorsa ve bu bileşenlerin birbiriyle bağlantılı olması durumunda karşılıklı etkileşime girmesi söz konusu olabilir. Karşılıklı etkileşim, “değişik uyarıları” sistem boyunca taşımakta ve bireysel sistem bileşenleri birbirlerinin eşik değerlerini artırıp nihayetinde birbirlerini harekete geçirmektedir. Kritiklik halinde farklı sistem bileşenleri arasındaki etkileşim çok yoğun olup, yerel bir olay tıpkı domino taşları etkisi veya zincirleme reaksiyon gibi tüm sistemi kapsayacak şekilde yayılabilir. Çığa benzer sistem reaksiyonunun büyüklüğü sistem bileşenlerinin yerel veya bir bütün olarak eşik değerlerine ulaştığı dereceye bağlıdır. Bir sistem yerel olarak eşik seviyesine ulaştığında, küçük bir sarsıntı geniş bir tepkilere yol açabilir, bu ucu ucuna kararlılık (yarı kararlılık) olarak adlandırılır (Noell, 2007). Ancak yavaş güdülen, etkileşim egemenliğindeki eşik sistemler niteliğindeki kompleks sistemler kendi kendini düzenleyen kritiklik haline evrilebilir.

KKOK teorisinin evre geçişlerin yanında ilgi çekici diğer bir özelliği de evrensellik kavramıdır. Evrensellik, çok farklı mikroskobik sistemlerin evre geçişinde aynı davranışı gösterebilen gözlem olarak tanımlanmaktadır. Böylece farklı sistemlerde

---

<sup>23</sup> Mıknatısta ise, rasgele dizilmemiş olan bileşen cisimlerin polaritesinden dolayı manyetik alana sahip bir metalle karşı karşıya kalındığından, düzen parametresi mıknatıslanmadır veya daha uygun olarak “mıknatıslanma yoğunluğudur”. Matematiksel terimlerle, kontrol parametresi ile düzen parametresi arasındaki ilişki devamlıdır, fakat  $T_c$  hala özeldir, çünkü bu iki parametre arasındaki ilişki bu noktada türevlenebilir değildir. Bu durumda, elimizde “ikinci derece evre geçişi” vardır (Pueyo, 2014).

evre geçişleri aynı temel değişmeyen ölçek teorisi ile tarif edilmektedir. Aynı ölçek değişmezliği gösteren, farklı mikroskobik sistemler kümesi evrensellik sınıfı<sup>24</sup> olarak bilinmektedir (Markovic ve Gros, 2013). Sistemin sahip olduğu bir özellik, sistemin mikro yapısının değişik koşullarında varoluşunu sürdürüyorsa evrensellik söz konudur. Örneğin fizikte, miknatıslanma, demirdeki bireysel atomlar arasındaki spinlerin birbirine bağımlılığının bir dizi farklı spesifikasyonları için oluştuğundan evrenseldir (Durlauf, 2005).

Kendini düzenleme bağlamında kritiklik, dinamik bir sistemin istikrarlılığını sürdürmek veya artırmak için kendini tekrar düzenlemesi gereken bir duruma ulaşma eğilimidir. Kar veya kum gibi taneciklerden oluşan bir sistemde söz konusu kritik nokta, komşu tanecikler arasındaki yükseklik farkının büyük olduğu bir durumdan, daha az fark içeren bir duruma geçme gibi düşük bir dengeden daha yüksek bir denge durumuna kayan tanecikler “çığından” hemen önce yer alan an veya haldir. Dolayısıyla bu iki kavramı birleştirildiğinde kendi kendini organize eden kritikliğin, bir sistemin çığların takip edeceği kritik noktalara ulaşarak, mümkün olan en istikrarlı hallere erişme eğilimi içinde olduğu görülür. Bir KKOK sistemindeki çığların büyüklüğü değişir. Büyüklük ise yığılan olayların sayısı ve taneciklerin bir konumdan bir çığ içindeki diğer bir konuma hareketleri olarak tanımlanır (Davis, 2008).

Jensen’in (1998) KKOK’ya ilişkin tanımlamasında belirttiği üzere, kendi kendini organize eden kritikliği, sebep ve etkilerin zaman ölçeklerinin ayrılması mümkün kılmaktadır. Bu ölçek ayrılmasının nedeni “rahatlamış” durumdaki bir sisteme tesir eden eşik etkisinin doğrudan bir reaksiyona sebep olmak yerine, “kritik” yani tetikte olma halini artırmasıdır. Bir süre sonra kritik durum rahatlar ve kritik reaksiyon potansiyeli tekrar oluşmaya başlar. Sistem çok sık ve/veya çok fazla etkilendiğinde ya da çok hızlı rahatladığında çığ oluşumu süreci gerçekleştirememektedir (Jensen 1998’den aktaran Noell 2007). Düzen ve rassallık arasındaki bölge kaos eşiği olarak adlandırılır. Kritik durum “kaosun eşiği” yani düzenli durumdan kaotik davranışa geçiş ile özdeşleştirilmektedir.

---

<sup>24</sup> Farklı sistemlerin aynı kritik üslere sahip olması özelliğine evrensellik denmektedir. Kritik üsleri aynı olan sistemler aynı evrensellik sınıfında yer alırlar. Evrensellik kurallı Ising modeli evre geçişinde ve klasik sıvılar içinde sıvı-buhar geçişinde oluşur. Bu iki sistemin mikroskobik fiziği tamamen farklı olsa bile, kendi kritik üslerinin aynı olduğu ortaya çıkar (Erdem, 2006).



Langton (1990) ve Kauffman (1993), “eşiğe yakın olan sistemlerin en zengin, en kompleks davranışlara sahip olduğu ve bu gibi sistemlerin daha iyi uyum sağladığını ileri sürmektedirler. Böylelikle de yaşayan sistemlerin kaosu eşiğine yakın konumda bulunacak şekilde evrimleştiği belirtilmektedir (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004).

Kaos eşiği ve kendiliğinden organize kritiklik kavramlarının her ikisinde de yaygın olan şey kritik davranıştır. Sistemin kritik durumda veya kritik duruma yakın işlemesi mümkün olan en küçük bozulmanın sistemin büyük kısmında şiddetli değişikliklere neden olabileceği anlamına gelmektedir. Genellikle bozulmaların etkisi yerelleştirilmiş olur ve kısa sürer. Kritik durumda sistem tüm ölçeklerde birbirine bağlanmıştır. Büyük sistemleri kritik durumda ele almak sayısal zorlukların meydana gelebileceği anlamına gelir (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004).

### **3.3. Kendi Kendine Organize Olan Kritikliğin Yapısı**

Birçok farklı alanda çalışan kişilerin yoğun ilgisine rağmen, KKOK davranışlarının ortaya çıkmasında gerekli olan koşullar ve KKOK’un biçimciliği ile ilgili olarak kolay anlaşılır, genel kabul görmüş tanımlar bulunmamaktadır. KKOK hala iyi oturtulmuş matematiksel bir çerçeveden yoksundur. Matematiksel biçimcilik eksikliği KKOK için tanım eksikliği ile bağlantılıdır (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004)

KKOK, kaosa yakın olmasına rağmen, kaotik özellikler göstermez. KKOK – yani düzen ve kaos arası – durağanlık ve kaos sınırında uzun geçiş periyodunda kendini organize eden bir kritik durum karakteristiği olarak nitelendirilmektedir. KKOK, büyüklükleri güç kanunları olarak ölçeklenen bozulmalarla kesintiye uğrayan yarı kararlı bir dengeler dizisi sergileyen, yavaş güdülen eşik sistemleri kapsayan bir terimdir (Jensen, 1998’den aktaran Noell, 2007). Olgunun isminden de anlaşıldığı üzere hem kendini düzenleme, hem de kritiklik unsurları mevcut olmalıdır. KKOK sistemlerinde diğer sistemlerden farklı olan, bunların güç kanunlarından sorumlu ölçeğe çıkıyı ürettikleri kritik noktada kalmak için özellikle çaba göstermelerine gerek olmamasıdır (Cederman, 2003).

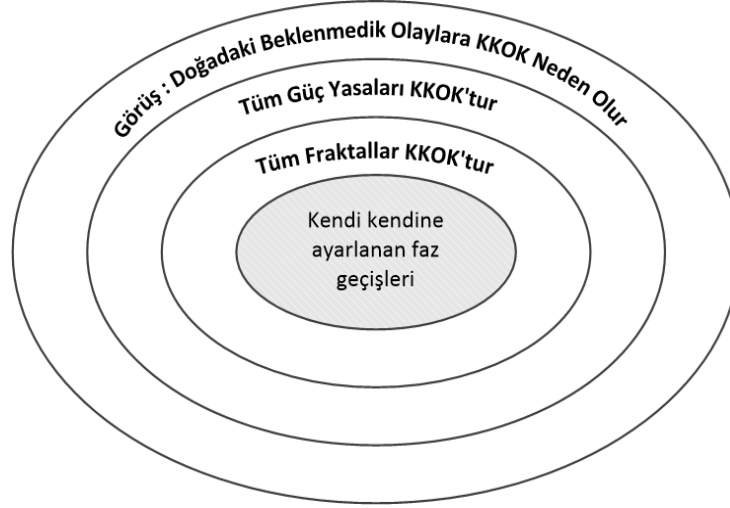
Kritik dereceye yaklaşıldığında, sistemin aşırı kırılma ve çöküşten dolayı kritik derecenin aşılamadığı bir düzen var ise düzende devamlı artış sağlayan herhangi bir

mekanizma, sistemin düzen ve kaos arasında kalmasına yol açabilecektir. Bu “kendi kendine organize olan kritiklik” olarak adlandırılan fenomenin özüdür. KKOK’un gerçekleşmesi için, bu “kırılganlık” artan düzen süreçleri ile karşılaştırıldığı kadarıyla hızlı olan yıkıcı olaylar şeklinde hayata geçmelidir. KKOK olgusu ayrıca “düzen” ile tanımlanamayan, fakat benzer dinamikler sergileyen nicelikler için de geçerlidir (Pueyo, 2014). Kendi kendine organize olmanın sonucu olarak sistemler, dış etmenler olmadan belirli yapılar haline gelirler. Bu sistemlere yapısal gelişimi kısıtlayan veya şekillendiren kuvvetler dâhil olup, kendi kendini düzenleme belirli ağ karakteristikleri ile tüm sistem türlerinde ortaya çıkmaktadır (Noell, 2007).

Kompleks sistemler analizinde, güç kanunu dağılımı oluşumu ve sistemin davranışı KKOK için fenomenolojik bir tanım ve gösterge olarak kullanılmaktadır. (Noell, 2007). Kendi kendine organize olan sistem bulmak kolaydır, fakat sistemin KKOK sergilediğini belirlemek zordur (Leong, 2003).

Ne tür sistemler KKOK sergiler? KKOK, depremler, güneş patlamaları, orman yangınları ve nötronal çığlar/heyelanlar gibi bir çok katastrof olayı çeşidi olan doğal olaylarda ve kum yığını ve pirinç yığımında gözlemlenir. Aynı şekilde biyolojik evrim, imparatorlardan şirketlerdeki CEO'lara, politik değişimler; ekonomide iş döngüleri (business cycle) veya ekonomik demografi gibi sistemler de KKOK sergileyebilir (Leong, 2003).

Şekil 8’de merkezde bulunan en asgariden, en dışta bulunan en çok görünür olana kadar literatürde KKOK kavramı ile ilgili alanların şematik bir sunumu verilmektedir. Şekilde belirtilen çekirdek, doğada bazı sistemlerin bir mekanizma ile kendilerini bir evre geçişine ayarlamaları yoluyla var olduğunu göstermektedir. Bu mekanizma bazen doğadaki fraktalların (ikinci halka) esas nedeni olarak tanıtılmıştır. Bazı yazarlar fraktal ve güç kanunlarını eşanlamlı olarak görmüş (üçüncü halka) ve birçok durumdaki alternatif açıklamaya rağmen kendiliğinden organize olan kritikliğin ikinci halka için de destekleyici bir mekanizmaya ihtiyacı olduğunu ileri sürmüşlerdir. En dıştaki bölge ise, kendiliğinden organize olan kritikliğin işareti olarak doğada beklenmedik olayları ele almaktadır (Watkins ve diğ., 2016).



**Şekil 8: KKOK Kavramının Şematik Sunumu**

**Kaynak:** Watkins ve diğ., 2016, 7.

KKOK'in temel fikri, kompleks sistemlerin genel şartlar altında, dışsal müdahaleye veya ayarlamaya ihtiyaç duymadan, iki farklı rejim arasında geçiş durumunda kritik noktada kendiliğinden organize olunmasıdır. Bu gibi kendiliğinden korunmuş evre geçişlerinde bir KKOK sistem modeli, büyüklük durumu, devam süresi ve bazı durumlarda  $1/f$  güç spektrumu ölçeğinde güç kanunu sergilemektedir (Markovic ve Gros, 2013, 4).

Özetle, kompleks sistemde ajanlar arası karşılıklı etkileşimin doğrudan fonksiyonu KKOK olarak adlandırılmaktadır. KKOK teorisi, basit kuralların karşılıklı etkileşiminden güç kanunu ilişkilerinin doğada görülen büyük interaktif sistemlerin nasıl çokluğu geliştirdiğini açıklamaya çalışmaktadır (Li, 2002).

### 3.4. Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik Modelleri

Son 25 yılda KKOK kavramının, özellikle güneş fiziği ve astrofizik olmak üzere kritik eşiği olan ve yavaş güdülen sistemlerde birçok uygulaması yapılmıştır. Dolayısıyla KKOK sistemleri için daha pragmatik ve fizik esaslı tanımlar yapılmış olup, iktisadi sistemlerde uygulaması ise oldukça yenidir (Aschwanden ve diğ., 2016).

KKOK kavramı, birtakım basit hücrel otomasyon (cellular automata) modellerinden yararlanan sayısal simülasyonlardan evrilmiştir. Bu bağlamda hücrel terimi modelin mekan açısından ayrık olduğunu ifade ederken, otomasyon terimi sistemin evriminin kendi kendine işlediğini göstermektedir. Klasik KKOK hücrel otomasyon modeli düzenli bir kafes/ızgara (lattice/grid) ağıdır; burada

tekrar dağılım (redistribution) kuralı en yakındaki etkileşimli komşu hücrelerle gerçekleşmektedir (Aschwenden, 2013). Hücrel otomasyon, kum yığınınındaki çığ süreçlerinin ana işleyişini göstermek için tercih edilen bir araç olmuştur. Kum yığını ile ilgili Bak, Tang ve Wiesenfeld (1987) çalışmasından sonra Bak (1996) çalışmasında kum yığınınına benzer türde düzenlilik üreten basit bir bilgisayar modeli oluşturmuş ve hücrel otomasyon konusunda son derece basitleştirilmiş bir örnek vermiştir.

KKOK ile ilgili teorik modeller;

1. Kompleksitenin istatistik yönleriyle ilgili olan ve tüm KKOK olguları için evrensel olup, esasen “fizik içermeyen” **matematiksel bir kısım** (güç kanunu benzeri dağılım fonksiyonları ve fraktal boyutlar gibi) ve
2. KKOK çığ hacmini belirli fiziksel bir mekanizma üzerinden fiziksel gözlemlenebilir bir unsura bağlayan **fiziksel bir kısım** (örneğin çığ hacmi ve gözlemlenen emisyon arasında bir ölçekleme kanunu biçiminde),

olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Aschwenden, 2013, 24). Aşağıda fizik içermeyen matematiksel temelli teorik modeller kısaca açıklanmaktadır.

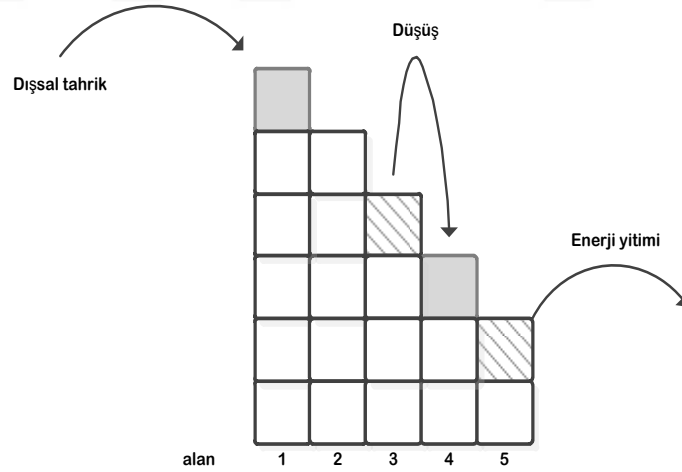
### 3.4.1. BTW Kum Yığını Modeli

Kendini organize eden kritiklik ile ilgili ilk çalışma Bak, Tang ve Wiesenfeld (1987) tarafından kum yığını benzetmesi temel alınarak yapılan, kum yığını modelidir. BTW modeli olarak adlandırılan bu çalışma, bir kum yığınının çığlarını taklit eden, mekânsal olarak kompleks örüntüler içeren dinamik bir sistemin sayısal bir kafes simülasyonundan yola çıkılarak oluşturulmuştur. Kum yığını modeli hücrel otomasyon sisteminin basit bir örneğidir.

BTW modelinde, güç kanunlarının kritik noktalarda kendini düzenleme kabiliyeti olan kompleks sistemlerin istatistik bir sonucu olduğu varsayılmıştır. Bak Tang ve Wiesenfeld (1987) bu çalışmalarında, farklı kompleks sistemlerde gözlemlenen güç kanunu davranışlarını birleştiren bir etki teorisi geliştirmişler ve bunu KKOK olarak adlandırmışlardır. KKOK teorisi, geniş alanlara yayılmış olayların fraktal yapılarını ve bütün boyutlarda tehlike durumu üretebilen büyük dağılımlı sistemlerin eğilimi tarafından  $1/f$  yayılımını açıklamaktadır.

Kum yığını modeli Şekil 9’da görselleştirilmiştir. Öncelikle kum yığını kritik bir eğime ulaşmakta, daha sonra bütün boyutlarda heyelanlar meydana gelmektedir.

Modelin dinamiği çok basittir. Kum yığını modeli,  $N_d=L_d$  kesişen noktaları içeren doğrusal büyüklük  $L$ 'nin (ya da  $n \times n$  boyutlu) bir  $i$  ( $i = 1,2,\dots$ ) kafes boyutlu olarak tanımlanmaktadır. Kafesin her bir noktası boğum (node) olarak adlandırılmakta, kafesin her bir boğumunda belli miktarda,  $h(x,y)$  ile ifade edilen kum içermektedir. Bir kum tanesini rassal olarak tepeye  $(x,y)$  konulduğunda,  $h(x,y) \rightarrow h(x,y) + 1$  olacaktır. Eğer bir kaç kum tanesi toplandığında, belli bir eşik değeri  $h(x,y) \geq h_c$  geçiliyorsa tepe noktası ateşlenmektedir: Bu değişme yerel enerji olarak ya da kum yığınının yerel baskı ya da yerel yükseklik düzeyi (kafesdeki kum tanesi sayısı) olarak görülebilir (Markovic ve Gros, 2013, 6). Burada  $h_c$ ;  $(x,y)$  tepesinde eşik değeri ifade etmekte ve  $(x,y)$  tepesi 4 kum tanesi ile kaybolmakta:  $h(x,y) \rightarrow h(x,y) - 4$  komşu/bitişik taraf tekrar dağıtılmaktadır:  $h(x \pm 1, y) \rightarrow h(x \pm 1, y) + 1$  ve  $h(x, y \pm 1) \rightarrow h(x, y \pm 1) + 1$ . Kafesin tepe eşiği de, aynı zamanda 4 kum tanesi ile köşe dışlarına saçılarak kaybedilmektedir (Morar, 2009, 10). Böylece tek kum taneciği bir veya daha çok tepe noktasını ateşleyerek, domino etkisi ile ardışık çığlar oluşmaktadır. Bu modelin önemli karakteristiği, küçük kum taneciklerinin toplanması sonucunda, büyük çığların yaratılması, büyük olayların nedenlerinin belirlenmesinin çok zor olabilmesidir (Morar, 2009, 10).

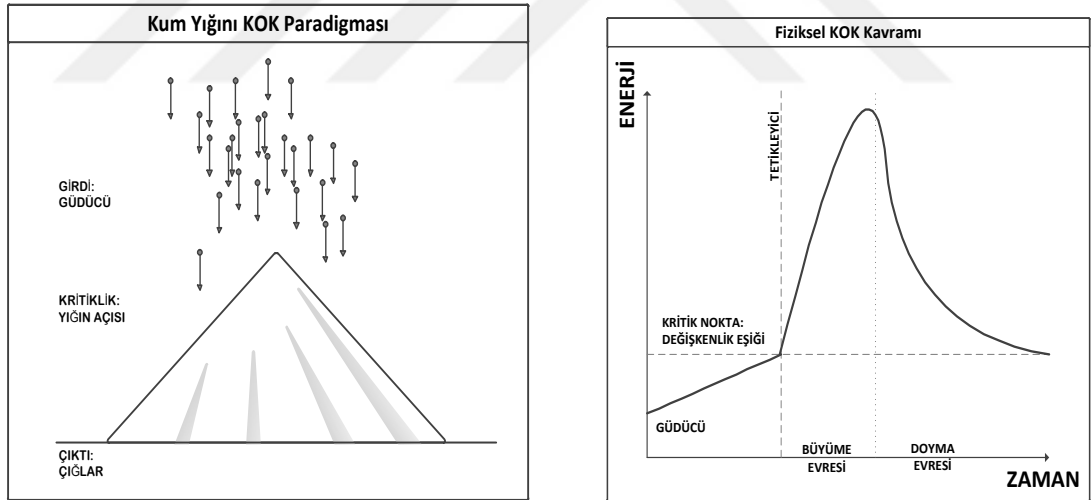


**Şekil 9: BTW Kum Yığını Modeli**

Şekil 9'da  $L = 5$  boyutta bir kafes üzerinde tek-boyutlu küçük bir BTW Modeli gösterilmektedir. Hareket etmek üzere olan parçacıklar taranmış olarak gösterilmekte, bir yerde görünmek üzere olan parçacıklar ise gri olarak gösterilmektedir. Mevcut kum tanesi yapılandırması  $h = \{5,5,4,2,2\}$  ve dışsal tahrik sonrasında ise  $h = \{6,5,3,3,1\}$  şeklinde belirtilmiştir. Gri parçacıklardan bir tanesi tıpkı alan 5'de veya alanlar 3 ile 4 arası gibi sistemin içerisinde bir yıkılma gerçekleşmeksizin meydana gelen alan  $i = 1$  içerisine dışsal tahrik ile eklenmektedir. Eğim eşiği,  $i=3$ 'de ve  $i = 5$ 'de iki taraflı aşmaktadır. İkincisi yıkıldığında parçacıklardan bir tanesi sınırdaki dağıtımda kalıcı olarak  $h_c = 0$  olarak kaybolmaktadır.

**Kaynak:** Watkins ve diğ., 2016, 14.

BTW kum yığını modelinde kum yığını dengedeysen, diğer bir deyişle kararlı durumdayken, kum yığınının bir kum tanesi daha eklendiğinde, kum yığınının eklenen kumun ortalama eklenme hızı oranı kumun kenardan düşme ortalamasına eşit olup, burada çok sayıda ufak çığ ve az sayıda büyük çığ zinciri meydana gelmektedir. Özellikle Bak, Tang ve Wiesenfeld (1987) çığların sıklığı ve boyutu ile ilişkili karakteristik bir güç kanunu dağılımı bulmuşlardır. Bu “doğal” evrimleşme durumunu “kritiklik” olarak tanımlamışlardır (Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004, 297). Bu tanımla birlikte “kritiklik” teriminin anlamı, doğrusal olmayan sistemlerin tamamına yönelik global kararsızlık (instability), düzensizlik eşliğini kapsayan daha genel “kritik nokta” olarak genişlemiştir (Şekil 10). Ayrıca bir KKOK sisteminin dış kontrol parametresi olmadan kendini düzenlemesi veya ayarlaması gerekir; bu da her bir çığdan sonra sistemi tekrar kritik noktaya döndüren *yavaş ve sürekli bir güdücü* ile sağlanmaktadır. Böylece bir KKOK sisteminin yavaş güdülen girdi ile (anlık) çığ çıktısı arasında enerji dengesine sahip olduğunu ve bu şekilde enerjinin sistemde (zaman ortalamasında) korunduğu söylenebilir (Aschwanden ve diğ., 2016).



**Şekil 10: Kum Yığını Paradigması ve KKOK**

*Sol:* Güdücüden (girdi), kendini düzenleyen kritiklik mekanizmasından ve çığlardan (çıkıtı) oluşan temel kum yığını KKOK paradigması. *Sağ:* Fiziksel bir KKOK kavramında güdücü yavaş ve sürekli bir enerji girdisi hızı oluşturur ve kritiklik mekanizması yerini genelde doğrusal olmayan büyüme evresinden ve takip eden doyma evresinden oluşan bir çığın tetiklendiği değişkenlik eşığı biçimini almış bir kritik noktaya bırakır.

**Kaynak:** Aschwanden ve diğ. 2016, 8.

KKOK, sonsuz-küçük dış zorlamanın sınırında birçok bağlı serbestlik derecesi olan sistemlerde evrensel olarak meydana gelen temel bir fizik olgusu olarak kabul edilebilir. Bu teori, tıpkı bir kum yığınının kritik eğimini, yığının tepesine istikrarlı (ancak rassal) bir şekilde yeni kum taneleri dökülmesi yoluyla sürdüren kendi kendini düzenlemesi açısından sağlam olan bir kritik halini ele almaktadır. Tek çığlar geniş bir şekilde dağılan büyüklüklerde ve ilk bozulmadan daha yüksek büyüklüklere sahip düzenlerde gerçekleşmektedir (Aschwenden, 2013). Yığına yavaş bir şekilde kum taneleri eklendiğinde güç kanunu dağılımlı çığları tetiklediği belirlenmiştir. Bu örnek, sabit ve doğrusal bir girdinin, bir sistem içinde küçük olaylardan büyük olaylara uzanan doğrusal olmayan ve gecikmeli çıktıya yol açan soyut KKOK kavramını belirginleştirmektedir (Cederman, 2003).

Kum yığını modelinin davranışı üç özelliğe dayanmaktadır:

1. Eşik: Her karenin belli bir dayanma eşiği vardır. Gerçek bir kum yığnında bunun kaynağı taneler arası sürtünmedir. Ama sosyal hayatta bir insan topluluğu ele alındığında bu eşik tahammül, çekingenlik veya korkudan kaynaklanıyor olabilir.
2. Yavaş birikim: Yığına yavaş yavaş kum eklenerek belli bir “gerilim birikimi” oluşmaktadır. Çığların oluşma sebebi bu birikimdir.
3. Etkileşimin ağırlıklı rolü: Her kare, sadece komşusu olan karelerden etkilenmekte ve onlardan aldığı “kum taneleri” ile harekete geçme eşiğine ulaşmaktadır. Dış etkiler modele katılmamaktadır.

Makro seviye dağılımları ölçeşsiz sistemlerin sabit özellikleri olarak ortaya çıkarken, mikro seviyede bu tür sistemler ciddi derecede patikaya bağımlılık sergilemektedir (Arthur 1994). Kum yığını örnek olarak kullanıldığında tanelerin tam olarak nereye ve ne zaman indiği önem kazanmaktadır. Bu durum deprem olgusunun da gösterdiği gibi, nokta tahminin genellikle boşuna olması anlamına gelmektedir. Bununla beraber hiçbir düzenliliğin mevcut olmadığı anlamı da çıkarılmamalıdır. Özellikle de KKOK türündeki kompleks kendi kendini organize eden sistemler, aynı şekilde öngörülemez davranışlar üreten kaostan ayrılmaktadır (Cederman, 2003).

### **3.4.2. Kum Yığını Modeline Dayalı Diğer Modeller**

Kum yığını modellerinin tarihçesinde fiziksel kum yığını modelleri ve bilgisayar temelli kum yığını modelleri olduğu görülmektedir. İlgi çekici KKOK meselesi son

dönemlerde özellikle de fiziksel olguya atıf yaparak, çok sayıda uygulamaya yol açmıştır. Ayrıca kum yığını, orman yangını, kafes gaz ve deprem modelleri gibi bir dizi prototip model yapılmıştır.

Kum yığını modellerinde ise, Bak, Tang ve Wiesenfeld (1987) çalışmalarından sonra kum yerine cam boncuk, pirinç ve farklı ıslaklıkta kum gibi farklı maddelerin kullanıldığı fiziksel kum yığını modelleri<sup>25</sup> araştırılmaları gerçekleştirilmiştir (Davis, 2008). Çok sayıda çalışmada, örneğin Bak (1996), Jensen (1998), Turcotte (1999), Charbonneau ve diğ. (2001), Sornette (2004), Aschwanden (2011) ve Pruessner (2012) çalışmalarında KKOK davranışı ve bu davranışı simüle eden modeller yapılmıştır. Ayrıca, kum yığını modelleri yanında Drossel ve Schwabl (1992) tarafından geliştirilen orman yangınları modeli de diğer bir KKOK özelliği sergileyen modeldir (Crosby, 2013).

**Tablo 4: Popüler KKOK Modelleri ve Kullanılan Kısaltmaları**

Kısaltması	Modelin Özelliği
AST- modeli	Durum geçişini emen modellerdir (absorbing state transition)
SOqC- modeli	Kendi kendine organize olma benzeri kritiklik (self organized quasi criticality) gösteren modeldir.
BTW kum yığını modeli	Bak,Tang ve Wiesenfeld (1987) tarafından önerilen orijinal kum yığını modelidir.
Manna kum yığını modeli	Manna (1991) tarafından önerilen, taneciklerin stokastik dağılım ile ilgili BTW modelin bir türüdür.
OFC deprem modeli	Olami, Feder ve Christensen (1992) tarafından önerilen yitigen kum yığını modelidir.
Zhang kum yığını modeli	Zhang (1989) tarafından önerilen, devamlı enerji ile BTW modelin abelyan <sup>26</sup> olmayan çeşididir.

**Kaynak:** Markovic ve Gros, 2013, 7.

<sup>25</sup> Modelin değiştirilmiş olduğu ikinci bir türünde, kumun yerini daha büyük tanecikler almakta, modelde kumu simüle eden ancak taneciklerin kumdakinin aksine ayrı ayrı olarak gözlemlenebilecek şekilde büyük olmasını sağlayan cam boncuklardan yararlanılmaktadır. Kum aynı zamanda cam boncuklarla karşılaştırıldığında küresel olmayan, yoğunluğu kayda değer derecede daha az olan ve sürtünme katsayısı daha fazla olan pirinçle de değiştirilebilmektedir. Yığın için kullanılan ortamda yapılan üçüncü bir değişiklik de farklı ıslaklıklarda kum kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Bu tutunma özelliklerini değiştirerek, yığının kritik noktaya erişmeden önce daha büyük yüksekliklere erişmesini sağlamaktadır. Bu yöntem kar kaymalarının yarattığı çığlara örnek verirken yararlı olmaktadır. Kar kaymaları karın ıslaklığından etkilenir; bu da sıcaklık tarafından kontrol edilen bir unsurdur. Yapılan çalışmada kuru kum çok soğuk koşullarda meydana gelen kuru toz halindeki karı temsil etmektedir. Islak kum ise nispeten daha sıcak havalarda düşen ve kartopu yapmak için uygun ancak kayakçılık için korkunç olan karı temsil etmektedir (Davis, 2008).

<sup>26</sup> Matematikte; öbek (veya grup), öncelikle öğeleri boş olmayan bir küme ve üzerine tanımlı bir ikili işlem olan bir kümedir. Öbek kuramı, bu işlemin özelliklerine göre öbekleri incelemektedir. Abelyen grup; yalnızca sırası değiştirilebilir öğelerden oluşan gruplara denmekte. bunun dışındakilere ise, abelyen olmayan gruplar denmektedir. Örneğin bir eksen çevresinde dönme bir abelyen gruptur. Değişme: her  $a, b \in G$  için  $ab=ba$  önermesini sağlıyorsa *değişmeli öbek* grup ya da Abel'in anısına abelyen öbek/grup olarak adlandırılmaktadır.



Devamlı enerji formundaki abelyen olmayan KKOK model ilk olarak Zhang (1989) çalışmasında analiz edilmiş ve böylece Zhang kum yığını modeli olarak adlandırılmıştır. BTW ve Zhang kum yığını modelleri yanında diğer türde çöküş kuralları da mevcuttur. Çöküş (toppling) kuralları değişiklikleri, sıklıkla evrensellik sınıfının değişimi ile sonuçlanmasına bağlı olarak çalışmaktadır (Markovic ve Gros, 2013, 8). Manna (1991) tarafından önerilen stokastik kum yığını modelinin, analitik olarak çözülebilirliği konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çöküş kuralı abelyen olana karşı abelyen olmayan, deterministik karşısında stokastik ve yönlendirilen (directed) perkolasyona (percolation-süzülme) karşı yönlendirilmeyen (undirected) perkolasyon olarak farklı biçimlere ayrılmaktadır.

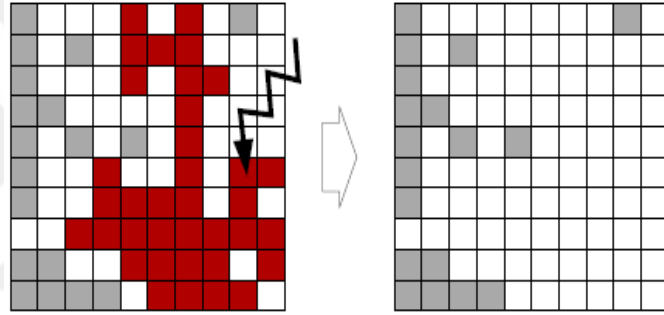
Geleneksel KKOK modelleri, BTW, Zhang veya Manna gibi kum yığını modelleri enerji içeren kritik ölçekleme davranışı göstermekte ve ölçeğe duyarsız gözlemler üretmek için kendini organize etme sürecini temel almaktadır (Markovic ve Gros 2013, 48). Bazı modeller ise, kendi kendine organize olma sürecini belli bir dereceye kadar semantik olarak sorgulanmasını yapmaktadır. Bir çok durumda bir sistemin düzeni kritik noktaya doğrudur. Kendi kendine organize olmanın altında yatan nedeninin, düzen sürecinin içsel ilerleme zaman ölçeğinin deneysel zaman ölçeğine göre daha kısa olduğu konusunda genel bir uzlaşma bulunmaktadır. Bununla birlikte, içsel parametrelerin düzeninin (tuning), örneğin Kauffman'ın "kritik eşikte hayat" kavramında, Darwinci seçim (doğal ayıklanma) gibi daha uzun zaman ölçekleri süreçlerinde gerçekleştiği durumlarda bulunmaktadır. Her iki durumda da, gerçek dünya sistemleri için, dinamik durum hiç bir zaman tam kritik noktada olmamakta, fakat dalgalanma çok uzun zaman ölçeğine rağmen kritik nokta etrafında gerçekleşmektedir (Markovic ve Gros, 2013, 48-49).

KKOK sistemlere klasik bir örnek çalışma perkolasyon modelini<sup>27</sup> baz alan Drossel ve Schwabl'ın (1992) *orman yangını modeli* gösterilebilir. Perkolasyon modeli, bir

---

<sup>27</sup> Kritiklik olgusunun fiziğini anlatan basit ve öğretici bir örnek "perkolasyon geçişi" dir. Şekil 11'de gösterildiği gibi bazı karelerin renklendirildiği kare bir kafes ele alındığında, her bir kareyi bağımsız olasılık  $p$  ile renklendirildiği, yani ortalama olarak bir  $p$  bölümünün renklendirildiği varsayalım. Oluşan renkli kare kümelerine, yani yakın renkli karelerin bitişik bölgelerine bakarsak, mesela rastgele seçilen bir karenin ait olduğu kümenin ortalama alanı ( $s$ ) nedir sorusunu yöneltebiliriz. Eğer bu kare renklendirilmediyse alanı sıfırdır. Eğer renkliyse fakat komşuluğundaki karelerin hiçbirisi renkli değilse alanı birdir, bu şekilde devam eder.  $p$  küçük olduğunda yalnızca birkaç kare renkli olur ve renkli karelerin çoğu da kafeste yalnız kalır ya da ikili, üçlü gruplarda olur. Dolayısıyla ( $s$ ) de küçük olur. Aksine, eğer  $p$  büyük olursa – alabileceği en yüksek değer olan 1'e yakın – çoğu kare renkli olur ve neredeyse tamamı büyük bir küme halinde birbirine bağlı olur, buna da kapsayan küme denir. Bu durumda sistemin *perkole* olduğunu söyleyebiliriz. Tepe noktanın ait olduğu kümenin

ormanın primitif modeli olarak görülür. Bu modelde kafes peyzajı temsil etmekte ve her karede tek bir ağaç yetişebilmektedir. Dolu kareler ağaçları, boş kareler ise ağaç olmayan boş araziye temsil etmektedir. Ağaçlar sabit bir oranda rastgele dağılmıştır ve böylece kümenin kareleri rastgele dolar. Nadiren bir kümenin bir karesinde, bir yıldırım sonucunda veya başka bir nedenle, söndürülmesi güç bir yangın başlamakta ve bu karedeki ağaç kümede ona bağlı olan diğer tüm ağaçla birlikte yanmaktadır. Bu süreç Şekil 11’de gösterilmiştir. Alevlerin tüm küme yanana dek bir ağaçtan yakındaki diğer bir ağaca sıçradığını, ancak alevlerin boş bir kare tarafından meydana gelen yangın duvarını aşamayacağı düşünülmüştür. Karede yıldırım çarpan bir ağaç yoksa hiçbir şey olmamaktadır. Yangından sonra, yanan ağaçların doldurduğu karelerden ağaçlar tekrar büyümekte, böylece bu süreç sonsuza kadar devam etmektedir.



**Şekil 11: Orman Yangını Modeli**

Şekil’de Yıldırım orman yangını modelinde rastgele noktalara düşmekte, çarptığı ağacın da içinde bulunduğu tüm kümeyi ortadan kaldıran bir yangın başlatmaktadır.

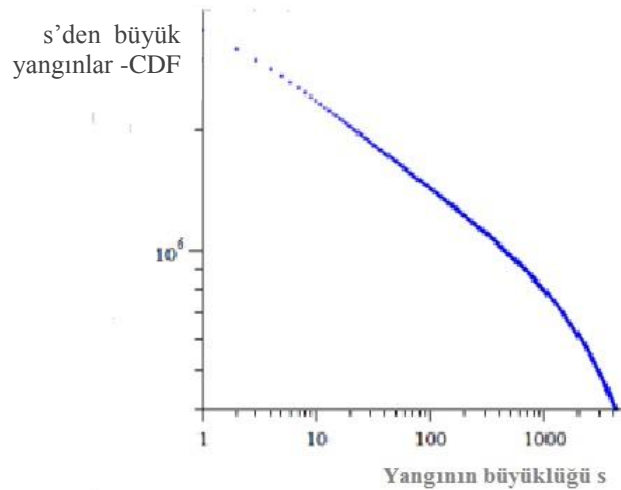
**Kaynak:** Newman, 2005, 22.

Boş bir kafesten başlanırsa ağaçlar görünmeye başlar, ancak ilk başlarda seyrek olacaktır ve yıldırım ya boş kareye ya da şans eseri bir ağaca çarparak onu ve kafesini yakacaktır, ancak bu kafes küçük ve yerel olacaktır. Çünkü perkolasyon eşiğinin altında bulunmaktadır. Bu nedenle alevlerin ormanın genelinde büyük oranda etkisi olmayacaktır. Ancak zaman geçtikçe ağaçlar büyümeye devam edecek ve perkolasyona ulaşılmasına yetecek sayıya gelecektir. Bu noktada, görüldüğü gibi, boyutu yalnızca kafes ile sınırlı olan yayılmış küme formlarına ve bu kümeden herhangi bir ağaca yıldırım düştüğünde tüm küme yanıp kül olacaktır. Bu da yayılan kümeyi ortadan kaldırarak perkolasyonu engelleyecektir, ancak zamanla ağaçlar

ortalama boyutu artık sadece kafes boyutuyla sınırlıdır ve kafes boyutunu büyüttükçe ( $s$ ) de büyür. Yani elimizde iki farklı davranış vardır, birisi ( $s$ )’nin küçük olduğu ve sistemin boyutuna bağlı olmadığı küçük  $p$ , diğeri ise ( $s$ )’nin çok daha büyük olduğu ve sistemin boyutuyla birlikte büyüdüğü büyük  $p$ .

büyüdükçe büyük olasılıkla perkolasyona tekrar ulaşılacaktır ve bu senaryo tekrarlanacaktır. Nihai sonuç ise, sistemin kritik nokta etrafında gidip gelmesidir; önce ağaçlar ortaya çıktığında perkolasyon eşiği aşılacak ve sonrasında yangın ile tekrar bu eşikten aşağı inecektir. Büyük boyutlu sistem limitlerinde bu dalgalanmalar, bütün olarak sistemin büyüklüğü ile karşılaştırıldığında ve sistemin eşiğe süresiz bir şekilde tam oturduğu mükemmel kararlılıkla kıyaslandığında, çok küçük kalmaktadır. Bu nedenle eğer yeterince beklenirse orman yangını modelinin kümelerinin ya da yangınların boyutlarının güç kanunu dağılımına sahip bir duruma kendiliğinden organize olması beklenebilir.

Şekil 12’de görüldüğü gibi orman yangını modelindeki yangın boyutlarının kümülatif dağılımı güç kanunu yakın bir şekilde takip etmektedir. Bu durumda dağılımın üsteli oldukça küçüktür. En iyi güncel tahmin  $\alpha = 1.19 \pm 0.01$  değerini vermiş olup, dağılımın büyük sistemlerde sonsuz ortalamaya sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bununla birlikte tüm gerçek sistemler için ortalama sınırlıdır: dağılım, büyük boyutlu kuyruklarda kesilmektedir, çünkü alevler kafesin tamamından daha büyük bir boyuta sahip olamadıklarından ortalamayı daha iyi tahmin edilebilir olmaktadır. Bu kesilme Şekil 12’de alanın sağına doğru düşen eğriden açıkça görülmektedir (Newman 2005).



**Şekil 12: Orman Yangını Modelinde Yangın Boyutlarının Kümülatif Dağılımı**

Şekil 12’de Drossel ve Schwabl (1992) orman yangını modeli simülasyonundaki 5000 x 5000 büyüklüğündeki kare kafes için “yangın” boyutlarının kümülatif dağılımı.

**Kaynak:** Newman, 2005, 22.

Yapılan tüm çalışmalarda, KKOK modelleri ile yavaş dış tahrik ve çığ tepkisi araştırılmıştır. Kendiliğinden organize olmanın rolünü belirlemede, çok fazla zorluk olduğu ortaya çıkmıştır.

### 3.5. Sistemin KKOK Olduğunun Belirlenmesi

KKOK'nin kompleks sistemlerde gelişimine ilişkin üzerinde mutabık kalınmış formel bir matematiksel tanımı, keskin eşik süreçlerinin teşkil ettiği büyük matematiksel zorluk sebebiyle henüz geliştirilememiştir. Ancak KKOK'ün tam bir tanımı olmamasına karşın, KKOK bazı özellikleri bilinmekte ve bu özelliklerden yola çıkarak tanımlar oluşturulmaya çalışılmaktadır. KKOK özellikleri ile ilgili öncelikle fiziksel ölçütler belirlenmeye çalışıldığı, daha sonra fizik içermeyen istatistiksel yaklaşımlar yapıldığı görülmektedir.

Kendi kendine organize olan kritiklikte, fraktallar ve çekim noktaları en belirgin özelliklerdir. Buna göre KKOK mekanizmalarının fraktal sistem değişiklikleri yarattığı ve çekim noktalarının fraktal bir yapıya sahip olduğu savunulmaktadır. (Noell, 2007). Diğer önemli bir özelliği ise, bu sistemde neden ve etki arasındaki ilişkinin doğrusal olmayışıdır (Morar 2009, 10). KKOK, aynı zamanda “çığ kavramı” olarak da bilinmekte ve kısa bir aralıkta etkileşen büyük sayıda unsur içeren yitigen sistemlerin davranışlarını nitelemektedir. Bu sistemler, ufak bir olay sonucunda (fiziksel anlamda rastgele bir enerji girdisi tarafından) sistemde herhangi bir sayıda unsurun etkilenmesi ile zincir bir reaksiyon başlatan kritik bir hale evrilebilmektedir (Aschwenden, 2013).

KKOK temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir. Bunu yaparken temel olarak Jensen'den (1998) faydalanılmıştır (Jensen 1998'den aktaran Andergassen, Reggiani ve Nijkamp, 2004):

- Açık yitigen sistemler olması,
- Sistem bileşenlerinin basit kurallar tarafından yönetilmesi,
- Sistem içinde eşiklerin mevcudiyeti ve eşiği aşana kadar sistemde baskı yaratılması; Bir KKOK sisteminde sistemin dış tahriki ile bağlantılı olan süreç iç rahatlatma sürecinden çok daha yavaş olmalıdır; örneğin deprem olgusunda tahrik gücü yıllar sürebilir, ancak rahatlatma yalnızca birkaç saniye sürer,
- KKOK'ün hem korunumlu sistemlerle (örneğin, kum yığını), hem de korunumsuz sistemlerle (örneğin, depremler) ilişkili olması,
- KKOK'ün kaotik sistemlerin aksine, uzun süreli tahminlere izin vermesi,

- Doğal sürecin kritik duruma doğru olması; böylece yarı kararlı durumlar ve eşik dinamikleri olan bir tür evrim ile karşı karşıya kalınması,
- Sistemde küçük çalkantıların sistemde çığ (avalanches) olarak (zincirleme reaksiyon) adlandırılan etkilere neden olabilmesi,
- KKOK durumunda çeşitli olayların meydana geldiği frekansları tanımlayan dağılım fonksiyonlarının güç kanunları sergilemesi,
- Tüm yarı kararlı durumlar (meta-stable) arasında, marjinal olarak kararlı durum olarak adlandırılan durumların özellikle önemli olması. Bu durumların, uygulanan güçte en ufak bir artışın, tipik herhangi bir zaman veya uzunluk ölçeği olmadan herhangi bir tepkiye neden olabildiği zamanlarda meydana gelmesi,
- Kritik durumun doğasının, bir sistemin dış bozulmaya (dış karışıklığa) (perturbation) karşı olan tepkisi tarafından tanımlanması: Bu sistemin durumuna göre,
  - a. Kritik olmayan davranış gösteren sistemler için: karakteristik tepki zamanı ve uzunluk ölçeği; tepkilerin dağıtımını dar olup, ortalama tepki tarafından iyi bir biçimde tanımlanır;
  - b. Kritik davranış gösteren sistemler için: farklı pozisyonlarda uygulanan aynı bozulma veya aynı pozisyonda farklı zamanlarda uygulanan aynı bozulma herhangi bir boyutta bir tepkiye neden olabilir.
- Dış tahrik gücüne dayalı olarak (tahrik gücü ne kadar büyükse ilgili hafıza etkisi o kadar az olacaktır) – KKOK sistemlerinde mikro seviyede olan - küçük bir hafıza etkisinin mevcut olması.

Ayrıca KKOK'un özellikleri olarak, aşağıdaki "fizik içermeyen" üç KKOK ölçütü Aschwanden (2013, 6-9) tarafından ileri sürülmüştür:

1. **İstatistiksel Bağımsızlık:** Bir KKOK sisteminde gerçekleşen olaylar istatistik olarak bağımsızdır ve nedensel olarak mekan (space) ya da zamanla (temporally) bağlantılı değildir.
2. **Doğrusal Olmayan Uyumlu Büyüme:** Bir KKOK olayının zaman içinde evriminde, kritik bir eşiğin aşılmasından sonra, doğrusal olmayan büyüme evresi bulunmaktadır. Büyüklük veya gerçekleşme sıklığı dağılımı ölçeksizdir ve belirli bir büyüklük aralığı üzerinde bir güç kanunu fonksiyonu ile nitelenebilir.

3. **Yükselme Zamanlarının Rassel Uzunlukları:** Bir sistemin KKOK halinde olması durumunda, bir çığın uyumlu büyüme evresinin yükselme zamanı veya süresi öngörülemez ve dolayısıyla rassel bir uzunluk sergiler. Ayrıntılı mekânsal ve zamansal evrim komplekstir ve fraktal geometri ile stokastik (olasılıksal) dalgalanan (fluctuating) zaman, özellikleri içerir (bunlar bazen  $1/f^{28}$  gürültüsü, beyaz, pembe, kırmızı veya siyah gürültü ile modellenir).

KKOK belirlenmesi için ileri sürülen bu özelliklerin yanında, Noell (2007) ile Watkins ve diğ. (2016) bir sistemin KKOK olduğunun belirlenmesi için yeterli ve gerekli olan koşulları belirlemişlerdir. Noell'e (2007) göre;

1. Bir sistemin davranışsal değişkenlerinin istatistik özellikleri bir güç kanunu dağılımı göstermelidir (**yeterli koşul**). Böylece kendi kendine organize olmayı araştırmanın yerini, güç kanunu almıştır. (Morar, 2009)
2. Bir KKOK hali oluşturan temel koşullar (eşik seviyeleri, yarı kararlılık, ucu ucuna kararlılık) ve süreçler (eşik seviyelerinin birikimi ve gevşemesi, çığ benzeri sistem değişiklikleri) tanımlanabilir (**birinci gerekli koşul**).
3. Bir sistem yavaş güdülen, etkileşim egemenliğinde eşik sistemleri, olarak tanımlanabilir (**ikinci gerekli koşul**) (Noell, 2007).

Böylece yukarıdaki tek yeterli ve iki gerekli koşul yerine getirildiğinde bir sistemin KKOK göstermesi oldukça muhtemel olduğu kabul edilmektedir.

Watkins ve diğ. (2016, 22) ise, tartışmalı konumda olan KKOK için gerekli ve yeterli koşullarını benzer şekilde belirlemiştir. Buna göre gerekli koşulları aşağıdaki gibi özetlemiştir;

1. Basit olmayan ölçekleme (sonlu büyüklük ölçeklemesi; kontrol parametresine bağımlı olmama),
2. Mekansal-zamansal güç kanunu korelasyonları,
3. Kendiliğinden kritik noktaya ayarlanma.

KKOK için yeterli koşullar ise aşağıdaki gibidir;

4. Doğrusal olmayan etkileşim, (çoğunlukla eşikler etkileşimi belirlemektedir)

---

<sup>28</sup> Aynı zamandas  $1/f$  ölçekleme, gürültü (noise) oynak gürültü (flicker noise) olarak bilinir ve spektral gücün frekansla ters orantıda değiştiği gürültü olup, kendi kendine organize eden kritikliğin göstergesidir. Kendi kendine organize eden kritiklik dağılımının dinamik bir orijini olduğunu belirtir.  $1/f$  gerçek anlamı  $1/f^\alpha$  olup,  $\alpha, 0 < \alpha \leq 2$  arasındadır (Morel 1998). Eğer  $\alpha \approx 0$  ise beyaz ( $1/f^0$ ),  $\alpha \approx 1$  ise pembe ( $1/f^1$  yada  $1/f$ ) ve  $\alpha \approx 2$  ise kahverengi ( $1/f^2$ ), gürültü olarak adlandırılır.

5. Çıg düşüşü (aralıklı, eşiklerin mevcudiyeti durumunda beklenmektedir ve yavaş tahriklidir)
6. Zaman ölçeklerinin ayrımı (farklı çığlar elde etmek için bariz bir gereksinimdir)

Eşzamanlı olarak 1-3'teki tanımına göre üç gerekli koşulu karşılayan her sistemin, KKOK'un karakteristiklerini sergileyeceği, aksi durumda ise sergilemeyeceği varsayılmaktadır.

Li (2009, 20) ise, KKOK'in temel belirleyicilerinin şunlar olduğunu belirtmektedir;

1. **Güç kanunu:** Mekansal (spatial) ve zamansal (temporal) büyüklüğün güç kanunu, KKOK durumunun belirleyicisidir. Güç kanunu olgusu gösteren bütün sistemler KKOK sistem değilse de, bütün KKOK sistemler güç kanunu frekans-büyüklik (frequency-size) istatistiği üretir.
2. **Katastrof (catastrophe) olaylar:** KKOK sistemlerde seller, çığlar, depremler gibi büyük katastrof olayları temel belirleyicidir. KKOK sistemlerde felaketler kaçınılmazdır. Bu sistemler asla dengeye ulaşmayıp, bir yarı durağan (metastable) durumdan diğerine değişirler.
3. **Korelasyon uzunluğu (correlation lengths):**  $\xi$  sembolü ile gösterilmektedir. Aynı zamanda korelasyon uzunluğunun değişimi de KKOK ile ilgili modellerin davranışında önemli bir yöndür. Korelasyon uzunluğunun artması kritik evrenin başlayacağını önemli bir göstergesidir.

Bak'ın (1987) ana önermesi, büyük sistemlerin karakteristik özelliklerindeki değişikliklerin "güç kanunu" dağılımlı olması durumunda kendi kendini düzenleme süreçlerinin varlığını gösterebileceği yönündedir. Dolayısıyla, güç kanunu dağılımlarına ilişkin testler kendi kendine organize olan kompleks sistemler için güçlü bir analitik araç halinde gelmektedir.

### 3.6. KKOK İle İlgili İstatistiksel Dağılımların Özellikleri

#### 3.6.1. Güç Kanunu Dağılımı

KKOK'in temel özelliği güç kanunu dağılımıdır. Güç kanunu dağılımı, büyük olayların nadir, küçük olayların ise yaygın olduğu olgusunu tanımlamak için kullanılmaktadır. Güç kanunu dağılımı, bir popülasyonun dağılımında güç ile sayının ters orantılı olduğunu kabul eden dağılım şeklindedir.

Güç kanunları her ne kadar Pareto (1897), Auerbach (1913) ve Zipf (1949) ile onlarca yıl öncesine uzansa da, Mandelbrot'un (1963, 1982) öncülüğünde yaygınlaşmıştır (Newman, 2005). Bu kapsamda da güç kanunu dağılımının birçok farklı adı oluşmuştur. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir (Carter, 2007);

- Ağır/şişman (heavy/fat) kuyruk dağılımı
- Pareto dağılımı
- Zipf dağılımı<sup>29</sup>
- Lotka dağılımı
- Bradford kanunu
- Zeta dağılımı
- Ölçeksiz dağılım
- Büyüklük–sıralama kuralı (rank-size rule)
- 80-20 kuralı
- 90-9-1 kuralı (katılım eşitsizliği<sup>30</sup>)
- Matthew etkisi (veya "birikmiş üstünlük")<sup>31</sup>

Kompleks bir olayı açıklayan dağılımlar güç kanunu dağılımı gösterir, normal (veya Gaussyen) değildir. Gauss dağılımı "uysal" dağılımlar ailesine örnek oluştururken, güç kanunu dağılımı tam tersine "vahşi" ailesinin bir temsilcidir. Kompleks sistemlerde, güç kanunu dağılımlarının görülmesi hiyerarşi ve dayanıklılığın simgesi olarak düşünülmektedir. Güç kanunu dağılımları, sıra dışı olaylar kavramını canlandırırken, "9-sigma olayları"<sup>32</sup> istisna değildir. Gaussyen çan eğrisi

---

<sup>29</sup> Zipf kanununa göre, ikinci sıradaki bir yerleşim yerinin nüfus büyüklüğü, sistemdeki en büyük yerleşim yerinin yarısı, üçüncü sıradakinin en büyüğünün 1/3'ü ve 15. sıradakinin 1/15'i gibi giderek küçülen düzenli bir dağılım göstermesi beklenecektir.

<sup>30</sup> İnternette sanal bir toplulukta kullanıcıların %90'ı katılımda bulunmadan dinlemekte ve okumakta, %9'u zaman zaman katılımda bulunmakta ve sadece %1'i aktif olarak katılıp içerik üretmektedir. Bu durum Ben McConnell ve Jackie Huba tarafından "katılım eşitsizliği" olarak isimlendirilmiştir.

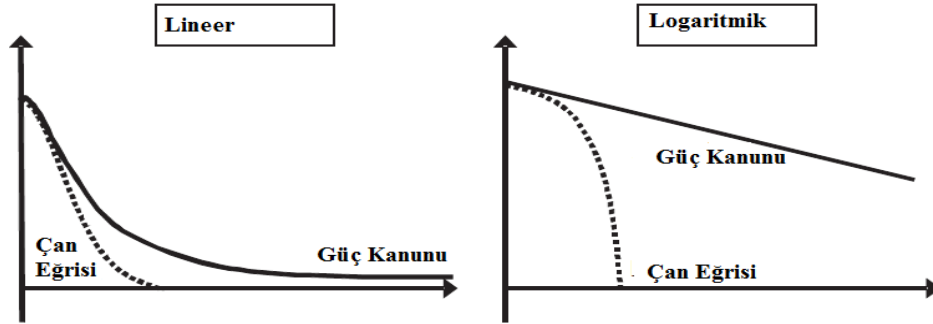
<sup>31</sup> Ekonomide ve sosyolojide "zengin daha zengin fakirin daha da fakir" olduğu durumu belirtmektedir. Ekonomik veya sosyal sermaye gücüne sahip olanlar bu kaynaklarla daha fazla güç veya sermaye kazanabilir. Terim sosyolog Robert K. Merton tarafından 1968 yılında ortaya atılmıştır.

<sup>32</sup> Yunan sigma harfi oynaklığın göstergesini temsil etmektedir. Normal dağılım eğrisine göre, bir olayın merkezi değerden uzakta olma olasılığı 9 standart sapma uzaklıkta olduğu anlamına gelmektedir. Normal dağılıma göre bu sapma çok enderdir. Genellikle normal dağılımda sapmalar 1 sigma boyutundadır. 8 yada 9 sigma sapma olayları çok enderdir. Şişman kuyruk dağılımlarında normal dağılımın tersine ortalama 5 ya da daha fazla standart sapma (5 sigma olayı) göstermesinin yüksek olasılığı vardır. Diğer taraftan şişman kuyruk dağılımlarında belirsiz sigma (teknik anlamda sınırlandırılmamış varyans) vardır.



terminolojisine başvurulacak, standart sapma “ $\sigma$ ” metrik olarak ortalamadan sapmaları ölçmek için kullanılmaktadır (Sornette, 2007).

Gaussyen ve güç kanunları arasındaki fark, olaylar arasındaki bağıntılara ilişkin varsayımlardan doğmaktadır. Bir Gauss dağılımında veri noktaları *bağımsız katkı unsuru* olarak kabul edilir. Bu olaylar modern istatistiğin temelinde yatan normal dağılımlar üretir. Hem doğal hem de sosyal bilimlerde istatistikçiler olayların özdeş ve bağımsız dağıldığı (*iid*-identically, independently distribution) varsayımı ile aşırı (extremes/outliers) konusunu göz ardı etmişlerdir. Güç kanunu dağılımları ortalama değerde en yüksek değere sahip değildirler. Aksine, dağılım en yüksek değerde başlamakta ve daha sonra sıfıra yaklaşmaktadır. Çarpık dağılımları neden olan “aşırı uçlar” göz ardı edilebilir, rassal olaylara indirgenmiştir. Nedensel unsurlar *bağımsız-çarpımsal* olduğunda lognormal bir dağılım ortaya çıkar ve nedensel kompleksite bir Pareto dağılımına dönüşür. Olaylar *birbirine bağlı ve/veya etkileşimli* olduğunda ise, dağılımlarda normallik kural *değildir*. Bunun yerine Pareto dağılımları egemen olur, çünkü uç olaylara yol açan olumlu geribildirim süreçleri (ve diğer süreçler) “normal” Gauss esaslı istatistiğe göre beklediğimizden daha sık bir şekilde gerçekleşir. Ayrıca bunlar veri noktalarındaki gerilim sınırı doğru arttıkça bağımsız iken, birbirine bağımlı hale geçebilir (Andriani ve McKelvey, 2009).



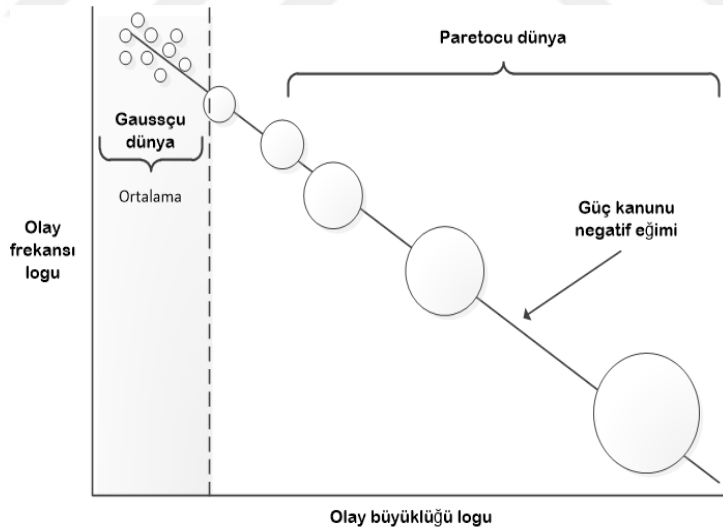
**Şekil 13: Gaussyen ve Pareto Dağılımları**

**Kaynak:** Andriani ve McKelvey, 2009; Andriani ve McKelvey, 2011.

Popülerliğin sırasını göstermede kullanılan güç kanunu grafik örneği Şekil 13’de verilmektedir. Şeklin sol tarafında yer alan grafikte doğrusal ilişki, sağ tarafında logaritmik ilişki gösterilmektedir. Sol taraftaki grafiğin güç kanunu çizgisinin sağ uç tarafı uzun kuyruğu ve sol üst taraf baskın olan azlığı göstermektedir. Eğer iki değişken arasında güç kanunu ilişkisi varsa, bu değişkenlerin birbirine göre durumları

log-log şeklinde çizilirse doğrusal bir ilişki gözlemlenmektedir. Bu doğrunun eğimi ise, ölçekleme kuvvetini (scaling exponent) vermektedir. (Şekil 13, sağ taraf). Burada log-log ölçekte tarif edilmiş güç kanunu, aynı zamanda Pareto dağılımını vermektedir (Esade ve McKelvey, 2010).

Güç kanunu dağılımları, normal dağılımlarla karşılaştırıldığında, uzun kuyruklara, potansiyel olarak sonsuz değişkenliğe, sabit olmayan ortalamalara ve sabit olmayan güven aralıklarına sahiptir (McKelvey, Lichtenstein ve Andriani, 2010). Gaussyen/normal dağılımlarda uç olayları aykırı gözlemleri, araştırılan dağılımın bir parçası olamayacak bir unsur olarak kabul edilirken, güç kanunlarında aykırı gözlemleri dağılımın önemli bir parçası ve dolayısıyla dikkate değer unsurlar olarak ele alınmaktadır. Şekil 14'ün üst sol bölgesinde yer alan ufak olayların herhangi biri nedensel bir zincir reaksiyona yol açarak, şeklin alt sağ bölgesinde yer alan uç bir sonucu doğurabilmektedir. Dolayısıyla gerçek dünya sisteminde doğrudan Gaussyen varsayımda bulunmak daha kolaydır (Esade ve McKelvey, 2010). Sabit olmayan ortalama ve potansiyel olarak sonsuz varyans sebebiyle bunları *olası* hale getiremeseler de, güç kanunları ölçeksiz olguların araştırılmaya değer olduğuna işaret etmektedir (Esade ve McKelvey, 2010, 417).



**Şekil 14: Biçimlendirilmiş Güç Kanunu Dağılımları**

**Kaynak:** Esade ve McKelvey, 2010.

### 3.6.2. Güç Kanunu Dağılımının Matematiksel Çerçevesi

Güç kanunu, aşağıdaki gibi yazılan iki gösterge (skaler) değişken  $x$  ve  $y$  arasındaki ilişkidir.

$$y = Cx^k$$

Burada C orantısallık (proportionality) sabiti ve k güç kanunu üstelidir. Yukarıdaki eşitliğin iki tarafının log'u alındığında aşağıdaki eşdeğer denklem oluşur.

$$\log(y) = k \log(x) + \log(C)$$

Bu aynı zamanda aşağıdaki doğru çizgi için oluşan denklem ile aynıdır.

$$Y = kX + c$$

$f(x) = Cx^k$  denkleminin göreceli (relative) ölçek değişimi özelliği vardır, yani  $f(sx)/f(x) = s^k$  x'den bağımsızdır. Bunun anlamı  $f(x)$  karakteristik bir ölçeği eksiktir yada ölçek duyarsızdır (Wu ve Holt 2006). Güç kanunları ölçeksiz teoriler gerektirir, çünkü aynı teori farklı seviyelerin her birine uygulanabilir (Baum ve McKelvey, 2006, 123). Sistemin küçük bileşenleri büyük olanlar ile aynı özelliklere sahip olduğu sürece, bu tip sistemlerin ölçek değişmezliği (invariance) sergilediği belirtilir.

Güç kanunun genel formulu  $f(x) = cx^\alpha$  olup, ölçek değişmezliği ölçekleme değişkeni x'in sabit faktörü tarafından türetilir;

$$f(kx) = k(cx)^\alpha = c^\alpha f(x)$$

Bu şekilde  $f(x)$ in bir sabit tarafından çarpılmak yoluyla  $f(kx)$  elde edilebileceği görülür. Bunun nedeni, önceki eşitliğin iki tarafının logaritması alındığında düz bir çizgi beklentisidir (Morar, 2009, 25).

Güç kanunu dağılımı ise, büyüklük (size) s'in olasılık yoğunluk fonksiyonu (probability density function-PDF),  $P(s) \sim s^{-\alpha}$  olarak ve büyüklüğün "s" kuyruk kümülatif dağılım fonksiyonunun (cumulative distribution function-CDF),  $D(s) = P(x \geq s) \sim s^{-\beta}$  olarak tanımlanmaktadır.  $\alpha$  ve  $\beta$  arasındaki ilişki  $\beta = \alpha - 1$  şeklindedir.  $\beta$ 'nin doğrusal regresyon kullanılarak log-log grafik olarak veri noktalarını kutulama (binning) yapmadan rahatlıkla tahmin edilebilmesi yüzünden  $\beta$ 'nin tahmin edilmesi daha çok tercih edilmektedir (Wu ve Holt 2006).

Güç kanunu dağılımı, ağır kuyruk olasılık fonksiyonuna sahip olup,  $P(s) \sim s^{-\alpha}$  formunda ve  $\alpha$  genellikle  $0 < \alpha < 3$  arasındadır. Bu dağılımın özbenzeşim ve ölçeksizlik özellikleri vardır.

Böylece güç kanunun genel formülü  $f(x) = Cx^{-\alpha}$  olup, bu aynı zamanda  $\log(y) = \log(C) - \alpha \log(x)$  anlamındadır (Adamic, 2000).

Büyükliklerin (boyutlarının) dağılım sıklığı  $x$  güç kanununa uymaktadır (Pueyo 2014). Negatif olmayan rassal değişken  $X$ , eğer sabit  $\alpha > 0$  ve  $c > 0$  olasılık yoğunluk fonksiyonu  $p(x)$ ;  $p(x) \sim \frac{c}{x^\alpha}$ , takip ediyorsa,  $\alpha$  üstel (exponent) olmak üzere  $x \rightarrow \infty$  için,  $x$ 'in güç kanunu gösterdiği söylenir (Morar, 2009, 11). Bu eşitlik aşağıdaki gibi de ifade edilebilir.

$$f(x) = Cx^{-\alpha}$$

Bu denklemde  $C$  ve  $\alpha$  sabitlerdir. Bu dağılım, logaritmik ölçekteki büyüklüklere karşılık olarak verilen büyüklükteki firmaların sayısını (veya  $f$  olasılık yoğunluklarını) düz bir çizgi olarak çizileceğinin gözlemleneceğini göstermektedir: (Pueyo 2014; 3435). Yukardaki formülün iki tarafının logaritması alınır, asimptotik olarak yukardaki formül ile şuna ulaşılır (Morar, 2009, 11).

$$\log(f(x)) = \log(C) - \alpha \log(x)$$

Tabii ki boyut olarak örneğin adalar ele alındığında, molekül kadar küçük boyutta veya Dünyanın tamamı kadar büyük adalar olmadığından, güç kanunları  $\alpha$  ile birleştirildiğinde dağılımı tanımlayan  $x_{\min}$  ve  $x_{\max}$  iki sınırı arasında geçerlidir. Sabit  $C$  bu üç parametrenin ( $\alpha$ ,  $x_{\min}$  ve  $x_{\max}$ ) fonksiyonudur ve olasılıkların iki sınır arasında bir noktaya düşmesini sağlamaktadır (Pueyo 2014, 3435). Güç kanunu sonuçları kümülatif olasılıklara  $P(X > x)$  dayanmaktadır  $\alpha$ ,  $x_{\min}$  ve  $x_{\max}$  paramterlerinin güç kanunu için, bu fonksiyonun, sonlu  $x_{\max}$  için, log-log grafiğinde düz çizgiye tekabül etmeyen  $P(X > x) = (x^{-\alpha+1} - x_{\max}^{-\alpha+1}) / (x_{\min}^{-\alpha+1} - x_{\max}^{-\alpha+1})$  formuna sahiptir (Pueyo, 2014, 3438). Güç kanununda, fiziksel sistemlerde mevcut olan alt sınırı açıklamak için  $x_{\min}$  kullanılır.  $x_{\min} > 0$  olmalıdır ve  $x > x_{\min}$  için  $P(x) = \alpha \left( \frac{x_{\min}^\alpha}{x^{\alpha+1}} \right)$  olasılık yoğunluk fonksiyonudur.

Ayrıca küçük olayların yaygın, büyük olayların ender olmasını tanımlarken kullanılan güç kanunu yanı sıra Zipf kanunu ve Pareto dağılımı kullanıldığı görülmektedir. Esasen her üç dağılımda aynı konuyu farklı açılardan ele almaktadır. Zipf kanununa göre,  $r$ . sıradaki (rank) bir büyüklüğün sırası ile büyüklüğü arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Pareto ise, Zipf'teki  $r$ . en büyük gelirin ne olduğu sorusu yerine, kaç kişinin gelirinin  $x$ 'den büyük olduğu sorusunu sormuştur. Bu nedenle Zipf ve Pareto dağılımları ters eksenlere sahiptir. Güç kanunu ise, kaç kişinin  $x$ 'den büyük geliri olduğunu vermek yerine, geliri  $x$  olan tam kişi sayısını

vermektedir (Adamic 2000). Sonuç olarak güç kanunu, Zipf kanunu ve Pareto dağılımı matematiksel olarak eşittir<sup>33</sup>.

### 3.7. Kendi Kendine Organize Olan Sistemlerde Güç Kanunu

KKOK ise,  $1/f$  gürültüsü olarak da bilinen mekansal fraktalların yaygın oluşumunu ve fraktal zaman serilerini açıklamaktadır. KKOK göre, karşılıklı etkileşimli unsurlardan oluşan kompleks bir sistem, zaman boyunca ( $1/f$  gürültüsü) ve mekansal olarak (özbenzeşik fraktal) kendiliğinden genel karakteristik davranış sergiler.  $1/f$  gürültüsü ve özbenzeşik fraktallar KKOK en önemli tanımlamasıdır ve yaygın olarak güç kanunu ile ölçülür. Eğer bir sistem görülmeyen bir düzende güç kanunu sergiliyorsa, o sistemin KKOK dinamikleri takip ettiği söylenir. Fraktal yapılar,  $S(f) \sim f^{-\alpha}$  formunda olduğu güç spektral yoğunluk (power sepectral density) fonksiyonunu gösterir.  $\alpha > 0$ ,  $S(f)$ 'nin güç kanunu olarak düştüğü düşük frekanslarda alınabilir. Burada  $S(f) \sim f^{-\alpha}$   $\alpha$  üssü, güç kanunu dağılımındaki  $P(s) \sim s^{-\alpha}$  deki  $\alpha$  üssü ile aynı şey değildir (Wu ve Holt 2006).

Jensen'a (1998) göre, KKOK halinde olan sistemler, sistem değişikliklerinin ( $s$ ) büyüklüklerinin ve ( $t$ ) sürelerinin [ $P(s)$  ve  $P(t)$ ] istatistik dağılımlarıyla ilgili dışsal şoklara belirli bir tepki verirler:  $P(s) \sim s^{-\tau}$  ve  $P(t) \sim t^{-\alpha}$ . Bir diğer deyişle, bir sistem tepkisinin belirli büyüklüğü veya süresinin gerçekleşme olasılığı, büyüklüğü ile ters orantılıdır, bu da genel adıyla “ $1/f$  gürültüsü” yada diğer adıyla Zipf kanunudur.  $1/f$  gürültüsü sistem tepkisinde belirli bir zaman korelasyonuna (veya eşit büyüklükte bir korelasyona) işaret etmektedir. [ $N(\tau_0)$ ,  $N(\tau_0 + \tau)$ ] sinyalindeki bağımlılık, tarih ve nedensellik miktarı zamansal korelasyon fonksiyonu ile karakterize edilebilir (Jensen 1998'den aktaran Noell, 2007):

$$G(\tau) = \langle (N(\tau_0)N(\tau_0 + \tau)) \rangle - \langle N(\tau_0) \rangle^2$$

<sup>33</sup> Zipf (1949) kelimelerin sıklığını İngilizce metinlerde incelemiştir. Zipf kanunu,  $r$ . en geniş olma olasılığı büyüklüğü onun sırası ile ters orantılıdır. Bu durum  $y \sim r^{-b}$  olarak gösterilir, “ $b$ ” genellikle 1'e eşittir. Pareto ise, bir ekonomide refah dağılımını incelemiştir. Pareto dağılımı kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF) olarak örneğin  $x$ 'den daha büyük olayların sayısı  $x$ 'in gücü ile ters orantılıdır.  $P[X > x] \sim x^{-k}$ . Ancak Zipf için, sıra (rank) “ $x$ ” ve büyüklük “ $y$ ” ekseninde iken, Pareto'da ikisi de tersinedir. Eğer sıra üsteli (rank exponent)  $b$ , Zipf'de  $y \sim r^{-\alpha}$  iken, Pareto üsteli  $1/b$  öyleki  $r \sim y^{-1/b}$  olmaktadır. Güç kanununun olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) Pareto kanununun kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile ilişkilidir.  $P[X = x] \sim x^{-(k+1)} = x^{-k}$ . Böylece güç kanunu dağılımının üsteli  $\alpha = 1 + k$ 'dir (Adamic 2000).

$\tau_0$  'daki sinyal ile  $\tau$  zaman birimleri sonrasındaki sinyal arasında istatistik korelasyon yoksa, bu durumda  $G(\tau) = 0$  olur. Güç spektrumu ve sistem değişiklikleri uzunluğunun dağılımı (sabit bir süreç için) zamansal korelasyon fonksiyonuna aşağıdaki şekilde bağlıdır (Jensen, 1998'den aktaran Noell, 2007).

$$S(f) = 2 \int_0^{\infty} d\tau G(\tau) \cos(2\pi f\tau)$$

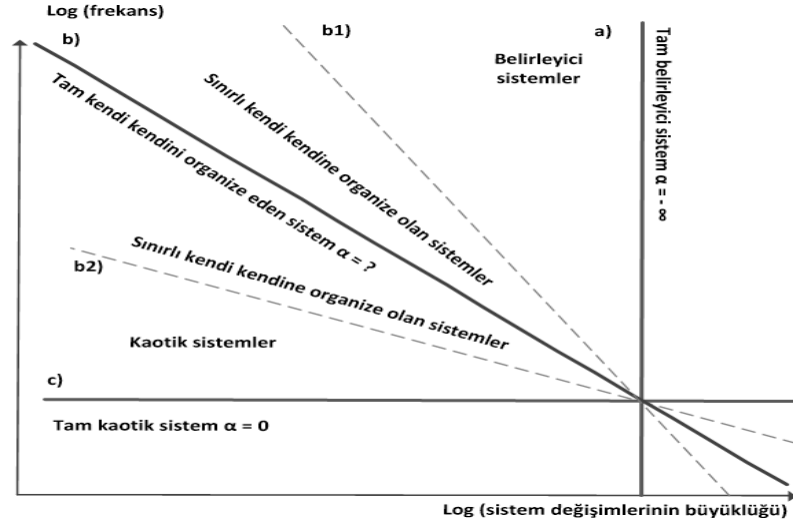
Bu sırada  $S(f) \sim 1/f^\beta$  ve  $G(\tau) \sim 1/\tau^\alpha$  olduğunu varsayan matematiksel işlemler sonrasında, Jensen  $S(f) \sim 1/f^\beta$  biçiminin güç spektrumlarının  $\beta > 1$  olduğu takdirde son derece uzun zaman korelasyonlarına denk geldiğini göstermektedir. Dolayısıyla, yalnızca bir sistemdeki  $1/f$  gürültüsünün güç kanunu dağılımlarını ölçerek, KKOK'ye denk gelen, son derece uzun zaman korelasyonları tespit edilebilir (Jensen 1998'den aktaran Noell, 2007).

Buradan hareketle bir sistemin KKOK olduğunu belirleyen güç kanunun yapısı ise şöyledir (Leong, 2003);

1. Gözlenen güç kanunu formu; hem mekansal (spatial) hem de geçici oynaklıklar için  $1/f^\alpha$  şeklinde olmalıdır.
2. Hem zamansal, hem de mekansal miktarlarda güç kanununun varlığı gösterilmelidir.
3.  $1/f$  gürültüsü ve fraktallar, herhangi bir karakteristik ölçek eksikliği sonucu olarak artması KKOK'un temel fikridir. Buna ek olarak, sistem aynı zamanda  $1/f$  gürültüsü yanında mekansal fraktal sergilemek zorundadır. Bu nedenle bugüne kadar KKOK çalışmalarında uygun bir biçimcilik (formalizm) bulunmamaktadır.

Güç kanunu dağılımları, çift logaritmalı ölçekte oluşumunun ölçülen değeri ( $x_i$ ) ve frekansı ( $f_i$ ) arasından doğrusal bir ilişki gösteren üstel bir dağılım fonksiyonu türüdür.

$x_i > 0$ ,  $b > 0$ , ve tipik olarak  $-1 \geq -\alpha \geq -2$  ile  $\ln(f_i) = -\alpha * \ln(x_i) + \ln(b)$  biçimindedir (Noell 2007).



**Şekil 15: Deterministik, Kendi Kendine Organize Olan ve Kaotik Sistemlerde Güç Kanunu Dağılımı**

**Kaynak:** Noell, 2007.

Temel soru, Şekil 15’de gösterildiği gibi güç kanunu dağılımlarının eğiminin kendi kendini düzenlemenin sınıflandırılmasına nasıl bağlanabileceğidir. Kendi kendine organize olan sistemlerin dinamik kararlılığı, deterministik kararlılık ve kaotik kararsızlık olarak iki uç sistem hali arasında yer almaktadır. Böylece;

- Bir tarafta yüksek düzen ve çok düşük kompleksite ile karakterize olan, deterministik halde sistemler vardır. Uç bir durumda %100 kesinlikte güç kanunu dağılımları  $\alpha = \infty$  (Şekil 15’de fonksiyon (a) eğimiyle sonsuz derecede dik hale gelmektedir.
- Diğer tarafta ise, neredeyse hiç düzen içermeyen ve çok düşük kompleksiteye sahip kaotik sistemler vardır. Bunun sonucu olarak, tüm muhtemel sistem değişiklikleri aynı meydana gelme olasılığına sahiptir. Bu uç durumda ise güç kanunu dağılımı  $\alpha = 0$  eğimiyle (Şekil 15’de fonksiyon (c) dikdörtgen biçimli bir dağılım olacak şekilde düzleşmektedir.

Her iki durumda da kendi kendini düzenleme yoktur, çünkü sistem ya yeterli esnekliğe ya da yeterli kararlılığa sahip değildir. Şekil 15’de KKOK sınırları (b<sub>1</sub>) ve (b<sub>2</sub>) fonksiyonları tarafından işaretlenmiştir; bunların altında ve üstünde güç kanunu dağılımı artık KKOK’e işaret etmemektedir.

Güç kanunu dağılımında sabit terim (intercept) dağılımının geçerlilik aralığı hakkında bilgi sağlarken, eğim bir iktisadi sistemdeki kendi kendini düzenleme halinin bir göstergesi olabilir. Burada güç kanunu dağılımı eğimlerinin genel olarak

KKOK'de kendi kendini düzenlemenin kalitesi, derecesi veya kısıtlılığıyla ilişkili olduğu ileri sürölmektedir. Kendi kendini düzenlemenin bir sektörün verimliliğiyle pozitif olarak ilintili olduğu gösterilebildiği takdirde iktisadi sistemlerin analizi için ilginç olabilir. Tamamen kendi kendine organize olan bir sektörün, kısıtlı veya azaltılmış kendi kendini düzenlemeye sahip olan bir sektöre göre daha verimli olması beklenmelidir (Noel 2007).

Güç kanunu davranışları otomatik olarak KKOK'ye işaret eder mi? Kritiklik ve kendi kendine organize olan kritiklik aslında eşlenik olarak var olabilirler. Kritikliğin özelliği, mekan ve zamanda spesifik öncü örüntülerin (artan duyarlılık ve korelasyon uzunluğu) mevcudiyetidir (Sornette, 2007). Teorik sistem literatüründe güç kanunu dağılımlı eğimlerinin en azından kendi kendine organize olan sistemler için tipik olduğu ileri sürölmektedir. KKOK'nin "maksimum derecesini" tanımlayan evrensel bir "sabit" olduğu da iddia edilmektedir (şekil 15'de fonksiyon b ile gösterilmiştir) ancak bu konuda sayısal bir mutabakat bulunmamaktadır.

Ekonomide firmalar ve sektörler için konuyu ele alacak olursak,  $\alpha$ -değerleri KKOK için ana yorum kaynağıdır. Kompleksite teorisinin ışığı altında daha az denetlenen bir sektörünün, muhtemelen daha yüksek  $\alpha$ -değeri ile daha yüksek derecede kendi kendini düzenleme göstereceği, katı bir biçimde düzenlenen sektörün, daha düşük bir  $\alpha$ -değeri ile daha düşük derecede kendi kendini düzenleme göstereceği sonucu çıkarılabilecektir.

KKOK süreçlerini KKOK olmayan süreçlerden ayırmak için tanımlanması gereken gözlemlenebilir unsurlar, istatistik dağılımlar ve fiziksel modellerdir. Ancak türbölans, Brown devinimi, perkolasyon (percolation-süzölme) eşiği veya kaotik sistemler gibi KKOK teorisinin bazı özelliklerini paylaşan ve dolayısıyla bir KKOK sürecinden ayrılması zor olan fiziksel süreçlerde mevcuttur (Crosby, 2013). Bu nedenle, KKOK ve türbölans veya aynı ölçeklenmeyi gösteren diğer süreçler arasında ayırım yapılması her zaman mümkün olmadığından, güç kanunu davranışı KKOK için yeterli bir sav sağlamamakla birlikte literatürde en çok uygulanan analiz yöntemi olmuştur.



*Kompleksite her şeyi değiştiriyor, tamam belki her şeyi değil,  
ama iktisadı biraz değiştirdi.*  
*Complexity changes everything; well maybe not everything,  
but it does change quite a bit economics.*  
**David Colander**

*Kompleksite karanlık enerji gibidir: ortadan kalkmaz.*  
*Complexity is like dark energy: it doesn't go away*  
**Sergey Bratus**

## **4. İKTİSATTA KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLMA**

### **4.1. İktisadının Evrimsel Yapısı**

Kendi kendine organize olma, evrim sürecinde canlı yapıların ortaya çıkışı ve değişimine odaklanan yeni, kapsamlı bir paradigmadır. İktisatta da kendi kendine organize olma değişim ve evrim konusuyla yakından ilgilidir. Bu nedenle iktisatta KKOK uygulamalarını ele almadan önce iktisatta evrimsel yapılara bakmak faydalı olacaktır.

Evrım kavramı, zaman içinde gerçekleşen küçük ve sürekli değişimleri tanımlamaktadır. Biyoloji açısından evrim, türlerin zaman içinde değiştiği ve eski türlerden yenilerinin ortaya çıktığı bir süreçtir. Biyoloji ile iktisadın etkileşimi 19. yüzyılda Darwin ve Malthus'a kadar uzanmaktadır. İktisat teorisinin evrimsel bir yolda gelişmesini sağlayan önemli iktisatçılardan biri Amerikan kurumsal iktisadının kurucusu Veblen'dir. 20. yüzyılın başında ise Schumpeter görülmektedir. Daha sonra teknolojik gelişmeyi Schumpeter'in ele aldığı biçimde inceleyen ve 1965 yılında İngiltere'de Sussex Üniversitesi iktisatçıları tarafından geliştirilmiş Neo-Schumpeteryen yaklaşım gelmektedir (Tuncel, 2009).

Neo-Schumpeteryen evrimselcilik başta olmak üzere, iktisat içerisindeki mevcut evrimsel eğilimler heterojen yapıdadır. Bu heterojeniteye rağmen, birçok iktisatçı tarafından kabul edilmiş bazı ortak başlangıç noktaları vardır (Robert ve Yoguel, 2014). Foster (2000) evrimsel iktisadı, evrimsel biyolojiye dayanan Darwinci/Malthusçu anlayışı ile termodinamik ve kompleksite teorisine dayanan Schumpeteryen anlayış olarak ikiye ayırmaktadır. Bu anlayışlar arasındaki farklılıklar Tablo 5'de özetlenmiştir.

**Tablo 5: Evrimsel Düşüncenin İki Yapısı**

	<b>Darwinci ve Malthuscu Anlayış</b>	<b>Schumpeteryen Anlayış</b>
<b>Değişim</b>	“Nedensel,” kantitatif: fonksiyonel, doğrusal ve tersinir: (çoktan bire eşleme)	“Gelişme,” yenilik adaptif, doğrusal olmama ve tersinemez (birden çoğa eşleme / Çatallanma-Bifurcations)
<b>Denge</b>	Newtonyen: güçler denegesi ( <b>Dengesizlik-Disequilibrium</b> )	Termodinamik: yapısal değişim eksikliği ( <i>Dengede olmama-Nonequilibrium</i> )
<b>Düzen</b>	Kendiliğinden düzen (Optimizasyon)	Kendi kendine organize olma kararsız/yitigen (Alışkanlıklar)
<b>Evrimsel Süreci</b>	Doğal seçim (örtük bilgi) (belirli, sınırlı ve etkin çıktılar) “Görünmez el”	Rassal mutasyon (yenilik) (oluşan/emergent, belirsiz ve bilinmeyen çıktılar) “Evrimsel el”

**Kaynak:** Foster, 2000.

Birçok evrimsel iktisatçıya göre (Foster, 1997; Metcalfe, 2010; Metcalfe ve Foster, 2004), bilginin büyümesi ekonomik evrim işlemlerini uyarmaktadır. Aynı şekilde, Foster (1997) parçaları birleştirerek biyolojik analogi temelli değil, bilginin biçimlendirici rol oynadığı kompleks kendi kendine organize olma üzerine bir evrimsel iktisat görüşü oluşturmuştur. Bu yazarlara göre, bilginin yapısı bir bağlantı yapısıdır ve teknoloji, rutinler, alışkanlıklar, beceriler gibi çeşitli bilgiler ile belirli bir çevredeki ağlardan oluşan bağlantı oluşumlarıdır. Böylece, bu bakış açısından, ekonomik evrim ve dolayısıyla kompleksite iktisadı, ağlar formundaki çoklu bağlantıların oluşumu ve evrimleşmesi ile ilgilidir. (Martin ve Sunley, 2007)

Bu çerçevede farklı evrimsel iktisatçılar tarafından kompleksiteye yapılan katkıların konu bazında sınıflandırması beş grupta toplanmaktadır (Robert ve Yoguel, 2014);

1. Alışkanlık ve rutinler
2. Yenilik (innovasyon) sistemleri
3. Birikimli nedensellik
4. Geribesleme ve artan kar/getiri
5. Kendi kendine organize olma

İlk grup, **alışkanlık ve rutinler**, firma seviyesindeki öğrenme süreçleri ve aynı zamanda kurumsalcılık ve yönetim çalışmaları ile ilgili olmasından dolayı, her zaman evrimsel olmayan bir yapı içerisindeki iktisadi ajanların ve kurumların davranışlarına olan ilgisi ile tanımlanmaktadır. Biyolojik metaforları, teknolojik evrim, doğal seleksiyon, tesadüfi genetik mutasyonlar gibi evrimsel biyolojiden

ödünç aldığı kavramları kullanmaktadırlar. Bu grubun katkıları iktisatta evrimsel düşüncenin ontolojik varsayımlarını belirlemesidir. Bilgiye erişimi kısıtlayan sınırlı rasyonalitenin varlığına ve çevresel belirsizliklere vurgu yapmaktadır. İlk grup endüstriyel organizasyon, firma teorisi, yönetim ile ilgili olup, diğer yanda da Avusturya düşünce biçimine karşı olup Amerikan kurumsalcılığı ile ilgilidir (Robert ve Yoguel, 2014).

İkinci grup, **yenilik sistemleri**; kümeler, yerel, bölgesel, sektörel ve ulusal yenilik sistemleri gibi kavramların tabanında yenilik ve teknolojik değişikliklerin sistemsel boyutunu vurgulamıştır. Bu grup biyolojik analogilere pek başvurmayarak iktisadi büyüme sürecinde teknolojik ve kurumsal dönüşümün rolüne odaklanan Neo-Schumpeteryen yaklaşım teknolojik sistemlerin oluşma dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamıştır. Analizlerinin başlıca konuları arasında birbirine bağlılık, doğrusal olmama, kurumların merkeziyetçiliği gibi öğeler bulunmaktadır (Robert ve Yoguel, 2014).

Üçüncü grup ise **birikimli nedensellik**tir. Keynesyen, Schumpeteryen ve Kaldoryan büyüme kaynaklarının üzerinde durmaktadırlar. Kaldoryan talep ve üretkenlik arasındaki geri besleme fikirlerinde görülmektedir (Robert ve Yoguel, 2014).

Dördüncü grup **geri besleme ve artan kar**, Santa Fe Enstitüsü kompleksite iktisadi görüşleri ile anılabilecek geniş bir düşünce akımından oluşmaktadır. Yalnızca yenilik sürecine değil, ayrıca finans ve borsalar gibi iktisadi alanlara da doğrusal olmayan dinamikleri uygulamışlardır. Ayrıca geri besleme mekanizmalarının davranışlar ve kurumlar arasında da görülebileceği üzerine vurgu yapmışlardır (Robert ve Yoguel, 2014).

Son olarak **kendi kendine organize olma** olarak adlandırılan beşinci grup gelmektedir. Ekonomiyi “kompleks uyum sağlayan sistem” olarak tanımlayarak; Darwinci evrimsel biyoloji kavramlarının sosyoekonomik evrimi açıklamadaki yetersizliği üzerine vurgu yapan yeni evrimsel yaklaşımdır.

İktisatta evrimsel yaklaşımın, bir şekilde çeşitlilik, doğal seleksiyon, kalıtım ve benzeri kavramların iktisatta kullanıldığında, katı biyolojik çağrışımlar taşıması gerekmediği, ancak evrimin iktisadi yoruma anlam katabilecek 'genel' içeriğini belirlemek için kullanılabileceği ifade edilmektedir. Ancak uygulanabilir bir evrimsel

iktisadın sadece evrimsel biyoloji prensipleri temelli olup olamayacağı sorusu üzerinde tartışma halen devam etmektedir (Martin ve Sunley, 2007).

#### **4.2. İktisatta Kendi Kendine Organize Olma Yaklaşımları ve Uygulamaları**

Kompleks sistemlerin itici gücü kompleksitenin temel sebebi olan “kendi kendini düzenlemedir”. İktisatta kendiliğinden organize olma/kendiliğinden dönüşüm–kuvvetli evrimsel ve Avusturya kökeni ile karakterize edilmektedir. Evrimsel köken, iktisadi sistemlerin kendiliğinden dönüşümünün açıklanması ile çeşitlilik ve seçim tarafından yönetilen popülasyon dinamiklerine ilgi göstermektedir. Avusturya kökeni ise, iktisadi düzeni, sistem bileşenleri arasındaki etkileşimlerin merkezi olmayan dengesizliklerinin dışsal sonuçları olarak vurgulamaktadır (Robert ve Yoguel, 2013).

Avusturya Okulunun önde gelen temsilcilerinden Friedrich Hayek, “kendiliğinden düzen” (spontaneous order) ve kompleksite kavramını ekonomik ve politik analizlerinin merkezine koymuştur (Pearce, 1994, 104). Avusturya Okulu piyasa mekanizmasını “kendiliğinden düzenin” bir örneği olarak görmüştür (Colander, 2008, 10). Hayek çalışmalarında insanı iktisat ile sınırlandırmamış, psikoloji, biyoloji ve sibernetik gibi diğer alanlarda da çalışmalar yapmıştır. Hayek’in erken kompleksite teorisine ana katkısı, basit sistem davranışlarının öngörülmesinde insan kapasitesi ve kompleks sistem davranışlarının modellenmesinde insan davranışı ayrımını yapmasıdır. Hayek, iktisat, biyoloji ve psikoloji gibi kompleks bilimlerin fizik gibi modellenemeyeceğine inanmakla birlikte, kendiliğinden düzen fikri nedeniyle, uyum sağlayan kompleks sistemler yaklaşımının öncülerinden biri olarak kabul edilmektedir (Foster, 2005, 878). Ancak Hayek’e yapılan bazı referanslar dışında, Avusturyalı iktisatçılar kompleksite teorisyenleri tarafından çok az alıntılanmıştır.

Kompleksite iktisadında temel problemler kendi kendine organize olma etrafında dönmektedir. Bazı kompleksite iktisatçıları bu kendini organize edebilme ve kendini dönüştürebilme kavramlarına çok az değinirken, bazıları bu kavramları neredeyse hiç kullanmamaktadır. İktisatta kendi kendine organize olmanın kompleksite ontolojisi ile ilgili varsayımları ele alındığında Tablo 6’daki gibi 4 ana konu ile ilgili olduğu görülmektedir.

**Tablo 6: Kendi Kendine Organize Olmanın Kompleksite Ontolojisi İle İlgili Varsayımları**

<b>I. Mikro-heterojenite</b>	Mikro-heterojenite evrimsel süreci besleyen kaynaktır
<b>II. Ağ Mimarisi</b>	Kısmi yerel bilgi ağ etkileşiminden kolektif bilgiye artış sağlayacak biçimde gerçekleştirilir.
<b>III. Etkileşimler, dengesizlik ve farklılık</b>	Düzen ve dengesizlik arasında ayrım. Adaptif süreç içerisindeki etkileşimler pozitif geri besleme, dengesizlik ve çeşitlilik oluşturulması ve seçim üretir.
<b>V. Oluşum</b>	Düzen ve yapıların ortaya çıkması

**Kaynak:** Robert ve Yoguel, 2014.

İktisatta kendi kendine organize olma ile ilgili olarak makro ve mikro konularda farklı çalışmalar yapılmıştır. Son zamanlardaki iktisat literatüründe kendi kendine organize olmanın göstergesi olan güç kanunu dağılımlarının, iktisadın tüm alanlarında mevcut olduğu ispat edilmiştir. Her şeye rağmen, şimdiye kadar iktisatçıların güç kanunlarının mevcut olup olmadığının doğrulanmasına orta derecede ilgi gösterdikleri ve güç kanunlarını dengeyle bağdaştıran çok az çalışma olduğu görülmektedir (Farmer ve Geanakoplos, 2008).

Ayrıca hala KKOK'un sosyal bilimlere ve özellikle en kantitatif sosyal bilim olan iktisatta uygulaması fiziksel ve biyoloji bilimindeki uygulamalara göre daha çok tartışmalıdır. Şüphesiz iktisat, kompleks karşılıklı etkileşim içermektedir, fakat bu etkileşimin Gaussyen dağılım ve Brown devinimi gibi rassal istatistik uygulamasının ötesinde nitelendirip nitelendirilemeyeceği açık değildir (Turcotte, 1999).

İktisadi konulardan önce, sosyal alanda ilk kez Richardson (1941) logaritmik kutulama ile orman yangınları modeline benzer şekilde savaşları incelemiş ve savaşların yoğunluğunun güç kanununa yaklaştığını göstermiştir. Savaşların yoğunluğunun güç kanunu istatistiğe uymasının temel nedeni, savaşlar bir KKOK örneği olmasıdır. Orman yangınında kıvılcımın ağacı tutuşturması ve ağacın ait olduğu tüm kümeyi yok etmesi gibi, benzer şekilde savaşlar da orman yangınındaki kıvılcım gibi başlamakta ve diğer ülkelere bölgelere yayılabilmektedir. Bu tip yarı kararlı/yarı dengede bölgelere Ortadoğu örnek olarak verilmektedir (Turcotte 1999).

İktisatta ise özellikle Schelling'in (1978) Ayrışma Modeli'nin<sup>34</sup> ortaya çıkışından itibaren, iktisadi yapılarda kendi kendini düzenleme süreçlerine olan ilgi artmıştır.

<sup>34</sup> Schelling'in basit modelinde, iki türden birçok birey bir kafes üzerine dağılmış durumda olup, her birey çevresinde kendine benzerlerin sayısının belli bir eşiğin altına düşmemesini istemektedir.

Schelling, bireylerin toplumda bir ayrışma istememesine rağmen, her bireyin çevresinde bir miktar kendisine benzeyen komşusu olmasını istemesi sonucunda sistemin bütününde bir süre sonra nasıl bir keskin sosyal ayrışmanın ortaya çıkabileceğini göstermiştir. Ancak iktisattaki KKOK konusunun gelişmesinde özellikle Bak (1992; 1993) tarafından yapılan iktisatla ilgili çalışmaların katkısı büyüktür.

İlgi çekici KKOK konusu, özellikle de fiziksel olguya belirli bir atıfta bulunarak son dönemde çok sayıda uygulamaya yol açmıştır. Ancak çoğu teorik simülasyon temelli olup, gerçek verilerle iktisadi sistemler alanındaki uygulamaya yönelik çalışmalar halen çok azdır. İktisat biliminde KKOK kavramının makroekonomide ilk uygulanması Bak ve diğ. (1992; 1993) çalışmalarında bulunabilir. Bak ve diğ. (1992), toplam iktisadi aktivitelerdeki sık ve büyük oynamaların, ekonominin farklı sektörlerinde birçok küçük bağımsız düzensizliklere, karışıklıklara neden olabildiğini, bu büyük katastrof olaylarını oluşturmak için hiç bir dışsal katolitör güce ihtiyaç olmadığını örnek bir modelde etkileşimli ekonomi olarak göstermişlerdir. Model, iktisadi aktivitelerdeki dalgalanmaların (oynaklık) durağan (stable) bir Pareto-Levy dağılımı ile verildiği kritik bir duruma, kendi kendine organize olmaktadır.

Bak ve diğ. (1993) çalışmasında ise toplu dalgalanmaların ortaya çıkışının incelendiği üretim modeli<sup>35</sup> geliştirilmiştir. Bu çalışmada, iktisadi aktivitelerdeki oynaklıkların nasıl bir sektördeki birçok küçük bağımsız şoklardan kaynaklanabileceği gösterilmektedir. Üretim birimleri arasındaki yerel etkileşim ve konveks olmayan teknoloji olarak belirlenen iki standart olmayan varsayımında

---

Schelling modelinde bir bireyin çevresinde kendi türünden çok az birey kaldıysa, birey yer değiştirmektedir. Sistem dengeye ulaştığında, yeknesak bölgeler ortaya çıkmakta ve toplumda ayrışma meydana gelmektedir. Ortaya çıkan ilginç sonuç, bireylerin benzerini arama eşiği mesela %30 gibi düşük bir sayı bile olsa, toplumsal ayrışmanın %70 gibi yüksek bir sayıya ulaşabilmesidir.

<sup>35</sup> Modelin amacı, karşılıklı bağlantılı üretim sektörlerinde değiş tokuş ve üretimi açıklamaktır. Modelde  $n$  sektör vardır (örneğin  $I = I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ ) ve her bir sektör  $h$  firmadan oluşmaktadır ( $h = |I_k|, k = 1, \dots, n$ ). Firmalar iki boyutlu  $n$  satır (her bir sektör bir satırda olmak üzere) bir ızgarada bulunmakta ve  $h$  sütun (bir sektördeki her bir firma). Firma  $i \in I_k$  çıktısını firmaların alt setine  $I_{k+1}$  satmaktadır (aynı zamanda  $I_{k-1}$  alt setinden girdi satın almaktadır). Böylece firma  $I_1$  birincil girdinin üreticisi olmaktadır (her hangi bir girdi satın almamaktadır), ajan  $i \in I_n$  son malın tüketicisidir (her hangi bir mal satmamaktadır). Her bir firmanın stok tutmak ve üretimin optimum düzeyinde siparişleri oluşturan basit konveks olmayan üretim fonksiyonu vardır. Son tüketicinin talebi asimetric karşılıklı etkileşimli yapıyla bütün sisteme yayılan küçük içsel şoklar tarafından etkilenmektedir. Bu durum ekonominin sürekli olarak stok tutmayı ve üretim düzeyini yeniden organize etmesine neden olmaktadır. Böylece model ekonominin KKOK sergilediğini göstermiştir (Bak ve diğ., 1993).

bulunulmasından dolayı küçük bağımsız şokların etkisi toplu olarak iptal edilememekte ve ekonomiyi etkilemektedir.

Söz konusu Bak ve diğ. (1992; 1993) çalışmalarında, sistemlerin kendi kendini düzenlemesinin dışsal şoka doğrusal olmayan (orantısız) bir tepki verilmesine neden olduğu, sistemin kritik bir duruma doğru kendi kendine organize olurken, toplu çıktı içerisindeki büyük dalgalanmaları da gözlemlemenin mümkün olduğu gösterilmiştir.

Krugman (1996) açık bir ekonomide kendi kendini düzenleme modeli geliştirmiştir. Bu model aynı zamanda mekânsal ekonomi araştırmalarında da önemli bir etkiye sahip olmuştur. Scheinkmann ve Woodford (1994) kuramsal iktisatta KKOK'yi iktisadi dalgalanmalara ilişkin araştırma modellerindeki güç kanunu dağılımlarının oluşumuna bağlamıştır. Söz konusu yazarlar toplu bir iktisadi faaliyetteki dalgalanmanın etkilerinin, farklı sektörlere birçok küçük ve bağımsız şokların iktisadi ajanların yerel etkileşimi ve diğer sebeplerden dolayı toplamda birbirlerini iptal etmediği için oluşabileceğini belirtmişlerdir. Ormerod ve Mounfield (2002) ise bunları Avrupa iş döngülerinde tanımlamıştır, Ponzi ve Aizawa (2000) mali piyasa modellerinde güç kanunu dağılımlarından bahsetmektedir (Noell, 2006).

Agliardi (1998) bir kurumun gelişim yönünü incelemek “stratejik ikame edilebilirlik oyunu” için bir model ileri sürmüştür. Model tek boyutlu döngüsel kafes üzerinde bulunan N-ajanlar tarafından oynanan bir koordinasyonsuzluk oyunudur. Oyun, teknolojik rekabetin bakımından, bir yeniliğin benimsenmesinin yalnızca iki komşudan biri yaparsa optimal olduğu biçiminde geliştirilmiştir. Çalışmada teknolojik uyum sağlamaların güç kanununa göre dağıldığı durumlarda, sistemin geçiş sürecinden sonra kritik duruma nasıl kendi kendine organize olduğu gösterilmektedir.

Ormerod (2002) güç kanununu ABD iş döngüleri içerisinde tanımlamıştır. Andergassen, Nardini ve Ricottilli (2003) endojen yenilik dalgalarının dinamikleri evrimsel iktisat literatürü ile ilave bağlantıların kurulduğu Schumpeteryen evrimsel bir çerçevede incelemiştir. Makro konularda ekonomik krizler ve kendi kendine organize olma konusunda ise, Xi, Ormerod ve Wang (2011; 2012) ile Sirghi ve Dumitrescu (2011) çalışmaları örnek olarak verilebilir.

KKOK ve güç kanunlarını dengeyle bağdaştıran model Nirei (2006) tarafından önerilen iktisadi dalgalanmalarla ilgili genel bir denge modelidir. Bu model, güç

kanunu davranışının üretim mekanizmasının öge boyutuna (granularity) göre yönlendirildiği bir KKOK modelidir. Bazı sektörler en azından belli bir büyüklükte olan üretim tesislerine ve altyapıya ihtiyaç duyarlar. Yeni bir üretim tesisi inşa edildiğinde veya eski bir tesis onarıldığında, üretim farklı bir düzeyde atlama yapar ve tedarik fonksiyonu durur. Üretimdeki bu tür değişiklikler denge dağılımını etkileyebilir ve sistemi yarı kararlı bir dengeden diğerine yönlendirebilir. Üretim büyüklüklerin boyutu,  $a = 1,5$  olduğu bir güç kanunu dağılımıyla bir kazanç dağılımına neden olmaktadır (Nirei 2006'dan aktaran Farmer ve Geanakoplos, 2008).

İktisadi sistemlerin mikro konulardaki nicel davranışları ise genellikle firma dinamikleri üzerine, firma büyüme ve büyüklükleri konularında yapılmıştır. Mandelbrot (1963) pamuğun ve diğer tarım ürünlerinin fiyat değişikliklerinde (çoğunlukla fiyat dalgalanmaları) güç kanunu dağılımı gösterdiğini belirlediği çalışmasından itibaren birçok araştırmacı tarafından firma dinamikleri irdelenmeye başlamıştır.

Ayrıca fizikçilerin yaptıkları çalışmaların çoğu zengin veri bulunabilen finans piyasalarında güç kanunlarının oluşumunun modellenmesine yoğunlaşmıştır. Bu konuda en önemli alan borsalar olup, borsalardaki fiyat hareketleri çığlara benzetilen kırılmalar ile karakterize edilmeye çalışılmıştır. Bak, Paczuski ve Shubik (1997) borsaların davranışlarının KKOK'e bir örnek olup olmayacağı ile ilgilenmişler ve borsalarda kırılmalar öncesinde log-periyodik (kompleks fraktal) oynaklık olup olmadığını tartışmışlardır. Fakat Turcotte (1999) tarafından Bak, Paczuski ve Shubik (1997) çalışmasının geçerliliğinin ve yorumlarının şüpheli olduğunu belirtilmiştir.

Bartolozzi, Leinweber ve Thomas (2005) ise, yüksek frekanslı veri olarak ABD pay senedi endeksi gürültüsünü ayırmak ve çığ büyüklüğünün, süreli (duration) ve laminar zamanda güç kanunu davranışının istatistiksel analizi için dalgacık (wavalet) yöntemini kullanmıştır. Uyumlu (coherent) olayları tanımlayarak çığ büyüklüğünün güç kanunu dağılımı gösterdiğini saptamakla birlikte, bunun KKOK durumu olduğunu iddia etmek için yeterli olmadığını belirtmiştir. Benzer şekilde Rao, Yi ve Zhao (2007) çalışmasında yüksek frekanslı Çin borsası verileri ile fiyat değişimlerinde kümeleme yaparak, bazı fiyat oynaklıklarının (volatility) güç kanunu davranışı, bazılarının ise klasik KKOK modellerde olmayan asimptotik güç kanunu davranışı gösterdiğini saptamıştır.



Ancak yapılan tüm modeller hala niteliksel olup, çalışmaların verileri tamamen ikna edici bir şekilde açıkladığını söylemek mümkün değildir (Farmer ve Geanakoplos, 2008). Sonuç olarak, kendi kendine organize olma konusundaki bu ilk çalışmalar, açık bir biçimde, mikro seviyede eşik dinamikleri tarafından yönetilen geniş karşılıklı etkileşimli iktisadi sistemlerin dinamiklerini belirleyebilmek için yeni bir yaklaşım olarak KKOK'un büyük potansiyel olabileceğini göstermektedir.

#### 4.3. İktisadi Sistemlerde Kendi Kendine Organize Olmanın Ana Mekanizması

İktisatta temelde güç kanunu dağılımları ve bunlar vasıtasıyla iktisadi sistemlerde kendi kendini düzenleyen kritiklik durumunun ortaya çıkmasını yaratan mekanizmalar, rekabet ve iş döngüleri olarak belirtilen karşılıklı etkileşimlerdir.

Bu çerçevede iktisadın temel KKOK unsuru bilgidir. Eğer bilgi yoksa, hareket için motivasyon yoktur. Bu kum yığını modeline benzemektedir. Kum yığnında enerji girdisi devamlı kum eklemesi ve enerji çıktısı aralıklı çığlardır. İktisadi sistemde ise özellikle borsalarda, enerji girdisi bilgidir ve enerji çıktısı fiyat oynaklığıdır. Eğer fiyat oynaklıkları güç kanunu dağılımı gösterirse, bu fiyat oynaklığı analoji olarak KKOK konusu tarafından açıklanabilir (Rao, Yi ve Zhao, 2007).

Kum yığnına yapılan analoji ile niteliksel (kalitatif) olarak çeşitli sistemlerin evrimsel dinamiklerini açıklamak mümkün olabilmektedir (Tablo 7). Söz konusu benzerlikler KKOK sisteminde olması gereken itici güç, cevap, sistem durumu ve rahatlama olarak 4 unsuru içermektedir. Tablo 7'de görüldüğü gibi bir iktisadi sistemin KKOK yaratan unsurları, bilgi, fiyat, krizler, arz ve taleptir.

**Tablo 7: Kum Yığnı Modeli ile Bazı Sistemler Arasındaki Analogiler**

	<b>Kum Yığnı Modeli</b>	<b>Yazılım (Software) Sistem</b>	<b>Elektrik Güç Sistemi Kesilmesi</b>	<b>Ekonomi</b>
<b>İtici güç (girdi)</b>	Kum konması	Tüketicilerin yeni değişim talepleri	Tüketicilerin fazla yüklenmesi	Bilgi
<b>Cevap/event (çıktı)</b>	Kum kayması/çığlar	Değişim yayılması/çoğalması	Sınırlı akım	Fiyat
<b>Sistem durumu</b>	Eğimli (gradient) profil	Rahatlama/tekrarlama	Yüklenme (loading) örüntüsü	Krizler
<b>Rahatlama gücü/zorlaması</b>	Yerçekimi	Tüm şirket paydaşlarının (stakeholder) memnuniyeti	Elektrik kesilmesine cevap	Arz ve talep

**Kaynak:** Carreras, Newman ve Dobson 2004, 1739; Rao, Yi ve Zhao, 2007; Wu ve Holt, 2006,16.

İktisatta KKOK kuralı olarak, ajanların kararlarının blok bir mermer gibi değil, kum taneciği gibi yapışkan olduğu tartışılmaktadır. Arz ve talepteki gerilim, hareketi yaratmaktadır. Yerçekiminden arz ve talebe, düzensiz kum taneciğinden düzensiz tüketiciye ve yönetimsel karar sürecine ve çıktıya, biyolojik KKOK'den firmaların ve borsaların KKOK durumu kum çığları ile paralellik arz etmektedir. Bunun sonucunda güç kanunu biçiminde çığlar gibi iktisadi olaylar ve değişimlerde güç kanunu biçiminde olmaktadır (McKelvey, Lichtenstein ve Andriani 2010).

Kendini düzenleyen kritiklik durumunun gelişmesi için gerekli olan eşik seviyeleri, yarı kararlılık, ucu ucuna kararlılık ile ilgili süreçler (eşik seviyelerinin birikimi ve gevşemesi, çığ benzeri sistem değişiklikleri) her iktisadi sistemde bulunabilmektedir. İktisadi sistemler yapısal gelişmeler, iş aktivitelerindeki iniş çıkışlar ve beklenen karlılığa dayalı yapılan yatırımlar gibi birçok eşik seviyeleri ile doludur. İktisadi faaliyetler, tamamen olmasa bile, büyük ölçüde etkileşim egemenlikli olup, değişiklikler genelde yarı kararlı yapıların evrimleşebilmesi ve zaman ölçeklerinin oluşabilmesi için yeterli olacak şekilde yavaş veya hızlı gerçekleşmektedir (Noell, 2007).

İktisadi sistemlerin kompleks oluşan (emergent) özellikleri için Tablo 8'de verilen örneklere bakıldığında, "rekabetin" iktisadi sistemlerde kendi kendini düzenlemenin ana mekanizmalarından biri olduğu görülmektedir.

**Tablo 8: Dinamik Dengeleri Olan İktisadi Olaylar**

<b>İktisadi Sistemlerde Kompleks Oluşan Özellikler</b>	<b>Tipik Davranışsal Bileşenler</b>	<b>Temel Kendi Kendini Düzenleme Mekanizmaları</b>	<b>Dinamik Denge Göstergeleri (Güç Kanunu Dağılımları)</b>
Piyasalar	Tedarik, talep, kendi kendini denetleme	Rekabet	Fiyatlar, hacimler
İktisadi sektörler ve bölgeler	Üretim, pazarlama, kendi kendini denetleme	Rekabet, işbirliği	Yapısal değişkenler
Tedarik zincirleri ve ağlar	Uzmanlaşma, büyüme, bütünleşme, dış kaynak/taşeron kullanımı	Oligopolistik rekabet	Yapısal değişkenler
Teknolojik ve kurumsal yenilik	Benimseme, uyarlama, taklit	Dağılım	Üretkenlik, verimlilik
Uzun vadeli iş döngüleri	Yatırımlar, üretim	Yatay rekabet	Üretim değeri, karlar
İktisadi ve sosyal kurumlar	Lobicilik, politika ve denetleme, kendi kendini denetleme	Politik rekabet	Yapısal değişkenler

**Kaynak:** Noell, 2007, 231.

Kendi kendini organize eden iktisadi ajanlar ile bunları düzenleyen bağlantılar arasında etkileşimler vardır. Ancak bir ekonominin katı bir şekilde denetlenmesi kendi kendine organize olmayı engellemektedir. Kendi kendine organize olmanın bir süreci olarak görülen rekabet, kompleksite teorisi ile standart ekonomi teorisi arasında güçlü ve kavramsal bir bağlantıdır. Rekabet Adam Smith'in tek "görünür eli" statik piyasa dengesinin, dinamik dengeleri tetikleyen sayısız "düşüncesiz ele" dönüşmesini sağlamaktadır. Bunun yanında, planlanan faaliyetler ve iktisadi ajanlar arasındaki karşılıklı etkileşimi artırmak ve rekabeti sürdürmek için planlanmamış yan etkiler önemli rol oynamaktadır. Fiyat seviyelerinde, kalite taleplerinde, genel üretim maliyetinde vb. konularda gerçekleşen tüm değişiklikler, değişmeyi amaçlamayan iktisadi ajanların karşılıklı faaliyetlerine dayalıdır; buna örnek olarak bir malın fiyat dağılımının malın fiyatının artırılması veya azaltılması yoluyla değişmesi verilebilir. Ayrıca fiyat değişimi ilişkilerinin sonuçlarının ve etkilerinin planlanmamış yan etkileri vardır ve bunlar rekabeti belirlemektedir (Noell, 2007).

Rekabet yeterli derecede büyük olan, klasik bir şekilde bileşenlerinin özellikleriyle açıklanamayan bir iktisadi sistemin oluşan (emergent) özelliğidir (Noell, 2007). Kompleksite literatüründe tanımlanmış, kendini organize etmekle ilgili en ilginç bakış açılarından biri, rekabette bulunan iki türün uyum sağlamak ve ayakta kalmak için koşmaya eşdeğer bir yarışa hapsedildiği 'Kızıl Kraliçe'<sup>36</sup> (veya rekabetçi eş evrimlilik) etkisidir. Firmaların birbirini tetiklemek suretiyle giriştikleri rekabet temelli süreçler, bütünüyle Kızıl Kraliçe Etkisi'nin kapsamını oluşturup, bu çerçevede Kızıl Kraliçe Etkisi ile rekabet, taraflar arasındaki dengeyi sürekli bozan bir güç olarak ortaya çıkmaktadır. Böylelikle bu etkinin, rekabet edenleri devamlı yeni değişiklikleri uygulamaya koymaya zorlanarak, yüksek teknoloji ve finansal sektörlerdeki yenilik dinamiklerini açıklayabileceği tartışılmaktadır. Belli bir bölgedeki/kümedeki firmaların yakın rekabetten ötürü yeniliklere zorlandığı Kızıl

---

<sup>36</sup> Kızıl Kraliçe Etkisi'nin çıkış noktası, Lewis Carroll'un (1960) "Alice Harikalar Diyarında" isimli eseridir. Bu eserde, masalın başkahramanı Alice, Kızıl Kraliçe'nin ülkesinde Kızıl Kraliçe ile birlikte koşmaktadır. Çok hızlı koşmasına rağmen olduğu yerde ancak kalabilen Alice, Kızıl Kraliçe'ye; "Benim ülkemde, bu kadar uzun süre ve çok hızlı koşarsan, herhangi bir yere varabilirsin!" der. Bunun üzerine Kızıl Kraliçe, "Yavaş bir ülke! Burada gördüğün gibi, bu şekildeki koşman, seni ancak aynı yerde tutabilmeye yetmektedir. Herhangi bir yere ulaşmak istiyorsan, bu koştuğundan iki kat daha hızlı olmalısın." yanıtını vermiştir. Bu masaldaki konuşmadan esinlenen biyolog Valen (1973) Kızıl Kraliçe Etkisi'nin, türlerin gelişimi açısından sahip olduğu tedrici role vurgu yapmıştır. Böylece herhangi bir sistemin, birlikte geliştiği sistemlere göre canlı kalabilmesi için, yeniliğe-inovasyona gereksinim olacağı ileri sürülmektedir (Koç ve Yavuz, 2011).

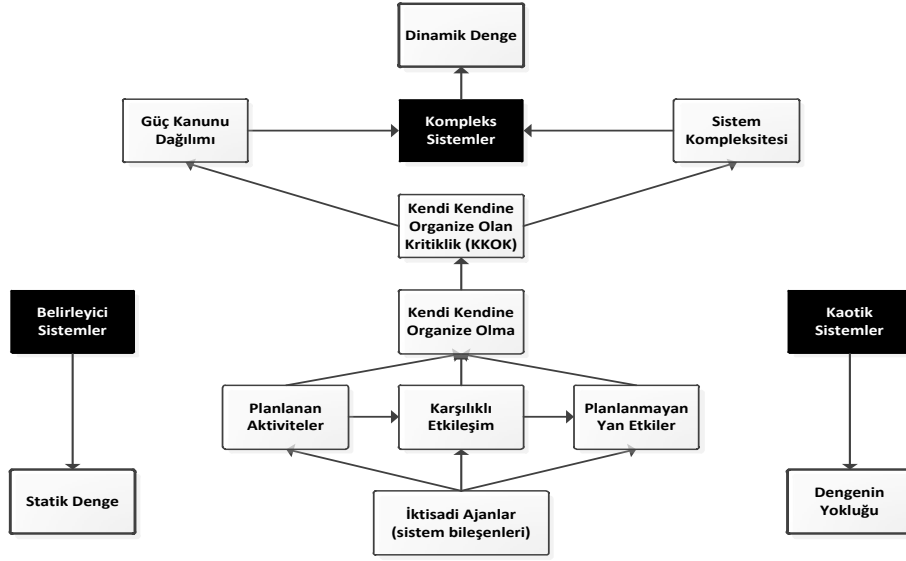
Kraliçe etkisinin mekansal olarak tanımlanmış bir türünü öngörmek zor değildir (Martin ve Sunley 2007).

Diğer taraftan üretim/iş döngüleri ekonomide en önemli dinamik olaylar olup, KKOK yaratan durumlardır. Kompleks iş dinamikleri olan bir sektörde düzenli döngüler fazlasıyla olasılık dışıyken, düzensiz iniş çıkışlar dinamik denge hali için tipiktir. Ayrıca, KKOK teorisi, politika tedbirlerinin, fiyat değişikliklerinin ve denetimlerin neden bazen küçük olsalar bile güçlü bir sektörel etkiye sahip olduklarını, bazen de büyük olmalarına rağmen hiç etkide bulunmadıklarına ilişkin sebepler ileri sürmektedir. Sektör düzenlemesinde kayda değer değişiklikler, yalnızca sektör veya sektörün büyük kısımları marjinal derecede kararlı olan kritik bir durumda ise gerçekleşmektedir. Sanayi üretiminde yeni yatırımlar ve yatırımın geri dönüşü, kar beklentileri tarafından tetiklenir ve karlılık eşiklerine bağlıdır.

KKOK teorisi iş sektörleri veya endüstrilerin analizine uygulandığında ortaya iki ilginç soru çıkar:

1. Bir sektörün zaman içindeki değişiklikleri üretim değerlerindeki değişimler güç kanunu dağılımları gösterip, bu yolla kendi kendini düzenleyen bir sektöre işaret edebilir mi?
2. Birinci soruya olumlu cevap verilmesi durumunda, bir sektördeki kendi kendini düzenlemenin özel hali veya derecesi hakkında güç kanunu dağılımı fonksiyonlarından daha fazla hangi bilgiler edinilebilir?

İktisadi sistemlerde kompleksitenin “aşağıdan yukarıya” meydana gelişi hakkındaki anlatım Şekil 16’da şematik olarak özetlenmiştir. Deterministik sistemler veya kaotik sistemler yüksek ya da düşük düzen derecesi sebebiyle, gerekli kararlı etkileşimden yoksundur ve gerçekte yalnızca kısa geçiş safhalarında var olurlar. Tarım, elektrik piyasası, sermaye piyasası gibi çok denetlenen, üretim kotası, piyasaya giriş kısıtı ve fiyat sabitleme gibi politik olarak belirlenmesi sebebiyle kendi kendini düzenleme güçlerinin kısa bir süre azaldığı sistemler, deterministik ve iyi düzenli bir iktisadi sistem olarak görünebilir. Ancak düzenlemelerin sektördeki ekonomik ve teknolojik gelişmelerin mevcut düzenlemeleri geçersiz kılması sebebiyle, göreceli olarak kısa süreler sonra “reform” ile yenilenmesi gerekmektedir. Koordineli veya bağımsız olup olmamaları fark etmeksizin, iktisadi ajanların faaliyetleri kendi kendini düzenlemeye yol açmakta, bu da KKOK süreci vasıtasıyla kompleksite ve dinamik dengelere sebep olmaktadır.



**Şekil 16: İktisadi Ajanların ve Dinamik Dengelerin İktisadi Sistem Tipinde Etkileşimi**

**Kaynak:** Noell 2007.

Kendi kendini düzenlemeye yönelten ve bundan doğan kompleks sonuçları tetikleyen unsurlar temelde amaçlanmayan yan etkilerdir. Amaçlanmayan yan etkilerin kaçınılmaz işleyişleri yeni oluşumlara (emergence), yani sektörlerde yapısal ve fonksiyonel değişikliklere sebep olur. Amaçlanmayan yan etkilerin mekaniği oldukça basittir. Firmalar, tüketiciler ve aynı zamanda denetleyiciler gibi iktisadi ajanların ekonomide belirli amaçlarla temelde faydalarını maksimize etmek için çeşitli faaliyetlerde bulunur. İktisadi ajanların hemen veya gecikmeli olarak görülen yan etkileri mevcuttur; örneğin bir ürün için gerçekleşen her bir fiyat değişikliği bu ürünün fiyat dağılımını değiştirir. Fiyat dağılımlarının değişmesi ürün için olan talepte değişikliklere yol açabilir. Ürünün fiyatının düşmesi, bir ya da daha fazla firmada üretimini karsız hale getirip, bu firmaların faaliyetlerine son vermesine neden olabilir. Yeterli derecede yan etki oluşması durumunda, durum yapısal değişikliklerle sonuçlanabilir. Genelde amaçlanmayan yan etkiler iktisadi ajanların etkileşim örüntülerini değiştirir. Geribildirim tepkilerinin etkileri güçlenir ve çok sayıda yan etkinin zaman içinde ve aynı anda işliyor olmasından dolayı, gerçek dünya ekonomilerinde gözlemlediğimiz kompleks etkileşim örüntüleri oluşur. Sonuç olarak iktisadi ajanların etkileşiminde, iktisadi sistemlerin gelişimi ve ürünleri, ajanların amaçları ile özelliklerinden çok daha önemlidir (Noell, 2007).

#### 4.4. Kompleksite Teorisi İktisadi Sistemlerin Analizinde Kullanılmalı Mıdır?

Gerçek dünyada iktisadi sistemlerinin genelde kompleks olduğu ve “açık sistemler” yaklaşımı ile tahmin edilebileceği ileri sürülmektedir. Buna ek olarak, iktisadi sistemlerin, genel kompleks sistemlerin temel ve gelişmiş oluşan (emergent) özelliklerine (örn: KKOK, fraktallar, çekim noktaları) sahip olmasının oldukça muhtemel olduğuna işaret edilmektedir. Özellikle KKOK teorisinin iktisadi sistemlerde dinamik dengeler ve kompleksite kaynağı olarak belirlenmeye çalışılmaktadır.

Kompleksite teorisi iktisadi sistemlerin analizinde kullanılabilir mi veya kullanılmalı mıdır? Bu yöntemlerde standart analitik modellere göre herhangi bir avantaj var mıdır? Kısacası Ockham’ın usturası mantığı ile “her şeyin birbirine eşit olduğu bir ortamda, en basit çözüm en iyisidir” sözüyle hareket edildiğinde, “kompleksiteye dayalı analiz ve modelleme araçlarının uygulamadaki yararı nedir?” sorusu sorulabilir.

İktisatta kompleksite yöntemlerinin lehine olan önemli sebepler Noell (2007) tarafından aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- İktisadi sistemlerin standart politika analizinde varsayılmış olan yapıdan daha farklı olduğu kesindir. Kompleksite teorisi, bir sistemde yüksek düzeyde kompleks sonuçlara yol açan ve esasen basit olan kendi kendini düzenleme süreçlerinin ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır. Bunlar görünürde rassal ve sistemsiz, ancak gerçekte düzenli ve öngörülebilir yapılar doğurmaktadır.
- Kompleks sistemler teorisi, özellikle çekim noktaları olmak üzere, iktisadi sistemler için oldukça yüksek düzeyde tahmin edilebilir makro yapılar öngörmektedir. Kompleks sistemler teorisinde, uzun vadeli tahminler işlemsel ve ampirik karakterden çok, stratejik ve teorik bir karaktere sahiptir ve özel durumlara göre daha çok iktisadi sektörlerin makro-özelliklerine odaklanmaktadır.
- İktisadi ajanlar, ajan grupları ve kurumlar politika tedbirlerine uygun olarak bağımsızca (autonomously) tepki verir. İktisadi sistemlerin, dışsal şoklara ve etkilere doğrusal olmayan tepki vermenin oluşan (emergent) özellikleri dolayısıyla kontrol edilmesi zordur.

- “Yukarıdan aşağıya” politikası yerine “aşağıdan yukarıya” yaklaşımlar ve kontrol yaklaşımları dikkate alınmaktadır. Yalnızca iktisadi ajanların politika tedbirlerine tepkileri bütünleştirilmemekte, aynı zamanda iktisadi etmenler arasındaki etkileşimler, olası yan etkiler ve bunların muhtemel sonuçları da bütünleştirilmektedir.
- Bir diğer önemli görüş ise bir ekonominin veya iktisadi sektörün kompleksitesinin bunun dinamik kararlığı için en iyi garanti olduğudur. Kompleksite, düzensiz rassal veya karmaşık yapılardan çok, yüksek derecede düzenli basitlik anlamına gelmektedir. Dolayısıyla kendi kendine organize olma güçleri desteklenmeli ve iktisadi ilişkileri çok fazla kontrol etmek ve kısıtlamak yerine yüksek derecede kompleksiteye izin verilmelidir. Ekonominin işleyişini tamamen anlamak gerekli değildir, ancak bunun optimum şekilde kendi kendini düzenlemesi için gereken koşullar anlaşılmalı ve sürdürülmelidir.

Kompleksite teorisi, standart iktisat yöntemlerine göre daha fazla teorik çaba gerektirirken, standart iktisat yöntemlerine göre çok daha sade analitik yöntemler sunmakta ve esas verilere daha az talep olmasına yol açmaktadır. Böylece, Ockham’ın usturası çerçevesinde, kompleksite teorisinin karşılaştırılabilecek standart iktisat yöntemlerine göre, tamamıyla daha basit ve/veya daha güçlü analitik araçlar sunabileceği ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla kompleksite teorisi mevcut araçlar arasına eklenebilecek önemli bir destek kaynağı olarak kabul edilmelidir.

İktisatta kendi kendini organize edebilen metafor kullanımından dolayı konunun aleyhinde olan görüşler ise Martin ve Sunley (2007) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

- İlk olarak, kendi kendini oluşturma (autopoietic) teriminin bir şehrin, bir bölgenin ekonomisinde ne kadar geçerli olabileceği sorusu vardır. Bölgesel ekonomiler içsel olarak uyumlu yapılar değildir: bir şehrin veya bölgenin bütünündeki organizasyonel istikrarı etkilemeden, belli parçalar eklenebilir veya çıkarılabilir. Bir çok firmanın, diğer yerel firmalarla arasında hiç yoksa birkaç tane bağlantısı vardır ve bir bölgenin ekonomisinin farklı parçaları farklı yollarda işlev görebilir ve dış çevreye (dış piyasalara) farklı yollarla bağlanabilir. Bir diğer deyişle, ekonomi

içinde kendini organize etme, kendi kendini oluşturma ile eşit tutulmak zorunda değildir.

- Kompleks sistemlerdeki temel varsayım olan, sistemi oluşturan parçalar arasında dağınık ve dağıtılmış kontrol yapısı, birçok tipteki iktisadi organizasyonlara açıkça uygulanamaz. Kompleksite iktisadi, kurumsal ve organizasyonel düzenlenme biçimini tüm ekonomide kuvvetli biçimde etkileyen güç eşitsizlikleri ile ilgili çok az şey belirtmektedir.
- Kendi kendine organize olma, iktisadi sistemlerin sınırlarının içsel dinamiklerini belirlemenin çok zor olduğu durumlarda tartışmalıdır. Piyasaların kendi kendini düzenleme (self regulation) ve işbirliği (co-ordinating) biçimi gösterirken, bu işbirliği etkisinin oluşumunda çok sayıda kurumsal ve politik önkoşullar olduğu açıktır.
- Ekonomide kendi kendine organize olma, bağlantısallık ve düzen arasındaki ilişki ile ilgili daha fazla sorular vardır. Kompleksite teorisyenleri kendi kendini organize etmeyi düzen ve kaos arasında kritik bir denge olarak görmektedir. Potts'a (2000) göre, bu dengenin doğasını anlamada, iktisadi dünyadaki bağlantısallık derecesi temel anahtardır. Düzenli bir sistem, düşük seviyede bağlantırlık olarak tanımlanır. Düşük bağlantısallık, sistemde yüksek derecede bir düzeni ve istikrarı ifade etmektedir. Bütün unsurların diğerleriyle bağlandığı sıradışı bir durumda, sistem bütünüyle istikrarsız ve kaotik olacaktır.

Ancak ekonominin mekansal yapısında yüksek derecede istikrar ve düzen vardır. Şehirler, endüstriyel bölgeler bir gecede oluşmamakta veya kaybolmamakta; endüstriyel bölgelerin ve kümelerin örüntüleri bir günden diğerine değişmemektedir. Bu istikrar ve düzen, şehirler ve bölgeler arasında, düşük seviye bağlantırlığın sonucu olarak görülebilir. Kısaca, kendi kendine organize olma, bağlantırlık ve düzen arasındaki ilişkiler, iktisadi coğrafya bağlamında daha geniş ayrıntıya girmeye ihtiyaç duymaktadır.

- Hodgson ve Knudsen'e (2006) göre, kendini organize etme tek başına bir evrimsel iktisat teorisi sağlamaya yetmez, çünkü seleksiyon hakkında hiçbir şey söylememektedir: Kendi kendini organize edebilme tek başına



uyum sağlamayı ve farklı sağkalımlarını ağıklayamamaktadır. Ancak iktisadi sistemlerde bağlantıların ve birbirine bağlanmaların oluşunun (kendini organize etme) sonradan ortaya çıkan seçimlerinden açıkça ayrılıp ayrılamadığı tartışmaldır. Kendini organize eden sistemlerin, düzensizlik ve fazla düzen arasında dengeyi kuracakları, 'kaos eşiği' olarak adlandırılan dengeli bir duruma doğru hareket ettiği ifade edilir (Potts, 2000). Bu kritik durumda, Kompleks sistemlerin, evrimsel ve rekabetçi baskıları karşılayabilecek dinamik verimliliği vardır, oysaki fazlasıyla düzenli ve bir o kadar da kaotik, istikrarsız sistemlerin ikisi de elenmiştir.

Tüm kanıtları bir araya getirirsek, iktisadi dinamiklerin KKOK sergilemeleri muhtemel değildir, fakat KKOK'a birçok yönden benzerlikler taşıdıkları söylenbilir (Pueyo, 2014).

*Kaos dünyada zorluğa neden olmakta, fakat aynı zamanda yaratıcılık ve büyüme için fırsat sağlamakta*  
*Chaos in the world brings uneasiness, but it also allows the opportunity for creativity and growth.*  
– Tom Barrett

*Herkes dağın tepesinde yaşamak ister, fakat bütün mutluluk ve büyüme dağa tırmanırken olur.*  
*Everyone wants to live on top of the mountain, but all the happiness and growth occurs while you're climbing it.*  
– Andy Rooney

## 5. FİRMA DİNAMİKLERİ, KOMPLEKSİTE VE KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLMA

### 5.1. Firma Anlayışı ve Firma Teorilerinin Oluşumu

Firmalar iktisadi ajan olarak, iktisadın en önemli unsurlarını oluşturan oluşumlardır. Bu nedenle firmaların tarihsel durumu, oluşum amaçları ve firma teorileri iktisatta önemli bir araştırma konusu olmuştur. Firma<sup>37</sup> farklı kişilere farklı şeyler ifade etmektedir. Pratikte ikibin yıldır bir şekilde firmalar var olmasına karşın<sup>38</sup> (Walker, 2010, 2), *firma teorisini*, oluşturma girişimlerinden ilkinin Smith (1776) tarafından, *Milletlerin Zenginliğinin Doğası ve Nedenleri Üzerine Bir İnceleme çalışması sırasında* yapıldığı kabul edilmektedir (Ledenyov ve Ledonyov 2013). Ancak günümüz firmalarının yüzyıl önce başlayan sanayileşme sürecinin bir ürünü olması, firmaların varlığı, organizasyonları ve sınırları için bir firma teorisi açıklama girişimleri sadece 1920'lere veya 1930'lara kadar geri gitmektedir. Çağdaş firma teorileri ise, çok daha yeni olup 1970'lerde geliştirilmiştir. 1970'lerden önce firmayı bir üretim fonksiyonu veya üretim olanakları seti olarak gören, basitçe girdilerin

---

<sup>37</sup> Epistemolojistler (bilgi bilimci) konuyu, İtalyanca "firmare" imza-onaylama anlamından gelen Alman firma orijinli olarak anlamaktadır. Firmanın bir çok yasal formu hala bu anlamı yansıtmaktadır. Firma sahibi, ya da onun imzası, ekonomik bir ajan olan firmanın yürütmekte olduğu faaliyetler ile eşit anlamdadır (Zettining 2003, 35)

<sup>38</sup> Eski Hindistan'da M.Ö. 800'e kadar giden şirket özelliklerine sahip bir kurum Sreni'nin bulunduğu ifade edilmektedir. Sreni'ler ekonomik amaçlı olarak M.S. 1000 yılına kadar yaygın olarak kullanılmışlardır (Harris, 2007, 25). Sreni organizasyonel bir kuruluş olup, modern şirketlerin kurumsal yönetimleri ile benzerlikleri vardır. Eski Hindistan'da bu tip kuruluşlar her türlü işlerde (ticarette) politik ve belediye aktivitelerinde kullanılmaktaydı. Bazı Srenilerin 1000 üyesi olduğu ve bunda bir üst limit olmadığı bilinmektedir. Sreni başkanı genellikle Sreni üyeleri arasından seçilme geliyordu. Sreni de üç ayak vardı, üyeler, başkan (jettbaka, sreshtht) yönetici memur (kayra chintakah), oldukça gelişmiş kurumsal yönetim ilkeleri bulunmaktaydı. Sreni'ler M.S. 1000 yıllarında çeşitli sebeplerden dolayı faaliyetleri son bulmuştur (Khanna, 2005).

çıkıya dönüşüm aracı olarak kabul edilen ana akım firma teorisi mevcuttu (Walker 2010, 34). Bu teori firmaları, tam olarak belirlenebilen teknolojik seçeneklerle, maliyeti en aza indiren girdiler seçerek, karı maksimuma çıkaracak şekilde hareket eden tek bir rasyonel ajana indirgemıştır (Axtell 1999).

Firma teorisi, firmanın varlığı, davranışı ve pazarla ilişkileri üzerine yapılan çalışmaların bütünü oluşturur, mikroekonominin en büyük çalışma alanlarından birisidir. Zaman boyunca mikroekonomik ve makroekonomik bakış açılarındaki değişikliklere paralel olarak firma teorileri de gelişmiş ve farklı sorulara cevap aramaya çalışmıştır. Temel olarak firma teorisi bir piyasa yapısı içerisinde faaliyet gösteren firmaların niçin kurulduğu ve ne tür fonksiyonlarla tanımlanabileceği sorularına çözüm aramaktadır. Freiling (2004) ve Levy (1994) ise firma teorisinden bahsedildiğinde şu soruları sormaktadır.

- Firmalar zaman boyunca nasıl gelişir ve değişir?
- Firmalar niye var olurlar?
- Firmalar niye çöker ve onları sürükleyen güç nedir?
- Firmanın çalışma sınırlarını hangi unsurlar açıklamaktadır?
- Bir kişiden fazla kişiden oluşan firmaların içsel organizasyonunu açıklamak nasıl mümkündür?
- Niye bazı firmalar diğerlerine göre daha iyi performans gösterir?
- Bir firmanın başarısız olduğu yerde, diğerinin başarılı olmasını sağlayan soyut strateji yetkinliklerin, yeterliliklerin, kaynakların ve değerlerin niteliği tam olarak nedir?
- Belirli bir yetkinliğin tekrarlanmasını veya elde edilmesini zorlaştıran nedir?
- Bir firmanın stratejisi çevreye uymalı mıdır, yoksa çevreyi mevcut yeterliliklerine uyacak şekilde başarılı olarak biçimlendirebilir mi?

Bu soruların cevapları muallaktır. Çünkü iş hayatındaki başarılar ve başarısızlıklar, bir kurum olarak firmalar ile firmanın değişmekte olan çevresi arasında yer alan kompleks ve basit neden-sonuç ilişkileri bulundurmeyen etkileşimlerin getirisi (Levy, 1994). Ayrıca kompleks sistemlerin çevresinden sürekli enerji, madde ve bilgi alışverişinde buldukları için “açık” olarak belirlenmeleri gibi, firmalar da içinde buldukları endüstriler, sektörler, pazarlar, tedarik zincirleri ve bölgelerle sürekli etkileşim içinde olduklarından açık sistem özelliklerini taşımakta ve her zaman sınırları belirlenmemektedir (Noell, 2007).

Özellikle son zamanlarda oluşturulan firma teorilerinde evrim ve öğrenme konularına değinilmektedir. Evrimsel iktisat; ekonomiyi neoklasik iktisadın çoğunlukla dışsal olarak kabul ettiği teknoloji, kurumlar, tercihler gibi faktörlerin birbirleriyle ilişkili bir bütün oluşturacak şekilde belirlendiği, değişim ve oluşum içerisindeki bir süreç olarak analiz etmektedir. Evrimsel iktisatta, firmaların yeniliği (inovasyon) bütün evrimsel süreci yürütmektedir. Neoklasiklere benzer şekilde, evrimsel iktisadın da ana ilgi konusu bütün ekonomi olup, firmayı göz önüne alma bu ana amaca hizmet etmeyi kolaylaştırmaktadır. Ancak neoklasik düşünceye benzemeyen şekilde evrimsel iktisatta, firmaya daha çok rol verilmiştir.

Seth ve Thomas (1994) neoklasik iktisattan uzaklaşmanın firmanın doğasının kompleksitesini artırdığını tartışmaktadır. Deterministik varsayımının terk edilmesiyle, yönetsel güdünün belirlenmesinde tarafsız rasyonaliteden çok bireysel çıkarıya göre davranılması, firma amacının kar maksimizasyonu limitinin ötesinde düzenlenmesi ve firmanın faaliyette bulunduğu çevreden etkilenmesinin kompleksitesini oluşturduğunu birçok teori kabul etmektedir (Khachatryan, 2003, 5).

Brown ve Eisenhardt'a göre (1997), içerisindeki kurumların statik veya neredeyse statik varsayıldığı işlem maliyeti ekonomisi, vekâlet teorisi ve kurum ekolojisi gibi kurumsal ve stratejik düşünceye ait birçok paradigma çağdaş firmalar için hız ve esnekliğin kurumsal başarıyla daha az ilişkili olduğu 1970'li yıllarda geliştirilmiş (Brown ve Eisenhardt 1997'den aktaran Levy, 2000) ve günümüzde yaşanan hızlı gelişmelerle artan kompleksitenin gerisinde kalmışlardır.

Firma teorilerinin açıklamaya çalıştığı soruların modellenmesinde Freiling (2004), iktisat teorisinde neoklasik mikroekonomide, tam bilgi anlayışına dayalı modellemeler yerine, firmaların farklı modellenmesi gerektiğini belirtmiştir. Benzer şekilde firmanın iktisadi teorisi ile ilgili olarak Lee (1975) "Mikroekonomiye, pratik iş yönetiminde muhtemelen kullanılabilmesi için gerçeklik vermek amacıyla, firma teorilerinde doğrusal olmamaya ilgili değişimler olmuştur" açıklamasını yapmıştır.

Bir firma mükemmel olmayan bir pazara ürün tedarik ederse, hedef fonksiyon artık doğrusal değildir, çünkü marjinal geliri azalmaktadır. Mükemmel olmayan bir pazarı ele almak, doğrusal olmayan bir programlama için model oluşturmayı gerekli kılmıştır. Doğrusal olmayan programlama gereksinimine, belirsizlik problemi ortaya çıktığında da gerek görülmektedir (Ledenyov ve Ledonyov, 2013).

Fakat 1970’lerde doğrusal olmamanın kökeni iyi anlaşılammış ve türevsel denklem kullanımı sorgulanmamıştır.

Eksik bilginin karar verme ile iki bağlamda ilişkisi vardır: strateji oluşturma ve öngörü. Belirsizlik altında karar verme yaklaşımları olasılık ve oyun teorisi olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Böylelikle, Lee (1975) firmanın iktisadi teorisindeki önemli araştırma bulgularını aşağıdaki çerçevede özetlemiştir:

1. Kısıtlı kaynak tahsisi ile ilgili “programlama teorisi”
2. Eksik bilgi ile ilgili “belirsizlik teorisi”
3. Zaman ile ilgili “dinamik teori”

Axtel’e (1999) göre, denge kavramlarıyla meşguliyet büyük ölçüde endüstriyel organizasyondaki firmaların büyüklük dağılımının göreceli olarak ihmal edilmesinden sorumludur. Büyüklük dağılımının varlığı ve kararlılığı yıllardan beri bilinmesine ve günümüzde endüstriyel organizasyon teorisine mikroekonomik kavramların egemen olmasına karşın, görünürde halen toplam büyüklük dağılımının bir mikroekonomik (denge) açıklaması bulunmamaktadır.

Tüm bunlara bağlı olarak dinamik teorinin gelişmesi sonucunda, firmalar ve endüstriler ile ilgili fiziksel özelliklerin analizinde mekân-zaman ve mekân-hareket kavramları (mekan ölçeklendirilmesi) ile fiziksel değişimin dinamik sürecini inceleyen çalışmalarda matematiksel ve fiziksel yöntemlerin uygulanması sürecine geçilmiştir. Ayrıca kompleksite iktisadında firmaların büyüme ve ekonomik performansına, firmaların evrimine yakından bakılarak, günümüzün değişen ekonomisiyle birlikte evrim geçiren firmanın doğası ve fonksiyonu anlaşılmaya çalışılmaktadır.

## **5.2. Kompleks Sistem Olarak Firmalar**

Kompleks sistemlerin genel özellikleri olan doğrusal olmama, geribildirim, durağan olmama, birçok etkileşimli ajanlar, uyum sağlama, evrim ve açık sistem özelliklerinin büyük çoğunluğu piyasalar ve firmalar için geçerlidir. Kompleksite teorisinde firmalar kendi kendine organize olan “kompleks uyum sağlayan sistemler” olarak adlandırılmaktadır (Albin, 1998, 14).

Endüstriler; firmalar, yönetim, iş gücü, tüketiciler arasındaki kompleks etkileşim sonucunda dinamik, patika bağımlılığı biçiminde zaman boyunca gelişmektedir.

Sadece endüstri yapısı firma davranışına etki etmemekte, aynı zamanda firma davranışı da endüstri yapısını ve rekabet şeklini değiştirebilmektedir. Mevcut teorik modellerde azalan getiri ve göreceli olarak geribildirim olmadan basit doğrusal bir ilişki varsayılmaktadır. Halbuki artan getiri kompleksitenin firma teorisine getirdiği en önemli unsurlardan biridir. İktisatta pozitif geribildirim (pozitif dışsallıklar; pozitif geribildirime bağlı endüstri/sanayi yoğunlaşması) artan getiriden yükselmektedir. Böylece önceden büyüme girdi miktarının artması ile sağlanırken, kompleksite teorisinde içsel (endojen) büyüme fikrinin temel alınması ve ortaya çıkan teknolojik gelişme (yenilik), öğrenme ve iktisadi süreçte işbirliği ile sisteme giren dış kaynakları artırmadan büyüme mümkün olmaya başlamıştır.

Diğer dinamik sistemler gibi firmaların büyümesi pozitif ve negatif geribildirimlerin etkileşimi sonucudur. Negatif geri bildirim firmaların büyümesinde azalan getiri yaratmaktadır. Faydanın azalımı firmanın bürokratik olarak sıkışıklığı veya yönetsel sınırları, yöneticileri ve ortaklar arasındaki bilgi asimetrisi yaratarak, kurumsal yönetim sorunları nedeniyle olumsuz ölçek ekonomileri yaratmaktadır (Buendia, 2013).

Ticari organizasyonların kompleksitesini veya firmalar ile ekonominin farklı sektörleri arasındaki heterojenliği inkar etmeden, firmalar arasında bazı genel özellikler olduğu savunulmaktadır. Simon (1962) tüm firmalarda olmasa da, tüm kompleks sistemlerde ortak olduğu görülen bazı kapsamlı özelliklerin firmalarda olduğunu ileri sürmüştür. Burada öne atılan teorik açıklama, firmaların ayırık ve birbirini tamamlayıcı kaynaklardan oluşan “kaynak temelli yaklaşıma” (resource based approach) dayanmaktadır (Coad, 2011). Penrose’ya (1959) atfedilen kaynak temelli yaklaşım, firma düzeyinde büyümenin içsel (endojen) nitelikler ve her bir firma için kendine mahsus olan yeteneklerin kombinasyonları tarafından yönlendirildiğini varsaymaktadır (Kunkle 2009).

Bu kapsamda firmanın büyümesi organizasyonel fazlalık kaynaklı olma olasılığı da hesaba katılmaktadır. Organizasyonel fazlalık, firmalarda kaynaklarının herhangi bir zamanda bazı nedenlerle tamamen kullanılmaması olarak kabul edilen bir özelliktir. Bununla beraber yöneticiler bir firmanın kaynaklarını “tam anlamıyla yararlanma” haline olabildiğince yaklaşmak için en verimli şekilde kullanmaya çalışmaktadır. Bir firmanın kaynakları yeterince kullanılmadığında büyüme bu kaynak fazlalığı ile beslenebilmektedir. Diğer yandan, kaynakların tamamına yakınının kullanılması

durumunda büyüme ancak yeni kaynak eklenmesiyle gerçekleşecektir. İlk olayda büyüme ilave yatırım gerektirmezken, ikincisinde firma büyümesi potansiyel olarak geniş ölçekli yatırım ile desteklenecektir. Firma büyümesine ilişkin bu açıklama “kendini düzenleyen kritiklik” açısından ifade edilebilir. Firma yöneticileri, firmanın hiyerarşik çerçevesi içinde kaynakları verimli olarak kullanmak için mücadele ettikçe, firmalar kaynakların tamamen kullanıldığı “kritik hale” ulaşmaya eğilimli olan bir sistem olarak görülebilir. Böylece sistemin kritikliğine bağlı olarak, büyüme esnasında bir faaliyet eklenmesi bununla ilgili birçok kaynak üzerindeki yükü artırarak, KKOK’de olduğu gibi potansiyel şekilde tüm organizasyonu takip eden bir zincir büyüme reaksiyonunu tetikleyebilecektir (Coad, 2011).

Bu doğrultuda Dixon (1953) bir firmanın kritikliği üzerinde daha geniş bir düzeyde yorumda bulunarak, “firmanın faaliyetlerine bir kişinin daha eklenmesinin firmada çalışan artışı, maaş artışı ve ilave sabit varlık artışı biçimini alan bir dizi reaksiyon zinciri yaratabileceğini vurgulamıştır. Benzer şekilde Hannan (2005), organizasyonel özellikteki değişiklikler bir organizasyonun parçaları arasındaki birbirine bağımlılık sebebiyle sıklıkla ilave değişikliklerin çığları başlatacağını belirtmiştir. Weick ve Quinn (1999) ise, kaosun eşiğinde gerçekleştikleri takdirde küçük değişikliklerin belirleyici olabileceğini ve birbirine bağlı sistemlerde marjinal değişiklik diye bir şey olmadığı yorumunda bulunmuştur. “Çığ” ancak ilave kaynaklarla ilişkili fazladan iş yükünü karşılayabilecek derecede fazla kapasite olması halinde durmaktadır (Coad, 2011).

Firma büyümesinin organizasyonel değişikliklerin ve firma kaynaklarının yarattığı çığlar gibi, firma küçülmesinin ya da batmasının iktisadi aktivitelere makro ölçüde büyük etkisi olmaktadır. Çünkü tek bir firmanın batması borç alan ve veren ilişkisindeki ağlar yoluyla tüm ekonomiye yayılabilmektedir. Firma bankaya borcunu ödemediğinde bankacılık sistemi sermaye kaybına uğramakta, böylece kredi arzı daralmaktadır. Bu tip kredi arzının azalması faiz oranını yükseltmekte ve daha fazla kredi arayan firmalar arası rekabeti zorlaştırmakta ve daha sonra firma bilançosunun kötüleşmesine neden olmaktadır. Bu durum kendi kendine organize olan sistemlerdeki gibi domino etkisi yaratmaktadır (Fujiwara, 2003).

Tüm bu açıklamaların sonucu olarak, modern endüstri ülkelerinde firmaların, kendi kendine organize olan sistemlerin özelliklerini sergileyeceği muhtemeldir. Bu, çok az sayıda büyük firmaların, çok sayıda küçük firmalar ile bir arada olduğu anlamına

gelmektedir (Buendia, 2013). Firmaların kendi kendine organize olması çok sayıda değişkenler arasındaki karşılıklı nedensellik sonucu kompleks bir ilişkiler ağı olmasındandır. Bu nedenle kompleksite unsuru olarak firmaların büyümesi ve büyüklük dağılımları önem arz etmektedir.

### **5.3. KKOK Unsuru Olarak Firmalarda Büyüme**

Firmalar ve firmaların birbirleriyle ilişkileri kuşkusuz iktisadi büyümede çok önemli rol oynamasına rağmen, bu kompleks sistemin tam bir tanımını iktisatçılar oluşturamamıştır. Alfred Marshall (1920) bu sistemi tanımlamak için orman ekosistemi analogisinden yararlanmıştır: *“Ormanın genç ağaçları yaşlı rakiplerinin hissizleştirici gölgeleri arasında mücadele ederek yukarıya doğru büyürler. Birçoğu kaderine boyun eğmekte, çok azı hayatta kalmaktadır. Firmalar tıpkı ormanda yaşayan ağaçlara benzerler: Firmalar, ormandaki bir ağaç gibi büyür, en yüksek noktaya ulaşır ve ölürler”*. Bu düzenli bir süreçtir. Bununla birlikte, kural dışı birkaç firma olabilir'. 'Bu firmalar, sahibinin (girişimci) ustalığına, enerjisine ve şansına bağlı olarak diğerlerinden daha hızlı büyüebilir, daha yükseğe ulaşabilir ve batışları da gecikebilir (O’Neale ve Hendy, 2012). Marshall'a göre girişimciler tarafından yönetilen firmalar, doğarlar, başarılı oldukları sürece büyürler ve birçoğu daha sonra çökerek yok olurlar.

Günümüzde firma büyümesinin metafordan daha fazla göstergeleri olduğunu bilinmektedir. Büyüme ile ilgili temel teoriler ve büyüklük dağılımları aşağıda ele alınmaktadır.

#### **5.3.1. Firma Büyümesi Stokastik Ya Da Deterministik Midir?**

Firma büyümesi ile ilgili modeller iktisadi teorilerin temeline göre değişmektedir. Firma büyüme yapısı ile ilgili temel açıklamalar neoklasik modellerde dikkat alınan deterministik (sistemik) yaklaşım ve stokastik (rassal) yaklaşım olarak iki türdür (Marti ve Carrizosa, 2011).

Carrizosa (2007) ise, firma büyüme teorilerine ilişkin ana düşünce okullarını 4 gruba ayırmaktadır. (i) klasik ekonomistler; (ii) firma büyüklük artışında yöneticilerin rolünü belirten davranışsal ekonomistler; (iii) firma büyümesinin stokastik bir süreç takip ettiğini varsayan stokastik teori ve (iv) stokastik firma büyüme teorisi ile ilintili olan öğrenme ve seçme modelleri.



Klasik iktisat teorisi firma büyümesi ile dolaylı yoldan ilgilenmiştir. Firma büyüklüğü ile büyümesi arasında negatif ilişki olduğunu kabul ettiğinden, klasik iktisat teorisi firmaların optimum etkin büyüklüğünü bulmaya odaklanmıştır.

Neoklasik iktisat da deterministik yaklaşım ile firma büyümesi optimum büyüklük fikri ile ilgilenmiştir. Firma büyümesinde, firmaların U biçiminde ortalama maliyet eğrisi olduğunu ve kendi minimum ortalama maliyete ulaşana kadar büyüyecekleri düşünülmüştür. Küçük firmalar optimal büyüklüğe ulaşana kadar hızlı büyürler ve sonra büyüme yavaşlar. Zaman boyunca, firma büyümesi ve büyüklüğü, olgun (mature) endüstrilerde düşük varyans ile dengeye ulaşır (Kunkle 2009). Sonuç olarak firma büyümesi küçük firmaların optimum büyüklüğe ulaşmak için az ya da çok gösterdiği çabaya bağlı bir süreçtir. Bu açıdan deterministik yaklaşımda büyüme problemi, genellikle büyüklüğü piyasadaki aktif firmalardan daha küçük olan yeni firmaların girişleriyle ilgilidir (Marti ve Carrizosa, 2011).

Neoklasik iktisatçılar klasik mekanik temeline firma büyümesini (toplamın davranışını), firmayı oluşturan parçacıkların analizi ile açıklamaya çalışmaktadırlar. Bu metodolojik indirgemeciliktir. Ancak fizikteki kuantum devrimi, indirgeme hipotezini yerle bir etmiştir.

Firma düzeyinde büyümenin stokastik ya da deterministik olup olmadığı iktisadi gelişme politikası için belki birinci ve en önemli sorudur. Eğer büyüme tamamıyla stokastik ise, firmaların geniş populasyonlar/kitle karşısındaki büyüme dağılımı normal (Gaussyen) biçimde olmalıdır. Eğer büyüme kısmen deterministik ise, büyüme dağılımı bir şekilde doğru üretim faktörlerine sahip firmaların alt kümeleri arasında yoğunlaşabilir. Zaman boyunca en azından firmaların alt kümeleri arasında pozitif büyümenin otokorelasyonu, kısmen sistematik büyüme olduğunu destekleyecektir. Eğer büyüme stokastikten çok deterministik gözüküyorsa, hangi farklılıkların bazı firmaların diğerlerine göre istisnai büyüme sergilemesine neden olduğu biçimindeki ikinci en önemli soru gelişme politikası açısından ortaya çıkmaktadır (Kunkle 2009).

Stokastik büyüme modellerinin iki temel amacı vardır; birincisi firma davranışına etki eden stokastik faktörlerin kalıcılığını ve mevcudiyetini belirlemek, diğeri firmalar arası yoğunlaşmayı ve eşitsizlikleri tespit edilmesidir. Ayrıca, stokastik yaklaşım piyasada firma büyüklüğünün dağılımının asimetrik olduğunu temel

almaktadır. Ana stokastik büyüme modellerinden Gibrat (1931) ve Kalecki (1945) modelleri firma büyüklüğünde lognormal dağılım takip ederken, Champernowne (1937) Pareto dağılımı takip etmektedir (Carrizosa 2007).

Ölçekleme değişmezliğini firma çapında açıklama çabalarının birçoğu, kısıtlı rastlantısal büyüme modellerine dayanmaktadır. Güç kanunu oluşturmanın temel mekanizması oransal rassal büyümedir. Firmaların ilk önce bir başlangıç dağılımıyla başladığını ve sonra bağımsız olaylarla rassal bir şekilde büyüyüp küçüldüğünü ve Gibrat kanununa uyduğunu, yani tüm firmaların aynı beklenen büyüme hızına ve aynı büyüme hızı standart sapmasına sahip olduğu varsayılmaktadır. (Marti ve Carrizosa 2011). Dengeye bir kez ulaştınca, Gibrat'ın oransal etki kanunu, firma büyümesinin rassal yürüyüş izleyeceğini öngörmüştür. Gibrat kanunu ölçeğe göre sabit getiri varsayımıyla geliştirilmiştir. Firmaların üretimi minimum ortalama maliyete ulaştıktan sonra artan oranda büyümeyi imkansız kılmaktadır (Kunkle 2009).

Bütün bunlar açıklamanın “mekanik” kısmıdır. Bir ekonomist ise, ilk başta neden rassal büyüme olduğunu veya bir başka deyişle neden Gibrat kanununun geçerli olduğunu bilmek ister. Burada en basit mikro temel firmaların, esasen ölçeğe sürekli getirilerden, belki de söz konusu kıstastan ufak sapmalardan ve rastlantısallıktan ibaret olduğu gerçeğidir (Gabaix, 2016).

Gerçekten, ekosistemlerde olduğu gibi, firmaların hareketleri kısmen “rastlantısal” olmalıdır ve evrimsel iktisat tarafından kabul edildiği şekliyle ekonomik bağlamda, performansı arttırmak için bilinçli yenilik olan kuvvetli bir “Lamarckçı” öge de mevcuttur. Fakat “performans” kelimesi “doğal seleksiyon” için geçerli olup, bu Schumpeter'in “yaratıcı yıkım” dediği şeye tekabül etmektedir. Ancak, firmalar türler veya genotipler ile karşılaştırılmamalıdır, firmalar türler veya genotipler ile bireysel organizmalar arasında bir yapıya sahiptirler. Firmalar, sınırları olmadan küçülmeleri, büyümeleri ve evrimleşmelerinde türlere veya genotiplere benzerken, iç uyumlarında ise bireysel organizmalara benzemektedirler (Pueyo, 2014).

Özetle firmaların fiziksel değişimi (büyümesi), basit geometrik formlardan oldukça karmaşık olanlara kadar çok farklı yapıların oluşumuna neden olan mikro ve makro ölçeklerdeki dinamik yapısı ile birçok teoriye konu olmuştur. Firma büyümesinin deterministik ve stokastik teoriler hemen hemen hiç örtüşmezler ve öngörülerinin

çoğunluğu birbirine zıttır. Bu nedenle ilk yaklaşımın çok geniş mikroekonomik desteği varken, ikinci yaklaşımın özellikle piyasada görülen büyüklük dağılımı konusundaki görüşü daha gerçekçi görünmektedir (Marti ve Carrizosa 2011, 7).

### 5.3.2. Firma Büyümesinin Kendini Organize Eden Yapısı: Güç Kanunu

Fiziksel değişimin önemli göstergelerinden biri olan büyüme özelliklerinin incelenmesi ise 20. yüzyılın başına uzanmaktadır. Bu kapsamda bir endüstride ya da ülkede endüstriyel konsentrasyonun göstergesi olan firma büyüklüğünün dinamik ilk formal modelini Gibrat ortaya çıkarmıştır. Gibrat Kanunu (yada oransal büyüme kanunu), firmaların büyüklüğünün büyüme dinamikleriyle ilgili bir önermedir. Gibrat'ın oransal etki kanununun anlamı firmanın büyüme oranı sabittir yada kendi büyüklüğü ile oransaldır (Morel 1998).

Gibrat stokastik süreçler için fark denklemleri kullanmıştır. Buradan hareketle Gibrat, firma büyüklüğünün dağılımı için aşağıdaki basit stokastik süreci kabul etmiştir.  $\{x(t)\}$  stokastik süreci zamana göre  $t = 0, 1, \dots$  olduğu  $x(t)$ 'nin  $t$  zamanındaki firma büyüklüğüdür.  $\varepsilon(t)$  özdeş ve bağımsız dağılan (*iid-identically, independently*) rassal değişken,  $t-1$  ve  $t$  dönemin arasındaki büyüme oranını simgelemektedir. Eğer büyüme oransal ise (Kaizoji, Iyetomi ve Ikeda, 2006);

$$x(t) = (1 + \varepsilon(t))x(t-1) \text{ veya küçük aralıklar için}$$

$$\ln x(t) - \ln x(t-1) \approx \varepsilon(t).$$

Burada  $\ln(1 + \varepsilon(t)) \approx \varepsilon(t)$  dir. Sonuç olarak bu  $\ln x(T) = \ln x(0) + \sum_{t=1}^T \varepsilon_t$ . Merkezi limit teoreminden  $\ln x(T)$  normal dağılıma yaklaşarak,  $x(T)$  asimptotik olarak lognormal dağılım olmaktadır. Diğer bir deyişle Gibrat'ın oransal etkisi, orantılı stokastik büyüme süreci log-normal dağılıma neden olmaktadır (Kaizoji, Iyetomi ve Ikeda, 2006). Stokastik bağlamında firma büyüklük dağılımını, Gibrat,  $\varepsilon(t)$ 'nin  $x(t)$ 'den bağımsız,  $\varepsilon(t)$ 'nin zamanla korelasyonunun bulunmadığını ve firmalar arasında hiçbir etkileşimin olmadığı varsayımını dikkate almıştır.

Ancak büyüme oranı ve büyüklük arasında ilişkiyi gösteren ampirik kanıtlar Gibrat oransal etki kanunu takip etmediği yönündedir. Ayrıca Gibrat kanununun tam biçimi lognormal dağılım iken, çağdaş analizler ampirik dağılımın en doğru istatistik tanımının güç kanununu olduğunu göstermektedir (Gatti ve diğ., 2005).

Yapılan birçok çalışma, firma büyüklüğünün güç kanunu dağılımı (ölçeklendirme dağılımı) takip ettiği fikrini desteklemektedir. Firma büyüklük dağılımına ilişkin ilk ampirik çalışmalar (Simon 1955; Simon ve Bonini 1958; Ijiri ve Simon 1977) firmaların büyüklük dağılımının Pareto dağılımına yaklaştığını göstermiştir. Özellikle son zamanlarda Okuyama, Takayasu ve Takayasu (1999); Axtell (2001); Mizuno ve diğ. (2002); Gaffeo, Gallegati ve Palestrini (2003); Fujiwara ve diğ. (2004); Aoyama, Fujiwara ve Souma (2004) tarafından yapılan bir kısım ampirik çalışmalar firma büyüklüğü dağılımının lognormal dağılım yerine, firma büyüklüğünün sağkalım (survival) fonksiyonunun, birime ( $1'e$ ) yakın olduğunu, böylece Zipf veya güç kanunu takip ettiğini belirlemişlerdir (Kaizoji, Iyetomi ve Ikeda, 2006).

Benzer şekilde endüstriyel firma dinamiklerin büyümesinin rassal süreçleri için birçok ekonomik model ileri sürülmüştür. Firma büyüme hızlarının dağılımının şişman kuyruklu olduğu Little'in (1962) yaptığı çalışmadan beri bilinmektedir. Buna bağlı olarak Stanley ve diğ. (1996), Amaral ve diğ. (1997), Bottazzi ve Secchi (2003; 2006), Axtell (1999), Stanley ve Plerou (2001), Newman (2005), Bottazzi ve diğ. (2007; 2011), Fu ve diğ. (2005), Gatti ve diğ. (2007) gibi birçok araştırmacı firmaların büyüme hızlarının normal dağılım yerine, genelde simetrik üstel dağılım olarak da bilinen bir Laplace (veya çift üstel) dağılımına uyduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bu bulgular firma büyüklüklerinin bir güç kanunu olarak dağıtılıyor olmasından doğmakta olduğunu göstermektedir. Ayrıca Laplace dağılımının satış büyümesi, istihdam büyümesi veya katma değer büyümesi gibi bir dizi firma büyüme göstergesinde de geçerli olduğu görülmektedir (Coad 2011; Pueyo 2014).

Yapılan tüm ampirik çalışmalar, endüstriyel dinamiklerle ilgili evrensel kanunlar olarak nitelendirilebilecek bazı "stilize edilmiş faktörler" olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bunlar (Gatti ve diğ. 2005);

1. Firmaların büyüklük dağılımı sağa eğik olup, Zipf veya güç kanunu yoğunluk fonksiyonuyla tanımlanabilir, (Eğimli firma büyüklük dağılımları),
2. Firmaların büyüme oranları Laplace dağılımına uymalıdır.

Buradan hareketle Stanley ve diğ. (1996): Axtell (1999), Stanley ve Plerou (2001), Newman (2005) gibi bazı araştırmacılar firma büyüklüğü ve firma büyümesi dağılımında güç kanunu mevcudiyetinin, her hangi bir yeni firma teorisinin açıklayabilmesi gereken bir benchmark olacağını belirtmişlerdir (Kunkle 2009).

Sonuç olarak firmaların çok farklı faaliyetlerle uğraşması, özbenzeşlik, hiyerarşi, rekabet, büyüme, yükselme ve uzun süreli etkileşimler güç kanunu dağılımının oluşmasına imkan vermektedir (Morel 1998). Özellikle çarpımsal, birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip olaylara maruz kalan birimler arasındaki etkileşim, sistemin dinamiklerini herhangi bir çekim noktasının belirmediği kompleks ve kritik bir hale getirebilmektedir (Gaffeo Gallegati ve Palestrini, 2003).

Tüm bu çalışmalar Gibrat'ın aksine, firmaların büyüklüğünün tamamen ilgisiz alanlarla korelasyon içeren  $1/f$  dağılımlı sağlam bir olgu olduğunu göstermektedir. Bu şekilde  $1/f$  dağılımının oluşumu (emergence), büyüklük dağılımının dinamik yapısının, evre geçişinde ve kendi kendine organize olan kritiklikte olduğu gibi ekonomide görünüşte birbiriyle ilgisiz alanların birleşiminin uzun dönemli baskı yaratarak yerel karşılıklı etkileşimler benzeri etkilere neden olduğunu ortaya koymaktadır (Morel, 1998).

#### **5.4. Kendiliğinden Organize Olan Kritikliğin İktisadi Sistemlerde Belirlenmesi**

Buraya kadar anlatılanlar, firmalarda gözlemlenen çarpık dağılımların güç kanununa karşılık geldiği ve KKOK'un imzası niteliğinde olan güç kanununun, dağılımının dinamik orijinli olduğunu gösterdiği belirtilmiştir. Güç kanununun makroekonomiyi oluşturan firmaların çeşitli büyüklüklerle ölçülen zamansal değişimi ve etkileşimi ile belirlenen KKOK konusunda genelde teorik ve simülasyona dayalı modeller bulunmaktadır. Makroekonomi ile ilgili çalışmaların çoğu ekonomideki ağ bağlantıları üzerine olup, tek ya da çift boyutlu kafes simülasyonuna dayalıdır. Gerçek verilerle yapılan ampirik uygulamalar ise sınırlı sayıda olup, KKOK ölçülmesinde tek bir yöntemin olmamasına bağlı olarak farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu nedenle bu bölümde tezin ampirik uygulamasına temel oluşturulan teorik bir model ile mikroekonomi alanında uygulamaya yönelik çalışmaların yöntemlerine değinilmektedir.

##### **5.4.1. Kendi Kendine Organize Olan Kritikliğin İktisadi Sistemlerde Belirlenmesi Üzerine Bir Model**

Bu kısımda KKOK firma büyümesine uygulanması için Andergassen, Reggiani ve Nijkamp (2004, 302-305) çalışmasında yer alan model incelenecektir.

Andergassen, Reggiani ve Nijkamp (2004) ilk olarak, ekonomide firmaların davranışlarının diğer firmaların davranışlarından bağımsız olup olmadığını belirleyerek, firmalar arasında uzun süreli korelasyonlar gözleme olasılığının boyut ile doğru orantılı bir biçimde zayıfladığı, ikinci olarak firmaların belirli bir derecede birbirlerinden bağımsız olma durumu ortaya atarak, hangi koşullar altında güç kanunu zayıflamasının meydana geldiğine ilişkin bir model geliştirmiştir.

Bu modelde  $n$  sayıda firmalardan oluşan bir ekonomi düşünülmüştür. Her bir  $i$  firması için istihdam büyüme oranı  $\varepsilon_i^* \in \mathfrak{R}$  olmak üzere,  $\{\varepsilon_1^*, \varepsilon_2^*, \dots, \varepsilon_i^*, \dots, \varepsilon_n^*\}$  tarafından karakterize edilen bir ekonomi elde edilmektedir.  $i$  firmasının istihdam büyümesi oranı, üretim ve verimlilik gibi belirli faktörler ve neticede komşu firmalarda meydana gelen yayılma etkisi (spillover effects) gibi olaylar tarafından belirlenmektedir.

Büyüme oranları için  $\Omega = \{a_0, a_1, \dots, a_k, \dots, a_m\}$  bir ayrık destek (discrete support) dikkate alınarak, her bir firmanın büyüme oranlarının gerçekleşmesi  $\varepsilon_i \in \Omega$  olan bu ayrık durum uzayının bir unsuru olarak değerlendirilmektedir. İstihdam büyüme rejimlerine göre firma kümeleri oluşturulmaktadır. Firmanın belirli bir büyüme rejiminin olup olmayacağı, kısmen şansla ilgili olaylara dayalıdır. Her bir destek unsuru  $P_j$ 'e eşit olan  $\varepsilon_i = a_k$  olasılığı ile ilişkilendirilmektedir. Böylelikle,

$$\sum_{k=0}^m p_k = 1 \text{ olduğu } Pr(\varepsilon_i = a_k) = Pr(\varepsilon_i^k) = p_k$$

elde edilmektedir. Artık belirli  $s$  büyüklüğü için gözlemlenen kümelerin olasılıkları belirlenebilir. Eğer bir kümede aynı büyüme rejimi ile karakterize edilen  $s$  sayıda firmalar varsa, küme  $s$  büyüklüğündedir. Modelde 3 olası durum ele alınarak geliştirilmiştir.

### **Büyümenin Bağımsız Olduğu Durum**

İlk olarak farklı firmaların istihdam büyüme oranları arasında hiçbir etkinin, yani korelasyonun olmadığı durumda kümelerin dağılımına bakılmıştır. Diğer bir deyişle belirli bir firmanın içerisindeki ekonomik aktivitenin diğer firmaların ekonomik aktiviteleri üzerinde hiçbir etkisi olmadığı varsayılmaktadır. Küme büyüklüğünün örneğin 2 olduğu bir küme gözleme olasılığında,  $i$  ve  $j$  olarak iki firma vardır ve bunlar aynı istihdam büyüme rejimi  $a_k$  tarafından karakterize edilmektedir. Eğer bu iki olay birbirinden bağımsız ise bu olasılık aşağıdaki gibidir:

$$\Pr(\varepsilon_i^k = \varepsilon_j^k) = (p_k)^2$$

Genelde aynı büyüme rejimi ile  $s$  sayıda firmaların gözlenme olasılığı şu şekilde ifade edilebilir:

$$\Pr(s) = \Pr(\varepsilon_i^k = \dots = \varepsilon_j^k) = (p_k)^s$$

$p_k < 1$  olduğu sürece, her zaman  $p_k = e^{-a_k s}$  olan bir  $a_k$  sabiti bulmak mümkündür. Böylelikle  $s$  küme büyüklüğü gözleme olasılığı üstel olarak azalır. Her bir  $k = \{0, 1, \dots, m\}$  için  $a_k = a$  olduğu basitleştirici varsayımında bulunularak,  $s$  büyüklüğünde bir küme gözleme olasılığı,  $C = 1/\sum_{i=1}^m P_i$  olarak  $C$ 'nin sabit olduğu aşağıdaki gibi belirtilir:

$$\Pr(s) = C e^{-as}$$

Logaritmik uzay  $\{\ln[\Pr(s)], \ln(s)\}$  içerisinde,  $c = \log(C)$  olduğu şu ilişki bulunur:

$$\ln[\Pr(s)] = c - a e^{\ln(s)} \quad (1)$$

Böylelikle bu logaritmik uzay içerisinde, kümenin büyüklüğünün olasılığının logaritması ile kümenin boyutunun logaritması arasında üstel bir ilişki gözlemlenir.

### **Büyümenin İlişkili Olduğu Durum**

İkinci olarak firmalar arasında belirli bir derecede korelasyonun olduğu varsayılmış ve korelasyonun iç kaynaklı stokastik mekanizmalar nedeniyle gerçekleştiği bu durumda çığlara atıfta bulunularak, korelasyon derecesindeki değişime göre kümelerin dağılımının nasıl değiştiği incelenmiştir.

Firmalar arasındaki pozitif korelasyon durumunda, diğer bir deyişle  $i$  firmasının  $a_k$  belirli büyüme rejimi varsa, bu durum aynı büyümenin komşu  $j$  firmasında da gözlemlenmesi olasılığını arttırmaktadır. İlgili komşuluk yapısı tek firmalar arasındaki ağ oluşturma ilişkileri tarafından tanımlanabilir (örneğin bilgi ve bilgi yayılmaları). Birbirine komşu  $i, j$  firmalarının aynı  $a_k$  büyüme rejimine sahip olduğu ele alındığında, bu olasılık  $\Pr(\varepsilon_i^k / \varepsilon_j^k) = (p_k \delta_k) \leq 1$  ve  $\delta_k > 1$  olduğu, aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\Pr(\varepsilon_i^k = \varepsilon_j^k) = \Pr(\varepsilon_i^k / \varepsilon_j^k) \Pr(\varepsilon_j^k) = (p_k \delta_k) p_k$$

Buna göre  $\delta_k$  ne kadar büyükse firmalar arasındaki korelasyon da o kadar büyüktür. Bir  $s$  büyüklüğündeki kümenin gözlemlenmesi olasılığı şu şekildedir:

$$\Pr(s) = \Pr(\varepsilon_i^k = \dots = \varepsilon_j^k) = (p_k)^s (\delta_k)^{s-1}$$

$a_k = a$  ve her bir  $k \in (0, 1, \dots, m)$  için  $\delta_k = \delta$  olduğu basitleştirici varsayımda bulunulmuştur. İlave olarak her zaman  $e^\beta = \delta$  olan bir  $\beta$  değişkeni bulmak mümkündür. Ancak  $\beta$ 'nın artık pozitif veya negatif olabileceğinin garanti edilmediğine dikkat etmek gerekir. Bu varsayımları kullanarak  $s$  büyüklüğündeki bir kümenin gözlemlenmesi olasılığı,  $C'' = 1/\sum_{i=m}^m e^{(\beta-\alpha)i}$  olduğu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\Pr(s) = C' e^{-as} \delta^{s-1} = C'' e^{(\beta-a)s}, \quad (2)$$

Eşitlik (2)'den  $s$  büyüklüğündeki bir kümenin gözlemlenme olasılığının artık garanti edilmediği anlaşılmaktadır. Bu artık büyüme rejimleri arasındaki korelasyonun gücüne bağlıdır. Örneğin, eğer  $\beta = \alpha$  ise, o halde  $\Pr(s) = C''$  olur, yani,  $s$  büyüklüğündeki bir küme gözlemlenme olasılığı boyutundan bağımsızdır.

Aşağıdaki türdeki büyüme rejimi kümelerinde güç kanunu dağılımlarını olup olmadığı aranmaktadır:

$$\Pr(s) = C'' s^{-\tau} \quad (3)$$

Burada  $\tau$  güç kanununun temsil eder.  $\tau < 2$  için Jensen'den (1998) sistemin kritik durumda olduğu bilinmektedir. Denklem (2) ve bu son ifade, denklem ile gösterilerse aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$\beta^c = \alpha - \tau \frac{\ln(s)}{s} \quad (4)$$

Bu ifadede  $\beta^c$ , büyüme rejimi kümelerinin oluşumunun (emerge) güç kanunu dağılımı olarak firmalar arasındaki kritik korelasyonunu vermektedir.

Eğer  $\beta \rightarrow \beta^c$  ise, ekonomi kritik durumda o kadar kendi kendine organize olur ki, büyüme rejimi kümelerinin dağılımında güç kanunu gözlemlenebilir. Firmalar arasındaki kritik korelasyonun kümenin büyüklüğünden bağımsız olmadığı dikkate alınmalıdır. Özellikle  $s$ 'nin yeterli büyüklükteki değerleri için, korelasyon  $s$  içerisinde artmaktadır.  $s \rightarrow \infty$  için kritik korelasyon  $\beta^c \rightarrow \alpha$  olan  $\alpha$ 'ya doğru yaklaşmaktadır.

Eşitlik (3) yoluyla  $\{\ln[\Pr(s)], \ln(s)\}$  logaritmik uzay içerisinde  $c' = \ln(C'')$  olduğu şu ilişki gözlemlenebilir:

$$\ln[\Pr(s)] = c' - \tau \ln(s) \quad (5)$$



Diğer bir deyişle küme büyüklüğünün olasılığının logaritması ile küme boyutunun logaritması arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenir.

### **Ekonomik Şoklarda Büyüme**

Son olarak büyüme rejimi davranışının kendine özgü faktörler nedeniyle değil, bir araya gelmiş yani yaygın olan faktörler nedeniyle gerçekleştiği durumlar incelenmiştir; bu durum “bir araya gelmiş şoklar” durumudur. Eğer bir araya gelen şoklar durumu varsa, tüm firmalar şok tarafından aynı biçimde etkilendiğinden, benzer büyüme rejimleri göstermektedirler. Böylelikle aşağıdaki denklem elde edilir:

$$\Pr(\varepsilon_i^k = \varepsilon_j^k) = \Pr(\varepsilon_i^k / \varepsilon_j^k) \Pr(\varepsilon_j^k) = p_k$$

Yukarıdaki aynı iddiayı kullanarak şu eşitlik elde edilir:

$$\Pr(s) = \Pr(\varepsilon_i^k = \dots = \varepsilon_j^k) = (p_k)^s$$

$p_k = p$  varsayımında bulunarak  $s$  büyüklüğündeki bir kümenin gözlemlenme olasılığı aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\Pr(s) p,$$

ve böylelikle kümenin büyüklüğünden bağımsızdır.

Logaritmik uzayda  $\{\ln[\Pr(s)], \ln(s)\}$  aşağıdaki ilişki gözlemlenmelidir:

$$\ln[\Pr(s)] = \ln(p) \quad (6)$$

Diğer bir deyişle, küme büyüklüğü olasılığının logaritması ile küme boyutunun logaritması arasında sürekli ve bağımsız bir ilişki gözlemlenir.

Sonuç olarak Andergassen, Reggiani ve Nijkamp (2004) bu modelde, firmaların arasındaki korelasyona (birbirlerine bağlılık derecesine) göre bir ekonominin bir araya gelen özelliklerini tanımlamıştır. Modeldeki kümelerin ortalama bağlantılar gibi standart istatistik süreçlerle belirlenebileceğini belirtmiştir. Böylece oluşturulan kümelerde, eğer belirli bir büyüklükteki kümenin gözlemlenmesi olasılığı boyutu ile üstel olarak azalıyorsa, firmaların davranışları birbirinden bağımsızdır. Öte yanda eğer bu olasılık güç kanununa göre azalıyorsa, firmaların davranışları yüksek derecede birbirleriyle korelasyon içermektedir. Diğer bir deyişle sistem kritik haldedir.

Bu şekilde ekonomide mevcut gerçek verilere bakarak ekonomideki rejim karakteristikleri belirlenebilmektedir. Diğer bir deyişle veri analizinden ekonominin kritik bir halde olup olmadığı saptanmaktadır. Eğer büyüme kümelerinin logaritmaların uzaylarında üstel olarak dağıldığı gözlemlenirse, ekonomi kritik halde değildir; eğer belirli bir büyüklükteki bir kümenin gözlemlenmesi olasılığının logaritmasının boyutundan bağımsız olduğu gözlemlenirse, ekonomi temelde bir araya gelmiş şoklar tarafından güdümlenmektedir; eğer bir güç kanunu dağılımı yani küme büyüklüğü olasılığı logaritması ve küme boyutu logaritması arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenirse ve dağılımın üsteli (exponent) 2'den daha düşük ise, ekonomi kritik bir durumdadır. Bu son durum ekonominin kendiliğinden organize olan kritik (KKOK) bir sistem olduğunu göstermektedir.

Andergassen, Reggiani ve Nijkamp'ın (2004) bu modelinde firmaların etkileşim nedenleri üzerinde durulmamıştır. Firmalar arasındaki etkileşimin nedeni olarak, Bak ve diğ. (1993) çalışmasında talep tamamlayıcılığı iken; Agliardi (1998) için firmalar arasındaki teknolojik rekabet; Andergassen, Nardini ve Ricottilli (2003) için ise davranış içerisinde kuvvetli bir toplu korelasyonun ortaya çıkmasında bilgi dağılımları önemli rol oynamaktadır. Çeşitli çalışmalarda farklı etkileşim yapılarından farklı büyüme rejimlerinin nasıl ortaya çıktığı gösterilmiştir.

#### **5.4.2. Kendiliğinden Organize Olan Kritiklik Konusunda Ampirik Uygulamalar**

KKOK ile ilgili gerek fizik üzerine, gerekse iktisatta uygulamaya yönelik yapılan çalışmalar oldukça azdır. İktisatta mikro bazlı yapılan çalışmaların çoğu finans alanındadır. Mikro olarak firmaları temel alarak yapılan çalışmalar ise, firma büyüklüğünden hareketle büyümenin KKOK yapısı üzerinedir. Yöntem olarak da zaman sürecini dikkate alarak gruplama yapılarak, gruplar arasındaki ilişkilerin korelasyonunun belirlenmesi ve grupların dağılımının güç kanunu gösterip göstermediği üzerine kurgulanmış olup, genelde Zipf dağılımı ile sonuçlar gösterilmektedir.

Noell (2007) çalışmasında Danimarka tarım sektörlerinde kendi kendini düzenleyen kritikliğe ilişkin analizlerde bulunmuştur. Çalışmada ampirik kısım, Per Bak'ın kendi kendini düzenlemeye ilişkin, büyük sistemlerin karakteristik özelliklerindeki değişikliklerin “güç kanunu” dağılımlı olduğu takdirde kendi kendini düzenleme süreçlerinin varlığını gösterebileceği yönündeki ana önermesine dayanmaktadır.

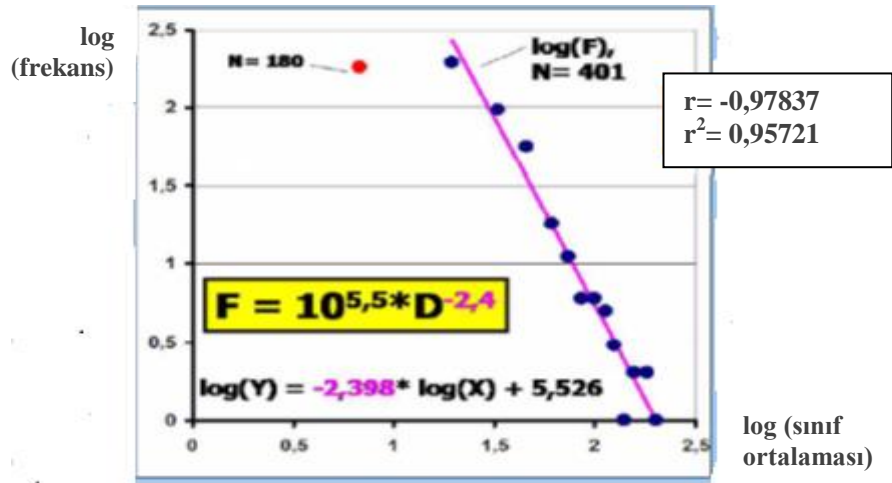
Danimarka'da tarım alt sektörlerinde 1963-1999 yılları arasında aylık ( $t$ ) verilerle toplam parasal üretim değerinin (kg olarak  $Y$ ) zaman içindeki hareketlerinin güç kanunu dağılımlı olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için Danimarka mezbahalarına satılan domuz eti kilogramının satış değerlerine ilişkin dalgalanmaların mutlak değerleri 12 aylık bir hareketli ortalama ile nispi ölçümlere dönüştürülmüştür. Amaç her bir ürüne ilişkin hesaplamalarda dalgalanma boyutlarının sınıflandırılmasında muhtemel sapmaları azaltmaktır. Aşağıdaki şekilde bir test değişkeni ( $Z$ ) hesaplanmıştır:

$$Z_t = 100 * |P_t Y_t - P_{t+1} Y_{t+1}| / \sum_{i=1...12} (P_{t-i} Y_{t-i} / 12)$$

Ardından sonuçlar ayırık frekans dağılımlarına bölünmüştür. Sınıf genişliği ilgili azami  $Z$ -değerinin %5 ( $j = 1..20$ )'si olacak şekilde tek tip olmak üzere ayarlanmıştır. Sınıfların her biri regresyon analizinde ortalama  $Z$ -değerinin ( $Z_{avj}$ ) logaritması ve sınıf frekansının logaritması ( $n_j$ ) ile temsil edilmiştir:

$$Z_j = \ln(Z_{avj}) \text{ ve } F_j = \ln(n_j)$$

Bu normalleştirme süreci daha uzun sürelerdeki değer hareketlerinin tespit edilmesi için gerçekleştirilmiştir. Analizinin sonucunda Danimarka domuz eti sektörü için güç kanunu dağılımı Şekil 17'deki gibi olup, regresyon fonksiyonunun korelasyonu  $R^2$  değeri 0,9572 ve  $\alpha$  değeri ise -2,39 olarak bulunmuştur..



**Şekil 17: Danimarka Domuz Eti Üretim Sektörünün Güç Kanunu Dağılımı**

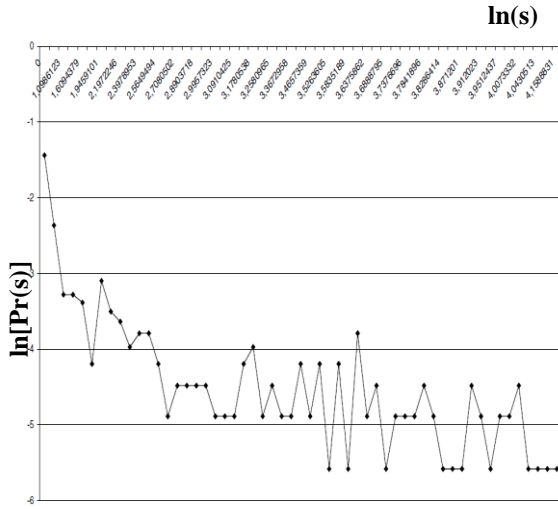
**Kaynak:** Noell 2007.

Domuz eti sektörü için çıkan sonuç güç kanunu dağılımı fonksiyonel bir ilişkiye işaret ederek, bu sektörde kendi kendini düzenlemenin varlığı ispatlanmıştır. Böylece incelenen çeşitli tarım sektörlerinin kendi kendini düzenlediği ve dolayısıyla kompleks özellikler göstermelerinin olası olduğu ve tamamen kendi kendini düzenleyen sektörlerin ekonomik açıdan da en verimli sektörler olduğu belirtilmiştir.

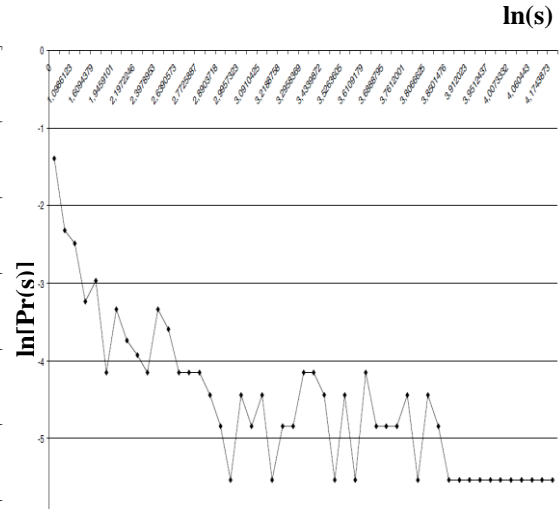
Andergassen, Reggiani ve Nijkamp (2004) çalışan sayısı olarak ölçülen firma büyümelerinin Hollanda gayrimenkul firmaları için 1985-2000 yılları arasında KKOK gösterip göstermediğini 411 firmanın çalışan sayısı verisi ile analiz etmiştir. Metodoloji olarak Bölüm 5.4.1’de anlatılan teorik model üzerinden geliştirilen firmalar arası bağlantıya dayalı bir ağ modeli kullanılmıştır. Firmaların büyüme bağlantıları kümeleme yöntemine (k-ortalamalar) göre gruplanmıştır. Kümelerin ampirik dağılımının üstel (exponential) dağılıma uymadığını, buna karşın güç kanunu dağılımı tahmin sonuçlarının  $R^2$  değerinin 0,76’ya ve  $\alpha$  değerinin 1,03’e eşit olduğu bulunmuştur. Böylelikle çığların bir güç kanunu dağılımını 2’den daha düşük bir üstel takip ettiğini ve istihdam büyümesinde kritik durumun varlığı hipotezinin reddedilemeyeceği belirlenmiştir.

Benzer şekilde Andergassen, Nijkamp ve Reggiani (2003) çalışmasında Almanya işgücü piyasasında eski Batı Almanya’da 1987-1997 yılları için 327 iş gücü bölgesinde ve 1993-2001 yılları Batı ve Doğu Almanya birleşik olarak 438 iş gücü bölgesinde KKOK varlığını sezgisel (heuristic) yöntem ve gruplar arası ortalama bağlantı (mean linkages) olarak 2 farklı kümeleme yöntemi ile araştırılmıştır. Sezgisel bağlantı yönteme göre belirlenen kümelerin ampirik dağılımı Şekil 18’deki gibidir. Sezgisel bağlantı yönteminde, Batı Almanya’nın güç dağılımının  $R^2$ ’si 0,74,  $\alpha$  değeri -0,79, Batı ve Doğu Almanya birlikte değerlendirildiğinde ise  $R^2$ ’si 0,80,  $\alpha$  değeri -0,91 bulunmuştur. Ortalama bağlantı yöntemine göre ise Batı Almanya’nın güç dağılımının  $R^2$ ’si 0,83,  $\alpha$  değeri -2,72 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, sezgisel yöntemde Almanya işgücü bölgelerinde iş gücü büyümesinin kritik durumda olduğu belirlenirken, ortalama bağlantı yönteminde büyüme kümelerinin güç kanunu ve üstel dağılım gösterdiği ayrımının belirlenememesinden dolayı kritik durum saptaması yapılamamıştır.

### Batı Almanya



### Batı ve Doğu Almanya

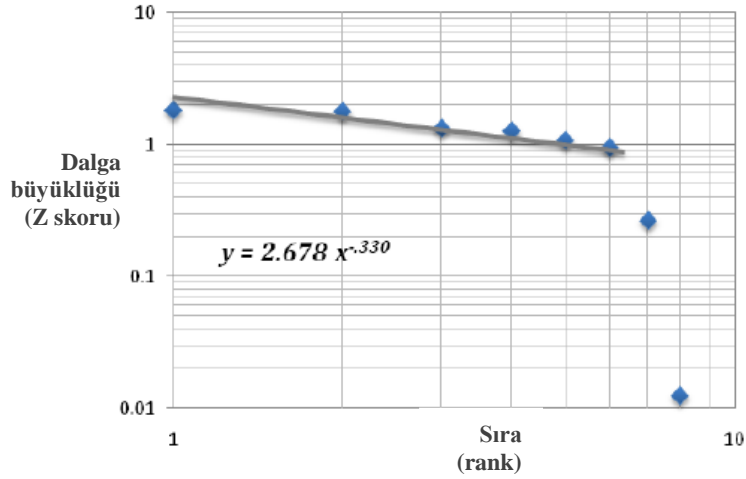


### Şekil 18: Almanya İş Gücü Piyasası Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı

**Kaynak:** Andergassen, Nijkamp ve Reggiani, 2003.

Reggiani ve diğ. (2006) çalışmalarında da Andergassen, Nijkamp ve Reggiani (2003) çalışmasına benzer şekilde önce eski Batı Almanya'da 326 iş gücü piyasası bölgesinde çalışan sayısı büyüme oranının 1987-2003 yılları için, daha sonra Batı ve Doğu Almanya ekonomisini birleştirerek çalışan sayısı büyüme oranlarını 439 iş gücü piyasası bölgesinde 1993-2003 yıllarında evrimsel dinamiklerinin KKOK gösterip göstermediğini incelemiştir. Andergassen, Nijkamp, Reggiani (2003) çalışmasında yer alan kümeleme yöntemleri yerine, bu çalışmada k-ortalamlar ve en yakın komşu (nearest neighbour) kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak en yakın komşu yöntemine göre kesin olarak iş gücü piyasasında KKOK durumu belirlenmiştir.

Park (2010) çalışmasında ise, 1895-2008 Amerika'da firmaların birleşmelerini inceleyerek, güç kanunu dağılımı gösterdiğini saptamış, depremler ve çığlar gibi önceki dalga teorilerine benzer şekilde kendi kendine organize olan kritiklik olgusunu içerdiğini belirlemiştir. Park bu çalışmasında zamansal değişimler için kümeleme analizi yerine, doğrusal regresyonda yapısal değişim modelini kullanmıştır. Çalışmada  $\alpha$  değeri 4,03 bulunurken, Zipf sıra (rank) üsteli değeri 0,330 bulunmuştur. Bulunan Zipf dağılım grafiği Şekil 19'deki gibidir.



**Şekil 19: Amerika'da Firma Birleşmelerinin Zipf Dağılımı**

**Kaynak:** Park 2010.

Tüm bu çalışmalarda, firmalarda KKOK yaratan bir çok mekanizma belirlenerek, farklı şekillerde çığ yaratan KKOK durumunun bulunup bulunmadığı gerçek verilere uygulanmaya çalışılmıştır. Ancak çalışmalarda güç kanunu yaratan farklı yöntemlerin kullanılması ve verilerin nitelik farklılıkları karşılaştırılabilirliği azaltmaktadır.

### 5.5. Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik Firmalar İçin Uygun Mudur?

KKOK düzen ve kaos arasında mekanizması katastrof boyutundaki olayları içeren ölçekleme belirsizliğini açıklamak için ortaya atılmıştır. Düzen ve kaos arasında bir durum sergileyen bazı basit iktisadi modeller de geliştirilmiştir. Bunlar büyüme ve durgunluk teorileri için esas teşkil etmeye adaydır. KKOK için zincirleme reaksiyonlar, katastrof olayları dışında olan süreçler için de önem arz etmektedirler. Kritiklik seviyesinde, her incelenen unsurun (büyüklük) bir güç kanunu dağılımına uymaktadır. Dolayısıyla, kritiklik yaklaşımı regülasyonun az olduğu durumlarda ortaya çıkacağı ve belli olayları açıklamada faydalı olacağı beklenmelidir.

Firmalarla ilgili literatürdeki güç kanunu dağılımı ve KKOK'un gelişmesi için gerekli 4 özelliğin firmalarda olup olmadığının değerlendirmesi Pueyo (2014) tarafından şu şekilde yapılmıştır.

#### a) Sistem, ani bir arızaya uğrayabilecek birimlerden oluşmalıdır.

Firmaların büyüme oranlarının ampirik dağılımları zamansal olarak simetrikdir. Fakat bu analizler firma hatalarını veya iflasları içermemektedir. Firmaların iflası ani bir

arıza olarak görülebilir. İflasların her boyutta firmayı ve dolayısıyla sektör ile ekonomiyi etkilediği yapılan çalışmalarda görülmüştür. Örneğin, hatalar zincirine dayanan KKOK dinamikleri rastlantısal büyüme dinamikleri ile uyumludur.

**b) Söz konusu arıza olaylarının göreceli olarak daha önceden belirlenmiş bir yolu izleyen zincir reaksiyonları olmalıdır.**

İktisadi sistemin içerisinde dalgalanmaların yayılmasının birkaç yolu vardır:

- Tek bir firmanın hatası kendi içinde bir zincirleme reaksiyona örnek teşkil edebilir. Analogik olarak, bir hayvanın bir organındaki bir sorunun o hayvanın ölümüne yol açabilmesi gibi, bir firmanın başarısızlığı yönetim kurulunda, departmanlarda veya şubelerinde küçük sorunlar olarak başlamış olabilir.
- Firma grupları bağımsız ya da bağımlı olabilirler. Bir firma başka bir firmanın üretimini büyük bir bölümünü düzenli olarak satın aldığında veya başka bir firmanın ihtiyaçlarını büyük oranda tedarik ettiğinde belli bir bağımlılık söz konusudur.
- Ticari krediye ek olarak, tüm diğer kredi bağlantıları dalgalanmaların yayılmasına sebep olabilmektedir. Banka ağları konusu dikkati çekmektedir.
- Bazı ürünler üretim için girdidir veya diğer ürünlerin kullanımı için tamamlayıcıdır. Bir ürün, örneğin teknolojik yenilik sebebiyle piyasadan çekildiğinde, diğerleri de buna ayak uyduracaktır. Genelde, üründen ürüne olan söz konusu zincirler ayrıca firmalardan firmalara olan zincirleri de temsil etmektedir.

Tüm bu durumlarda, iktisadi sistemin bir bölümündeki bir hata iktisadi sistemin diğer bir bölümünde hataya yol açabilecektir. Bu tür bir etki, KKOK modellerinde olduğu düşünülen bir etkidir. KKOK durumunda, zincirleme reaksiyonların boyutları belli bir güç kanunu dağılımı çerçevesinde olmaktadır. Daha küçük şoklar bile, eğer firma zaten hassas bir dönemdeyse, bir firmanın iflasına sebep olmaya yetebilmektedir. Ayrıca, makroekonomik değişkenler (enflasyon, faiz oranları vb.) aracılığıyla da ekonomik açıdan zincirleme tepkiler ortaya çıkmaktadır.

**c) Bireysel birimlerin belirli bir noktada belirtilen kritiklik seviyesinin altından üstüne çıkarak kırılma eğilimlerini artırma eğilimleri bulunmalıdır.**

Ekonominin kötüye gittiği gerileme dönemleri arasında, büyük firmaların küçük firmalara rekabet üstünlüğü sağlamaları, firma birleşmeleri veya firma satın

alımlarından dolayı yoğunlaşma artışı olması, artan kırılma trendini ortaya çıkarabilecektir. Bunun sonucunda, büyük firmaların iflas etmesi durumunda, ekonominin geniş bir bölümü de aynı zamanda çöküşe yatkın hale gelecektir. Bu ihtimale Schumpeter'in gerileme teorisinde yer verilmiştir. Ayrıca firmadan firmaya iktisadi dalgalanmaların geçişi nedeniyle, durağan dönemlerde firmalar daha kırılma hale dönüşebilmektedir. Bunun nedenlerinden biri uzmanlaşmadaki artıştır. Daly (1993) gibi eleştirmenler, uzmanlaşmanın beraberinde kırılmalıkta artışı getireceğine dikkat çekmişlerdir. Ancak uzun bir süre durağan durumunu koruyan firmalar, "yapıcı yıkım" ile benzer bir anlayışla bilgi işlemeye bağlı söz konusu iktisadi dalgalanmalara karşı daha kırılma hale gelmelerinin KKOK yaratma olasılığı düşüktür. Çünkü bu iktisadi dalgalanmaların yayılımı muhtemelen KKOK'ye sebep olacak kadar hızlı değil, oldukça yavaş gerçekleşecektir.

**d) Ortaya çıkarılan bir birimin kritiklik seviyesini aşmak için gereken zaman, ortalama olarak zincirleme tepkilerin süresinden daha fazla olmalıdır.**

Yıkıcı ve yapıcı süreçlerin süreleri arasındaki sistemik asimetri, en az ampirik desteğe sahip KKOK için gerekli olan bir koşuldur. Yapıcı kuvvetlerin gerçekten zaman ihtiyaçları varken, yıkım çok çabuk gerçekleşebilmektedir. KKOK, firmaların doğuşu veya toparlanmaları, bu firmaların eski firmaların yerini almaları sayesinde sonsuza kadar süren zincirleme tepkilerin önüne geçecek kadar yavaş gelişmeleri durumunda mümkün olabilecektir. Bununla beraber, ani yıkımlar kesinlikle mevcuttur ve ekonomilerde önemli bir role sahiptir. Bazı gerilemelerin, borsa çöküşleri gibi çok belirgin başlangıç noktaları vardır. Bu durumda, ekonomik dokunun organizasyonunda hafif fakat yıkıcı bir parçalanmaya sebep olan ani olaylar ile yıllara ihtiyaç duyan toparlanma süreçleri arasında zaman ölçeklerinin ayrımı söz konusudur. Fakat bu süreçlerin KKOK'den kaynaklanıp kaynaklanmadıkları açık değildir. Çünkü deprem ve hortumlar gibi kesinlikle ekonomilerdeki KKOK'den kaynaklanmayan bazı dışsal doğa olayları da ekonomide ani yıkımlara sebep olabilmektedir. Kademeli yapıcı ve yıkıcı süreçler KKOK'den beklenen tarzda olaylardır. Fakat KKOK'den kaynaklanıp kaynaklanmadıkları tam net değildir. Hızlı yıkım olaylarının büyüklüğü iktisadi yapıların, muhtemelen yukarıda belirtilen, düzen ve kaos arasında olan, ama KKOK olmayan mekanizma türlerinden dolayı ölçekleme değişmezliği büyüklük dağılımlılarına dayanmaktadır. Tüm bu



mekanizmaların ortak sonuçlarından biri gerileme dönemlerinde gözlemlenen ölçekleme değişmezliğidir.

Tüm kanıtları bir araya getirirsek, Pueyo (2014) göre, iktisadi dinamiklerin KKOK sergilemeleri muhtemel değildir, fakat KKOK'a birçok yönden benzerlikler taşıdıkları söylenebilir.



*Sayılması mümkün olan şeyler her zaman önemli olmayabilir.  
Önemli şeyler ise her zaman sayılamayabilir  
Not everything that can be counted counts,  
and not everything that counts can be counted.  
— Albert Einstein*

*“Kısımları bilmeden bütünü bilmek ya da bütünü bilmeden kısımları bilmek imkansızdır.  
“I consider it impossible to know the parts without knowing the whole,  
or to know the whole without knowing the parts.”  
—Blaise Pascal*

## 6. İMALAT SANAYİ FİRMALARI ÜZERİNE KKOK UYGULAMASI

### 6.1. Araştırma Hipotezleri

Ekonomide KKOK varlığını ampirik olarak belirlenmesi için, mikro seviyede Türkiye’de imalat sanayi sektöründeki firmalarla analizler yapılmıştır. Ancak KKOK uygulamasından önce, KKOK temel belirleyicisi olan güç kanunu dağılımının firma büyüklük dağılımında mevcut olup olmadığı araştırılmıştır. Bu nedenle uygulama kısmı firma büyüklük dağılımlarının analizi ve firma büyümesinde KKOK varlığının test edilmesi şeklinde iki ana bölümden oluşmaktadır.

Uygulamanın ilk kısmında firma büyüklük verilerinin güç kanunu olasılık dağılımına uygun olup olmadığının test edilmesi amaçlanmaktadır. Ampirik verilerin dağılımın uygunluğunun test edilmesi için, kullanılan sıfır ( $H_0$ ) ve alternatif ( $H_1$ ) hipotezleri ise şu şekildedir:

$H_0$ : İmalat sanayi firmalarının büyüklükleri güç kanunu dağılımı takip etmektedir.

$H_1$ : İmalat sanayi firmalarının büyüklükleri güç kanunu dağılımı takip etmemektedir.

Uygulamanın ikinci kısmında ise, Per Bak’ın kendi kendine organize olmaya ilişkin, sistemlerin özelliklerindeki değişikliklerin “güç kanunu” dağılımlı olması durumunda kendi kendini düzenleme süreçlerinin varlığını gösterdiği ana önermesinden yola çıkarak, firma büyüme dinamiklerinin KKOK yaratıp yaratmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla, KKOK ile ilgili ampirik analize ilişkin ana hipotezler aşağıdaki gibidir.

H<sub>0</sub>: İmalat sanayi firmaları kendi kendini organize eden sistemlerdir.

H<sub>1</sub>: İmalat sanayi firmaları kendi kendini organize eden sistemler değildir.

Her iki hipotez için yeterli veri ve uygun bir gösterge değişkeninin seçilmesi gerekmektedir. Firma büyüklük ve büyümesinin ölçümü için, çalışan sayısı, satışlar, piyasa payı, kapitalizasyon gibi çok sayıda gösterge bulunmaktadır. Bununla birlikte en uygun firma büyüme ölçümünün, araştırmacının teorik sorularını en iyi karşılayan ölçüt olduğu belirtilmektedir (Davidsson, Achtenhagn ve Naldi, 2005). Ekonomiye doğrudan istihdam olarak yaptığı katkı açısından, çalışan sayısı en uygun ölçüdür. Ayrıca gösterge belirleme konusuna kaynak temelli firma görüşünden bakılacak olursa, büyümede çalışanlar/işgücü gibi kaynakların gelişimine odaklanılması daha uygun olabilecektir. Hatta makroekonomi açısından, istihdam yaratma olanağını gösteren çalışan sayısının büyümenin ölçümü için kullanılması en rasyonel gösterge gibi gözükmektedir. Satışların büyümesi veya diğer finansal ölçülerle karşılaştırıldığında, çalışan sayısının enflasyona ve para birimine duyarlı olmaması da diğer bir olumlu taraftır (Kunkle, 2009). Bununla birlikte büyümede çalışan sayısı gibi tek ölçütün kullanılması, değerlendirme olanaklarını daraltabilecektir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan veri setinde firmaların çalışan sayısının, yıllık ortalamaya veya yılsonu çalışan sayısına göre hangi biçimde ölçüldüğü tam bilinmediğinden, çalışan sayısı verilerinin güvenilirliği, satış ve aktif toplamı ölçülerine göre daha düşük gözükmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı çalışmada bütün analizler firmaların çalışan sayısı, satış büyüklüğü ve aktif toplamı üzerinden üç farklı ölçüte göre yapılmıştır.

## 6.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Türkiye’de firmalara ilişkin geniş kapsamlı ve uzun süreli bilgileri içeren veri kaynakları oldukça sınırlıdır. Çalışmada kullanılan veriler ulaşılabilen kamuya açık kaynaklar olarak her yıl düzenli olarak yayınlanan, İstanbul Sanayi Odasının “Türkiye’nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu” ile “Türkiye’nin İkinci 500 Büyük Sanayi Kuruluşu”, Bursa Sanayi Odası’nın “İlk 250 Büyük Firma”, Ege Sanayi Odası’nın “100 Büyük Firma”, Ekonomist Dergisi’nin “Anadolu’nun En Büyük 500 Şirketi” ve Fortune Dergisi’nin “Fortune 500 Türkiye” çalışmalarından yararlanılarak toplanmıştır. Veri seti 2000-2014 yılları arasında söz konusu 5 farklı kaynaktan tüm

verileri bulunan firmalardan oluşturularak, 366 firmaya ait çeşitli büyüklük verileri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada veri kapsamına, imalat sanayi firmaları olarak, Birleşmiş Milletler tarafından yapılan Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması (International Standard Industry Categorization-ISIC) temel alınarak yapılmış olan sektör sınıflandırmasında, ISIC kodu 311-399 arasında olan firmalar dahil edilmiştir. Hizmet, ticaret, madencilik ve elektrik sektörü firmaları kapsama alınmamıştır. İmalat sanayi firmaları ile çalışma yapılmasının temel nedeni, bu sektördeki firmalar ile ilgili daha geniş veri bulunabilme imkanıdır. Veri setinde %14,48 ile gıda sektörü, %13,11 dokuma sanayi ve %9,84 ile demir çelik sektörü firmaları ağırlıktadır (Ek 1). Firmaların mekansal olarak merkezlerinin Ticaret Siciline kayıtlı bulunduğu yerler arasında %39,34 ile İstanbul, %15,85 ile Bursa ve %10,38 ile İzmir ili gelmektedir (Ek 2). Çalışmada veri sayısının yeterli olmaması nedeniyle imalat sanayi firmalarının alt sektör kırılımlarına göre analiz yapılma olanağı olmamıştır.

### **6.3. İmalat Sanayi Firmalarının Büyüklük Dağılımları**

Bu bölümde firmaların büyüklük dağılımının zaman boyunca evriminin istatistiksel bir analizi yapılmaktadır. Literatürde firmaların büyüklük dağılımının bir kaç farklı istatistiksel dağılım türüne uyduğu gösterilmekle beraber, bu çalışmada amacımız firma büyüklük dağılımı için ampirik yoğunlukta üst kuyruğun davranışına dikkat edilerek firma büyüklük dağılımının şeklini incelemektir.

#### **6.3.1. Uygulanan Yöntem**

Ampirik verilerin güç kanunu olasılık dağılımına sahip olup olmadığını belirlemek için literatürde çeşitli yöntemler<sup>39</sup> bulunmakla birlikte, bu çalışmada ampirik dağılımların kuyruklarındaki veri noktası eksikliğinin üstesinden gelmek için,

---

<sup>39</sup> Ölçekleme parametresi;1- Log-dönüştürülen histogram eğimi, 2- Logaritmik kutulama (kutu genişliğinin artırılması) ile histogram eğimi, 3- Sabit kutu genişliği ile hesaplanan CDF eğimi, 4- Herhangi kutulama yapmadan doğrudan hesaplanan CDF eğimi ile düz çizginin uydurulması ile olur (Pek 2012). Literatürde güç kanunu hipotezinin olasılığı genellikle kalitatif (nitel) yolla test edilmekte, eğer veri log-log çizimde (plot) düz çizgi görünüyorsa ve  $R^2$  yüksek ise, verinin güç kanununa uyduğu ileri sürülmektedir. Fakat bu yöntem yanıtılabildiğinden Clauset Shalizi ve Newman (2009) tarafından belirlenen yöntem kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu yöntemde gerçek güç kanunu dağılımı ile ampirik veri ölçümü ile karşılaştırılmaktadır. Metod, dağılımlar arasındaki uzaklığı ölçen KS istatistik ile çalışmaktadır.

logaritmik kutulama ile kümülatif yoğunluk fonksiyonunun hesaplanması ve doğrudan CDF'in tahmin edilmesi şeklinde iki yöntem kullanılmıştır.

Birinci yöntemde, CDF hesaplanırken Shaikh, Papanikolaou, ve Wiener'in (2014) gelir dağılımını belirlerken kullandığı biçimde, olasılık, tüm örnek üstünden kutulanmış veriden hesaplanmıştır. Yoğunluk tahmini için subjektif yanlılıktan (bias) kaçınmak için Epanechnikov Kernel fonksiyonunu kullanılarak kutu genişliği bulunmuştur. İstatistiksel olarak dağılımın histogram şeklinde sunumu da, verilerin dağılımı konusunda önemli bir gösterge niteliğindedir. Ancak bu durumda kutu genişliğinin (bin width) seçimi subjektif<sup>40</sup> olduğundan, sorunun giderilmesi için çalışmada kutu genişliği belirlenmesinde Epanechnikov Kernel fonksiyonu yöntemi kullanılmıştır.

Firmaların çok küçük bir kısmını oluşturan, yüksek gruba ait CDF'i göstermek amacı ile dağılımın farklı ölçeklerde çizimi yapılmıştır. CDF,  $\Pr(X < x) = C \int_{-\infty}^x p(y) dy$  olarak tanımlanmaktadır. CDF'in avantajı, subjektif bir seçim yapmadan veri kümesinden doğrudan inşa edilebilmesidir. Bu çalışmada, grafiklerin gösteriminde CDF yerine, log-log olarak  $1 - CDF = 1 - \Pr(X < x) = \Pr(X \geq x)$  şeklinde tanımlanan, tamamlayıcı yığılmalı dağılım fonksiyonu (complementary CDF-cCDF) (aynı zamanda sağkalım fonksiyonu - survival function olarak da bilinmektedir) kullanılmıştır.

Daha sonra birinci yöntemde,  $\alpha$  parametresinin eğimi Shaikh, Papanikolaou, ve Wiener (2014) çalışmasındaki gibi,  $\log p(x) = \log c - \alpha \log x$  biçimindeki, logaritmik (log-log) denklemden "Sıradan En Küçük Kareler" (Ordinary Least Square-OLS) tahmin yöntemi ile hesaplanmıştır.

İkinci yöntemde, birinci yöntemde göre doğrudan CDF tahmininde ölçekleme parametresinin  $\alpha$ 'nın tahmin edilmesi için kullanılan OLS yönteminin  $\alpha$  parametresi için yaptığı tahmin sapmalı olduğundan (Newman 2005) Maksimum Olabilirlik Tahmini (Maximum Likelihood Estimator-MLE) yöntemi ile  $\alpha$  parametresi hesaplanmıştır.

---

<sup>40</sup> Eğer kutu genişliği büyükse, her bir kutu içerisindeki gözlem sayısı fazla olacağından istatistiksel sonuçlar iyi olacaktır. Buna karşın PDF'in ince detayları yok olacaktır. Kutu genişliği dar olduğunda ise, her bir kutu içerisindeki gözlem sayısı az, görece dalgalanmalar ise büyük olacaktır. Bu da PDF histogramının gürültülü (noisy) olmasına neden olmaktadır (Kırer, 2011).

Ampirik verilerin güç kanunu dağılımı göstermesi, sadece belli bir alt sınır (lower bound)  $x_{min}$  üstündeki  $x$  değerleri için geçerli olduğundan, güç kanunu davranışının başladığı minimum değeri tespit etmek önem taşımaktadır. Güç kanunu davranışının başladığı yerin bilinmemesi veya  $x_{min}$  olması gereken değerden küçük ya da büyük seçilmesi durumunda ölçekleme parametresinin güvenilir bir tahmini elde edilememektedir.

Literatürde  $x_{min}$  seçmek için kullanılan en yaygın yol, log-log çizimde PDF veya CDF dağılımının düz çizgi olduğu noktanın görsel olarak seçilmesidir. Çalışmada OLS ile yapılan hesaplamada bu yöntem kullanılmış ve  $x_{min}$  Kernel grafiğinde görsel olarak belirlenmiştir. Ancak bu yöntem subjektiftir. Eğer çok düşük  $x_{min}$  seçildiğinde güç kanunu olmayan veriye güç kanunu modeli uydurulmaya çalışıldığından tahmin edilen ölçekleme parametresi yanlı olacaktır. Çok yüksek  $x_{min}$  seçildiğinde ise gözlem kaybı olacak ve ölçekleme parametresinin istatistiksel hatasını artıracaktır.

Bu nedenle çalışmada, uygulanan ikinci MLE yönteminde güç kanunu davranışının başladığı yerin tahmini ( $x_{min}$ ) için Clauset, Shalizi ve Newman (2009) çalışmasında belirtilen yöntem kullanılmıştır. Alternatif MLE yöntemi analitik olarak çözülmekte doğrudan numerik yöntem kullanılarak maksimize edilmektedir (Clauset, Shalizi ve Newman, 2009). MLE, güç kanunu fonksiyonel formunun makul olup olmadığını belirlemek için görsel kontrol yerine Ki-Kare ya da KS gibi uyum iyiliği testi ile değerlendirilmektedir (White, Enquist ve Green, 2008).

Veri güç kanununa uyuyorsa  $x \geq x_{min}$ , ölçekleme parametresi için maksimum olabilirlik tahmini aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\alpha = 1 + n \left[ \sum_{i=1}^n \ln \frac{x_i}{x_{min}} \right]^{-1} \quad (7)$$

Bu denklemde (7)  $x_i, i = 1,2,3, \dots, n$ 'in  $x$  değerinin  $x_i \geq x_{min}$  olduğu gözlemdir ve  $n$  değerleri alt sınırın ötesindeki gözlem sayısıdır. Söz konusu yöntemle göre ilk önce, bütün mümkün  $x_{min}$  değerleri için, ölçekleme parametresi  $\hat{\alpha}$  maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmekte ve Kolmogorov-Smirnov (KS) uyum iyiliği (goodness of fit tests)  $D$  hesaplanmaktadır. Daha sonra en küçük  $D$  değerini veren  $x_{min}$  değeri  $x_{min}$  olarak belirlenmektedir. Bir başka ifade ile  $x_{min}$  değeri  $D$ 'yi minimize eden  $x_{min}$  değeri olmaktadır. Verinin CDF'leri arasındaki maksimum uzaklığı veren KS istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Clauset Shalizi ve Newman, 2009).

$$D_n = \max_{x \geq x_{\min}} (S(x) - P(x))$$

Clauset, Shalizi ve Newman (2009) belirtilen MLE yönteminde KS ile güç kanunu formuna en iyi uyumu veren verinin, en iyi kesme değeri ( $x_{\min}$ ) tahmin edilmektedir. Ancak veri için güç kanununun iyi bir model olup olmadığını belirtmemektedir. Bu nedenle verinin gerçekten güç kanununu takip edip etmediğini belirlemek için uygun test olarak Clauset, Shalizi ve Newman (2009)'ın önerdiği şekilde bootstrap prosedürü yoluyla uyum iyiliği testi yapılmıştır. Bu prosedüre göre, önce gözlenen veriyle en iyi uyuma sahip güç kanunu dağılımından çekilen çok sayıda yapay veri seti üretilmiş ve bootstrap yoluyla ampirik uzaklıktan daha büyük yapay uzaklığın kesiri (fraction) olarak hesaplanan p-değeri bulunmuştur. Çalışmada 100 simülasyon süresinde bootstrap p-değeri hesaplanmıştır. Eğer p-değeri  $p \cong 0$  ise veya p-değeri 1'den oldukça küçük ise, verilerin güç kanunu dağılımından geldiği konusunda inandırıcılık sağlamaz ve verilerin güç kanunu dağılımından geldiği söylenemez. Eğer p-değeri büyük (1'e yakınsa) ise, ampirik veri ile güç kanunu modeli arasındaki farklılıkların tamamen istatistiksel oynamadan geldiği ve verilerin güç kanunu dağılımını takip ettiği söylenebilir.

MLE yöntemine göre tüm hesaplamalar R programında yer alan PowerLaw paketi ile yapılmış ve Gillespie (2016) PowerLaw paketinin uygulamasından yararlanılmıştır.

### 6.3.2. Elde Edilen Ampirik Bulgular

#### 6.3.2.1. Çalışan Sayısı Büyüklük Dağılımı

Firma büyüklük dağılımını test etmeden önce, genel bir bilgi olması açısından 2000-2014 yıllarına ait çalışan sayısı ölçütüne ait temel tanımlayıcı (descriptive) istatistiksel bilgiler hesaplanmıştır.

Dağılımların şeklinin belirleyicisi olan basıklık (kurtosis) ve çarpıklık (skewness) değerlerine bakıldığında (Tablo 9), büyüklük ölçütü olarak çalışan sayısı verilerinin analiz edilen 2000-2014 yıllarındaki basıklık değerinin 3'den ve çarpıklık değerinin 0'dan çok daha büyük olduğu görülmektedir. Söz konusu istatistiksel bilgiler imalat sanayi firmalarının çalışan sayısının göre normal dağılımla<sup>41</sup> uyumlu olmadığını göstermektedir. Ayrıca 2000 yılından 2014 yılına kadar geçen sürede ortalama

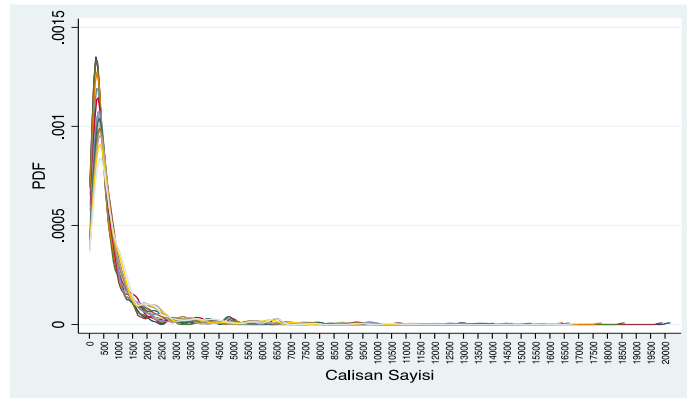
<sup>41</sup> Normal dağılımın şartı basıklık 3 ve çarpıklık 0'dır. Eğer normal dağılımda, basıklık (kurtosis) ve çarpıklık (skewness) sırasıyla 3 ve 0'dan daha fazla olduğunda Jarqubera ve Liflefors testlerinin ikisinde normal dağılımı red etmektedir.

çalışan sayısının, 2008 yılındaki kriz sonrası etkilerin görüldüğü 2009 yılı hariç, yükselme eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak en yüksek çalışan sayısı ile en düşük çalışan sayısı arasındaki fark gittikçe açılırken, en yüksek çalışan sayısına sahip firma, 2000 yılında ortalamanın 25 katı çalışana sahip iken, yıllara göre bu fark azalarak 2014 yılında 15 kata düşmüştür (Tablo 9).

**Tablo 9: Çalışan Sayısı Verilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri**

Yıllar	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık Fazlalığı	Minimum Değer	Maksimum Değer
2000	789,4235	2452093	1565,916	7,378458	77,36883	24,0	20179,0
2001	756,8279	2137563	1462,041	7,825435	89,16595	24,0	19906,0
2002	773,7896	2067923	1438,027	7,043622	73,28599	26,0	18586,0
2003	807,0601	1983239	1408,275	6,496639	65,14185	28,0	17795,0
2004	864,2568	2107713	1451,796	5,642089	48,42748	24,0	16686,0
2005	895,7036	2141969	1463,547	5,437485	45,00840	34,0	16445,0
2006	925,1202	1995098	1412,479	4,637026	31,76419	1,0	13781,0
2007	979,2281	2445252	1563,730	5,053516	37,72709	1,0	16376,0
2008	993,0464	2561248	1600,390	4,943234	34,25379	1,0	15348,0
2009	936,1148	2190361	1479,987	5,036158	36,46517	1,0	14539,0
2010	978,5792	2258773	1502,921	4,829215	34,45180	3,0	14048,0
2011	1053,7022	2565503	1601,719	4,426125	29,00810	12,0	14703,0
2012	1075,3388	2585772	1608,034	4,540372	31,46534	9,0	15832,0
2013	1091,9863	2604822	1613,946	4,429912	31,01696	8,0	16248,0
2014	1148,1612	2706757	1645,223	4,379967	31,54200	1,0	16982,0

Bu çerçevede Şekil 20’de 2000-2014 arası yıllara ait olasılık yoğunluk fonksiyonları (PDF) lineer - lineer ölçekte çizilmiştir. Şekil incelendiğinde, veriler, yaklaşık olarak 2.000 değerinden itibaren x ekseninde olduğu, Gaussyen dağılıma göre dağılımın kuyruk kısmındaki değerlerin ayrı bir dağılım izlediği ve çalışan sayısı dağılımının kuyruğunun zaman boyunca daha da kalınlaştığı görülmektedir. Böylece, piyasada büyük firmaların mevcudiyeti, Gaussyen dağılıma göre beklenenden daha büyük olmaktadır. Şekil 20’deki şişman uzun kuyruk (fat long tail) firma çalışan sayısı büyüklük dağılımının güç kanunu dağılımına uyduğu görünümündedir.



**Şekil 20: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonununun Lineer - Lineer Ölçekte Gösterimi**



Bu doğrultuda analize konu olan 14 yılın her biri için kuyruk bölgesi güç kanunu dağılımı olup olmadığı incelenmiştir. Firmaların çalışan sayısı verisine göre CDF belirlenerek büyüklük dağılım şekli saptanmaya çalışılmıştır. 2000-2014 dönemine ait OLS ile yapılan hesaplamalar için kutu genişliği grafikleri Ek 3’de ve OLS’ye göre çizilen CDF log-log ölçekte değerleri Ek 4’de verilmektedir. MLE’ye göre çizimler ise Ek 5’de yer almaktadır.

OLS’ye göre 2000-2014 yılları arasında firma çalışan sayısının yıllara göre %5,19 ile %8,46 arasında değişen kısmının güç kanunu dağılımı gösterdiği görülmektedir. OLS tahmincisine göre ölçekleme parametresi  $\alpha$  değeri ise 4 yıl dışında 2,04-2,69 arasında değişmekte, 2000, 2002, 2005 ve 2008 yıllarında ise  $\alpha$  değeri 2’nin altındadır. MLE’ye göre hesaplanan  $\alpha$  değerleri ise OLS’ye göre daha yüksek, tüm yıllar için 2,09-2,65 arasında bulunmuştur (Tablo 10).

**Tablo 10: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüklüğünün Güç Kanunu Değerleri**

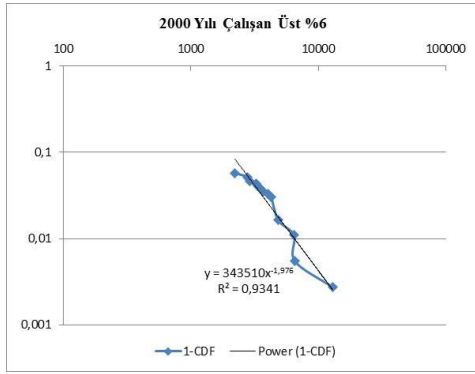
Yıllar	OLS+CDF				MLE+CDF			
	Toplam İçindeki Payı (%)	Eşik Değer Üstü Firma Sayısı	$\alpha$ Değeri	$R^2$	Xmin Değeri	N kuyruk*	$\alpha$ Değeri	Bootstap P değeri
2000	6,28	23	1,197	0,9341	742	98	2,399487	0,22
2001	6,55	24	2,046	0,9039	598	122	2,365137	0,44
2002	7,10	26	1,804	0,9327	850	86	2,465962	0,54
2003	6,01	22	2,252	0,9151	607	130	2,303423	0,21
2004	6,83	25	2,127	0,9521	577	150	2,284773	0,17
2005	8,46	31	1,933	0,9528	632	144	2,31745	0,15
2006	7,38	27	2,120	0,9675	588	167	2,331656	0,26
2007	5,46	20	2,149	0,9367	1048	91	2,477583	0,70
2008	6,83	25	1,827	0,9505	867	112	2,401842	0,67
2009	5,19	19	2,099	0,9762	914	101	2,450211	0,45
2010	5,46	20	2,203	0,9672	700	143	2,326523	0,12
2011	7,10	26	2,115	0,9656	468	207	2,092085	0,00**
2012	7,10	26	2,333	0,9444	1661	63	2,656792	0,42
2013	6,83	25	2,372	0,9133	775	145	2,287214	0,00**
2014	7,65	28	2,695	0,9429	807	152	2,315975	0,02**

\* N kuyruk (ntail)  $x_{\min}$ ’den büyük ya da eşit olan değerleri göstermektedir.

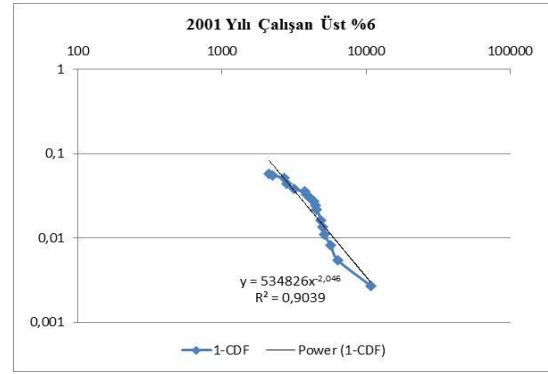
\*\*  $H_0$  ret edilmektedir.

Çalışmanın başlangıç bitiş dönemleri olan 2000 ve 2014 yılları ile 2001 Türkiye krizi ve 2008 küresel finansal krizi içeren yıllara ait kümülatif dağılım fonksiyonları (CDF) OLS olarak Şekil 21’de, MLE olarak Şekil 22’de verilmektedir. Diğer tüm yıllara ait grafikler ise Ek 4 ve Ek 5’de yer almaktadır. Gerek OLS, gerekse MLE yöntemine göre belirlenen CDF’lerin log-log çizimleri düz çizgi halinde olup, teorik güç dağılımı çizgisi ile örtüşmektedir.

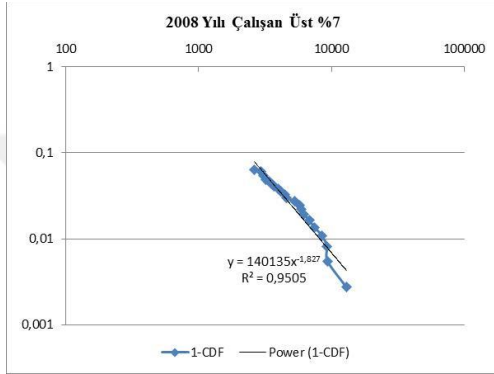
**OLS – 2000 Yılı**



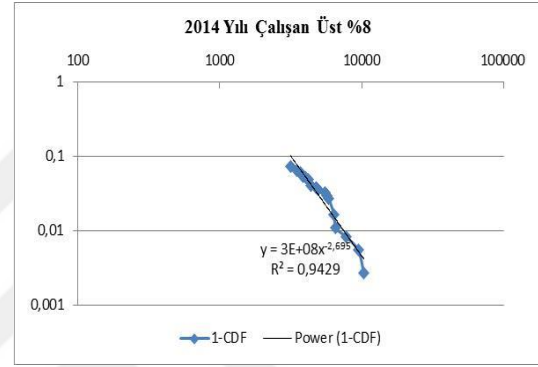
**OLS – 2001 Yılı**



**OLS – 2008**

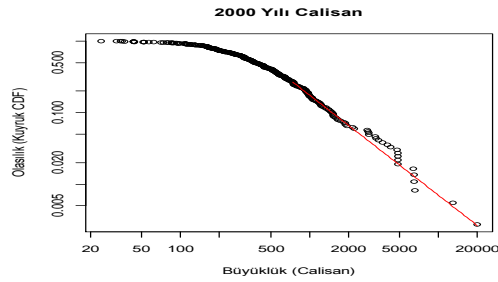


**OLS – 2014**

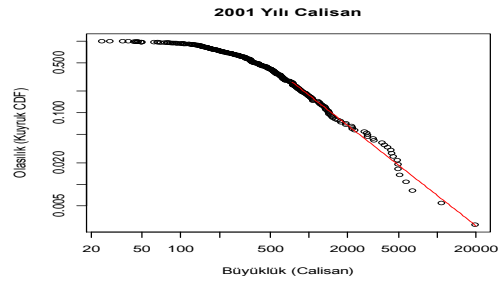


**Şekil 21: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS**

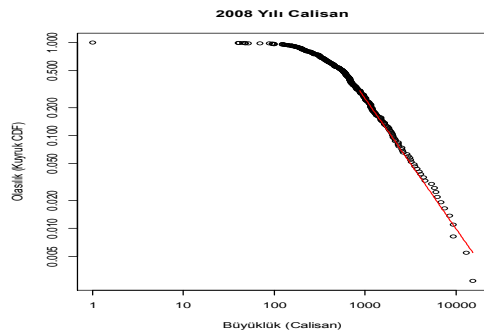
**MLE – 2000 Yılı**



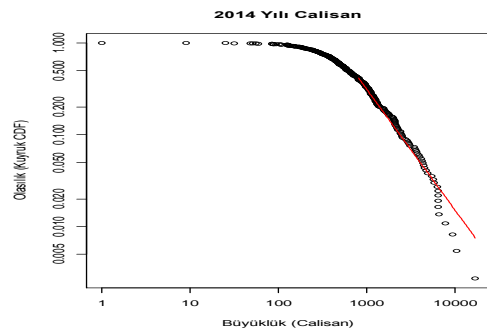
**MLE – 2001 Yılı**



**MLE – 2008 Yılı**



**MLE - 2014 Yılı**



**Şekil 22: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE**

MLE yönteminde bootstrap sonucu bulunan p-değerlerinin güç kanunu dağılımına uyup uymadığı belirlenirken, eğer p-değeri 0,1'den büyük ise güç kanunu veri için makul bir hipotez kabul edilmekte, aksi durumda hipotez ret edilmektedir. Buna göre çalışan sayısının 2011, 2013 ve 2014 yıllarında güç kanunu dağılımı gösterdiği ret edilmektedir (Tablo 10). Diğer yıllarda ise, sıfır hipotezi ret edilmemekte, dolayısıyla Türkiye'de çalışan sayısına göre imalat sanayi firmalarının dağılımının güç kanununa uyduğu saptanmıştır.

### 6.3.2.2. Satış Büyüklük Dağılımı

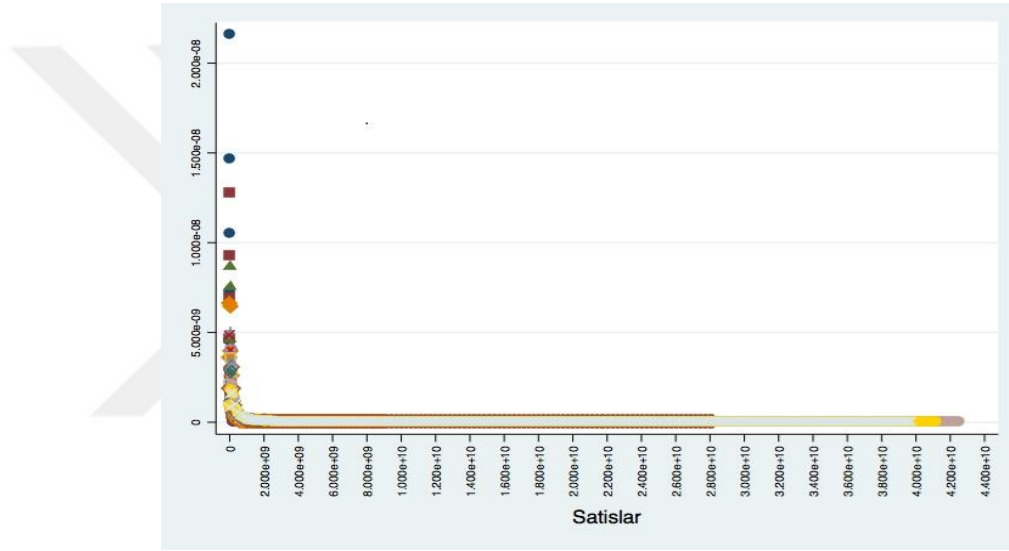
Büyüklük ölçütü olarak satışlar alındığında 2000-2014 dönemi için satış tutarına ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler Tablo 11'de verilmektedir. Satış verilerinde de çalışan sayısında olduğu gibi basıklık 3'den ve çarpıklık 0'dan büyük olup, imalat sanayi firmalarının satış tutarına göre normal dağılımla uyumlu olmadığını göstermektedir.

Tanımlayıcı istatistiki bilgiler bakıldığında, 2000 yılından 2014 yılına kadar geçen sürede satış tutarın ortalamasının çalışan sayısında olduğu gibi, 2008 yılındaki kriz sonrası etkilerin görüldüğü 2009 yılı hariç, yükselme eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak en yüksek satış tutarı ile en düşük satış tutarı arasındaki büyüklük farkının ise arttığı göze çarpmaktadır. Buna karşın en yüksek satış değerine sahip firma ile ortalama satış değeri arasındaki farkın 2000 yılında 60 kat iken, yıllara göre azaldığı 2014 yılında 47 kata düştüğü görülmektedir.

**Tablo 11: Satış Verilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri**

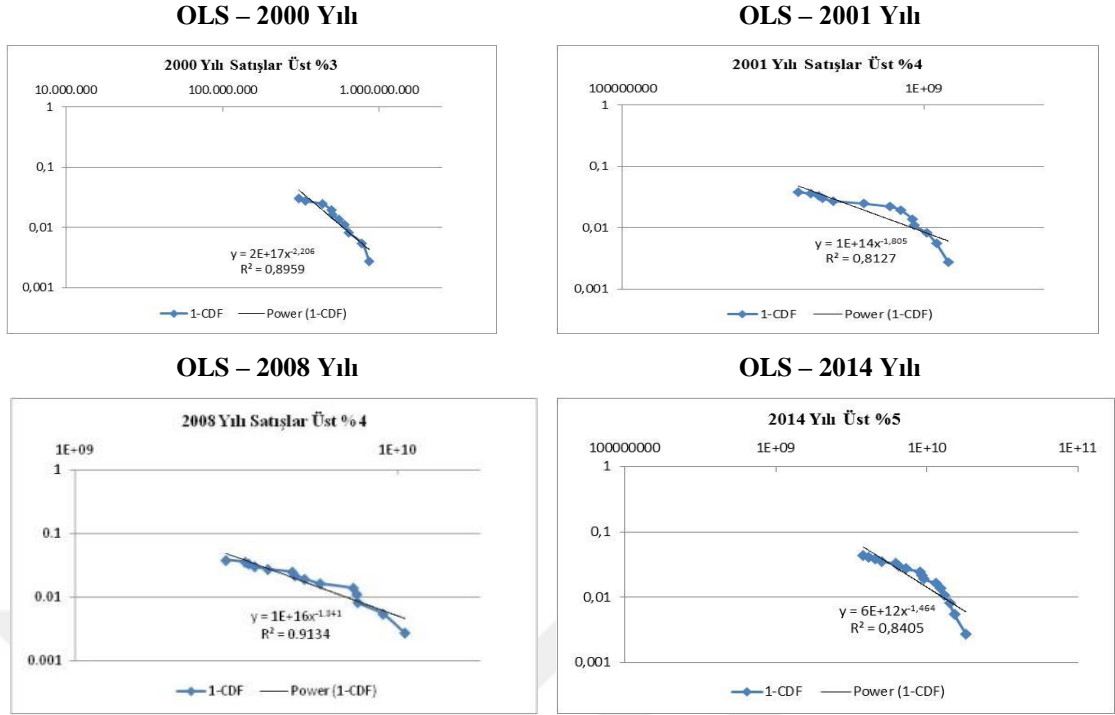
Yıllar	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık Fazlalığı	Minimum Değer	Maksimum Değer
2000	6.610e+07	5.212061e+16	228299396	14,15534	237,2323	1.919e+06	3.975e+09
2001	1.079e+08	1.319595e+17	363262330	14,26384	240,6923	3.856e+06	6.352e+09
2002	1.530e+08	2.106059e+17	458918169	12,98990	208,5939	7.025e+06	7.757e+09
2003	1.986e+08	3.272305e+17	572040684	11,17056	161,8917	8.813e+06	9.060e+09
2004	2.672e+08	5.664781e+17	572040684	9,677275	122,7236	1.281e+07	1.100e+10
2005	2.924e+08	8.640814e+17	752647362	11,73189	171,5581	1.421e+07	1.486e+10
2006	3.664e+08	1.479878e+18	929559797	12,66154	196,8290	1.748e+07	2.019e+10
2007	4.006e+08	1.596703e+18	1216502276	12,12598	183,2336	2.318e+07	2.060e+10
2008	4.783e+08	2.741575e+18	1263607237	13,42670	218,2441	2.491e+07	2.823e+10
2009	4.112e+08	1.376401e+18	1655770323	10,72430	150,3302	5.704e+05	1.822e+10
2010	4.934e+08	2.115822e+18	1173201080	10,87026	153,9197	1.507e+06	2.271e+10
2011	6.649e+08	4.875294e+18	1454586569	12,58642	196,6479	1.884e+06	3.667e+10
2012	7.072e+08	6.165634e+18	2208006735	13,60138	222,8800	2.130e+06	4.255e+10
2013	7.656e+08	6.143139e+18	2483069520	12,57742	196,8403	2.874e+06	4.120e+10
2014	8.356e+08	6.171087e+18	2478535572	11,44992	169,5815	2.023e+06	3.982e+10

Tanımlayıcı istatistiki bilgileri satış dağılımının normal olmadığını belirtmekle beraber, ampirik olarak olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak, dağılımın şekli belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 23’de, 2000 – 2014 dönemine ait satış gelirlerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) lineer – lineer ölçekte gösterilmektedir. PDF tarafından karakterize edilen satışların (s) dağılımı  $P(s)$ , s ile  $s+dr$  aralığında satış geliri bulma olasılığı  $P(s)dr$ ’ye eşittir şeklinde tanımlanmaktadır. Şekil 23’de de açık olarak görüldüğü üzere, firma satış geliri dağılımını tek bir dağılım ile açıklamak mümkün değildir. Veriler, yaklaşık olarak 1 milyar TL değerinden itibaren yatay eksen üzerindedir. Bu durum, dağılımın kuyruk bölgesinde tamamen farklı bir dağılımın mevcut olduğunu göstermektedir.

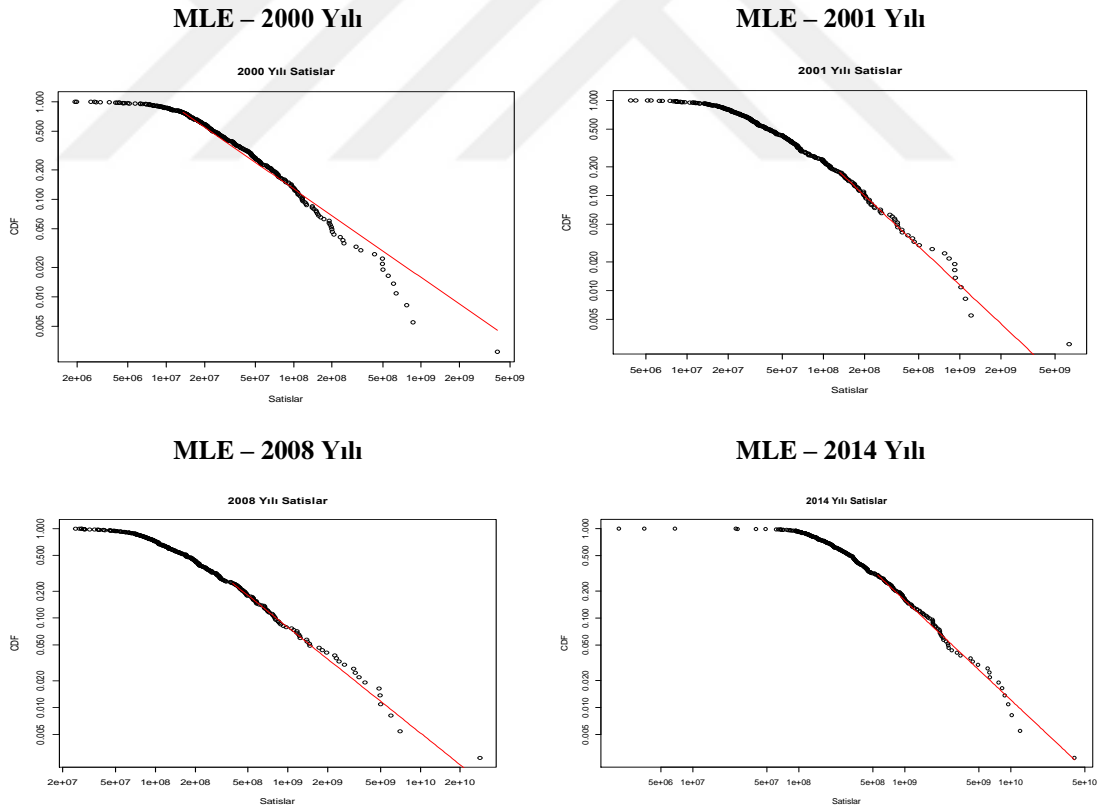


**Şekil 23: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonunun Lineer - Lineer Ölçekte Gösterimi**

Bu çerçevede analize konu olan firmaların satış gelirleri için kümülatif yoğunluk fonksiyonlarına (CDF) bakılmıştır. Firmaların satış tutarları verisine göre 2000-2014 yılları arasındaki kümülatif yoğunluk fonksiyonu OLS için kutu genişliği grafikleri Ek 6’da verilmiştir. Tüm yıllara ilişkin log-log ölçekte çizilen CDF’ler OLS ve MLE olarak Ek 7 ve Ek 8’de yer almaktadır. Belirlenen 2000, 2001, 2008 ve 2014 yıllarına ilişkin çizimler ise Şekil 24 ve 25’de verilmektedir. Tüm bunlara göre, firma satış gelirleri dağılımının güç kanunu dağılımı ile uyumlu olduğu görülmektedir.



**Şekil 24: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS**



**Şekil 25: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE**

Satış büyüklüğüne göre 2000-2014 yıllarında firmaların %3,00 ile %6,28 arasında değişen kısmının güç kanunu dağılımı gösterdiği görülmektedir. OLS tahmincisine göre ölçekleme parametresi  $\alpha$  değeri ise 2 yıl dışında 1,35-1.88 arasında değişmektedir, 2000 ve 2003 yıllarında ise  $\alpha$  değeri 2'nin üstündedir. MLE yöntemine göre hesaplanan  $\alpha$  değerleri ise OLS'ye göre daha yüksek bulunmuştur. Sadece 2000 ve 2009 yıllarında 2'nin altında, diğer tüm yıllar için 2,09-2,29 arasındadır (Tablo 12).

MLE yönteminde bootstrap sonuçlarına bakıldığında, p-değerleri 2000, 2003 ve 2009 yıllarında verinin güç kanunu dağılımı gösterdiği ret edilmektedir. Diğer yıllarda ise, sıfır hipotezi ret edilmemekte, Türkiye'de imalat sanayi firmalarının satış geliri dağılımının güç kanununa uyduğu görülmektedir (Tablo 12).

**Tablo 12: Firmaların Satış Büyüklüğünün Güç Kanunu Değerleri**

Yıllar	OLS+CDF				MLE+CDF			
	Toplam İçindeki Payı (%)	Eşik değer Üstü Firma sayısı	$\alpha$ Değeri	$R^2$	$X_{min}$ Değeri	N kuyruk*	$\alpha$ Değeri	Bootstap P değeri
2000	3,28	12	2,206	0,8959	13534890	284	1,904309	0,01*
2001	4,37	16	1,805	0,8127	132009160	64	2,345330	0,81
2002	4,37	16	1,880	0,8150	84603658	142	2,151616	0,43
2003	3,00	11	2,275	0,8538	103598065	145	2,131301	0,19*
2004	3,82	14	1,593	0,9470	222560691	92	2,227595	0,77
2005	3,55	13	1,499	0,9356	260472065	85	2,276874	0,45
2006	3,28	12	1,838	0,9751	359550298	74	2,253335	0,92
2007	3,27	12	1,698	0,9668	393574658	78	2,299386	0,63
2008	4,10	15	1,841	0,9134	381498888	90	2,180115	0,98
2009	5,46	20	1,350	0,8784	85408561	277	1,879639	0,00*
2010	6,28	23	1,318	0,9062	550357201	68	2,271865	0,80
2011	3,55	13	1,835	0,8491	588625583	84	2,221427	0,83
2012	3,82	14	1,829	0,8537	473522002	108	2,150260	0,55
2013	3,82	14	1,725	0,8673	445232653	123	2,095210	0,44
2014	5,19	19	1,464	0,8405	552764858	111	2,111265	0,30

\* N kuyruk (ntail)  $x_{min}$ 'den büyük ya da eşit olan değerleri göstermektedir.

\*\*  $H_0$  ret edilmektedir.

### 6.3.2.3. Aktif Büyüklük Dağılımı

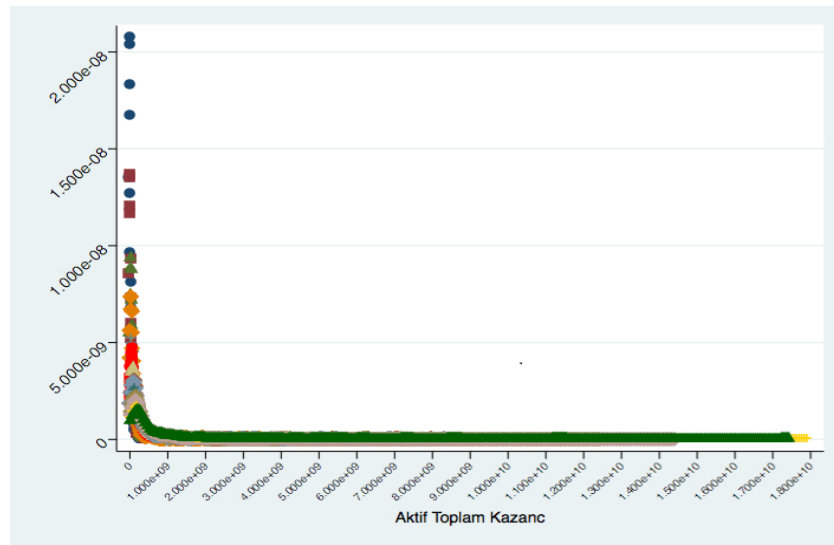
Büyüklük olarak aktif büyüklüğü ölçütü alındığında, firmaların analiz edilen yıllara ait aktif toplamına ilişkin tamamlayıcı istatistiki bilgiler Tablo 13'deki gibi oluşmaktadır. Aktif büyüklüğü basıklık ve çarpıklık sonuçları verilerin normal dağılmadığını göstermektedir. 2000 yılından 2014 yılına kadar geçen sürede aktif

toplamı ortalaması çalışan sayısı ve satış tutarı verilerinin aksine sürekli yükselme eğilimi sergilemektedir. Buna karşın en yüksek aktif toplamına sahip firma ile ortalama aktif değeri arasındaki fark 2000 yılında 29 kat iken, yıllara göre azaldığı 2014 yılında 23 kata düştüğü, aynı şekilde en yüksek aktif toplamına sahip firma, 2000 yılında en düşük aktif toplamına sahip firmanın 3.376 katı iken, 2014 yılında bu farkın 534 kata düştüğü görülmektedir.

**Tablo 13: Aktif Toplamı Verilerinin Tanımlayıcı İstatistikleri**

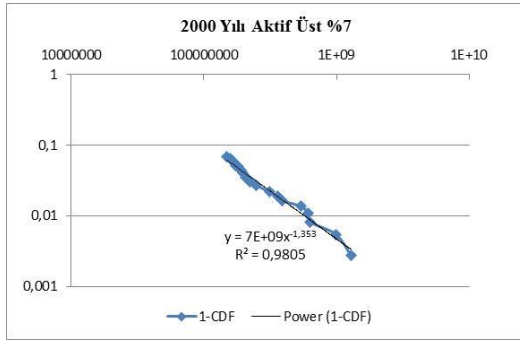
Yıllar	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık Fazlalığı	Minimum Değer	Maksimum Değer
2000	5.470e+07	1.863964e+16	136527061	7,462110	67,52407	4.703e+05	1.588e+09
2001	8.683e+07	4.165427e+16	204093766	6,621847	53,08065	8.539e+05	2.185e+09
2002	1.288e+08	8.940261e+16	299002698	6,278432	46,92817	1.026e+06	3.008e+09
2003	1.547e+08	1.240792e+17	352248790	6,287682	46,34058	1.239e+06	3.440e+09
2004	2.267e+08	2.738852e+17	523340469	6,703092	55,32913	3.972e+06	5.809e+09
2005	2.475e+08	3.039431e+17	551310355	6,622124	54,16254	6.485e+06	6.036e+09
2006	2.907e+08	4.105423e+17	640735722	6,358719	49,41320	7.617e+06	6.609e+09
2007	3.264e+08	5.423831e+17	736466642	6,769863	55,62428	1.078e+07	7.751e+09
2008	3.770e+08	6.254976e+17	790884055	6,320565	48,41364	1.394e+07	7.989e+09
2009	3.839e+08	6.387654e+17	799228002	6,030243	45,24343	1.574e+07	8.334e+09
2010	4.416e+08	9.779604e+17	988918794	7,136821	64,89788	1.549e+07	1.180e+10
2011	5.177e+08	1.115872e+18	1056348662	6,477695	55,74514	3.026e+07	1.244e+10
2012	5.648e+08	1.399154e+18	1182858327	6,693645	60,23287	2.815e+07	1.440e+10
2013	6.530e+08	1.881891e+18	1371820436	7,323548	74,72016	2.998e+07	1.792e+10
2014	7.339e+08	2.162202e+18	1470442705	6,330745	54,93494	3.258e+07	1.742e+10

Aktif büyüklüğünün lineer-lineer ölçekte olasılık yoğunluk fonksiyonu Şekil 26'deki gibi olup, 500 milyon TL değerinden itibaren veriler x eksenini üzerinde bulunmaktadır. Böylece Gaussyen dağılıma göre kuyruk kısmının farklı bir dağılım izlediği görülmektedir.

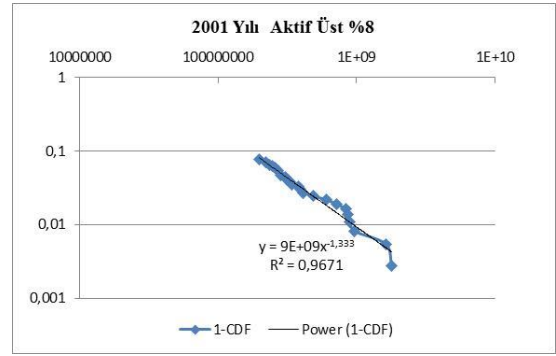


**Şekil 26: 2000-2014 Yılları Arasında Aktif Toplamı Olasılık Yoğunluk Fonksiyonunun Lineer - Lineer Ölçekte Gösterimi**

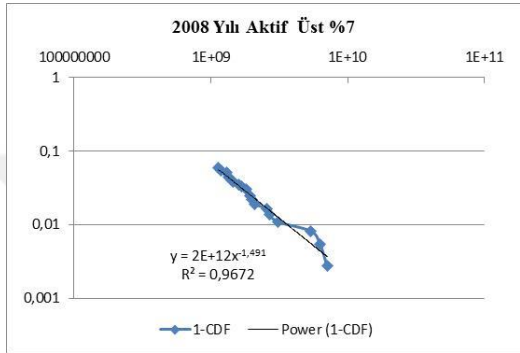
**OLS – 2000 Yılı**



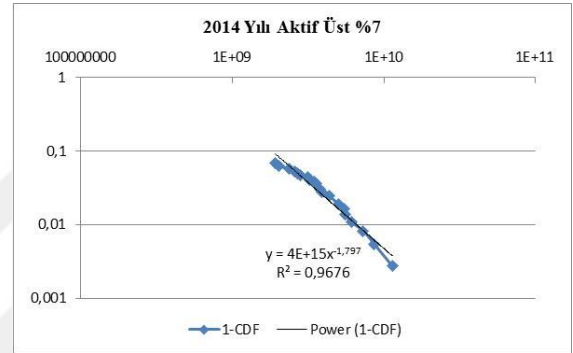
**OLS – 2001 Yılı**



**OLS – 2008 Yılı**

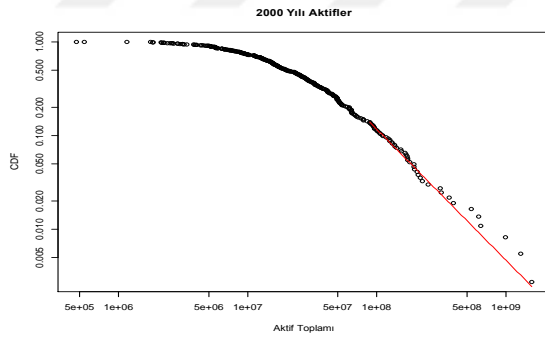


**OLS – 2014 Yılı**

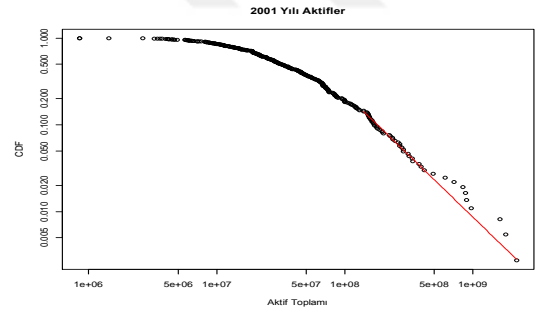


**Şekil 27: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE**

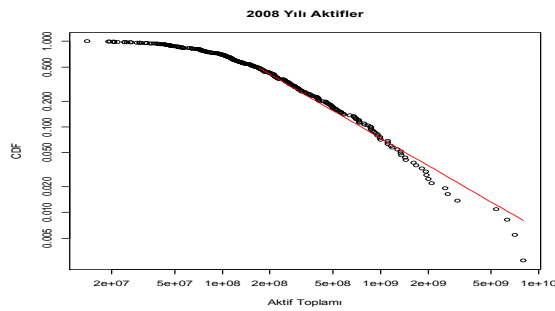
**MLE – 2000 Yılı**



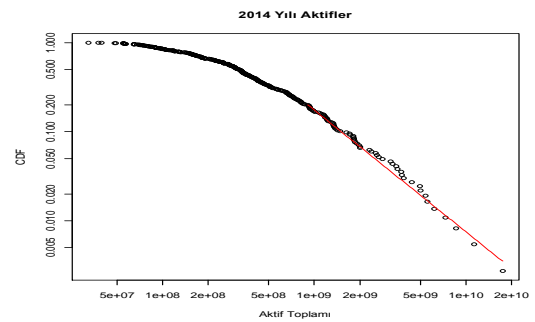
**MLE – 2001 Yılı**



**MLE – 2008 Yılı**



**MLE – 2014 Yılı**



**Şekil 28: Bazı Yıllara İlişkin İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE**



Firmaların aktif büyüklüğüne göre OLS yöntemi için hesaplanan kutu genişliği grafikleri Ek 9’da verilmiştir. 2000–2014 dönemindeki, kümülatif dağılım fonksiyonları ise tüm yıllar için OLS ve MLE olarak Ek 10 ve Ek 11’de log-log ölçeğinde gösterilmektedir. Seçilen 2000, 2001, 2008 ve 2014 yıllarına ilişkin grafikler ise Şekil 27 ve 28’de yer almakta olup, çizimlerin güç kanunu dağılımı ile uyumlu olduğu görülmektedir.

OLS tahmincisine göre ölçekleme parametresi  $\alpha$  değeri 2’nin altında 1,15-1,87 arasında değişmektedir. MLE tahmincisine göre ise, hesaplanan  $\alpha$  değerleri ise OLS’ye göre daha yüksek olup, tüm yıllar için 2’nin üstünde 2,06-2,42 arasında bulunmuştur (Tablo 14).

**Tablo 14: Firmaların Aktif Toplamı Büyüklüğünün Güç Kanunu Değerleri**

Yıllar	OLS+CDF				MLE+CDF			
	Toplam İçindeki Payı (%)	Eşik Değer Üstü Firma Sayısı	$\alpha$	$R^2$	Xmin Değeri	N kuyruk*	A Değeri	Bootstap P değeri
2000	7	26	1,353	0,9805	87925224	51	2,397019	0,63
2001	8,5	31	1,333	0,9671	140545257	52	2,428343	0,46
2002	8	30	1,346	0,9675	81026444	130	2,155223	0,45
2003	8	32	1,337	0,9727	119334020	108	2,224853	0,70
2004	8	28	1,409	0,9791	172960448	110	2,221053	0,78
2005	5	20	1,422	0,9591	162994895	129	2,193969	0,73
2006	8	28	1,442	0,984	252563345	97	2,240743	0,69
2007	8	30	1,409	0,9889	346466451	77	2,277682	0,60
2008	7	25	1,491	0,9672	171003542	178	2,067186	0,05*
2009	7	27	1,155	0,9775	234676199	138	2,160580	0,35
2010	6	21	1,55	0,999	495395179	78	2,347180	0,90
2011	7	25	1,692	0,9725	619561916	73	2,340347	0,79
2012	7	25	1,628	0,9445	549312905	94	2,333149	0,26
2013	6,5	25	1,875	0,9772	582035461	105	2,303435	0,22
2014	7	27	1,797	0,9776	909422767	73	2,366979	0,44

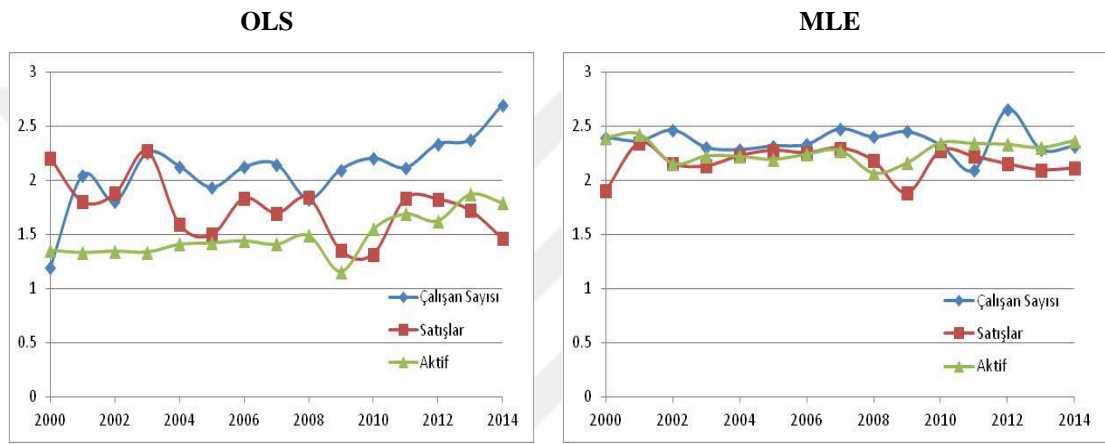
\* N kuyruk (ntail)  $x_{\min}$ ’den büyük ya da eşit olan değerleri göstermektedir.

\*\*  $H_0$  ret edilmektedir.

MLE yönteminde bootstrap sonuçlarına bakıldığında, p-değerlerine göre sadece 2008 yılında verinin güç kanunu dağılımı gösterdiği ret edilmektedir. Diğer tüm yıllarda sıfır hipotezi ret edilmemekte, dolayısı ile imalat sanayi firmalarının satış gelirin e göre güç kanunu dağılımı gösterdiği görülmektedir (Tablo 14).

#### 6.3.2.4. Genel Değerlendirme

Sonuç olarak çeşitli ölçütlere göre OLS ve MLE yöntemi ile yapılan analizlerde, imalat sanayi firmalarının çalışan sayısında yaklaşık %6,5'lük, satışlarda %4'lük ve aktif toplamında %7'lik kesiminin dağılımının güç kanunu dağılımı izlediği bulunmuştur. Ancak OLS yönteminde bulunan gerek  $x_{min}$  değerleri gerekse  $\alpha$  değerleri, MLE yöntemine göre bulunan değerden daha düşük çıkmıştır. İmalat sanayi firmalarının çalışan sayısı, satışlar ve aktif toplamı olarak ölçülen firma büyüklüğü için 2000-2014 yılları arasındaki güç kanunu üstelinin ( $\alpha$ ) gelişimi Şekil 29'da verilmektedir.



**Şekil 29: İmalat Sanayi Firmalarının 2000-2014 Yılları Arasında Güç Kanunu Üstelinin Gelişimi**

Literatürde firma büyüklük dağılımlarında ampirik güç kanunu uyumunda güç kanunu üsteli sektör ve ülkelere göre bazı farklılıklara karşın, genellikle  $\alpha=2$  bulunmuştur (Okuyama, Takayusu ve Takayusu 1999; Axtel 2001; Gaffeo Gallegati ve Palestrini 2003; Buendia 2013 gibi). Bu anlamda bulgularımız genel sonuçlarla tutarlıdır. Ayrıca Gaffeo, Gallegati ve Palestrini (2003) sonuçlarında durgunluk dönemlerinde üstelin düştüğü bulgusuna benzer şekilde 2007 krizi sonrasında aktif ve satış üstelinde düşme gözlemlenmiştir.

Türkiye'deki firma büyüklük dağılımları ile ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bursa Sanayi Odasına kayıtlı 250 büyük firma için 2000-2010 yılları arasında satış büyüklüğüne göre Gürsakal (2010) çalışmasında hesaplanan  $\alpha$  üstel değeri 2,75-3,46 arasında değişmektedir. Pek (2012) çalışmasında ise sadece 2009 yılında Türk firmalarının satış rakamlarına göre 99.921 firmanın  $\alpha$  değerinin sırasıyla OLS'ye göre 1,072 ve MLE'ye göre 1,027 bulunmuştur.

Literatürdeki çalışmalara benzer şekilde farklı göstergelere göre yapılan ölçümlerde, farklı üsteller bulunmuştur. OLS sonuçlarında bu farklılık daha bariz iken, MLE sonuçlarında daha azdır. Ayrıca, Gaffeo ve diğ. (2003), Fujimoto ve diğ (2011) yaptığı çalışmada<sup>42</sup>, Heinrich ve Dai (2016)<sup>43</sup> maddi duran varlıkların üstelinin en düşük, yıllık satışların ikinci en düşük ve çalışan sayısı üstelinin en büyük bulunması gibi, bu çalışmada da hem OLS hem de MLE sonuçlarına göre çalışan üsteli, satışlar ve aktif toplamına göre ( $\alpha_{aktif} < \alpha_{satışlar} < \alpha_{çalışan}$ ) daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuca göre,  $\alpha$  üstel değerinin daha düşük olmasının, firmaların sistematik olarak daha şişman kuyruklu olduğunu gösterdiği (Pek 2012), daha yüksek güç kanunu üstelinin ise, daha az ağırlıklı aşırı kuyruk olayları ile daha dik bir kuyruk dağılımı (bu durumda süper büyük firmalar) ve daha küçük bir dağılım, daha küçük çarpıklık anlamına geldiği (Heinrich ve Dai 2016) dikkate alındığında, çalışan sayısı büyüklük dağılımının diğer ölçütlere göre daha az şişman kuyruklu olduğu söylenebilir.

Güç kanunu üsteli  $\alpha$ , MLE yönteminde OLS'ye göre zaman boyunca durağandır. Özellikle çalışan sayısı büyüklük ölçüsü olarak kullanıldığında, büyüklük dağılımının zaman boyunca göreceli olarak durağan olduğu gözlemlenmektedir. OLS yönteminde ise üstel  $\alpha$  değeri daha oynaktır. Satış gelirleri büyüklük göstergesi olarak alındığında OLS güç kanunu üsteli  $\alpha$  düşme eğiliminde iken, aktif toplamı ve çalışan sayısı güç kanunu üsteli  $\alpha$  yükselme eğilimindedir.

Çoğu literatür firma dinamiklerini yani firmaların büyüklük dağılımını pozitifli çarpık ve özellikle sağda kalın uzun kuyruğa sahip olduğunu göz önüne almaktadır. Bu kısımda firma dinamiklerinde, büyüklük temsilcisi olarak kullanılan değişkenlerin gözlenen istatistiksel dağılımlarda belirleyici etkisi olduğu ortaya konmuştur.

---

<sup>42</sup> Fujimoto ve diğ (2011) çalışmalarında, sabit varlıklar (K), çalışan sayısı (L) ve yıllık satışlara (Y) göre 30 ülkenin firmalarının 1999-2009 yılları arasında büyüklük dağılımlarını incelemiş ve güç kanunu üstelinin tüm ülkeler için  $\alpha_K < \alpha_Y < \alpha_L$  olduğunu bulmuştur.

<sup>43</sup> Heinrich ve Dai (2016) Çin'de 1998-2008 yıllarında 180.000 firmanın çalışan sayısı, sermaye ve kar tutarına göre incelediği çalışmada, firma büyüklük dağılımının güç kanununa uyduğunu, çalışan sayısı üstelinin kar ve sermaye üstelinden büyük olduğunu, buna karşın kar ve sermaye üstelinin birbirine yakın olduğunu bulmuştur.

## 6.4. İmalat Sanayi Firmaları Dinamiklerinde Kendi Kendine Organize Olan Kritikliğin Belirlenmesi

Buraya kadar yaptığımız ampirik uygulamada firma büyüklüklerinin dağılımı statik olarak ele alınmıştır. KKOK ise, özellikle dağılımın dinamikliği ile ilgilenmektedir. Bu nedenle bu kısımda firma dağılımlarındaki dinamikliği anlamak için, imalat sanayi firmaları büyümelerinin KKOK özellikleri gösterip göstermediği belirlenmeye çalışılmıştır.

### 6.4.1. Uygulanan Yöntem

KKOK varlığının testi için tek bir kesin yöntem bulunmadığından, KKOK davranışı üreten mekanizmalarda kritik durum güç kanunu dağılımı ile saptanmaya çalışılmıştır. KKOK zaman ölçeği için, firma büyüme oranı “g” ve komşuluk/bağlantı düzeyi olmak üzere 2 temel parametrenin tanımlanması gerekmektedir. Her iki parametreye ilişkin uygulanan yöntemler ve sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

#### Büyümenin Ölçümü;

Firma büyümesinin ölçümünün net büyüme, mutlak büyüme ve göreceli büyüme gibi birçok hesaplama yolu bulunmaktadır. Mutlak büyüme, başlangıç büyüklüğü daha büyük olan firmalara doğru yanlı iken, göreceli büyüme küçük başlangıç büyüklüğüne sahip firmalara doğru yanlıdır (Kunkle 2009). Göreceli büyüme, büyüme oranını temsil ettiğinden, bu çalışmada büyüme oranı olarak göreceli büyüme oranı kullanılmıştır. Çalışmada büyüme oranı (g) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$g_{it} = \frac{S_{it} - S_{i,t-1}}{S_{i,t-1}}$$

$S_{i,t}$  = i firmasının t zamanındaki büyüklüğü,

$S_{i,t-1}$  = i firmasının t-1 zamanındaki büyüklüğüdür.

#### Komşuluk /Bağlantı Düzeyi;

Bir sistemin kompleks KKOK yapısına sahip olduğunun belirlenmesinin kesin ve tek bir yöntemi bulunmadığından çalışmada firma büyüme kümelerinin dağılımı incelenmiştir. Firma büyüme kümelerinin dağılımının güç kanunu dağılımına uygun olması, ilişkiler ağının kompleks olduğunun bir göstergesidir. Çünkü güç kanunu

dağılımı, az sayıda kümenin çok yüksek hacme, çok sayıda kümenin ise az sayıda hacme sahip olduğunu göstermektedir. Bu bir anlamda firmaların heterojen yapılarını ortaya koymaktadır.

KKOK için zamansal evrimi<sup>44</sup> belirlemek ve firma büyüklük dinamiklerindeki çığı yakalamak amacıyla bağlantı düzeyinin saptanması için kümeleme analizi kullanılmıştır. Kümeleme analizi bir verinin benzerliklerine (similarity) ya da farklılıklarına (dissimilarity) göre alt gruplar arasında bölünmesini izin vererek, veri yapısının öğrenilmesini sağlayan bir seri teknikleri ifade etmektedir (James ve diğ., 2013). Bu analizde birimlerin benzerliklerini belirlemek için verilerin birbirleri arasındaki uzaklıklar kullanılmakta ve uygulanan kümeleme yöntemine göre veriler uygun kümelere atanmaktadır. Analizde benzerlik ölçüsü olarak değişik ölçüler<sup>45</sup> kullanılmakla birlikte, en yaygın olarak kullanılan benzerlik ölçüsü Öklid uzaklık ölçüsüdür (Çelik, 2016).

Bu nedenlerden dolayı KKOK için kullanılan kümeleme analizinde, küme olasılığı ile analiz edilen alanın/dizinin düzeni ve zamansal davranışı ölçülebilmektedir. Küme olasılığı, her bir dizi/hücre kümesinin bütün içindeki oranı ile belirlenmektedir. Yüksek derecede düzensiz bir dizide küme olasılığı küçük, yüksek derecede düzenli bir dizide ise küme olasılığı büyüktür. Küme olasılığı güç spektrumlarındaki  $1/f$  zamansal dalgalanmaları tarafından ispatlandığı üzere zamansal ölçek değişmezliğini değerlendirmek için kullanılmaktadır.  $1/f$  güç spektrumları tipik olarak kendine özgü zaman ölçeği olmayan yüksek frekanslı ve düşük frekanslı sinyallerin ikisini de büyük miktarda içermektedir (Bolliger, 2002).

Farklı türdeki veriler için mevcut kümeleme algoritmaları hiyerarşik<sup>46</sup> ve hiyerarşik olmayan<sup>47</sup> yöntemler olarak iki ana kategoride sınıflandırılmaktadır. Bu iki tip analiz arasındaki temel fark; hiyerarşik kümeleme yöntemlerinde veri setlerinin kaç kümeye

---

<sup>44</sup> İstatistiksel fizikte kümelerin zamansal evrimi ortalama alan (mean field theory) yaklaşımında ele alınmaktadır.

<sup>45</sup> Eğer analiz edilecek veriler aralık veya oran ölçekli ise, en çok kullanılan uzaklık ölçüleri, Öklit, kareleri alınmış Öklit, Minkowski ve Manhattan City-Blok'dur. Eğer veriler sınıflayıcı (nominal) veya sıralayıcı (ordinal) ölçekli ise kullanılan uzaklık ölçüleri; Ki-kare ve normalleştirilmiş Ki-kare olarak bilinen Phi-karedir. (Çelik, 2016)

<sup>46</sup> Çeşitli hiyerarşik kümeleme yöntemleri vardır. En sık kullanılan hiyerarşik kümeleme yöntemleri; 1. Ortalama Yöntemi (Centroid Method), 2. Tek Bağlantı (Single-Linkage Method) /en yakın komşu (Nearest-Neighbor), 3. Tam Bağlantı (Complete-Linkage Method / Farthest-Neighbor), 4. Ortalama Bağlantı (Average-Linkage Method) ve 5. Ward Bağlantı Yöntemi (Ward's Method) (Çelik, 2016).

<sup>47</sup> Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri, medoid kümeleme (medoid clustering), fuzzy kümeleme (fuzzy clustering) ve yığma kümeleme (hill climbing) yöntemleridir (Çelik, 2016).

ayrılacağı ön bilgisi olmadan küme sayısının analizlerle belirlenmesi, diğer yöntemde ise başlangıçta kaç küme olacağına uygulamacı tarafından karar verilerek analizlerin yapılmasıdır.

Bu çalışmada hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan k-ortalamlar kümeleme (k-means clustering) yöntemi ile analizler yapılmıştır. K-ortalamlar kümeleme yöntemi, çok sayıda durumla başa çıkabilen bir algoritma kullanarak, önceden belirlenen karakteristiklerin temel alarak göreceli olarak homojen grupları belirlemeyi amaçlamaktadır. K-ortalamlar, ilgilenilen veriyi k sayıda küme içinde gruplayan bir algoritmadır. Gruplama, veriler (büyüme oranları) ve uygun küme merkezi (centroid) arasında uzaklıkların ve karelerinin toplamı minimize edilerek yapılmaktadır. Bu yöntem, firmaları minimum uzaklığa göre gruplayarak minimum kümeleme prosedürü durağan olana kadar (hiç bir firma grup içine girmeyene kadar) devam etmektedir. Burada kümeler arası değişkenlik çok fazla ve kümeler içi değişkenlik en az olacak şekilde sınıflandırma yapılmaktadır (Reggiani ve diğ. 2006).

K-ortalamlar yönteminin amacı önceden uygulamacı tarafından belirlenen belli sayıda küme sayısı ile kümeler içindeki farklılığı minimize ederek veriyi ayırmaktır. Eğer kümeleme işlemi başarılı ise geometrik gösterimde küme içinde yer alan nesnelere birbirine yakın iken, farklı kümelerde yer alanlar birbirinden uzakta yer alacaktır. Farklılıkları hesaplamının en yaygın yolu Öklidyen uzaklık karelerinin kullanılmasıdır (James ve diğ, 2013).

K-ortalamlar yönteminde temel sorun küme sayısının belirlenmesidir. Çalışmada optimum küme sayısını belirlemek için R programındaki NbClust paketi kullanılarak en iyi küme sayısı belirlemesi yapılmıştır. Bu pakette yer alan 30 endekse<sup>48</sup> göre sonuçlar değerlendirilmiştir. Küme sayısını grafiksel olarak gösteren D-endekse göre çizilen ve dirsek sayısındaki artışa göre görsel olarak belirlenen küme sayılarının (Charrad vd., 2014) Dindeks grafikleri Ek 12, 13 ve 14'de verilmektedir. Nihai olarak NbClust paketinde 30 endeks arasında en fazla endeks tarafından belirlenen küme sayısı k-ortalamlar yönteminde küme sayısı olarak alınmıştır.

---

<sup>48</sup> Bunlar, "kl", "ch", "hartigan", "ccc", "scott", "marriot", "trcovw", "tracew", "friedman", "rubin", "cindex", "db", "silhouette", "duda", "pseudot2", "beale", "ratkowsky", "ball", "ptbiserial", "gap", "frey", "mcclain", "gamma", "gplus", "tau", "dunn", "hubert", "sdindex", "dindex" ve "sdbw" endeksleridir.

## Firma Büyümesinde KKOK Durumunun Belirlenmesi

Çalışmada yukarıda anlatıldığı gibi k-ortalamlar yöntemine göre her bir zaman diliminde firmaların farklı büyüklük ölçütleri ile hesaplanan büyüme oranlarına göre kümeler oluşturulmuştur. Bu her yıl için yapılmış ve daha sonra kümelerin büyüklükleri ölçülmüştür. Yani küme büyüklüklerinin meydana geliş sıklıkları (frekansları/frequency) hesaplanmıştır. Daha sonra ampirik bir olasılık dağılımı elde etmek için frekanslar normalleştirilmiştir.

Amaç küme büyüklüğünün olasılık dağılımı güç kanunu  $f(x) = x^\alpha$  takip edip etmediğinin belirlenmesidir. Burada  $x$  küme büyüklüğüdür ve  $\alpha$  fonksiyon üstelidir. Küme büyüklük dağılımının güç kanunu ölçeklemesi göstermesi, birçok küçük kümeler ve gittikçe azalan büyük kümeler anlamına gelmektedir. Böylece küme büyüklüğü ile küme sıklığı güç kanunu olarak azalmakta ve log-log çizimi düz çizgi olarak gösterilmektedir.

Bu şekilde veriyi analiz ederek, büyüklüğün logaritmasına karşın sıklığın logaritması çizilerek, ekonominin kritik durumda olup olmadığı belirlenmiş ve doğrusal ilişki hipotezine karşın, alternatif hipotez üstel ilişki test edilmiştir.

Firma dinamiklerinin çığlarının dağılımını farklı firmalar arasında test etmek için Andergassen, Reggiani ve Nijkamp (2004) çalışmasında kullanılan ve tezin Bölüm 5.4.1'de ayrıntılı anlatılan metodoloji uyarlanmıştır. Buna göre temel hipotez, ekonomik aktiviteler  $I$  firmadan oluşmaktadır ( $i=1, \dots, I$ ),  $i$  firmasının çalışan sayısı/satış/aktif toplamı büyüme oranı firmanın kendine özgü spesifik faktörler ve aynı zamanda komşu firmalar arasında olan olaylar tarafından belirlenmesidir. Aynı büyüme rejimi tarafından karakterize edilen  $s$  firmasının bir kümesi olarak, bir  $s$  boyutunun çığı tanımlanarak, firmaların kritik durumda olup olmadığı belirlenecektir.

Firmalar arasında ilişki olmadığı durumda, aynı büyüme rejimindeki ( $s$  büyüklük kümesi)  $s$  firmalarının gözlemlenme olasılığı üstel (exponential) şekilde azalacaktır. Böylece logaritmik uzayda, kümelerin büyüklüğünün olasılığının logaritması ile kümelerin büyüklüğünün logaritması arasında üstel bir ilişki gözlemlenecektir.

Firmalar arasında bağımlılık olduğunda, firmalar arasında büyüme rejimleri kümelerinde güç kanunu dağılımı ortaya çıkacaktır. Bu durumda çığlardan

bahsedilecektir. Ayrıca küme büyüklüğünün olasılığının logaritması ile küme büyüklüğünün logaritması arasında lineer ilişki olacaktır.

İlk ampirik adım k-ortalamalar yöntemi ile büyüme kümelerinin belirlenmesidir. Daha sonra analiz edilen verinin, belli bir  $s$  büyüklükte gözlenen kümelerinin olasılığı  $pr(s)$  bulunacaktır. Büyüklüğün sıklığının logaritmasına karşın büyüklüğün  $s$  logaritmasının grafiği çizilerek, üstel (exponential) veya güç kanununun varlığı test edilecek ve dolayısıyla firma dinamiklerinin kritik durumda olup olmadığı belirlenecektir.

Bu şekilde büyümenin bağımsız olduğu yani ilişkinin olmadığı durumda, kümelerin büyüklüğünün  $s$  sıklığının logaritmasına karşı, büyüklük  $s$ 'in logaritması denklem (8) deki gibi üstel ilişkilere uydurulmaya çalışılmıştır.

$$pr(s) = C \exp\{-[a(s)]\} \quad (8)$$

Bu denklemde  $pr(s)$  aynı büyüme rejiminde gözlemlenen (yani aynı büyüme rejimi benzerliği gösteren firmalar)  $s$  firmalarının olasılığıdır.  $C$  ve  $a$  tahmin edilecek parametrelerdir. Denklem (8) deki üstel form, firmalar bağımsız ise, yani bir firmanın büyüme oranının diğer firmanın büyüme oranı üzerine etkisi olmadığı durumda ortaya çıkmaktadır.

Denklem (8) logaritmik terimlere çevrilirse aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\ln[Pr(s)] = C(1) - C(2)s \quad (9)$$

Burada  $C(1)=\ln C$  ve  $a=C(2)$  dir.

Böylece denklem (9) daki logaritmik fonksiyon aracılığı ile büyüklük kümelerinin  $s$  olasılığı ile kümelerin büyüklüğü  $s$  arasındaki üstel ilişki araştırılmıştır.

İkinci aşamada veride denklem (10) gibi bir güç kanunu ilişkisi olup olmadığına bakılmıştır.

$$pr(s) = C'(s)^{-a} \quad (10)$$

Bu denklemde  $pr(s)$  aynı büyüme rejiminde gözlemlenen (yani aynı büyüme rejimi benzerliği gösteren firmalar)  $s$  firmalarının olasılığıdır.  $C$  ve  $a$  uyumlu bulunan (fitted) parametrelerdir.

Firmalar arasında bağımlılık olduğunda, firmaların büyüme rejimleri kümelerinde güç kanunu dağılımı ortaya çıkacaktır. Başka bir deyişle, bir  $i$  firmasının belli bir



büyüme rejimi varsa, bu aynı büyüme rejimindeki j firmasının gözlenme olasılığını artıracaktır. Bu durumda çığlardan bahsedilecektir. Güç kanunu dağılımının ortaya çıkması küme büyüklüğü s'in çığ yarattığı KKOK durumunun mevcudiyetini belirleyecektir. Ayrıca küme büyüklüğünün olasılığının logaritması ile küme büyüklüğünün logaritması arasında doğrusal ilişki olacaktır.

Denklem (10) logaritmik terimlere çevrilirse aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\ln[pr(s)] = C(1) - C(2)\ln(s) \quad (11)$$

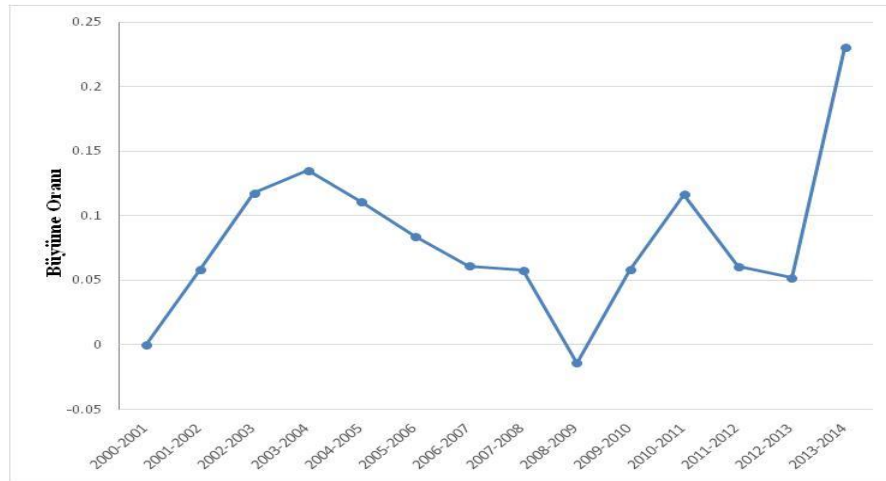
Burada  $C(1)=\ln C'$  ve  $a'=C(2)$  dir.

Böylece denklem (11) deki logaritmik fonksiyon aracılığı ile büyüklük kümelerinin s olasılığı ile kümelerin büyüklüğü s arasındaki doğrusal (lineer) ilişki araştırılmıştır.

## 6.4.2. Elde Edilen Ampirik Bulgular

### 6.4.2.1 Çalışan Sayısı Büyüme Dinamikleri

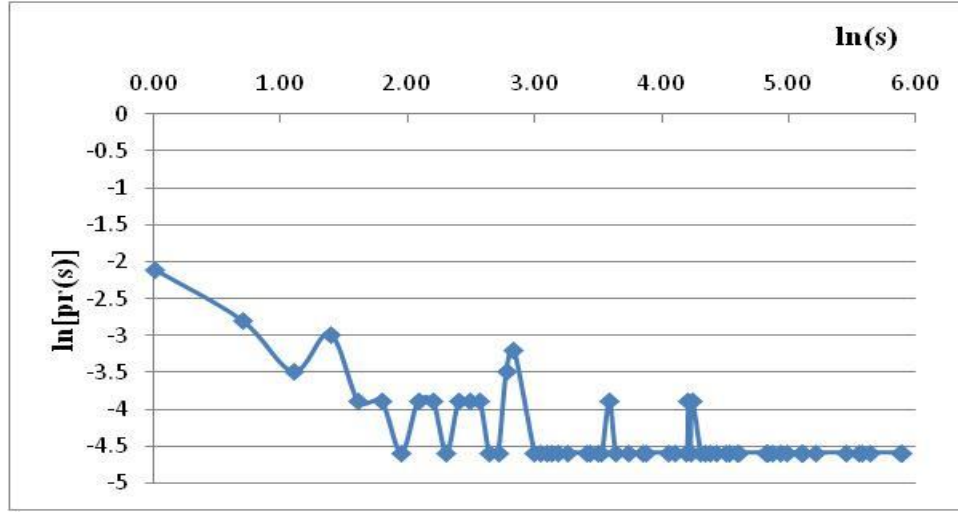
Çalışan sayısı büyümesine göre analiz yapılmadan önce büyüme oranlarının ortalamasının yıllara göre gelişimine bakılmıştır. İmalat sanayi firmalarının 2000–2014 döneminde büyüme oranlarının ortalamasında 2008–2009 yılındaki negatif büyüme hariç, pozitif büyüme oranı gözlemlenmektedir. Bununla birlikte büyüme oranında oynaklıklar görülmektedir (Şekil 30).



**Şekil 30: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Ortalama Büyüme Oranı**

K-ortalamar kümeleme yöntemine göre 2000–2014 yılları arasında toplam 98 küme belirlenmiştir. K-ortalamar yöntemine göre küme büyüklüğüne  $\{\ln(s), \ln[pr(s)]\}$  göre kümelerin dağılımı Şekil 31’de verilmektedir. Buna göre maksimum küme

büyüklüğü 361'dir ( $e^{5,88}$ ). Bunun anlamı k-ortalamalar yöntemine göre büyüme rejimleri kümelerinde firmaların maksimum sayısının 361 olduğudur.



**Şekil 31: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı**

Üstel (exponential) ilişkilerinin denklem (9) tahmin sonuçları Tablo 15'de gösterilmektedir.  $R^2$ 'nin değerinin 0,15 olduğu ve üstel dağılıma tahminleri sonuçları C(2) parametresi %95 güven düzeyinde sıfırdan farklı olduğu gözlemlenmektedir.

**Tablo 15: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüme Kümelerinin Üstel Dağılımı**

	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
C(1)	-4,132088771	0,084921097	-48,65797709	2,5266E-49
C(2)	-0,002357099	0,000731826	-3,220845856	0,002080831
$R^2$	0,149535428			

%95 güven düzeyinde OLS tahmincisi

Güç kanunu ilişkilerinin denklem (11)'e göre tahmin sonuçları Tablo 16'da verilmektedir. Buna göre  $R^2$  değeri 0,49'a eşit olup, tüm parametrelerin istatistiksel olarak anlamı bir biçimde sıfırdan farklı olduğu saptanmıştır. Ayrıca, güç kanunu dağılımının üstelinin C(2) katsayısının negatif olduğu ve 2'den daha düşük olduğu görülmektedir. Böylelikle çığların denklem (11) gibi bir güç kanunu dağılımını 2'den daha düşük bir üstel ile takip ettiği varsayımını yani kritik hal varlığının karakteristikleri reddedilemez.

**Tablo 16: Firmaların Çalışan Sayısı Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı**

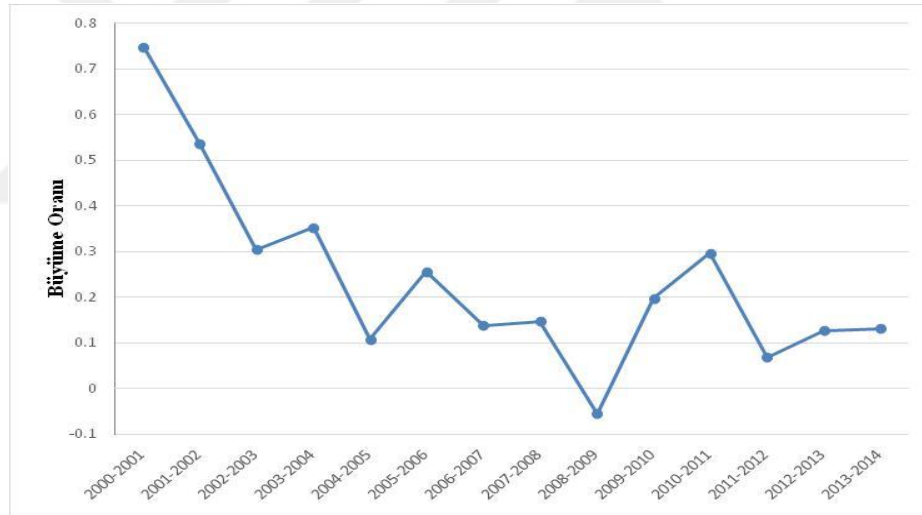
	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
C(1)	-3,295458192	0,142628024	-23,1052643	2,98432E-31
C(2)	-0,277871914	0,036526037	-7,60750237	2,52784E-10
$R^2$	0,495183245			

%95 güven düzeyinde OLS tahmincisi

Ayrıca  $R^2$ 'nin güç kanunu dağılımında üstel dağılıma göre daha yüksek olması nedeniyle, ampirik sonuçların çıktının güç kanunu dağılımını reddedilemeyeceğini ve ilave olarak dağılımın üstelinin ikiden daha düşük, yani kritik rejim için karakteristik olduğu varsayımının reddedilemeyeceğini göstermektedir. Bu kritik halde istihdam büyüme oranlarının korelasyonları, dalgalanmalarının tüm boyutlarda gözlemlenebildiğini vermekte ve sistemin evrimleşmesi büyük negatif ve pozitif istihdam çıktıları yoluyla gerçekleşmektedir. Yani imalat sanayi işgücü piyasasının 2000–2014 döneminde yapısal geçiş durumunda olduğu söylenebilir.

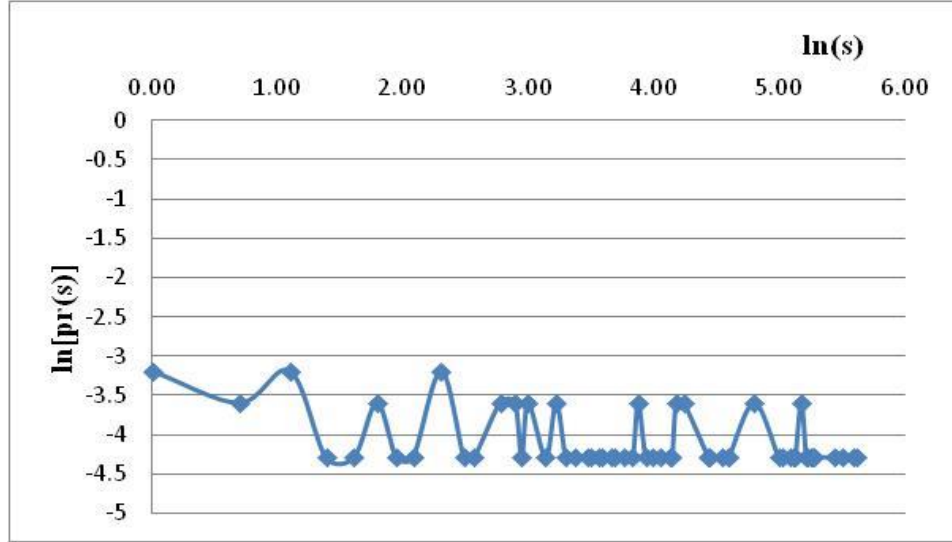
#### 6.4.2.2 Satışların Büyüme Dinamikleri

İmalat sanayi firmalarının satış büyüme oranlarının ortalamasına bakıldığında, çalışan sayısı büyüme oranının gelişiminin aksine 2000–2014 yılları arasında satış büyüme oranının genellikle düşme eğiliminde olduğu görülmektedir. Özellikle satış büyüme oranı 2008–2009 döneminde en düşük noktasına ulaşmıştır (Şekil 32).



**Şekil 32: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Satışlarının Ortalama Büyüme Oranları**

Firmaların satışlarının büyümesinde k-kümeleme yöntemine göre 73 küme belirlenmiştir. Belirlenen firma büyüme rejimi kümeleri büyüklüğüne  $[\ln(s)]$  göre küme olasılığının  $\{\ln[pr(s)]\}$  dağılımı Şekil 33’de verilmektedir. En büyük küme 272’dir ( $e^{5.61}$ ). Bu durum aynı büyüme rejimine sahip firma sayısının maksimum 272 olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, satışların büyüme dağılımının güç kanunu gösterdiği durumda maksimum 272 firma aynı “çığ” içinde bulunmaktadır.



**Şekil 33: Firmaların Satış Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı**

Üstel dağılıma göre  $R^2$  0,10 çıkmıştır.  $\alpha$  değerini veren C(2) katsayısı ise 0,001 çok düşük düzeydedir. Katsayı %95 güven düzeyinde ( $-1,96_t > -2,46_t$ ) anlamlı olmasına karşın %99 düzeyinde ( $-2,58_t < -2,46_t$ ) anlamsızdır (Tablo 17).

**Tablo 17: Firmaların Satış Büyüme Kümelerinin Üstel Dağılımı**

	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
C(1)	-3,97850	0,065237	-60,9854	1,74E-51
C(2)	-0,00145	0,000585	-2,46976	0,016712
$R^2$	0,101493			

%95 güven düzeyinde OLS tahmincisi

Tablo 18'deki güç kanunu dağılımı ilişkisi sonuçlarına göre  $R^2$ 'nin değeri 0,21 olup, C(1) ve C(2) parametreleri %95 anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklıdır.  $\alpha$  değerini gösteren C(2) değeri -0,12 olup, katsayısı 2'den küçüktür, bu güç kanunu dağılımı için kritik eşiktir.

**Tablo 18: Firmaların Satış Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı**

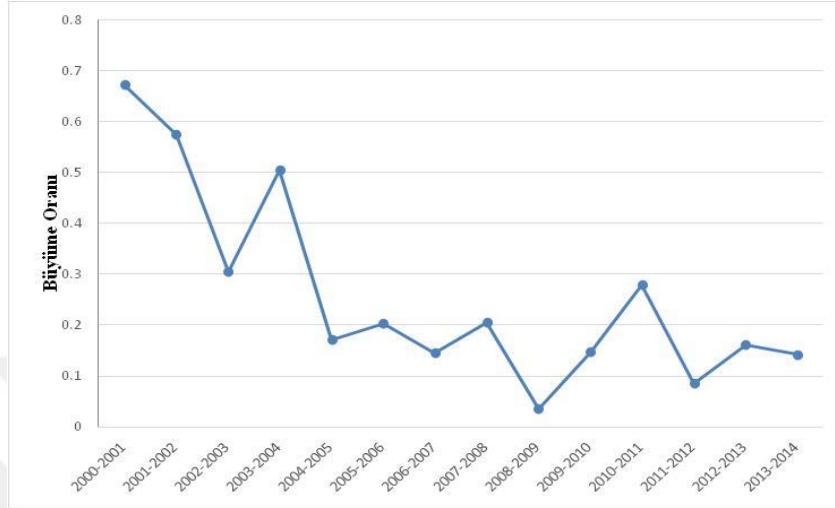
	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
C(1)	-3,64467	0,125879044	-28,9537	1,44E-34
C(2)	-0,12	0,031585002	-3,79933	0,00037
$R^2$	0,210929			

%95 güven düzeyinde OLS tahmincisi

Üstel dağılıma göre güç kanunu dağılımı sonuçlarının daha yüksek ve anlamlı çıkması ve tüm veriler birlikte sistemin kritik rejimde olduğu hipotezi ret edilememektedir.

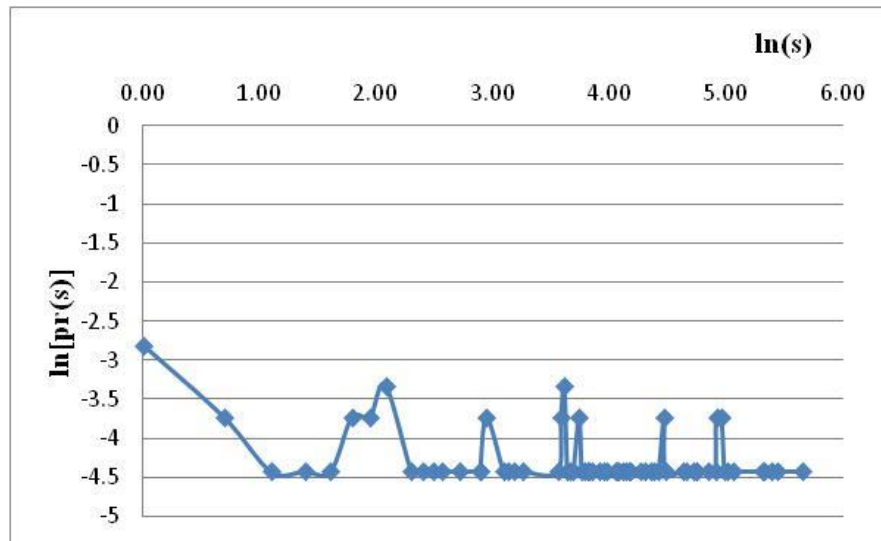
### 6.4.2.3. Aktif Büyüme Dinamikleri

Satışlara benzer şekilde analizde yer alan imalat sanayi firmalarının 2000–2014 döneminde aktif büyüklüklerinin ortalama büyüme oranları da düşüş trendine sahip olup, en düşük değere 2008–2009 arasında ulaşmıştır (Şekil 34).



**Şekil 34: 2000-2014 Yılları Arasında İmalat Sanayi Firmalarının Aktiflerinin Ortalama Büyüme Oranları**

K-ortalamar kümeleme yöntemine göre 2000-2014 yılları arasında toplam 83 küme belirlenmiştir. Söz konusu kümelerin küme büyüklüğüne  $\{\ln(s), \ln[pr(s)]\}$  göre kümelerin logaritmik uzayda dağılımı Şekil 35’de verilmektedir. Buna göre maksimum küme büyüklüğü 283’dür ( $e^{5,64}$ ). Bunun anlamı k-ortalamar yöntemine göre büyüme rejimleri kümelerinde 366 firmadan 283’nün aynı çığ durumunu içerdiğini göstermektedir.



**Şekil 35: Firmaların Aktif Toplamı Büyüme Kümelerinin Ampirik Dağılımı**

Tablo 19'dan C(2) katsayısının %95 güven düzeyinde sıfırdan anlamlı olarak farklı olmadığı ( $-1,96_t < -1,82_t$ ), ancak %90 düzeyinde sıfırdan farklı olduğu ( $-1,64_t > -1,82_t$ ) görülmektedir. Böylece üstel dağılım katsayısının %95 güven düzeyinde sıfırdan farklı olduğu kabul edilememektedir.

**Tablo 19: Firmaların Aktif Büyüme Kümelerinin Üstel Dağılımı**

	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
C(1)	-4,18145	0,062768	-66,6173	7,75E-61
C(2)	-0,00123	0,000677	-1,82284	0,072999
R <sup>2</sup>	0,049355			

%95 güven düzeyinde OLS tahmincisi

Kümelerin güç kanunu dağılımı gösterip göstermediğine bakıldığında, R<sup>2</sup> değeri 0,16 ve  $\alpha$  değeri 0,11 bulunmuştur. Tablo 20'de verilen katsayılar anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklıdır.

**Tablo 20: Firmaların Aktif Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı**

	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
C(1)	-3,834572728	0,128280498	-29,89209411	2,58513E-39
C(2)	-0,11617678	0,032834106	-3,538295774	0,000755788
R <sup>2</sup>	0,163612294			

%95 güven düzeyinde OLS tahmincisi

Firmaların aktif büyüme kümelerinin üstel ve güç kanunu dağılımı uyumundan sağlanan R<sup>2</sup> değeri karşılaştırıldığında, güç kanunun daha iyi uyum sağladığı görülmektedir. Ayrıca C(2) güç kanunu dağılımı katsayısının değerinin negatif ve mutlak değerinin 2'den küçük olması sonucunda sistemin kritik rejim olmadığı hipotezi reddedilememektedir.

#### 6.4.2.4. Genel Değerlendirme

K-ortalamlar yöntemi ile oluşturulan kümeleri kullanarak yapılan tahminlerin üstel dağılıma göre güç kanununa daha iyi uyduğu saptanmıştır (Tablo 21). Tüm ölçeklerde R<sup>2</sup> değerleri güç kanununda daha yüksektir. Dolayısıyla imalat sanayi işgücü piyasası gelişiminde KKOK durumunu test etmede k-ortalamlar yöntemi anlamlı sonuçlar sağlamıştır.

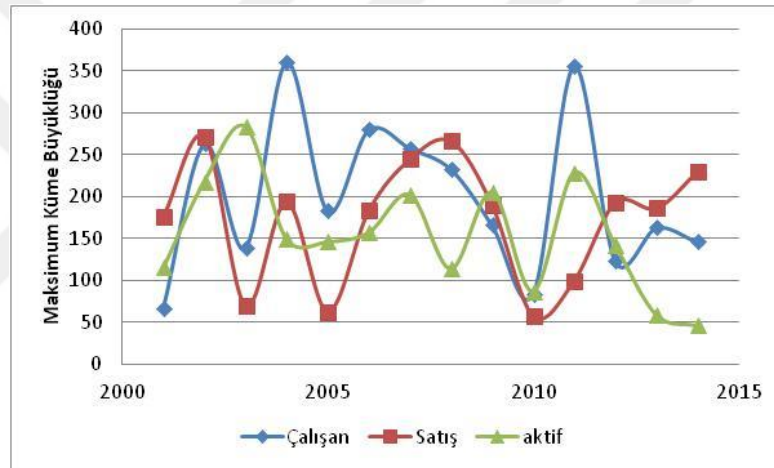
**Tablo 21: Kümelerin Dağılım Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi**

Ölçek	Katsayı		R <sup>2</sup>		Küme Sayısı	Maksimum Küme Büyüklüğü
	Güç Kanunu	Üstel Dağılım	Güç Kanunu	Üstel Dağılım		
Çalışan Sayısı	-0.27787	-0.00235	0.495183	0.149535	98	361
Satışlar	-0,12000	-0,00145	0,210929	0,101493	73	272
Aktif Toplamı	-0,11617	-0,00123	0,163610	0,049350	83	283

Sonuç olarak;

- a) Yöntem çığların güç kanunu dağılımını desteklemektedir.
- b) Katsayı değeri 2'den küçüktür ( $\alpha < 2$ ), bu KKOK durumu olduğunun göstergesidir (kapalı bir sistem göz önüne alındığında) ve böylece firmalar arasında birbirine bağımlılık vardır.

İncelenen yıllarda kümelerin yapısına bakıldığında, en büyük çığ yılları en büyük kümelerin oluştuğu yıllardır. Çalışan sayısı büyüme oranlarına göre, 2004, 2006 ve 2011 yıllarında en büyük kümeler görülmüştür. Diğer ölçütlere bakıldığında satışlardaki büyüme oranların 2002, 2007 ve 2008 yıllarında, aktif toplamı büyüme oranlarında ise 2002, 2003 ve 2011 yıllarında en büyük kümeler mevcuttur (Şekil 36). Ayrıca Şekil 36'dan en büyük kümenin takip eden yıl azaldığı görülmektedir.



**Şekil 36: Ölçeklere Göre Maksimum Küme Büyüklüğünün Gelişimi**

Bu büyüklükler imalat sanayi sektöründe gözlemlenen negatif şokları açıklamak için yeterlidir. Maksimum küme sayısı, büyüme rejimi kümeleri aynı olan maksimum firma sayısını vermektedir. Yani güç kanununda 366 firmadan maksimum çalışan sayısında 361 firma, satışlarda 272 firma ve aktif toplamında 283 firma aynı çığı (pozitif ya da negatif) içermektedir. Geniş küme, bu kümedeki firmaların bütün firmalarla oldukça yüksek bağlantısı olduğu biçiminde yorumlanabilecektir.

Üstel dağılımın kısa vadeli korelasyonu, güç kanunu dağılımının ise uzun vadeli korelasyon potansiyelini gösterdiği dikkate alındığında (Reggiani ve diğ. 2006), tüm ölçeklere göre bulunan sonuçlarda kümelerin (çığların) güç kanunu dağılımı gösterdiğinin kabul edilmesi, imalat sanayi firmalarının uzun vadeli korelasyonlarla birbirini etkilediği KKOK durumunun varlığı hipotezinin reddedilemeyeceğini ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmadaki çalışan sayısı bulguları Andergassen, Reggiani ve Nijkamp (2004) Hollanda gayrimenkul firmaları için ulaştığı sonuçlarla uyumludur. Ancak Hollanda gayrimenkul firmalarının çalışan sayısı  $\alpha$  değeri 2'nin altında 1,03 çıkarken, Türkiye imalat sanayi firmalarının çalışan sayısı  $\alpha$  değeri de 2'nin altında olmasına karşın daha da düşük -0.28 çıkmıştır. Önemli fark güç kanunu ilişkisine yönelik  $R^2$  Türkiye imalat sanayi firmaları için 0,49 bulunurken, Hollanda gayrimenkul firmaları için 0,76 bulunmuştur.

Yönteme ilişkin değerlendirme yapıldığında, sadece k-ortalamlar kümeleme yöntemine göre uygulama yapılmıştır. Ancak literatürde mevcut en yakın komşuluk (k-nearest neighborhood) diğer kümeleme yöntemlerine göre de analizlerin tekrarlanmasında fayda vardır. Ayrıca kümeleme analizinde farklı türdeki veriler için küme sayısının belirlenmesi için geliştirilen yöntemlerin hiç biri güç kanunu verilerine göre dizayn edilmemiştir. Çalışmada elde edilen maksimum küme büyüklükleri firmalar arasındaki gerçek bağlantılardan kaynaklanıyor olabileceği gibi, uygulanan kümeleme yönteminin güç kanunu gösteren verilere küme belirlenmesine uygun olmamasından dolayı yüksek küme sayısı da çıkmış olma olasılığı da bulunmaktadır. Bu nedenle güç kanunu gösteren veride küme sayısı ve dolayısıyla küme büyüklüğünü belirleme zorluğu nedeniyle kümeleme çalışması yapmanın temel uğraş (Fan, Yiling ve Longbing, 2013) olduğu göz önüne alındığında, optimum küme sayısının belirlenmesi ve çalışmada belirlenen küme sayılarının değişmesi ile farklı sonuçlar elde edilebileceğinin de göz önüne alınması gerekir.

Özellikle üretim faaliyetinde bulunan ve birbirleriyle girdi ve çıktı alışverişinde bulunan imalat sanayi firmaları verileri kullanarak güç kanunu dağılımının varlığı test edilmiştir. Ancak imalat sanayinin içinde faaliyet konusu bir birinden farklı olan sektörler bulunmaktadır. Bu nedenle tüm KKOK çalışması bundan sonrası için, imalat sanayinin bütünü yerine alt sektörler olarak özellikle regülasyonun az olduğu sektörler ile elektrik sektörü gibi regülasyonun çok olduğu sektörler bazında yapılmalıdır.

Konuyla ilgili daha fazla ve daha büyük bir veri seti ile araştırmaya ihtiyaç olduğu kesindir. Özellikle imalat sanayi firmalarında iş gücü piyasasındaki nedensel bağlantılar açısından yapılacak analizler kompleks dinamikler için kullanılan yöntemlerle test edilmelidir.



## 7. SONUÇ

İktisat farklı bilim dallarıyla etkileşim halinde olmuş, özellikle fen bilimlerinden fiziğin etkisi iktisadın gelişim sürecinde kendini göstermiştir. Klasik fiziğe dayalı geleneksel iktisat temsili ajan, homojenlik, rasyonallite, tek denge vb. varsayımlar üzerine kurularak, gerçek hayattan uzak bir hale gelmiştir. Ancak fizikte Newton fiziği yerine, kuantum ve kompleks sistemlere dayalı fiziğin gelişmesine bağlı olarak iktisatta da kompleks sistemleri temel alan kompleksite iktisadı gelişmiştir. Kompleks sistemler teorisi, iktisadın dinamik yaklaşımlar ile güçlendirilmesini ve daha fazla geliştirilmesini sağlayarak, gerçek dünyadaki iktisadi sistemlere yeni bakış açıları getirmiştir. Kompleksite iktisadında, ekonomi çevresi ile sürekli etkileşim halinde olan heterojen ajanların yer aldığı kompleks bir sistem olarak ele alınmış ve evrimsel iktisat öne çıkmıştır. İktisadi sistemleri kontrol etmek, dışsal şoklara ve etkilere verdikleri doğrusal olmayan yanıtı içeren oluşan (emergence) özellikleri belirlemeye yönelik yeni yöntemler doğmuştur. Özellikle kompleks sistemlerin oluşumlarından biri olarak güç kanunları ortaya konmuş, iktisatta finansal verilerde, firmalarda ve iktisadi sistemlere ilişkin çok sayıda alanda güç kanunu inceleyen çalışmalar yapılmıştır.

İktisatta dinamik sistemler analizleri, kompleks davranışsal sistemlerin spontone olarak gelişebildiği, kendilerini kompleks yapı ile karakterize edilen bir duruma doğru organize ettiği ve küçük şokların, bütünü oluşturan unsurlarda zincirleme reaksiyon yaratabildiği Bak ve diğ. (1987) tarafından ortaya konan ölçeksiz dağılımların KKOK durumundan etkilenmiştir. Fiziksel sistemde KKOK modelleri genellikle orman yangınları, depremler, güneş patlamaları, çığlar gibi katastrof olaylarına biyolojik evrim ve diğer pek çok fenomen için uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda KKOK durumu dışsal (yavaş) enerji girdisi ve yapısal değişime ya da çöküntüye neden olacak çığlara öncülük eden mikroskobik evrim/gelişim şeklinde iki sonsuz ayrık zaman skalası tarafından tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, KKOK, mekansal veya zamansal her hangi bir etki olmadan kritik duruma doğru doğal yolla evrilebilen bazı dinamik sistemde görülmektedir. Kompleks sistemde bu tip kritik şoklar küçük birimlerin interaktif davranışlarından ortaya çıkmaktadır.

Ancak bir sistemin kompleks KKOK yapıya sahip olduğunu anlamanın kesin ve tek bir yöntemi bulunmamaktadır. KKOK varlığı genellikle simülasyon deneyleri ile test edilmektedir. Yöntemsel eksikliğe rağmen, KKOK durumunun genellikle kabul edilen özelliği, güç kanunu olarak adlandırılan istatistiksel dağılımın mevcudiyetidir.

Sistemin dengeden uzak olması durumunda kendini düzenleyen olgular ve bir kendini organize eden kritiklik durumu oluşabilmektedir. KKOK kavramına göre, ölçekleme bir sistemin alt birimleri heterojen olduğu ve etkileştiği için ortaya çıkmakta ve bu da herhangi bir çekim noktası olmadan kritik bir duruma yol açmaktadır. Bir güç kanunu oluşumu kendini düzenleyen süreçlerin hareket halinde olduğuna dair bir işaret olarak alınabilmektedir.

Per Bak tarafından ortaya atılan güç kanunu dağılımlarının geldiği yeri açıklamak için muhtemel genelleyici bir mekanizma olarak kendi kendine organize olan kritiklik büyük heyecan yaratmaktadır. KKOK'un kavramın evrimsel sistemlerin incelemesinde yeni bakış açıları sağladığı açıktır. Temelde KKOK uyum sağlayan evrimsel sistemlerin tepe noktası olarak görünmektedir. KKOK, genellikle bir araya gelen şokların sonucu olarak ele alınan kaza ve çığ gibi olguları yakalayıp açıklayabilmesinden dolayı mikroekonomi için kullanışlı bir inceleme aracı gibi gözükmektedir. Ancak genelde KKOK evrimini tahmin etmek mümkün olmamakta; ancak kritik bir son hale doğru sistemlerin meyillerini gösteren bazı özellikleri test edilebilmektedir.

İktisadi sistemde ise, öncelikle güç kanunu dağılımlarını içeren çalışmalar yapılmış olup, KKOK kavramının iktisada uygulanması oldukça yenidir. Makroekonomik etkilere çok duyarlı olan birbirini etkileyen açık ve karşılıklı bağlantılı birimlerde ortaya çıkan sosyo ekonomik gelişmeler, örneğin iş gücü dinamiklerinin firmalarda verimi, mekansal ekonomide iş gücü piyasası örüntüleri KKOK olgusunu test etmek için kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada iktisatta firma gibi kompleks dinamik sistemlerin kendi kendine organize olan kritiklik özelliği gösterip göstermediğinin saptanması için, kompleks sistem davranışlarını belirleyen evrensel kanunlar olarak nitelenen ölçeksizlik ve güç kanunlarının firma dağılımlarının temel özelliklerini veren çalışılabilir bir yöntem olup olmadığı belirlenerek, firma dinamiklerinin KKOK durumu sergileyip sergilemedikleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Ekonominin gerçek anlamda üretken,

istihdam yaratan reel kesimi olan imalat sanayi firmaları ile son yıllarda üzerinde yoğun olarak çalışılmaya başlayan iktisat ve fizik bilimlerinin etkileşimi sonucu ortaya çıkan kompleksite / istatistiksel fizik alanı çerçevesinde ampirik analizler yapılmıştır.

Bu çerçevede firmaların kompleks yapı sergileme açısından, öncelikle Türkiye imalat sanayi firmalarının büyüklük dağılımının güç kanunu dağılımı sergileyip sergilemediği araştırılmış ve Türkiye’de 2000 - 2014 yılları arasındaki dönem için imalat sanayi firmalarının çalışan sayısında yaklaşık %6,5’luk, satışlarda %4’lük ve aktif toplamında %7’lik üst kesiminin dağılımının güç kanunu dağılımı izlediği bulunmuştur. Çalışmanın bulguları genel olarak imalat sanayi firmalarının güç kanunu kompleks özelliği taşıdığını doğrulamıştır.

Çalışmada 2000’den 2014’e kadar olan yıllar arasındaki dönem için Türkiye’de imalat sanayi firmalarının çalışan sayısı, satışlar ve aktif toplamı büyüklüklerinin “güç kanunu” istatistiksel dağılımı göstermesi, evrimsel büyüme dinamikleri ile ilgili olarak, KKOK varlığı ile birlikte anılmaktadır. Bu nedenle imalat sanayi firma dinamiklerinin kompleks bir yapı olarak KKOK niteliği taşıdığı hipotezinden hareketle, imalat sanayi firmaları için oluşturulan büyüme dinamikleri ile sınımlar yapılmıştır. Bu amaçla KKOK varlığını saptamak için istatistiksel veri kümelemesi yöntemlerinin küme çığının ampirik dağılımı üzerine etkisi incelenmiştir. İmalat sanayi firmalarının k-ortalamlar kümeleme yöntemi ile oluşturulan büyüme kümelerinde güç kanunu dağılımının varlığı test edilerek, kümelerin dağılımlarının güç kanununa uyduğu ve böylece imalat sanayi firmalarının kendi kendine organize olan kritiklik durumunda olduğu hipotezinin ret edilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Çekiciliğine rağmen kompleksite teorisinin KKOK’in iktisat bilimine uygulanması hala emekleme çağındadır ve bazı araştırmacılar beklentilerin fazla yüksek olduğunu düşünmektedir. Her ne kadar birçok ekonomik süreç basit, doğrusal olmayan sistemler tarafından oluşturulmuş örüntülere benzetilse de, bu durum söz konusu olguların kolaylıkla modellenip öngörebileceği anlamına gelmemektedir.

Öncelikle firma gibi ekonomik bir organizasyonun neden kritik bir hale evrilebileceğinin sebeplerinin açıklanması gerekmektedir. Firmalar iç ve dış ekonomik, yasal ve sosyal baskılar sebebiyle zaman içinde evrilmektedir. Firmalar organizasyonları içinde alınan kararlar birçok etmen arasındaki kompleks

etkileşimlerden doğmakta, yönetime veya başka bir konuya ilişkin büyük olaylar birbirini tetikleyebilmekte, firmalarda görülen kriz/çöküş bu firmalarla ilişkili diğer firmalara yansiyabilmekte, coğrafi kümelenme, firmalarda uzmanlaşma, özel bilginin toplanmasına, teknoloji için işbirliği, ekonomik ve sosyal sistemlerde ağ süreçlerine imkan tanıyarak firmalar arasında yoğun düzeyde karşılıklı etkileşim üretmektedir. Bununla beraber firmanın kendini düzenleyen kritik hale evrilmesi için firmanın kendisini kritik kılan özel parametre değerlerini içsel olarak seçebilme kabiliyetine ve bu hali uzatan bir mekanizmaya sahip olması gerekmektedir.

Modeller bir güç kanunu dağılımıyla nitelendirilebilecek yeniden organize olmayı katalize etmek için belirli içsel ve sabit parametre değerleri gerektirmektedir. Ancak modelin ötesine gidildiğinde ortaya kendini düzenleyen kritikliğe işaret eden bir takım ilave etmenler çıkmaktadır. İlk olarak rekabetçi piyasa güçleri imalat sanayinin kendini düzenleyen kritikliğe ilişkin olarak azami verim noktasına taşıyabilmektedir. Her ne kadar kendini düzenleyen kritik halde bulunan bir sisteme bağlı dinamikleri oluşturmak için yeterli olmasa da Kızıl Kraliçe ilkesi imalat sanayinin neden bir kez kendini düzenleyen kritik hale eriştikten sonra burada uzun bir süre kalabileceğini açıklamaktadır. Her şeye rağmen, bu mekanizmaların firmalarda ne düzeyde olup, kendini düzenleyen kritikliği ne kadar sağladığı garanti değildir.

Firmaların dinamikleri, hem bireysel ajanların mikro davranışları hem de davranışlarındaki kompleks birliktelikten kaynaklanan makro bakış açısı ışığında yorumlanmalıdır. Ekonomide firmalar ve sektörler için KKOK konusunu ele alacak olursak, daha az denetlenen bir sektörünün, muhtemelen daha yüksek derecede kendi kendini düzenleme göstereceği, katı bir biçimde düzenlenen sektörün, daha düşük derecede kendi kendini düzenleme göstereceği sonucu çıkarılabilecektir.

Tüm bu açıklamaların sonucu olarak, endüstri ülkelerinde firmaların, kendi kendine organize olan sistemlerin özelliklerini sergilemesi muhtemeldir. Bu, çok az sayıda büyük firmaların, çok sayıda küçük firmalar ile bir arada olduğu anlamına gelmektedir. Firmaların kendi kendine organize olması çok sayıda değişkenler arasındaki karşılıklı nedensellik sonucu kompleks bir ilişkiler ağı olmasındandır. Bu nedenle kompleksite unsuru olarak firmaların büyümesi ve büyüklük dağılımları önem arz etmektedir.

İktisatta fiziğe ait kavram ve teoriler olmasına karşın, insan unsuru içeren iktisadın fizikten ibaret olmadığı, fiziğe ait kavram ve yöntemlerle tamamıyla çözülemeyeceği düşüncesiyle, hangi bağlantıların kritik davranışa olanak sağlayabildiği ve daha da önemlisi, bu tip ağlarla desteklenen kritikliğin içsel olarak yükselip yükselemeyeceği, sosyal ağların sabit olmadığı, fakat ajanın kendi kararı tarafından etkilenecek şekilde birlikte evrim (co-evolve) belkide bağlantılı ajanların denge seçimlerinin etkisine odaklanan evrimsel oyun teorisindeki gelişmelere yönelmesi gerekecektir. Bu önemli konudaki çalışmalar gelecekteki araştırmalara kalmıştır.

Bu çalışma firma büyüme dinamiklerini KKOK olarak ele alınıp incelenmesi açısından önem taşımaktadır. KKOK analizi, firma büyümesini kompleks bir sistem olarak ele alıp analiz etme olanağı sağlamıştır. Firmalar KKOK özelliği gösterse de, firma dinamikleri için KKOK'ın ne kadar uygun olduğu tartışmalıdır. KKOK için farklı kümeleme yöntemlerinin kullanılması ve yeni yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyacı vardır. Daha çok veriyle ve firmaların mekansal/bölgesel konumuna göre analizler yapılmalıdır. Bundan sonraki adım imalat sanayi alt sektörleri bazında analizler yapılması, düzenlenmiş ve düzenlenmemiş sektörlerdeki KKOK süreçlerinin gelişiminin saptanması, böylece kendi kendini organize eden sektörlerin ekonomik açıdan en verimli sektörler olup olmadığının belirlenmesi olmalıdır.

## KAYNAKÇA

- Abbasi, Maisam. 2008. Perspectives of Complexity and Intelligence on Logistics and Supply Chain Management. Master Thesis, University of Borås. [http://bada.hb.se/bitstream/2320/4027/1/Maisam\\_Abbasi.pdf](http://bada.hb.se/bitstream/2320/4027/1/Maisam_Abbasi.pdf) [20.02.2013].
- Adamic, Lada A. 2000. Zipf, Power-laws, and Pareto - a Ranking Tutorial. HP Labs. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D471C1459E79C3464F7E58F9118DABAC?doi=10.1.1.221.8427&rep=rep1&type=pdf> [01.08.2005].
- Agliardi, Elettra. 1998. **Positive Feedback Economies**. London. MacMillan.
- Albin, Peter S. 1998. **Barriers and Bounds to Rationality: Essays on Economic Complexity and Dynamics in Interactive Systems**. Princeton. Princeton University Press.
- Amagoh, Francis. 2008. Perspectives on Organizational Change: Systems and Complexity Theories. **The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal**. 13(3). 1-14.
- Amaral, Luis A. Nunes, Sergev V. Buldyrev, Shlomo Havlin, Heiko Leschhorn, Philipp Maas, Michael A. Salinger, H. Eugene Stanley, Michael H.R. Stanley. 1997. Scaling Behavior in Economics: I. Empirical Results for Company Growth. **Journal de Physique**. 7. 621-633.
- Ameen, Masood, Mini Jacob. 2009. Complexity in Projects A Study of Practitioners' Understanding of Complexity in Relation to Existing Theoretical Models. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:158819/fulltext01.pdf> [12.12.2014].
- Andergassen, Rainer, Peter Nijkamp, Aura Reggiani. 2003. Analysis of Regional Labour Market Dynamics: In Search of Indications for Self-organised Criticality. **Journal of Geographical Systems**. 5(3). 275-290.
- Andergassen, Rainer, Aura Reggiani, Peter Nijkamp. 2004. Firm Dynamics and Self-organised Criticality. **Entrepreneurship and Regional Economic Development: A Spatial Perspective**, Editors: Henri L. F. De Groot, Peter Nijkamp, Roger R. Strough. Edward Elgar Pub. 292-313.
- Andergassen, Rainer, Franco Nardini, Massimo Ricottilli. 2003. Innovation Waves, Self-organised Criticality and Technological Convergence. <http://amsacta.unibo.it/4825/1/469.pdf> [23.02.2014].

- Andriani, Pierpaolo, Bill McKelvey. 2009. From Gaussian to Paretian Thinking: Causes and Implications of Power Laws in Organizations. **Organizational Science**. 20(6). 1053-1071.
- Andriani, Pierpaolo, Bill McKelvey. 2011. From Skew Distributions to Power-law Science. **The Sage Handbook of Complexity and Management**. Editors: Peter Allen, Steve Maguire, Bill McKelvey. London. Sage Publication. 254-273.
- Aoyama, Hideaki, Yoshi Fujiwara, Wataru Souma. 2004. Kinematics and Dynamics of Pareto-Zipf's Law and Gibrat's Law. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**. 344(1). 117-121.
- Arthur, W. Brian. 1994. **Increasing Returns and Path Dependency in the Economy**. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Arthur, W. Brian. 1999. Complexity and the Economy. **Science**. 284. 107-109. [http://tuvalu.santafe.edu/~wbarthur/Papers/EconandComplex\\_Web.pdf](http://tuvalu.santafe.edu/~wbarthur/Papers/EconandComplex_Web.pdf) [24.09.2014].
- Arthur, W. Brian, Steven N. Durlauf, David Lane. 1997. **The Economy as an Evolving Complex System II**. Santa Fe Institute Series. Reading MA. Addison-Wesley.
- Aschwanden, Marcus. 2011. **Self-organized Criticality in Astrophysics. The Statistics of Nonlinear Processes in the Universe**. New York. Springer-Praxis.
- Aschwanden, Marcus. 2013. Theoretical Models of SOC Systems, **Self-Organized Criticality Systems**, Editor: Marcus Aschwanden. Berlin, Warsaw. Open Academic Press. 23-72.
- Aschwanden, Marcus, Norma B. Crosby, Michaila Dimitropoulou, Manolis K. Georgoulis, Stefan Hergarten, James McAteer, Alexander V. Milovanov, Shin Mineshige, Laura Morales, Naoto Nishizuka, Gunnar Pruessner, Raul Sanchez, A. Surja Sharma, Antoine Strugarek, Vadim Uritsky. 2016. 25 Years of Self-Organized Criticality: Solar and Astrophysics. **Space Science Review**. 198(1). 47-166.
- Axtell, Robert L. 1999. The Emergence of Firms in a Population of Agents: Local Increasing Returns, Unstable Nash Equilibria, and Power Law Size Distributions. <http://www.brookings.edu/~media/research/files/reports/1999/6/technology-axtell/firms.pdf> [23.02.2015].
- Axtell, Robert L. 2001. Zipf Distribution of U.S. Firm Sizes, **Science**. 293. 1818-1820.
- Axelrod, Robert. Michael Cohen. 2000. **Harnessing Complexity: Organizational Implications of a Scientific Frontier**. New York. Free Press.
- Auerbach, Felix. 1913. Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration. **Petermanns Geographische Mitteilungen**. 59. 74-76.

- Bak, Per. 1996. **How Nature Works: The Science of Self-organized Criticality**, New York. Copernicus.
- Bak, Per, Chao Tang, Kurt Wiesenfeld. 1987. Self-organized Criticality – An Explanation of 1/f Noise. **Physical Review Letters**. 59(27). 381-384.
- Bak, Per, Kan Chen. 1991. Self-organized Criticality. **Scientific American**. 246. 46–53.
- Bak, Per, Kan Chen, Jose A. Sheinkman, Michael Woodford. 1992. Self Organized Criticality and Fluctuations in Economics, <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/92-04-018.pdf> [23.08.2014].
- Bak, Per, Kan Chen, Jose A. Sheinkman, Michael Woodford. 1993. Aggregate Fluctuations From Independent Shocks: Self-organized Criticality in a Model of Production and Inventory Dynamics. **Ricerche Economiche**. 47. 3–30.
- Bak Per, Maya Paczuski, Martin Shubik. 1997. Price Variations in a Stock Market with Many Agents. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**. 246(3). 430-453.
- Bartolozzi, Marco, Derek B. Leinweber, Arthur W. Thomas. 2005. Self-organized Criticality and Stock Market Dynamics: an Empirical Study. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**. 350(2-4). 451-465.
- Baum, Leonard E., Bill McKelvey. 2006. Analysis of Extremes in Management Studies, in Research Methodology in Strategy and Management. Editors: David J.Ketchen, Donald D. Bergh. **Research Methodology in Strategy and Management**, Volume 3) Emerald Group Publishing Limited, 123-196.
- Beinhocker, Eric D. 2006. **Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics**. Harvard Business Review Press.
- Bolliger, Janine. 2002. “A Case Study For Self-organized Criticality and Complexity in Forest Landscape Ecology”, Swiss Federal Research Institute, <http://sprott.physics.wisc.edu/pubs/paper268/paper268.pdf> [11.09.2014].
- Bottazzi, Giulio, Angelo Secchi. 2003. A Stochastic Model of Firm Growth. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**. 324(1). 213-219.
- Bottazzi, Giulio, Angelo Secchi. 2006. Explaining the Distribution of Firms Growth Rates. **Rand Journal of Economics**. 37. 234-263.
- Bottazzi, Giulio, Elena Cefis, Giovanni Dosi, Angelo Secchi. 2007. Invariances and Diversities in the Patterns of Industrial Evolution: Some Evidence from Italian Manufacturing Industries. **Small Business Economics**. 29(1). 137-159.
- Bottazzi, Giulio, Alex Coad, Nadia Jacoby, Angelo Secchi. 2011. Corporate Growth and Industrial Dynamics: Evidence from French Manufacturing. **Applied Economics**. 43(1). 103-116.



- Brown, Shona L., Kathleen M. Eisenhardt. 1997. The Art of Continuous Change: Linking Complexity Theory and Time-paced Evolution in Relentlessly Shifting Organizations, **Administrative Science Quarterly**. 42. 1-34 (Aktaran, Levy, David L., 2000).
- Buendia, Fernando. 2013. Self-organizing Market Structures, System Dynamics, and Urn Theory, **Complexity**. 18(4). 28-40.
- Carreras, Benjamin A., David E. Newman, Ian Dobson. 2004. Evidence for Self-organized Criticality in a Time Series of Electric Power System Blackouts, **IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers**. 51(9). 1733-1740.
- Carrizosa, Mercedes Teruel 2007. Firm Growth, Persistence and Multiplicity of Equilibria: An Analysis of Spanish Manufacturing and Service Industries. PhD Dissertation. Universitat Rovira i Virgili. <http://www.tdx.cat/handle/10803/8447> [03.04.2013].
- Carter, Tom. 2007. Entropy, Power Laws, and Economics, Complex Systems Summer School, Santa Fe, <https://csustan.csustan.edu/~tom/Lecture-Notes/Econ101/econ101.pdf> [7.8.2013].
- Carroll, Lewis. 1960. **The Annotated Alice: Alice's Adventures in Wonderland and Through the Looking Glass**, New York: New American Library.
- Cederman, Lars Erik. 2003. Modeling the Size of Wars, From Billiard Balls to Sandpiles. **The American Political Science Review**. 97(1). 135-150.
- Champernowne, David Gawen. 1937. **The Distribution of Income between Persons**. Cambridge. Cambridge University Press.
- Charbonneau, Paul, Scott W. McIntosh, Han Li Liu, Thomas Bogdan, 2001. Avalanche Models for Solar Ares. **Solar Physics**. 203, 321-353.
- Charrad, Malika, Nadia Ghazzali, Veronique Boiteau, Azam Niknafs. 2014. NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. **Journal of Statistical Software**. 61(6). 1-36.
- Clauset A. Aron, Cosma Rohilla Shalizi, Mark E.J. Newman. 2009. Power-law Distributions in Empirical Data. <https://arxiv.org/pdf/0706.1062.pdf> [22.6.2016].
- Coad, Alex. 2011. Firms as Bundles of Discrete Resources – Towards an Explanation of the Exponential Distribution of Firm Growth Rates, [http://eaepe.econ.tuwien.ac.at/pepe/papers/coad\\_2011.pdf](http://eaepe.econ.tuwien.ac.at/pepe/papers/coad_2011.pdf) [16.2.2015].
- Colander, David A. 2000. **The Complexity Vision and Teaching of Economics**. Cheltenham: Edward Elgar.
- Colander, David. 2008. Complexity and the History of Economic Thought. Middlebury College Economics Discussion Paper No. 08-04, <http://sandcat.middlebury.edu/econ/repec/mdl/ancoec/0804.pdf> [9.10.2013].

- Colander, David, Richard P. F. Holt, Barkley Jr. Rosser. 2004. The Changing Face of Mainstream Economics. **Review of Political Economy**. 16(4). 485–499.
- Couture, Mario. 2007. Complexity and Chaos - State-of-the-art; Overview of Theoretical Concepts, <http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc63/p527985.pdf> [17.11.2013].
- Crosby, Norma B.. 2013. Introduction. **Self-Organized Criticality Systems**, Editor: Markus Josef Aschwanden. Berlin. Open Academic Press, 1-21.
- Çamlıbel, Diker, Nazire. 2003. Belirsizlik Ortamında Planlama Düşüncesi “Sinerjetik Toplum-Sinerjetik Yönetim ve Sinerjist Planlama Modeli. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi,.
- Çelik, Serra. 2016. R ile Hiyerarşik Kümeleme. <http://serracelik.com/2016/02/22/159/>. [05.05.2016].
- Daly, Herman E. 1993. The Perils of Free Trade. **Scientific American**. 269, 50-57.
- Davis, Clinton. 2008. Stairway to Self-organized Criticality: SOC on a Slope Using Relative Critical Heights. **American Journal of Undergraduate Research**, 6(4). 13-23.
- Davidsson, Per, Leona Achtenhagen, Lucia Naldi. 2005. Research on Small Firm Growth: A Review, [http://eprints.qut.edu.au/2072/1/EISB\\_version\\_Research\\_on\\_small\\_firm\\_growth.pdf](http://eprints.qut.edu.au/2072/1/EISB_version_Research_on_small_firm_growth.pdf) [25.11.2015].
- Dixon, Robert Livingston. 1953. Creep. **Journal of Accountancy**. 48-55.
- Drossel, Barbara, Franz Schwabl. 1992. Self-organized Critical Forest-Fire Model. **Physical Review Letter**. 69(11). 1629-1632.
- Durlauf, Steven. 2005. Complexity and Empirical Economics. **The Economic Journal**. 115(504). F225-F243.
- Edmonds, Bruce. 1999. Syntactic Measures of Complexity. PhD. Dissertation. University of Manchester.
- Erdem, İsa. 2006. Spin-1/2 Ising Modelinin Creutz “Cellular Automaton” Programının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. <http://kutuphane.pamukkale.edu.tr/katalog/0034565.pdf> [9.11.2014].
- Esade, Max Boisot, Bill McKelvey. 2010. Integrating Modernist And Postmodernist Perspectives On Organizations: A Complexity Science Bridge. **Academy of Management Review**. 35(3). 415–433.
- Eser, Rüya, Davletkan Toigonbaeva. 2011. Psikoloji ve İktisadın Birleşimi Olarak, Davranışsal İktisat, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, 6(1), 287-321.

- Fan, Xuhui, Zeng Yiling, Cao Longbing .2013. Non-parametric Power-Law Data Clustering. <https://arxiv.org/abs/1306.3003> [2.3.2016].
- Farmer, J. Doyne, Fabrizio Lillo. 2004. On the Origin of Power Law Tails in Price Fuctuations, **Quantitative Finance** 4(1). 7–11.
- Farmer, J. Doyne, John Geanakoplos. 2008. Power Laws in Economics and Elsewhere. <http://tuvalu.santafe.edu/~jdf/papers/powerlaw3.pdf> [13.1.2015].
- Foster, John. 1997. The Analytical Foundations of Evolutionary Economics: From Biological Analogy to Economic Self-organization. **Structural Change and Economic Dynamics**. 8(4). 427–451.
- Foster, John. 2000. Competitive Selection, Self-organization, and Joseph A. Schumpeter. **Journal of Evolutionary Economics**. 10. 311-328.
- Foster, John. 2005. From Simplistic to Complex Systems in Economics. **Cambridge Journal of Economics**. 29. 873–892.
- Freiling, Jörg. 2004. A Competence-based Theory of the Firm, **Management Revue**, 15(1). 27-52.
- Fredendall, Lawrence D., T.J. Gabriel. 2003. Manufacturing Complexity: A Quantitative Measure. <http://www.pomsmeetings.org/ConfProceedings/001/Papers/JIT-01.4.pdf> [16.8.2015].
- Fu, Dongfeng, Fabio Pammolli, S.V. Buldyrev, Massimo Riccaboni, Kaushik Matia, Kazuko Yamasaki, H. Eugene Stanley. 2005. The Growth of Business Firms: Theoretical Framework and Empirical Evidence. **PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences**. 102(52). 18801-18806.
- Fujimoto, Shouji, Atushi Ishikawa, Takayuki Mizuno, Tsutomu Watanabe. 2011. A New Method for Measuring Tail Exponents of Firm Size Distributions, *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 5(20).1-20. <http://dx.doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2011-20> [23.4.2016].
- Fujiwara, Yoshi. 2003. Zipf Law in Firms Bankruptcy. <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0310062v1.pdf> [14.9.2015].
- Fujiwara, Yoshi, C. Di Guilmi, Hideaki Aoyama, M. Gallegati, W. Souma. 2004. Do Pareto-Zipf and Gibrat laws hold true? An analysis with European firms, **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**. 335, 197-216.
- Gabaix, Xavier. 2016. Power Laws in Economics: An Introduction, **Journal of Economic Perspectives**,30(1), 185–206.
- Gaffeo, Edoardo, Mauro Gallegati, Antonio Palestrini. 2003. On the Size Distribution of Firms. Additional Evidence from the G7 Countries. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**. 324(1-2). 117-123.
- Gatti, Domenico Delli, Corrado Di Guilmi, Edoardo Gaffeo, Gianfranco Giulioni, Mauro Gallegati, Antonio Palestrini. 2005. A New Approach to Business

- Fluctuations: Heterogeneous Interacting Agents, Scaling Laws and Financial Fragility. **Journal of Economic Behavior and Organization**. 56(4). 489–512.
- Gatti, Domenico Delli, Edoardo Gaffeo, Gianfranco Giulioni, Mauro Gallegati, Alan Kirman, Antonio Palestrini, Alberto Russo. 2007. Complex Dynamics and Empirical Evidence. **Information Sciences**. 177(5). 1204-1221.
- Gell-Mann, Murray. 1994. **The Quark and The Jaguar: Adventures in The Simple and The Complex**. New York: W.H.Freeman.
- Gershenson, Carlos. 2007. Design and Control of Self-organizing Systems. PhD Dissertation. Vrije, Universiteit Brussel. <http://cogprints.org/5442/1/thesis.pdf>. [10.11.2015].
- Gershenson, Carlos, Nelson Fernandez. 2012. Complexity and Information: Measuring Emergence, Self-organization, and Homeostasis at Multiple Scales. **Complexity**. 18(2), 29-44.
- Gibrat, Robert. (1931) "Les Inégalités économiques", Paris, Librairie du Recueil Sirey, France, (published in English as: On Economic Inequalities, **International Economic Papers** 7, 53-70, 1957)
- Gillespie, Colin S. 2016. The PowerLaw Package: Examples. [https://cran.r-project.org/web/packages/powerLaw/vignettes/b\\_powerlaw\\_examples.pdf](https://cran.r-project.org/web/packages/powerLaw/vignettes/b_powerlaw_examples.pdf) [12.7.2016].
- Gintis Herbert. 2006. The Economy as a Complex Adaptive System A Review of The Origins of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics. <http://www.umass.edu/preferen/Class%20Material/Readings%20in%20Market%20Dynamics/Complexity%20Economics.pdf>, [05.11.2015].
- Glenn, Major Kevin B. 2002. “Complex” Targeting: A Complexity-based Theory of Targeting and Its Application to Radical Islamic Terrorism. Graduation Thesis. Faculty of The School of Advanced Airpower Studies. Air University Alabama <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a420704.pdf> [01.04.2015].
- Gürsakar, Necmi. 2010. Kazanan Hepsini Alır. Bursa'daki 250 Büyük Firma Araştırması 2010 Yılı Sonuçları, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası. 62-74. <http://www.ilk250.org.tr/document/2010/makaleler/2%20-%20Prof.%20Dr.%20Necmi%20G%C3%BCrsakar.pdf>. [22.9.2015].
- Hannan, Michael T. 2005. Ecologies of organizations: Diversity and identity. **Journal of Economic Perspectives**, 19(1), 51-70.
- Harris, Roan. 2007. The Institutional Dynamics of Early Modern Eurasian Trade: The Corporation and the Commenda. [http://www.usc.edu/schools/college/crcc/private/ierc/conference\\_registration/papers/Harris\\_final.pdf](http://www.usc.edu/schools/college/crcc/private/ierc/conference_registration/papers/Harris_final.pdf) [12.9.2015].
- Heinrich, Torsten, Shuanping Daib. 2016. Diversity of Firm Sizes, Complexity, and Industry Structure in the Chinese Economy. **Structural Change and Economic Dynamics**. 37(6). 90–106.

- Hill, Richard. 2012. Turn Your Workplace into a Lifeplace, Slayt, Mind Science Institute, <http://slideplayer.com/slide/9438899/> [12.10.2015].
- Hodgson, Geoffrey M., Thorbjørn Knudsen. 2006. Why We Need a Generalized Darwinism, and Why Generalized Darwinism is Not Enough. **Journal of Economic Behavior and Organization**. 61. 1–19.
- Hooft, Gerard't. 2008. **Maddenin Son Yapıtaşları**, Çeviri: Mehmet Koca Nazife Özdeş Koca 9. Baskı TÜBİTAK Yayınları.
- Holland, John H. 2002. Complex Adaptive Systems and Spontaneous Emergence. **Complexity and Industrial Clusters: Dynamics and Models in Theory and Practice**. Editors: Alberto Quadrio Curzio, Marco Fortis,. Heidelberg. Physica-Verlag HD. 24–34.
- Ijiri, Yuji, Herbert A. Simon. 1977. **Skew Distributions and the Sizes of Business Firms**. North Holland. Amsterdam.
- Jensen, Henrik Jeldtoft. 1998. **Self-organized Criticality: Emergent Complex Behavior in Physical and Biological Systems**. Cambridge. Cambridge University Press, (Aktaran: Noell, Christian 2007; Andergassen, Rainer, Aura Reggiani, Peter Nijkamp. 2004)
- James, Gareth, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani. 2013. **An Introduction Istatistical Learning**, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, <http://www-bcf.usc.edu/~gareth/ISL/ISLR%20First%20Printing.pdf>. [12.9.2015]
- Kaizoji, Taisei, Hiroshi Iyetomi, Yuichi Ikeda. 2006. Re-Examination of the Size Distribution of Firms. [http://arxiv.org/PS\\_cache/physics/pdf/0512/0512124v2.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0512/0512124v2.pdf) [5.1.2016].
- Kalecki, Michal. 1945. On the Gibrat Distrubtion. **Econometrica**. 13. 161-170.
- Kauffman, Stuart. A. 1993. **The Origin of Order**. New York: Oxford University Press.
- Khachatryan, Arman. 2003. Theory of the Firm: a Critical Survey. Siena Memos and Papers in Law & Economics (SIMPLE), Working Paper No. 4 February, University of Siena. [http://www.cleis.unisi.it/site/files/004\\_Khachatryan.pdf](http://www.cleis.unisi.it/site/files/004_Khachatryan.pdf) [19.5.2015].
- Khanna, Vikramaditya S. 2005. The Economic History of the Corporate Form in Ancient India <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.796464> [14.03.2014]
- Kırer, Hale. 2011. Türkiye ve Almanya'nın Kişisel Gelir Dağılımına Ekonofizik Yaklaşım. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kirman, Alan P., Massimo Salzona. 2005. Preface. **Economics Complex Windows**. Editors: Massimo Salzona, Alan P. Kirman. Springer-Verlag Italia., 1-xv.

- Koç Oktay, Çağla Yavuz 2011. İnovasyon ve Rekabet Açısından Kızıl Kraliçe Etkisi. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 1(2), 65-78.
- Koivisto, Antti M. Latva. 2001. Finding a Complexity Measure for Business Process Models, Helsinki University of Technology, Systems Analysis Laboratory <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.25.2991&rep=rep1&type=pdf>. [22.4.2015]
- Komulainen, Tiina. 2004. Self-Similarity and Power Laws. **Complex Systems: Science on the Edge of Chaos – Collected Papers of the Spring 2003 Postgraduate Seminar**. Editor: Heikki Hyötyniemi. Helsinki. Helsinki University of Technology. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.122.3189&rep=rep1&type=pdf> [23.2.2016]
- Krugman Paul. 1996. **The Self Organizing Economy**. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Kuhn, John R. Jr. 2009. Theory of Complex Adaptive Inquiring Organizations: Application to Continuous Assurance of Corporate Financial Information. PhD Dissertation. the Department of Management Information Systems in the College of Business at the University of Central Florida. [http://etd.fcla.edu/CF/CFE0002848/Kuhn\\_John\\_R\\_200912\\_PhD.pdf](http://etd.fcla.edu/CF/CFE0002848/Kuhn_John_R_200912_PhD.pdf) [11.12.2014]
- Kunkle, Gary Monroe. 2009. Cluster Requiem and the Rise of Cumulative Growth Theory. PhD Dissertation. The University of North Carolina at Charlotte. [http://libres.uncg.edu/ir/uncc/f/Kunkle\\_unc\\_0694D\\_10069.pdf](http://libres.uncg.edu/ir/uncc/f/Kunkle_unc_0694D_10069.pdf) [15.7.2015]
- Langton, Christopher G. 1989. "Artificial Life", **Artificial Life I**, Editor: Christopher G. Langton. Addison-Wesley. 1-47. (Aktaran, Waldrop, M. Mitchell 1992)
- Langton, Christopher G. 1990. Computation at the Edge of Chaos: Phase Transitions and Emergent Computation, **Physica D**. 42, 12–37.
- Ledenyov, Dimitri O, Ledenyov Viktor O. 2013. On the Theory of Firm in Nonlinear Dynamic Financial and Economic Systems. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1302/1302.6721.pdf> [10.11.2015].
- Lee, Jung Hwan. 1975. An Essay on the Theory of the Firm, [http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/36353/1/2\\_133-153.pdf](http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/36353/1/2_133-153.pdf). [25.12.2015].
- Leong, Bernard. 2003. A Dummies Guide: Cellular Automata and Self-Organized Criticality. [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/artes/2003259\\_2/Cap05/automatas%20celulares/CELLTALK.pdf](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/artes/2003259_2/Cap05/automatas%20celulares/CELLTALK.pdf) [3.5.2014]
- Levy David L. 1994. Chaos Theory and Strategy Theory, Application and Managerial Implications, **Strategic Management Journal**, 15, 167-178.
- Levy, David L. 2000. Applications and Limitations of Complexity Theory in Organization Theory and Strategy. **Handbook of Strategic Management**,

Editors: Jack Rabin, Gerald J. Miller, W. Bartley Hildreth, Second Edition New York: Marcel Dekker 67-87.

- Li, Bai Lian. 2002. Criticality, Self-Organized, **Encyclopedia of Environmetrics**. Edited: Abdel H. El-Shaarawi, Walter W. Piegorsch. Chichester. John Wiley & Sons, Ltd. 447-450.
- Li, Shujuan. 2009. Self-Organizing Criticality Among Chinese Cities. PhD. Dissertation in Geography. Texas A&M University. <http://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/ETD-TAMU-2009-05-714/LI-DISSERTATION.pdf?sequence=2> [18.05.2016].
- Little, Ian Malcolm David. 1962. Higgledy Piggledy Growth. **Bulletin of the Oxford University Institute of Statistics**. 24(4). 387-412.
- Lloyd, Seth. 2001. Measures of Complexity: A Nonexhaustive List. **IEEE Control Systems Magazine**. 21(4). 7-8.
- Mandelbrot, Benoit. 1963. New Methods in Statistical Economics. **Journal Political Economics**. 71. 421-440.
- Mandelbrot, Benoit. 1982. **The Fractal Geometry of Nature**. New York. Freeman.
- Manna, Subhrangshu Sekhar. 1991 Two-state Model of Self-organized Criticality. **Journal of Physics A: Mathematical and General**. 24(7). L363, L369.
- Markovic, Dimitrije, Claudius Gros. 2013. Power Laws and Self-Organized Criticality, in Theory and Nature. <http://arxiv.org/abs/1310.5527> [12.3.2015]
- Marshall Alfred .1920. **Principles of Economics** (8th Edition). London: Macmillan and Co., Ltd.
- Marti, Federico Pablo, Mercedes Teruel Carrizosa. 2011. “Firm Growth and Market Structure: an Agent Based Simulation Approach”, <http://www.urv.cat/html/grupsrecerca/resultat-gritgrit#tesis-2011> [12.8.2013]
- Martin, Ron, Peter Sunley. 2007. Complexity Thinking and Evolutionary Economic Geography. **Journal of Economic Geography**. 7. 573-601.
- Mason, Roger B. 2007. The External Environment’s Effect on Management and Strategy A Complexity Theory Approach, **Management Decision**, 45(1). 10-28.
- McKelvey, Bill, Benyamin B Lichtenstein,. Pierpaolo Andriani. 2010. When Organizations and Ecosystems Interact: Toward a Law of Requisite Fractality in Firms. **Chaos and Complexity in Organizations and Society**. Edited: Marcial J. Lopez Moreno; Published by UNESA. [http://www.billmckelvey.org/documents/-0-Pubs%20to%20be%20added%20as%20Hot-Links--TEMP%20FILE/2010%20McKelvey%20etal\(10\)-Requisite %20Fractality--English.pdf](http://www.billmckelvey.org/documents/-0-Pubs%20to%20be%20added%20as%20Hot-Links--TEMP%20FILE/2010%20McKelvey%20etal(10)-Requisite%20Fractality--English.pdf).
- McMillan, Elizabeth. 2004. **Complexity, Organizations and Change**, USA and Canada: Routledge.

- Merali, Yasmin. 2006. Complexity and Information Systems: the Emergent Domain. **Journal of Information Technology**, 21(4). 216-228.
- Metcalf, J. Stanley. 2010. "Complexity and Emergence in Economics: The Road Map from Smith to Hayek (via Marshall and Schumpeter)". **History of Economic Ideas**. XVIII(2). 45-75.
- Metcalf, J. Stanley, John Foster. 2004. **Evolution and Economic Complexity**. Cheltenham. Edward Elgar.
- Mizuno, Takayuki, Makoto Katori, Hideki Takayasu, Misako Takayasu. 2002. Statistical Laws in the Income of Japanese Companies. **Empirical Science of Financial Fluctuations**. Editor: Hideki Takayasu. Springer Japan. 321-330.
- Montgomery, Michael R. 1999. Complexity Theory: An Austrian Perspective. **Complexity Theory and the History of Economic Thought**. Editor David Colander. Routledge Press.
- Morar, Danial. 2009. Power Laws in the Stock Market, Degree Bachelor of Arts Requirements. Reed College. <http://people.reed.edu/~davidp/homepage/students/morar.pdf> [10.08.2014]
- Morel, Benoit. 1998. The Distribution of Business Firms Size, Stochasticities and Self Organized Criticality. Working Paper Carnegie Mellon University, <http://www.casos.cs.cmu.edu/publications/papers/Benoit.pdf> [17.12.2014]
- Morin, Edgar, 2005. Restricted Complexity, General Complexity. Presented at the Colloquium "Intelligence de la complexit e :  epist emologie et pragmatique", Cerisy-La-Salle, France, June 26th, 2005". Translated from French by Carlos Gershenson. (Aktaran, Abbasi, Maisam 2008)
- Nedopil, Christoph, Ulrich Steger, Wolfgang Aman. 2010. Managing Complexity in Organizations Text and Cases. Palgrave MacMillan,
- Newman, Mark E. J. 2005. Power Laws, Pareto Distributions and Zipf's Law. **Contemporary Physics**. 46, 323-351.
- Nirei, Makoto. 2006. Threshold Behavior and Aggregate Fluctuation. **Journal of Economic Theory**, 127(1), 309–322. (Aktaran: Farmer, J. Doyne, John Geanakoplos. 2008).
- Noell, Christian. 2006. Self-organization in Agricultural Sectors and the Relevance of Complex Systems Approaches for Applied Economics, <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/25516/1/cp061054.pdf> [12.1.2014].
- Noell, Christian. 2007. A Look into The Nature of Complex Systems and Beyond "Stonehenge" Economics: Coping With Complexity or Ignoring It in Applied Economics? **Agricultural Economics**. 37, 219–235.
- Okuyama, Kenji, Misako Takayasu, Hideki Takayasu. 1999. Zipf's Law in Income Distribution of Companies. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Application**. 269(1). 125-131.



- Olami, Zeev, Hans Jacob S. Feder, Kim Christensen. 1992. Self-Organized Criticality in A Continuous, Nonconservative Cellular Automaton Modeling Earthquakes. **Physical Review Letters**. 68(8). 1244-1247.
- O’Neale Dion R. J, Shaun Hendy. 2012. Power Law Distributions of Patents as Indicators of Innovation. *PLoS ONE* 7(12): e49501. doi:10.1371.
- Ormerod, Paul, 2002. The US Business Cycle: Power Law Scaling for Interacting Units with Complex Internal Structure. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**. 314(1-4). 774–785.
- Ormerod, Paul, Luegina C. Mounfield. 2002. The Convergence of European Business Cycles 1978-2000, **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**. 307 (3-4). 494-504.
- Packard, Norman. 1988. Adaptation Toward the Edge of Chaos; Technical Report CCSR-88-5; Center for Complex Systems Research, University of Illinois: Champaign-Urbana.
- Page, Scott E. 2011. **Diversity and Complexity**. Princeton: Princeton University Press.
- Pareto, Vilfredo. 1897. **Cours d'Economie Politique**. Paris. Rouge & Cie,
- Park, Jason Whan. 2010. Riding The Wave: Distributional Properties and Process Explanations of Merger and Acquisition Waves. PhD Dissertation. University of Pittsburgh, [http://d-scholarship.pitt.edu/8625/1/JASON\\_W\\_PARK\\_DISSERTATION\\_28-JUL-2010.pdf](http://d-scholarship.pitt.edu/8625/1/JASON_W_PARK_DISSERTATION_28-JUL-2010.pdf) [23.01.2015]
- Pavard, Bernard, Julie Dugdale. 2000. The Contribution of Complexity Theory to the Study of Socio-technical Cooperative Systems. GRIC - IRIT. Université Paul Sabatier. <http://sistemas-humano-computacionais.wdfiles.com/local--files/capitulo%3Aredes-socio-tecnicas/Contribution%20of%20complexity%20theory1.pdf> [27.11.2013].
- Pek, Cansin. 2012. Firm Size Distribution and Exporting Behaviour: an Empirical Analysis of Power-law Behaviour of Turkish Firms, Université Paris, <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00807765/document> [12.5.2015].
- Penrose, Edith Tilton. 1959. **The Theory of the Growth of the Firm**. New York. Oxford University Press.
- Perona, Eugenia. 2007. The Confused State of Complexity Economics: An Ontological Explanation, **Complexity Hints for Economic Policy. New Economic Windows**. Editors: Massimo Salzano, David Collender, Milano: Springer-Verlag. 33-53.
- Ponzi, Adam, Yoji Aizawa. 2000. Criticality and Punctuated Equilibrium in a Spin System Model of a Financial Market. **Chaos Solitons Fractals**. 11. 1739–1746.
- Potts, Jason. 2000. **The New Evolutionary Microeconomics: Complexity, Competence and Adaptive Behavior**. Edward Elgar Publishing.

- Potts, Jason. 2007. Complexity and Creative Industries. Lecture Series on the New Economics of the Creative Industries. Centre for Creative Industries, Queensland University of Technology, Brisbane; 1–20.
- Pruessner, Gunter. 2012. **Self-organised Criticality**. Cambridge UK. Cambridge University Press:
- Pueyo Salvador. 2014. Ecological Econophysics for Degrowth, **Sustainability**. 6, 3431-3483; doi:10.3390/su6063431.
- Rao, Bin, Dong-yun Yi, Cheng-li Zhao. 2007. Self-organized Criticality of Individual Companies: An Empirical Study. **Third International Conference on Natural Computation** (Volume:1 ). 481-487.
- Reggiani Aura, Peter Nijkamp, Rainer Andergassen. 2006. Spatial Data Clustering and Self-organised Criticality: Empirical Experiments on Regional Labour Market Dynamics. **Spatial Dynamics, Networks and Modelling**. Editor: Aura Reggiani, Edward Elgar Publishing, 61-83.
- Reitsma, Femke. 2002. A Response to Simplifying Complexity., **Geoforum**. 36. 1-4. <https://core.ac.uk/download/files/39/276989.pdf> [14.4ç2013]
- Rescher, Nicholas. 1998. **Complexity: A Philosophical Overview**. New Brunswick NJ. Transaction Publishers.
- Richardson, Lewis Fry. 1941. Frequency of Occurrence of Wars and Other Fatal Quarrels. **Nature**. 148. 598-598.
- Rickles, Dean. 2008. Econophysics and Complexity of Financial Market. <http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00003851/01/EconoCompFinal.pdf> [25.06.2013].
- Robert, Veronica, Gabriel Yoguel. 2013. The Approach of Complexity and Evolutionary Economics of Innovation. **Filosofía de la Economía** 1(1), 187-226.
- Robert, Veronica, Yoguel Gabriel. 2014. The Ontology of Complexity and the Neo-Schumpeterian Evolutionary Theory of Economic Change, <http://www.economia.ufpr.br/Eventos/Complexity2013/Yoguel%20-%20The%20ontology%20of%20complexity.doc> [4.5.2014].
- Rosser J. Barkley. 2010. Constructivist Logic And Emergent Evolution In Economic Complexity. **Computable, Constructive & Behavioural Economic Dynamics: Essays in Honour of Kumaraswamy (Vela) Velupillia**. Editor: Stefano Zambelli, Routledge. 184-197.
- Scheinkman, Jose Alexandre, Michael Woodford. 1994. Self-organized Criticality and Economics Fluctuations. **American Journal of Economics**. 84. 417–423.
- Schelling, Thomas C. 1978. **Micromotives and Macrobehaviour**. New York. W.W. Norton and Co.

- Seth, Anju, Howard Thomas. 1994. Theories of the Firm: Implications for Strategy Research. **Journal of Management Studies**. 31(2). 165-192.
- Shaikh, Anwar, Nikolaos Papanikolaou, Noe Wiener. 2014. Race Gender and the Econophysics of Income Distribution. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**. 415, 54-60.
- Simon, Herbert A. 1955. A Behavioral Model of Rational Choice. **Quarterly Journal of Economics**. 69(1). 99-118.
- Simon, Herbert A. 1962. The Architecture of Complexity. **Proceedings of the American Philosophical Society**. 106(6). 467-482.
- Simon, Herbert A., Charles P. Bonini. 1958. The Size Distribution of Business Firms, **American Economic Review**. 46. 607-617.
- Smith, Adam. 1776. An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, W Strahan and T Cadell London UK, 2008, A selected edition editor: Kathryn Sutherland Oxford Paperbacks Oxford UK, [http://www.ifaarchive.com/pdf/smith\\_an\\_inquiry\\_into\\_the\\_nature\\_and\\_causes\\_of\\_the\\_wealth\\_of\\_nation\\_s%5B1%5D.pdf](http://www.ifaarchive.com/pdf/smith_an_inquiry_into_the_nature_and_causes_of_the_wealth_of_nation_s%5B1%5D.pdf)
- Sirghi, Andrei, Doru Dumitrescu. 2011. Self-organized Criticality and Economic Crises. **Studia University Babeş Bolyai Informatica**. LVI (2). 107-112.
- Sornette, Didier. 2004. **Critical Phenomena in Natural Sciences: Chaos, Fractals, Self-organization and Disorder: Concepts and Tools**. Heidelberg. Springer.
- Sornette, Didier. 2007. Probability Distribution in Complex Systems, <http://arxiv.org/pdf/0707.2194.pdf> [12.7.2016].
- Stanley, Michael HR, Luis AN Amaral, Sergey V Buldyrev, Shlomo Havlin, Heiko Leschhorn, Philipp Maas, Michael A Salinger, H Eugene Stanley (1996), Scaling Behavior in the Growth of Companies. **Nature**, 379, 804-806.
- Stanley, H Eugene, Vasiliki Plerou. (2001). Scaling and Universality in Economics: Empirical Results and Theoretical Interpretation. **Quantitative Finance**. 1(6). 563-567.
- Tuncel Cem Okan. 2009. “Heterodoks Bir Mikro İktisat Teorisine Doğru; Evrimci İktisadın Teknolojik Gelişme Yaklaşımı ve Firma Doğası”, **Ekonomik Yaklaşım** 19: 69, 1-32.
- Turcotte, Donald L.1999. Self-organized Criticality. **Reports on Progress in Physics** 62(10). 1377-1429.
- Türkyılmaz, İbrahim. 2011. Algoritmalar ve Karmaşıklık, Ders notları. <http://members.comu.edu.tr/iturkyilmaz/BM229Dersler/ders11.pdf>. [21.3.2015]
- Valen, Leigh Van. 1973. A New Evolutionary Law. **Evolutionary Theory**, 1(1). 179–229.

- Velasquéz, Tania. 2009. Chaos Theory and the Science, of Fractals, and their Application in Risk Management. PhD Dissertation. Copenhagen Business School. [http://studenttheses.cbs.dk/bitstream/handle/10417/804/Tania\\_velasquez.pdf?sequence=3](http://studenttheses.cbs.dk/bitstream/handle/10417/804/Tania_velasquez.pdf?sequence=3). [12.09.2014]
- Waldrop, M. Mitchell. 1992. **Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos**. New York, NY. Simon & Schuster.
- Walker, Paul. 2010. The Past and Present of The Theory of The Firm. <http://cfile7.uf.tistory.com/attach/245BF24055989DC3189D39>. [21.02.2014]
- Watkins, W. Nicholas, Gunnar Pruessner, Sandra C. Chapman, Norma B. Crosby, Henrik J. Jensen,. 2016. 25 Years of Self-Organized Criticality: Concepts and Controversies, **Space Science Review**. 198(1). 3-44.
- Weick, Karl E., Robert E. Quinn. 1999. Organizational Change and Development. **Annual Review of Psychology**, 50. 361-386.
- White, Ethan P., Brian J. Enquist, Jessica L. Green. 2008. On Estimating The Exponent of Power-Law Frequency Distributions, **Ecology Journal**. 89(4). 905–912.
- Wikipedia [01.07.2016]. Cybernetics, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cybernetics>.
- Wu, Jingwei,; Richard Holt. 2006. Seeking Empirical Evidence for Self-organized Criticality in Open Source Software Evolution, David R. Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo <https://cs.uwaterloo.ca/research/tr/2006/CS-2006-14.pdf> [26.04.2014]
- Xing, Jing, Carol A. Manning. 2005. Complexity and Automation Displays of Air Traffic Control: Literature Review and Analysis. Technical Report DOT/FAA/AM-05/4, FAA Office of Aerospace Medicine Washington DC., <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA460107>. [12.03.2014].
- Xi Ning, Paul Ormerod, Yougui Wang. 2011. Self-organized Criticality in Market Economies, [https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db\\_name=CEF2011&paper\\_id=435](https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db_name=CEF2011&paper_id=435).
- Xi Ning, Paul Ormerod, Yougui Wang. 2012. Technological Innovation, Business Cycles and Self-organized Criticality in Market Economies. **Europhysics Letters**, 97(6).
- Zaman, Asad. 2005. Towards A New Paradigm for Economics. JKAU: **Islamic Econ**, 18(2), 49-59.
- Zettinig, Peter. 2003. Invisible Organisations Inter –firm Organisational Formation and Form [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/99386/Ae7\\_2003\\_Zettinig.pdf?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/99386/Ae7_2003_Zettinig.pdf?sequence=2).
- Zhang, Yi-Cheng. 1989. Scaling Theory of Self-organized Criticality. **Physical Review Letters**, 63(5):470-473.

Zipf, George Kingsley. 1949. **Human Behavior and the Principle of Least Effort**,  
Reading, MA, Addison-Waley.



## EKLER

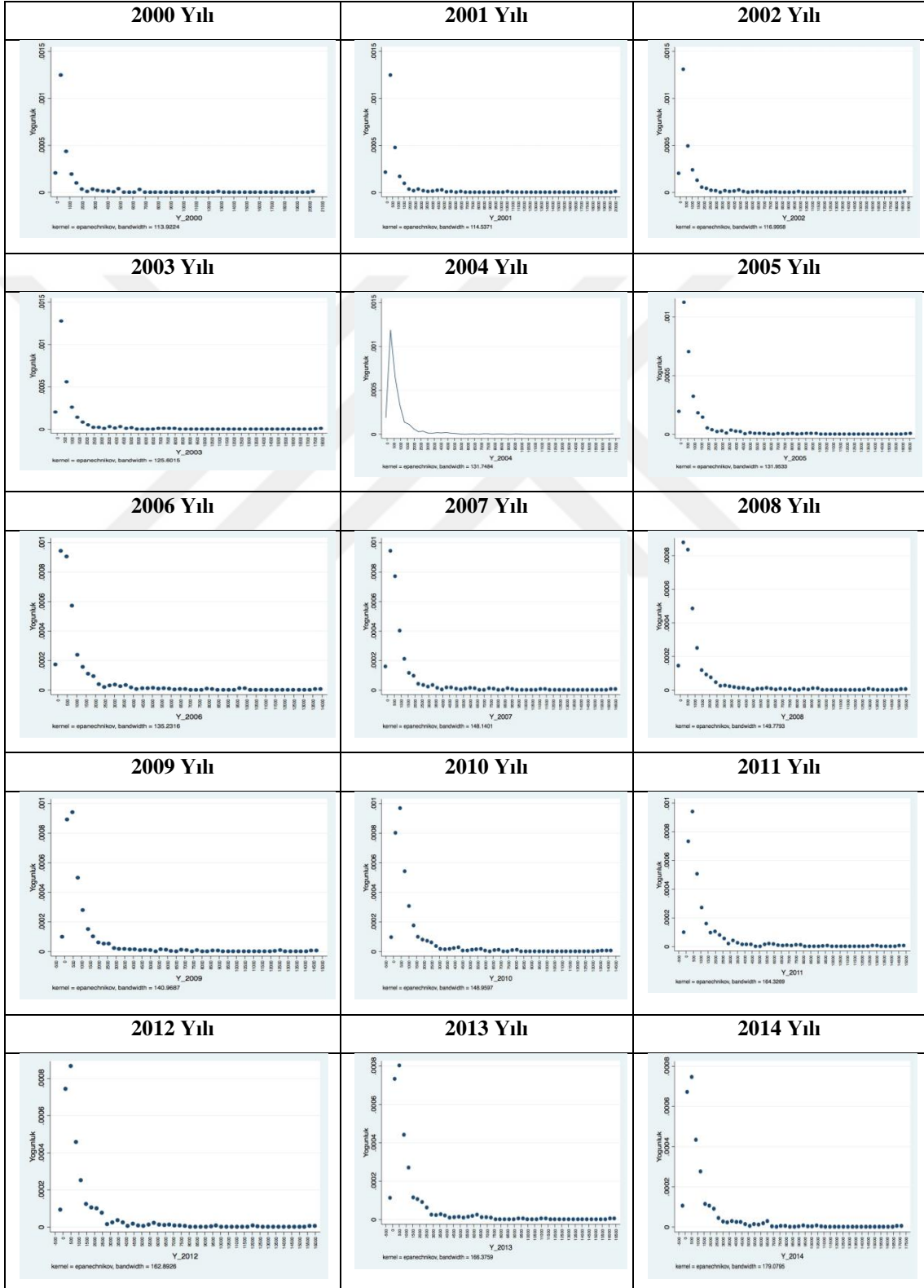
### Ek 1: Çalışma Kapsamındaki İmalat Sanayi Firmalarının Sektörel Dağılımı

Kod	Sektörler	Firma Sayısı	%	Kod	Sektörler	Firma Sayısı	%
311	Gıda Maddeleri Sanayi	53	14.48	354	Çeşitli Petrol ve Kömür Türevleri Sanayi	2	0.55
312	Başka Yerde Sınıflandırılmamış Gıda Maddeleri Sanayi	7	1.91	355	Lastik Ürünleri Sanayi	6	1.64
313	İçki Sanayi (Alkollü ve Alkolsüz)	6	1.64	356	Başka Yerde Sınıflandırılmamış Plastik Ürünler Sanayi	12	3.28
314	Tütün İşleme Sanayi	2	0.55	361	Çanak, Çömlek, Çini, Porselen Sanayi	5	1.37
321	Dokuma Sanayi	48	13.11	362	Cam ve Camdan Mamul Eşya Sanayi	6	1.64
322	Giyim Eşya Sanayi	14	3.83	369	Taş ve Toprağa Dayalı Diğer Sanayi	27	7.38
323	Kürk ve Deri Sanayi	2	0.55	371	Demir-Çelik Ana Metal Sanayi	36	9.84
331	Ağaç ve Mantar Ürünleri Sanayi	7	1.91	372	Demir-Çelik Dışında Ana Metal Sanayi	13	3.55
332	Ağaç, Mobilya ve Mefruşat Sanayi	7	1.91	381	Metal Eşya Sanayi	11	3.01
341	Kağıt ve Kağıt Ürünleri Sanayi	11	3.01	382	Makine Sanayi (Elektrikli Olanlar Hariç)	13	3.55
342	Basım Sanayi	4	1.09	383	Elektrik Makineleri, Aletleri ve Cihazları Sanayi	11	3.01
351	Ana Kimya Sanayi	14	3.83	384	Taşıt Araçları Sanayi	32	8.74
352	Diğer Kimyasal Ürünler Sanayi	14	3.83	390	Diğer İmalat Sanayi	2	0.55
353	Petrol Ürünleri Sanayi	1	0.27		<b>TOPLAM</b>	<b>366</b>	<b>100.00</b>

**Ek 2: Çalışma Kapsamındaki İmalat Sanayi Firmalarının Mekansal Dağılımı**

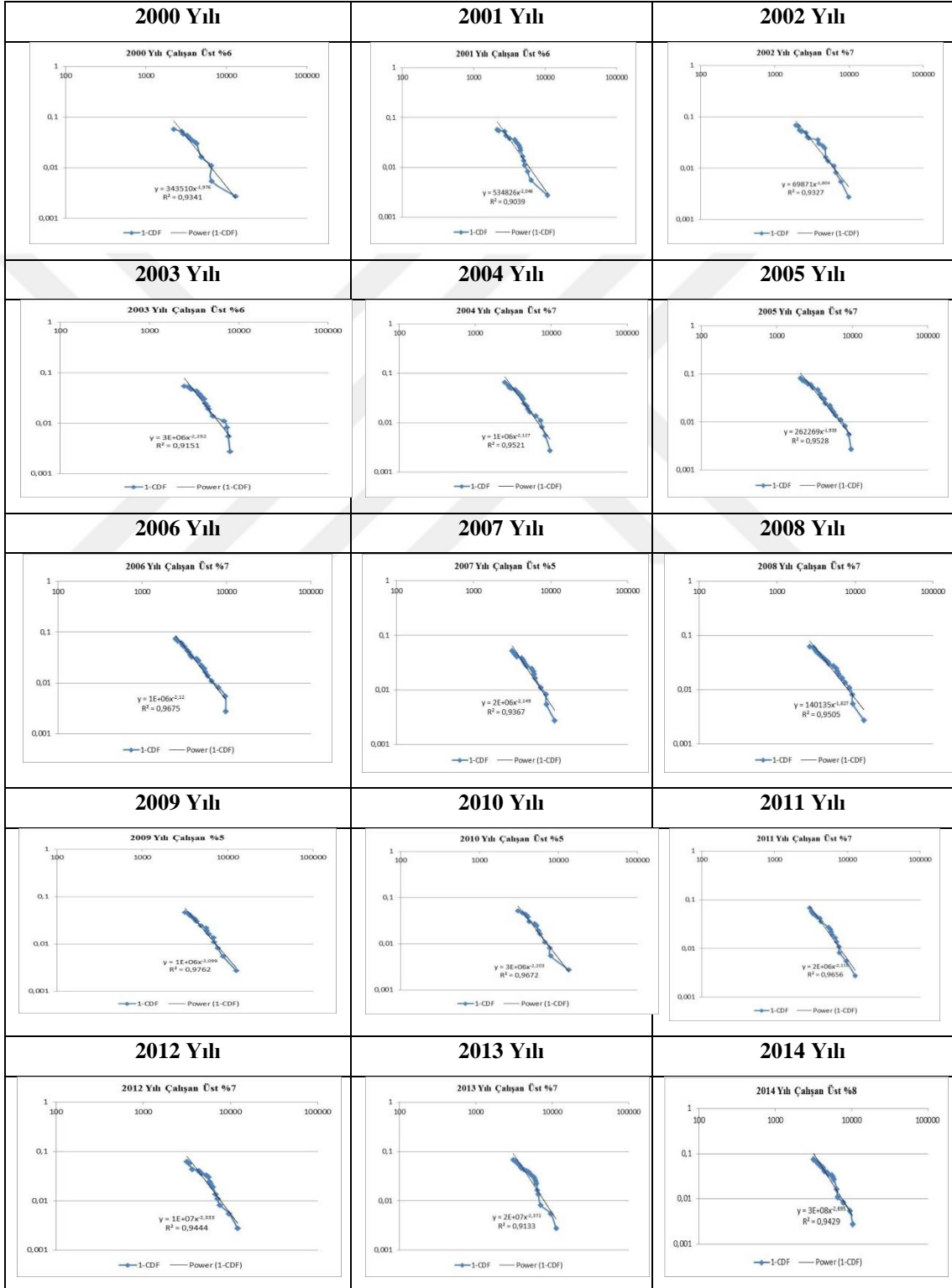
İller	Firma Sayısı	%	Şehir	Firma Sayısı	%	İller	Firma Sayısı	%
Adana	2	0.55	Erzurum	1	0.27	Manisa	5	1.37
Adıyaman	1	0.27	Eskişehir	5	1.37	Mardin	1	0.27
Afyon	2	0.55	Gaziantep	8	2.19	Mersin	3	0.82
Amasya	1	0.27	Hatay	3	0.82	Niğde	1	0.27
Ankara	13	3.55	Isparta	2	0.55	Ordu	3	0.82
Antalya	1	0.27	İstanbul	144	39.34	Rize	1	0.27
Aydın	4	1.09	İzmir	38	10.38	Sakarya	2	0.55
Balıkesir	5	1.37	K. Maraş	4	1.09	Samsun	4	1.09
Bolu	4	1.09	Karaman	1	0.27	Sivas	1	0.27
Bursa	58	15.85	Kayseri	12	3.28	Tokat	1	0.27
Çanakkale	1	0.27	Kırklareli	1	0.27	Trabzon	2	0.55
Denizli	11	3.01	Kırşehir	1	0.27	Yozgat	1	0.27
Edirne	1	0.27	Kocaeli	7	1.91	Zonguldak	2	0.55
Elazığ	1	0.27	Konya	7	1.91	<b>TOPLAM</b>	<b>366</b>	<b>100</b>

### Ek 3: İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Kernel Yoğunluk Tahmini

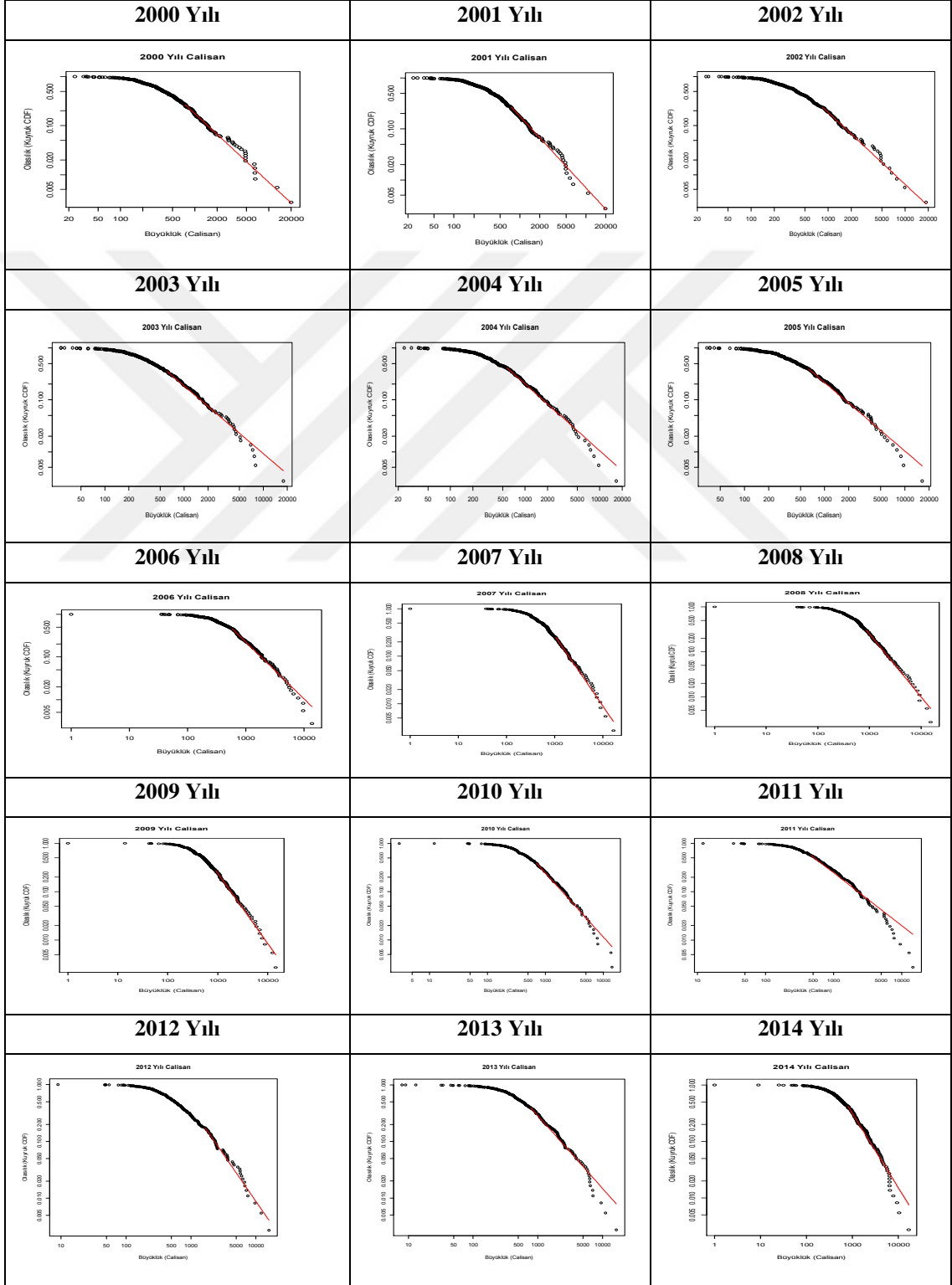




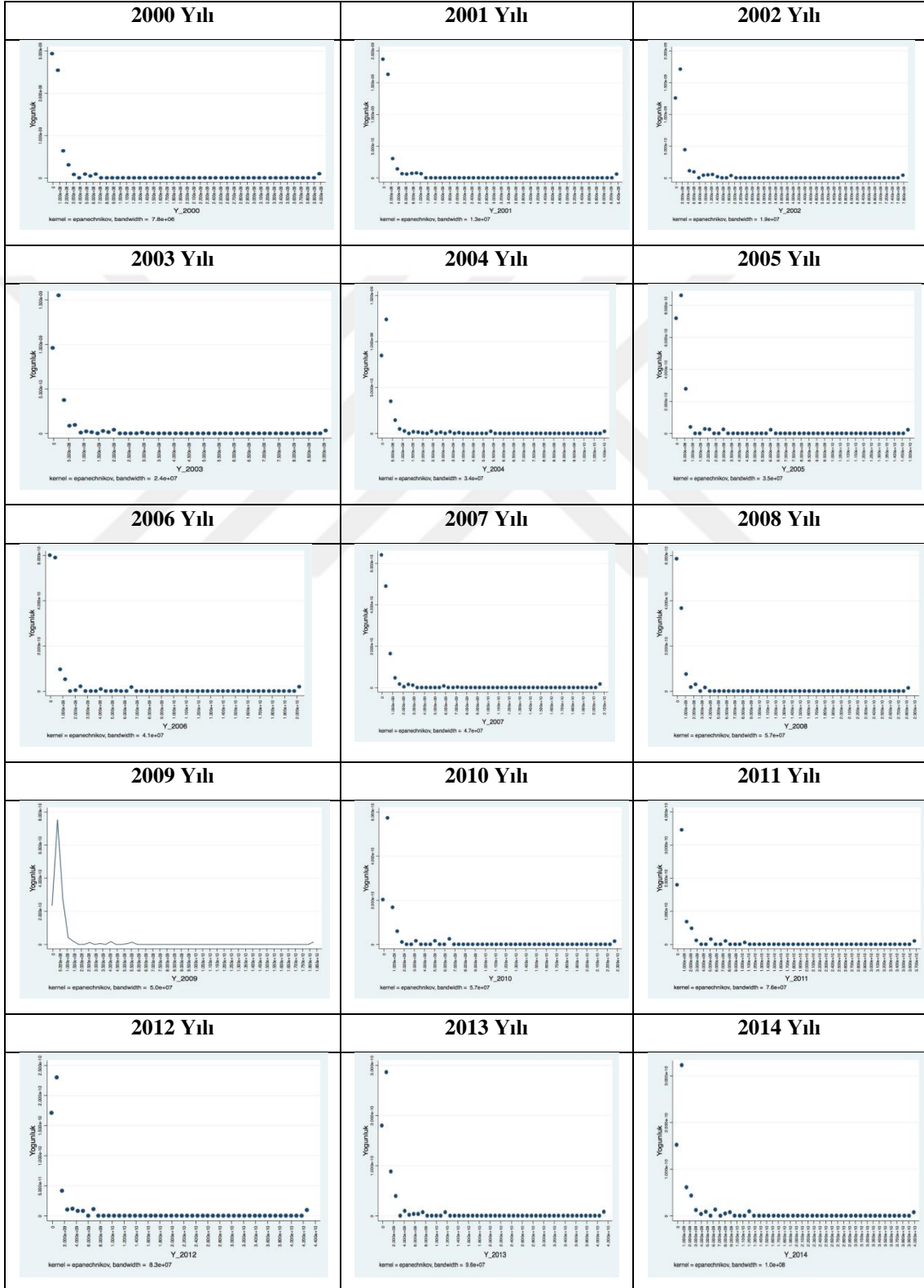
## Ek 4: İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS



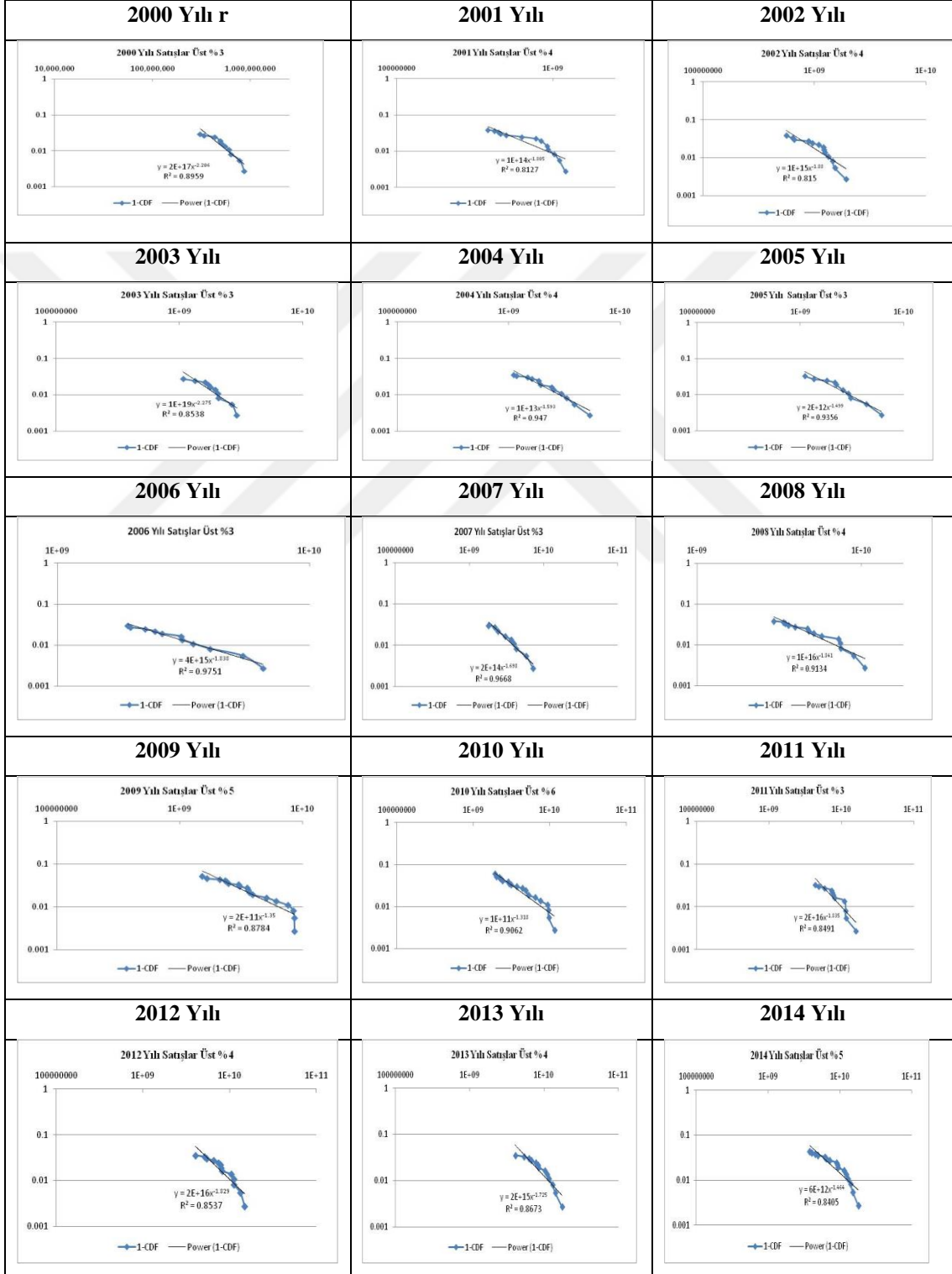
## Ek 5: İmalat Sanayi Firmalarının Çalışan Sayısı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE



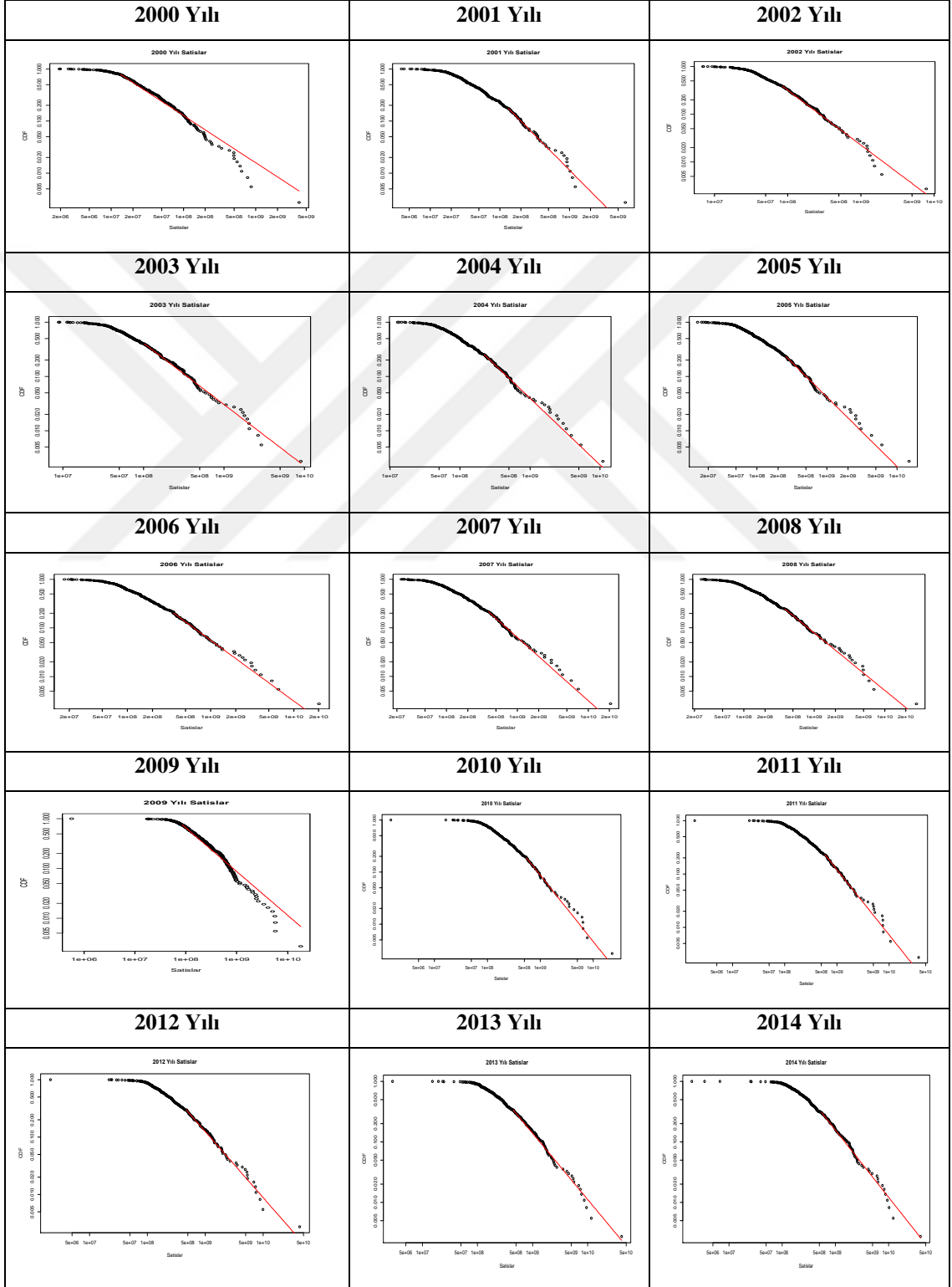
## Ek 6: İmalat Sanayi Firmalarının Satışlar Kernel Yoğunluk Tahmini



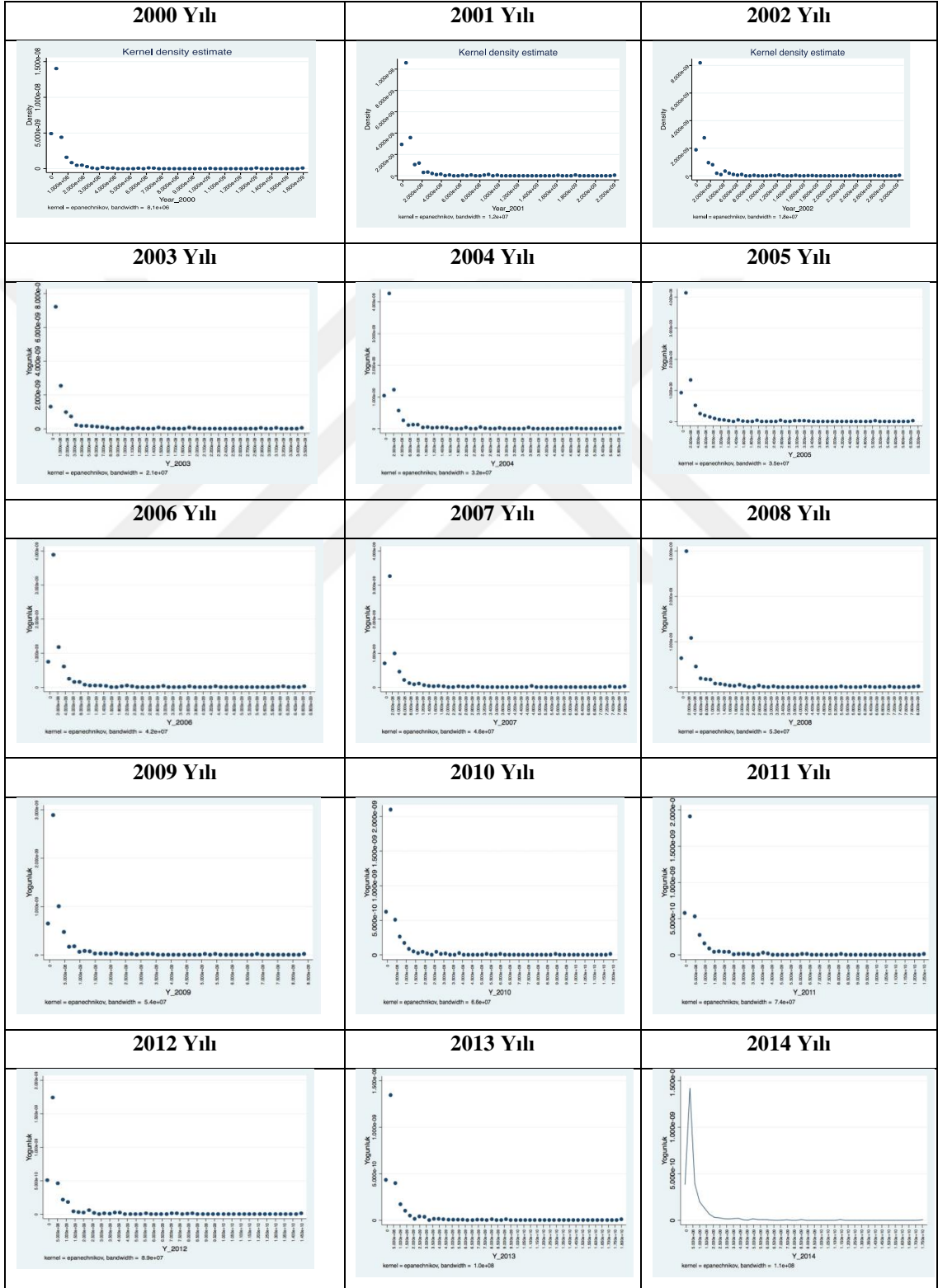
## Ek 7: İmalat Sanayi Firmalarının Satışlar Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS



## Ek 8: İmalat Sanayi Firmalarının Satışlar Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE



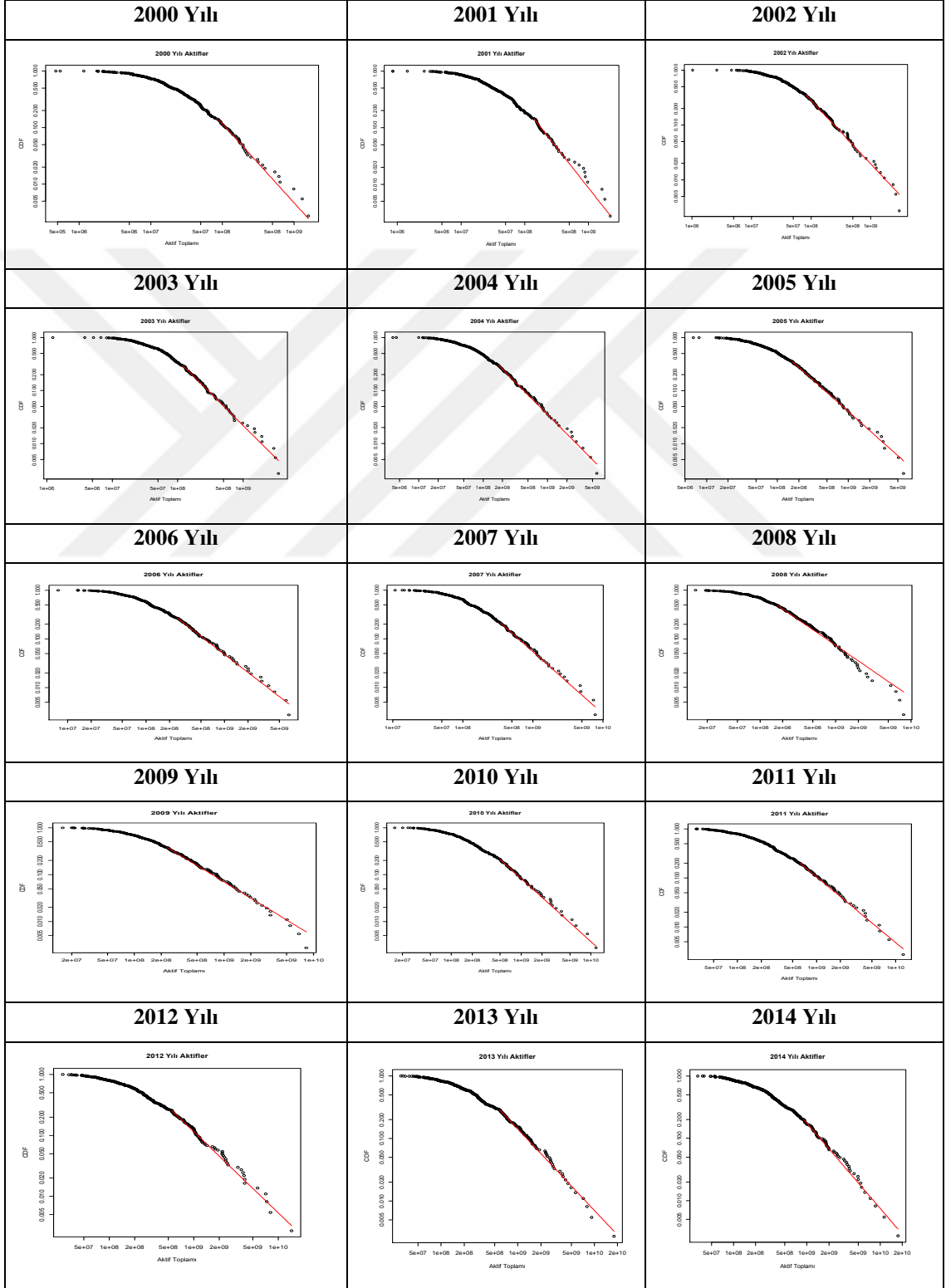
## Ek 9: İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Kernel Yoğunluk Tahmini



## Ek 10: İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - OLS

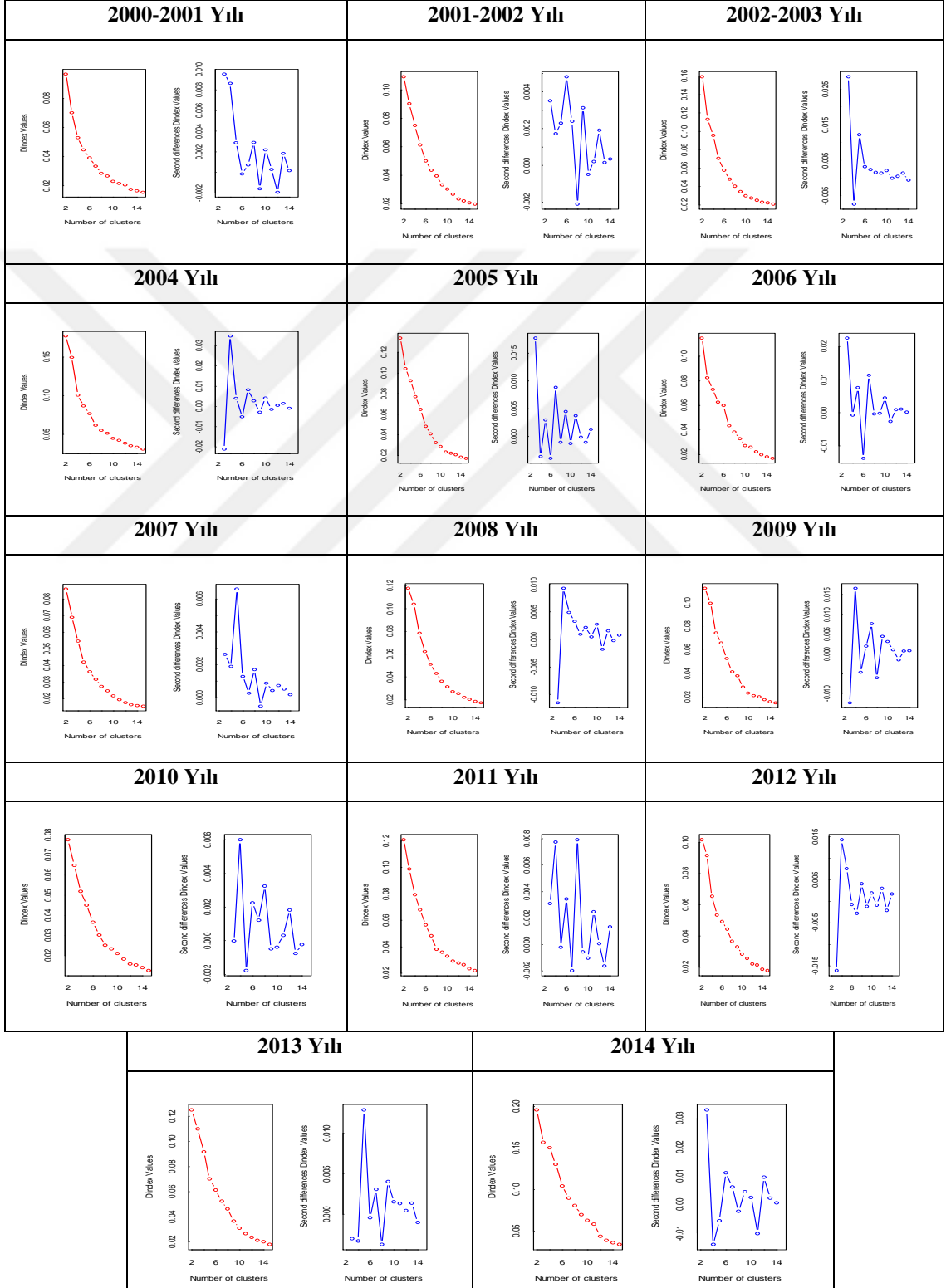


## Ek 11: İmalat Sanayi Firmalarının Aktif Toplamı Üst Grubunun Güç Kanunu Dağılımına Uygunluğunun Gösterimi - MLE

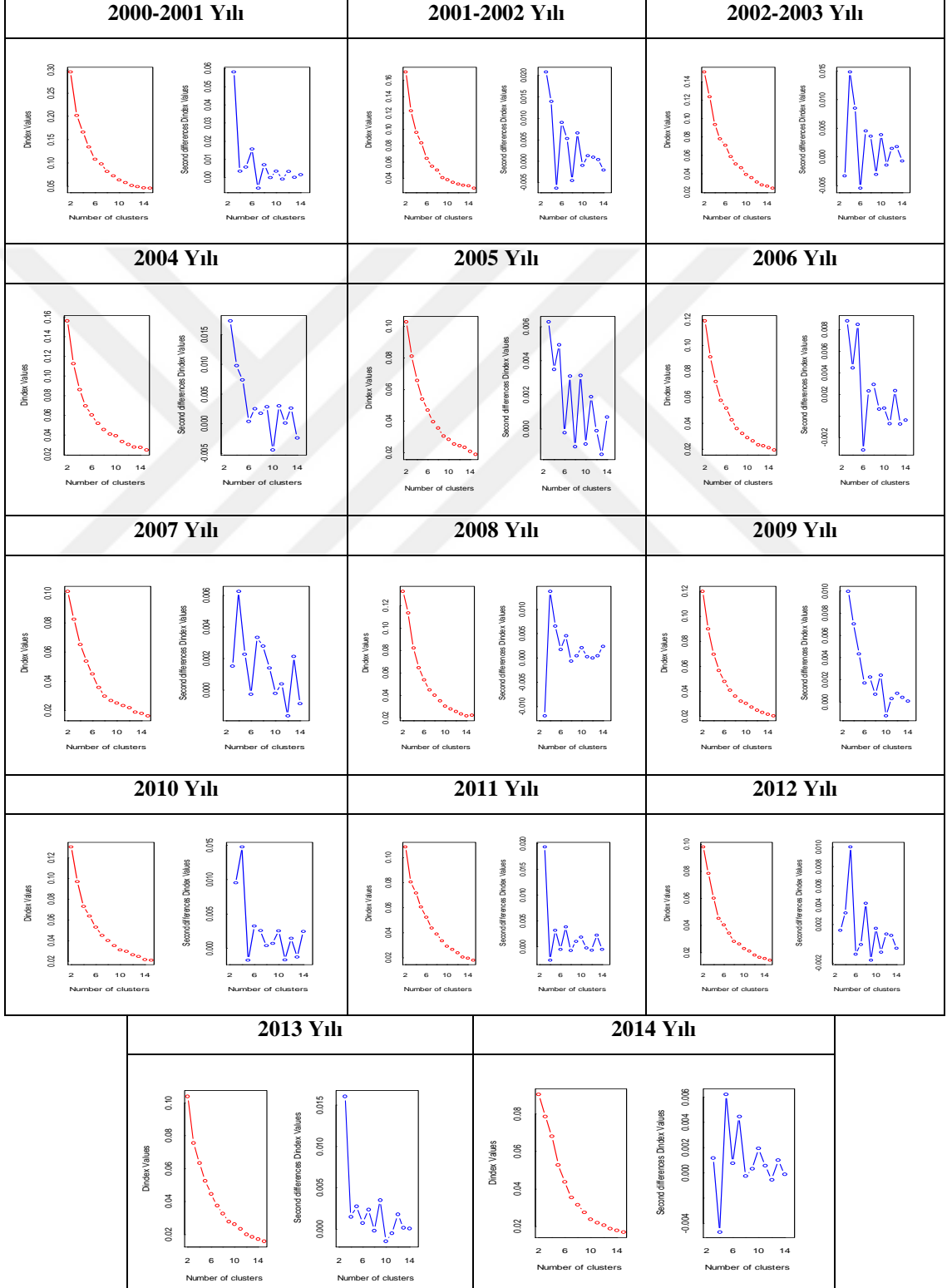




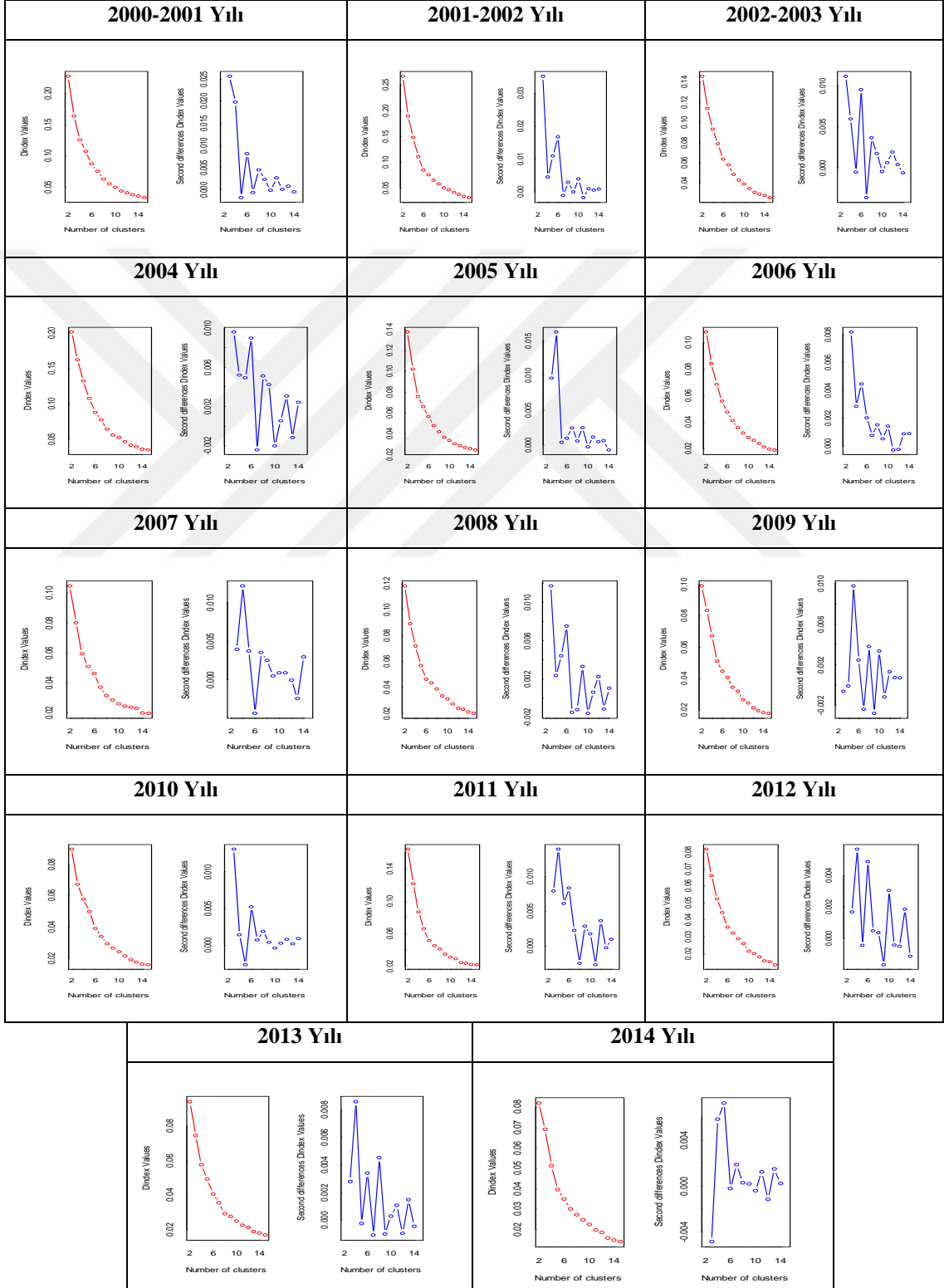
## Ek 12: Çalışan Sayısı Büyüme Oranlarının Küme Sayısı Belirlemede Dindex Grafikleri



## Ek 13: Satışlar Büyüme Oranlarının Küme Sayısı Belirlemede Dindex Grafikleri



## Ek 14: Aktif Toplamı Büyüme Oranlarının Küme Sayısı Belirlemede Dindex Grafikleri



## **Ek 15: Çalışmada Kullanılan R Script'leri**

### **1-MLE Güç Kanunu Hesaplama**

```
m2000 = conpl$new(veri$Year_2000)
est2000 = estimate_xmin(m2000,xmax=Inf)
est2000
m2000$setXmin(est2000)
> plot(m2000,xlab="Aktif Toplamı",ylab="CDF",main="2000 Yılı Aktifler")
lines(m2000,col=2)
bs_p = bootstrap_p(m2000,xmax=Inf)
bs_p$p
```

### **2-K-Ortalama Hesaplama**

```
library(NbClust)
diss_matrix2001<- dist(veri$X2001, method = "euclidean", diag=FALSE)
NbClust(veri$X2001,diss=diss_matrix2001,distance=NULL,method =
"kmeans",index = "all")
NbClust(veri$X2009,diss=diss_matrix2009,distance=NULL,method =
"kmeans",index = "hartigan")
k2001<-kmeans(veri$X2001,13,nstart = 25)
k2001$size
```

### **3- Tanımlayıcı İstatistikler**

```
summary(veri)
library(moments)
apply(satis,2,kurtosis)
apply(satis,2,skewness)
apply(satis,2,mean)
apply(satis,2,sd)
```

## ÖZGEÇMİŞ

### Şahsi Bilgiler

Ad Soyad : Rüya ESER  
Doğum Yeri ve Yılı : İstanbul/1963  
Medeni Hali: : Evli  
Yabancı Dil : İngilizce

### Eğitim Durumu

1995 - 1996 Birmingham Üniversitesi, İngiltere  
Para Banka ve Finans Yüksek Lisansı (Ms.)  
1983 - 1986 İstanbul Üniversitesi  
İşletme Finansmanı Yüksek Lisansı (Ms.)  
1979 - 1983 İstanbul Üniversitesi  
İktisat Fakültesi (B.Sc.)

### İş Deneyimi:

2013- ..... : Güreli YMM ve Bağımsız Denetim Hizmetleri A.Ş.  
1987- 2013 : Sermaye Piyasası Kurulu

### Bilimsel Yayınlar ve Çalışmalar

#### Yayınlar/ Kitap bölümü

2013 “*Finansal Piyasalarda Kompleksite, Kaos ve Düzenleme*”,  
**Prof. Dr. İsmail Türk’e Armağan**, editörler, Tuncer Bulutay,  
Selim Soydemir, Dilek Özkök Çubukçu, Mülkiyeliler Birliği  
Yayımları.  
1991 “*Sermaye Piyasasında Yaratılan Kaynaklar ve Dağılımı*”.  
**Türkiye’de Kaynak Aktarımı Sürecinde Sermaye  
Piyasalarının Rolü: 1980 Sonrası Bir Değerlendirme**, SPK  
Yayın No: 17, 122-143

#### Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

2011 “*Psikoloji ve İktisadın Birleşimi Olarak, Davranışsal İktisat*”,  
**Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, Nisan 2011,  
6(1), 287-321, (Davletkan Toigonbaeva ile birlikte)  
2009 “*İktisat ve Fizik İlişkisinden, Ekonofizik Kavramına*”, **İktisat,  
İşletme ve Finans Dergisi** (SSCI), 24(284), 46-76 (Hale Kırer  
ile birlikte)

## Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

- 2011 "Firm Size Distribution in Turkey's Top 1000", Anadolu 2nd International Conference in Economics", 15-17 Haziran 2011, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, (Ercan Eren ve Hale Kırer ile birlikte),  
[http://www.econanadolu.org/en/files.php?force&file=2011/pdf/Kirer\\_Eser\\_Eren\\_FirmSize.pdf](http://www.econanadolu.org/en/files.php?force&file=2011/pdf/Kirer_Eser_Eren_FirmSize.pdf) [10.09.2015]
- 2006 "Kurumsal Yönetim Teorisi ve Türk Sistemine Avrupa Açısından Bir Bakış", Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü ve Viyana Üniversitesi, "Uluslararası Finans Sempozyumu; 2006", 2006 Mayıs, İstanbul. 35-53 (İngilizce), (Şahin Aslantaş ile)

## Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

- 2015 "Firm Size, Self-Organized Criticality and Complexity", 1st Annual International Conference on Social Sciences, Yıldız Teknik Üniversitesi, 21 Mayıs 2015, İstanbul. (Ercan Eren ile birlikte) 12-24.
- 2011 "Kompleksite İktisadı ve Ekonofizik" **Darwin ve Evrimsel İktisat Sempozyumu Kitabı**, Editor: M. Kaymak ve A. Şahinöz. Hacettepe Üniversitesi Yayını. Ankara. 127-140 (Ercan Eren ve Hale Kırer ile birlikte)

## Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Yayımlanmamış Konferans Bildirileri (özet kitapçığında yayımlanan)

- 2011 "The Firm Size Distribution In Turkey's Top 1000", The International Conference on Econophysics (ICE), 4-6 June 2011, East China University of Science and Technology. Shangai – Çin, (Ercan Eren ve Rüya Eser ile birlikte)

## Kitaplar

- 2000 "Hanehalkı Tasarruf ve Yatırım Eğilimleri Anketi Sonuçları 1996". Ankara. SPK Yayın No. 133.
- 1995 "İşletmelerin Finansman Kararlarının Ekonometrik Modeli ve Bir Anket Çalışması". Ankara. SPK Yayın No:26.

## Konferanslar

- 2014 Kompleksite İktisadı Kendi Kendine Örgütlenme ve Firmalara Uygulanması. Türkiye Ekonomi Kurumu, 18-20 Ekim, Antalya (Ercan Eren ile birlikte)
- 2013 "Yatırım Fonlarının Büyüklük Dağılımları Üzerine Ampirik Bir Çalışma", EconAnadolu 2013, Anadolu Uluslararası, İktisat Kongresi, 19-21 Haziran, 2013, Eskişehir.  
<http://www.econanadolu.org/en/index.php/past->

congresses/econ-2013/articles2013/3656-Yatrm-Fonlarnn-  
Byklk-Dalmlar-zerine-Ampirik-Bir-alma.html [10.06.2016]

2012

“1980 Sonrası Türkiye Ekonomisinde Firma Büyümesi”  
Üçüncü Uluslararası Ekonomi Konferansı, 1-3 Kasım 2012,  
TEK, Çeşme, İzmir. (Murat Donduran ve Hale Kırer ile  
birlikte), [http://teacongress.org/2012-Kongre-Davetli-  
Konusmacilar-Oturuqlar-ipages-tr61.cgi](http://teacongress.org/2012-Kongre-Davetli-Konusmacilar-Oturuqlar-ipages-tr61.cgi)

