

KENDİ KENDİNE ORGANİZE OLAN KRİTİKLİK VE FİRMA BÜYÜME DİNAMİKLERİ*

Rüya ESER¹ Ercan EREN²

Gönderim tarihi: 04.12.2020 Kabul tarihi:11.04.2021

Özet

Çalışmada kompleks davranış dinamiklerinin aniden ve beklenmedik bir biçimde değişiklik gösterebildiği durumların kendiliğinden ortaya çıktığı fikrine dayanan “kendi kendine organize olan kritiklik” (KKOK) kavramının iktisadi olgulardan firma büyüme dinamiklerinde nasıl kullanılabileceği ortaya konulmaktadır. Kompleks sistem davranışlarını belirleyen evrensel kanunlar olarak nitelenen ölçeksizlik ve güç kanunlarına dayanan KKOK, genel şokların sonucu olarak görülen çığ gibi felaket olaylarının meydana gelişini yakalayıp açıklayabildiğinden, iktisat için etkileyici bir analiz aracı olarak görülmeye başlamıştır. Bu amaçla çalışmada, 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. Firma büyümesinin k-ortalama kümeleme yöntemi ile oluşturulan kümeleri için bir güç kanunu dağılımının varlığı test edilmiştir. Ampirik bulgularda kümelerin dağılımının güç kanununa uyduğu görülmüş ve böylece imalat sanayi firmalarının kendi kendine organize olan kritiklik özelliği gösterdiği hipotezinin reddedilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompleksite, Kendi kendine organize olan kritiklik, Güç kanunu dağılımı, Firma büyümesi

JEL Kodları: C38, D20, D30, L11

SELF ORGANIZED CRITICALITY IN ECONOMICS AND FIRM GROWTH DYNAMICS

Abstract

The study reveals how the concept of "self-organizing complexity" (SOC), which is based on the idea that situations in which complex behavioral dynamics can change suddenly and unexpectedly, emerge spontaneously, can be used in firm growth dynamics from economic phenomena. The SOC, by determining whether scale invariance and power laws, which are universal laws that determine complex system behaviors, 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. For this aim, presence of SOC is examined in the context of evolutionary growth dynamics for Turkish manufacturing firms, where size is approximated by the number of employees, volume of sales and total assets. 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, and thus, was concluded that the hypothesis of manufacturing firms showing self-organizing criticality characteristics, could not to be rejected.

Keywords: Complexity, Self-organised criticality, power law distribution, firm growth

JEL Codes: C38, D20, D30, L11

* Bu çalışma, 2017 yılında Prof. Dr. Ercan EREN’in danışmanlığında hazırlanan ve Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalına sunulan “Kompleksite İktisadi, Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik ve Firma Dinamikleri” doktora tezinden türetilmiştir.

¹ Dr. Öğretim görevlisi, MSGS Üniversitesi, İstatistik Bölümü, ruyaeser3@gmail.com, Orcid No: 0000-0003-0763-5423.

² Prof. Dr. Yıldız Teknik Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, eren@yildiz.edu.tr, Orcid No: 0000-0003-4513-278X.

1. Giriş

İktisat, iktisadi birimler arasında karşılıklı etkileşimlerin olduğu, karmaşık düzenlemelerin yer aldığı dinamik bir yapıdır. Ancak klasik fiziğe dayalı geleneksel iktisat temsili ajan, homojenlik, rasyonalite, tek denge vb. varsayımlar üzerine kurularak, gerçek hayattan uzak kalmıştır. Zamanla kuantum ve kompleks sistemlere dayalı fiziğin gelişmesine bağlı olarak, iktisatta da kompleks sistemleri temel alan kompleksite iktisadı gelişmiştir. Özellikle iktisadi ajan olarak, iktisadın en önemli unsurlarını oluşturan firmalar 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 davranışlar gibi dış bileşenlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Böylece firmalar, diğer firmaların davranışlarını gözlemleyip, öğrenerek, kendi faydalarını arttırmakta ve diğer firmaların stratejileri ile rekabetçi davranışlarına göre ağ 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.

Bu çerçevede dinamik büyüme ve öğrenme temelli iktisatta firmaların evrimi, kompleksite ve istatistiksel fizik açısından araştırılmaya başlanmıştır. Böylece iktisatta 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, Tang ve Wiesenfeld (1987) tarafından ortaya konan ölçeksiz dağılımların kendi kendine organize olan kritiklik (KKOK) durumundan etkilenmiştir.

Bu çalışmada firma büyümesi, kompleksitenin temel oluşum özelliği olan KKOK bağlamında incelenmektedir. Bunun için kompleks dinamik 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.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü izleyen ikinci bölümde kendi kendine organize olan kritikliğin özellikleri vurgulanmaktadır. Üçüncü bölümde iktisadın kompleks ve KKOK yapısına ilişkin literatüre bakılmaktadır. Dördüncü bölümde, firma büyüme dinamikleri ele almaktadır. Beşinci bölümde, KKOK dayalı çalışmanın yöntemine ilişkin teorik bilgilere ve verilere değinilmektedir. Altıncı bölümde ise, ampirik analizlerde elde edilen bulgular sunulmaktadır. Çalışma genel değerlendirmenin yapıldığı sonuç bölümü ile tamamlanmaktadır.

2. Kompleksite Mekanizması: “Kendi Kendine Organize Olan Kritiklik”

Kendi kendine organize olan kritiklik kavramı, kompleks sistemlerin aniden ve beklenmedik bir biçimde değişiklik gösterebildiği durumların kendiliğinden ortaya çıkabileceği temelinde dayanmaktadır. Söz konusu kavram ilk kez Bak vd. (1987) tarafından, bir değişkenin kritik bir noktaya doğru evrildiği, bu noktaya bir kez ulaşıldığında niteliksel bir değişimle, bir tür felaket sonucu, kırılma noktasının arkasındaki konuma geri dönerek her şeyin yeniden başladığı dinamik bir süreci temsil etmek için kullanılmıştır. Bak vd. (1987) konuyu kum yığımına dayalı bir simülasyon modeli ile açıklamışlardır. Bir yüzeye kum taneleri konmakta, artan eğime sahip bir yığın oluşturan kum yığını, süreç ilerledikçe, kritik bir eğime ulaşmakta, tek bir yeni kum tanesi eklendiğinde çığlar meydana gelerek, kum yığını dağılmakta ve yığının eğimi azalmaktadır. Kum tanelerinin eklenmesinin düzenliliğine rağmen, çığların oluşma zamanı veya büyüklükleri konusunda bilgi bulunmamaktadır. Böyle belirsiz bir dinamik sistemde, örüntü sergileyen tek unsur kritik noktalar ve çığların boyuta göre dağılımıdır. Bak vd. (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).

Buradan hareketle “kendi kendine organize olan kritiklik” terimi iki kısım içerir; “kendiliğinden organize olma” ve “kritiklik”. “Kendi kendine organize olma” kavramı etkileşim halindeki çok sayıdaki unsur arasındaki örüntüyü ifade etmek için kullanılmaktadır. Kavram, yapılanmanın, örüntülerin ve büyük ölçekli organizasyonların kendiliğinden ortaya çıkması anlamındadır ve kontrol parametrelerinin eksikliğini işaret etmektedir (Sornette, 2007). Sistemler, kendi kendini düzenlemenin sonucu olarak, dış etmenler olmadan belirli yapılar haline gelirler ve kompleks sistemleri oluştururlar. Diğer bir deyişle, belirli denge sistemlerinin, dış bir etmen tarafından kontrol veya manipüle edilmediği durumlarda spontene olarak örüntü ve yapılar geliştirebilme yeteneğidir (Andergassen vd., 2004). 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 (karınca ve arı gibi), kuş ve balık sürüleri sayılabilir.

"Kritiklik" kelimesinin anlamı ise, farklı yaklaşımlar tarafından farklı anlamlar içermektedir. İstatistiksel mekanikte faz geçişlerine dayanmakta, enerji tüketen sistemde kritiklik durumu sıcaklık gibi kontrol parametreleri değişikliğinden meydana gelmektedir.

Kritik eşikler ya da kaos eşiği ise düzen ve kaos arasındaki eşik anlamında kullanılmaktadır. Kauffman (1993) buna “erime bölgesi” adını vermiştir. Kritiklik genel olarak, sonsuz boyutta limit içerisinde korelasyon uzunluğunun ve duyarlılığının sonsuz olduğu kritik bir noktada bulunan bir sistem durumunu anlatmaktadır. Sistemde yerel değişiklikler azalmaz, bunun yerine çeşitli neden-sonuç zincirlerini başlatarak, tüm sistemi etkiler. Sistemde, çeşitli ölçeklerde salınımlar oluşturan bir değişiklik topluluğu üreten çok sayıda reaksiyon ve karşı reaksiyon ortaya çıkar. Bu şekilde, mikro düzeydeki olaylar makro düzeyde dinamizm üretir (Zhukov, Kanishchev ve Lyamin 2016).

KOKK’ün önemli bir özelliği, bu sistemde neden ve etki arasındaki ilişkinin doğrusal olmayışıdır. KOKK, aynı zamanda “çığ kavramı” olarak da bilinmekte ve kısa bir aralıkta etkileşen büyük sayıda unsur içeren yitigen sistemlerin davranışlarını nitelendirmektedir. 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 (Aschwanden, 2013).

Fiziksel sistemde KOKK modelleri genellikle orman yangınları, depremler, güneş patlamaları, çığlar gibi felaket olaylarına biyolojik evrim ve diğer pek çok fenomen için uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda KOKK durumu dışsal (yavaş) enerji girdisi ve yapısal değişime ya da çöküntüye neden olacak çığlara öncülük eden mikroskobik evrim/gelişim şeklinde iki sonsuz ayırık zaman skalası tarafından tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, KOKK, 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.

Kendi kendine organize olan kritiklikte, fraktallar ve çekim noktaları en belirgin özelliklerdir. Fraktallar farklı ölçeklerde kendini sürekli tekrar eden yapılardır. Birçok fraktal yapı kendine benzer (self similarity) parçalardan oluşmaktadır. Bu nedenle, 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. Bir nesnenin kendine benzeme özelliğinin olması, bunun farklı ölçeklerdeki kendi benzerlerinin tekrarını içermesi anlamına gelmektedir. Örnek olarak bir brokoli deseninin tekrar tekrar desenlerini yakınlaştırması verilebilir. Bununla birlikte, fraktallar şekilsiz miktarlar da olabilir, bu durumda güç kanunu dağılımı olarak bilinen dağılım ile karakterize edilmektedir. Bu anlamda bir fraktalın ölçek değişmezliğinden (scale invariance) dolayı ölçeksiz (scale-free) olduğu söylenmektedir (Takayasu ve Takayasu 2010). Ölçek değişmezliği, bir değişkenin (bir gözlemin) farklı ölçeklerinde (zaman veya mekanda) değişmeden kalan bir özellik olup, değişkenin (gözle-

min) farklı ölçeklerde kendini yinelemesi anlamına gelmektedir. KKOK'in makroskopik davranışları, faz geçişinin kritik noktasının mekansal ve zamansal ölçek-değişmezliği karakteristiklerini göstermektedir.

Ölçeksiz bir yapılanma, doğal sistemlerde depremlerin büyüklüğünde, ay kraterlerinde, güneş patlamalarında, göllerde, dağlarda, bulut ve deniz kıyılarının şekillerinde bulunmaktadır. Bunlar hep kendilerinin daha küçük parçalarına benzerler ve ölçekleme değişmezlikleri gösterirler, örneğin göllerin büyük bir çoğunluğu küçükken, sadece bazıları çok büyüktür (Pueyo, 2014). İnsan yapımı sistemler olarak ölçeksizlik özellikle büyüklük anlamında şehirlerde, firmalarda, satışlarda, ücretlerde ve ağ bağlantısı anlamında organizasyon yapılarında, yönetici bağlantılarında, biyoteknoloji ağlarında olmak üzere birçok dinamik sistemde rastlanmaktadır.

Ancak bir sistemin kompleks KKOK yapıya sahip olduğunu anlamada mutabık kalınan ve matematiksel bir ölçüm henüz geliştirilmemiştir. Ölçümünde, genellikle simülasyon ve istatistiksel fizik temelli yöntemler kullanılmaktadır. Yöntemsel eksikliğe rağmen, KKOK durumunun genellikle kabul edilen özelliği, güç kanunu olarak adlandırılan istatistiksel dağılımın mevcudiyetidir. Bir sistemin dinamik olmasının genellikle "çığlar" olarak bahsedilen istatistiksel dalgalanmalarla karakterize edilmesi (Sornette 2007) sonucunda, bir sinyalin frekans spektrumunun, zamanla değiştiğini gösteren güç kanununun formülü aşağıdaki gibidir;

$$S = v \frac{1}{f^\alpha} \quad (1)$$

Burada f frekans, S güç, v ise S ile f birimleri arasındaki korelasyonu ifade eden katsayı ve α güç üstelidir. Gürültü (noise) rengi türleri, düz trend çizgisinin eğimi olan α değerine bağlıdır. Bu değer aynı zamanda $1/f$ ölçekleme, gürültü ya da oynak gürültü (flicker noise) olarak bilinir. Söz konusu $1/f$ ifadesi esasen $1/f^\alpha$ olup, α , $0 < \alpha \leq 2$ arasındadır (Morel 1998). Eğer $\alpha \approx 0$ ise beyaz ($1/f^0$), $\alpha \approx 1$ ise pembe ($1/f^1$ ya da $1/f$) ve $\alpha \approx 2$ ise kahverengi veya kırmızı ($1/f^2$), gürültü olarak adlandırılmaktadır. Pembe gürültünün genelde felaket habercisi olduğu kabul edilmektedir. Bu şekilde $1/f$ spektral gücün frekansla ters orantıda değiştiği gürültü olup, kendi kendine organize olan kritikliğin göstergesidir. Kendi kendine organize olan kritiklik, dağılımın dinamik bir orijini olduğunu belirtir (Zhukov vd, 2016).

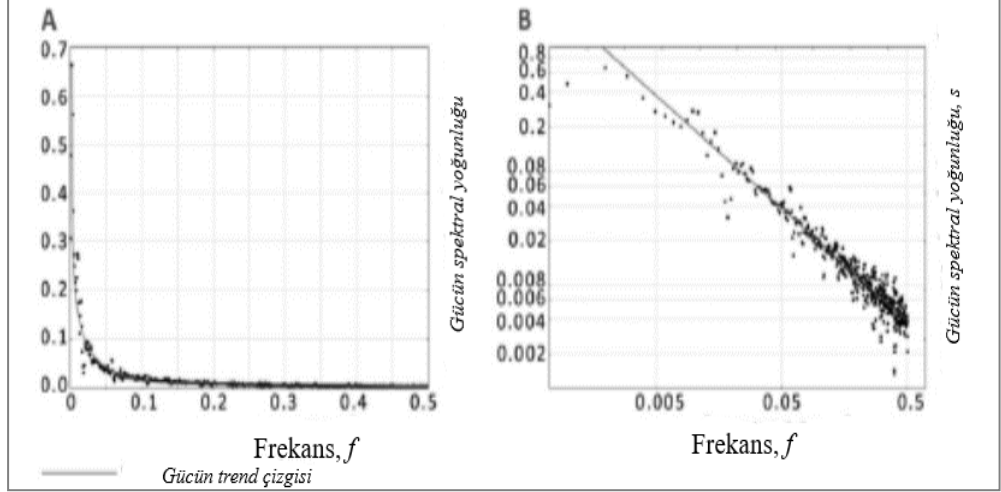
Güç kanununu olasılık dağılımı olarak ifade edildiğinde;

$$p(x) = Cx^{-\alpha} \quad (2)$$

Burada C orantılılık sabiti ve α güç kanunu üstelidir. Verilen parametrenin boyut sınıfları çeşitli ölçeklerde dağıtılır, böylece her bir x ölçeğindeki p elemanlarının sayısı px^α

denklemine göre ilişkilendirilir³. Güç kanununun doğrusal ve logaritmik olarak spektrogramı Şekil 1’de verilmektedir.

Şekil 1: Doğrusal (A) ve Logaritmik (B) Koordinatlarda Yapay Pembe Gürültü Spektrogramı



Kaynak: Zhukov vd, 2016

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 şeklidir. Hem büyüklük hem de süre bakımından güç kanununa göre dağıtılan, yakınında ve çevresinde meydana gelen kritik noktaların ve felaket olaylarının varlığı, KKOK'nin özellikleri olarak gösterilmiştir.

Bu çerçevede güç kanunu dağılımları KKOK belirlenmesinde ve dinamik sistemlerin modellenmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. KKOK kavramı, düzen ve kaos arasındaki durumu, felaket boyutundaki olayları içeren ölçekleme belirsizliğini açıklamak için kullanılmaktadır. Dinamik sistemlerde karmaşık davranışın kendiliğinden gelişebileceği fikrini içerir. Kompleks, sistemin evrimine kılavuzluk edecek hiçbir ölçeğin olmaması anlamında ortaya çıkmaktadır. KKOK, fizikte son zamanlarda çığır açan başarılarından biri olup, sosyal olgulara uygulanabileceği fikri gündeme gelmeye başlamıştır.

³ Güç kanununun genel formülü $f(x) = Cx^{-\alpha}$ olup, bu eşitlik aynı zamanda $\log p(x) = \log(C) - \alpha \log(x)$ şeklinde ya da $f(x) = c \left(\frac{1}{x}\right)^\alpha$ ifade edilebilir (Adamic, 2000). Metin içerisindeki $f(x) = x^{-\alpha}$ formül $C=1$ olma durumudur.

3. İktisatta Kendiliğinden Organize Olan Kritiklik Uygulamaları

Kompleksite iktisadında, iktisat, çevresi ile sürekli etkileşim halinde olan heterojen ajanların yer aldığı kompleks bir sistem olarak ele alınmış ve iktisatta kendiliğinden organize olma, evrimsel iktisat ve Avusturya okulu ile öne çıkmıştır. Evrimsel iktisat, ekonomik sistemlerin kendiliğinden dönüşümünün açıklanması ile çeşitlilik ve seçim tarafından yönetilen popülasyon dinamiklerine ilgi göstermektedir. Avusturya okulu ise, ekonomik düzeni, sistem bileşenleri arasındaki etkileşimlerin merkezi olmayan dengesizliklerinin dışsal sonuçları olarak vurgulamaktadır (Robert ve Yoguel, 2013). Bu çerçevede iktisatta KKOK yaklaşımı, belirli fiziksel olgulara atıfta bulunarak, son dönemde çok sayıda makro ve mikro çalışmalara konu olmuştur. Makroekonomi ile ilgili çalışmaların çoğu teorik ve ekonomideki ağ bağlantıları üzerine olup, tek ya da çift boyutlu kafes simülasyonuna⁴ dayalı modellerdir. Gerçek verilerle yapılan ampirik uygulamalar ise sınırlı sayıdadır.

İktisatta özellikle Schelling'in (1978) Ayrışma Modeli'nin ortaya çıkışından itibaren, iktisadi yapılarda kendi kendini düzenleme süreçlerine olan ilgi artmıştır. Ancak iktisattaki KKOK kavramının makroekonomide ilk uygulanması Bak, Chen, Sheinkman ve Woodford (1992; 1993) tarafından yapılan çalışmadır. Söz konusu Bak vd. (1992; 1993) çalışmalarında, (iktisadi aktivitelerin) 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. Model, ekonomik aktivitelerdeki dalgalanmaların (oyunluk) durağan bir Pareto-Levy dağılımı ile verildiği kritik bir duruma, kendi kendine organize olmaktadır.

Scheinkmann ve Woodford (1994) kuramsal iktisatta KKOK'yi ekonomik dalgalanmalara ilişkin araştırma modellerindeki güç kanunu dağılımlarının oluşumuna bağlamıştır. Krugman (1996) açık bir ekonomide kendi kendini düzenleme modeli geliştirmiştir. Bu model aynı zamanda mekânsal ekonomi araştırmalarında da önemli bir etkiye sahip olmuştur. Agliardi (1998) bir kurumun gelişim yönünü incelemek için bir "stratejik ikame edilebilirlik oyun" modeli ileri sürmüştür. Çalışmada teknolojik uyum sağlamaların güç kanununa göre dağıldığı durumlarda, sistemin geçiş sürecinden sonra kritik duruma nasıl kendi kendine organize olduğu gösterilmektedir. Ponzi ve Aizawa (2000) mali piyasa modellerinde güç kanunu dağılımlarından bahsetmektedir. Ormerod (2002) güç kanununu

⁴ İstatistiksel mekanikte yer alan tek ya da çift boyutlu kafes modelleri için Baxter (1982) ve Aschwanden (2013) kitaplarına bakılabilir.

ABD iş döngüleri içerisinde tanımlamıştır. 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. 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.

İktisatta mikro konulardaki KKOK çalışmaları ise genellikle firma dinamikleri üzerine, firma büyümesi ve büyüklükleri ile finans alanında 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. Özellikle 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. 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.

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. Bartolozzi, Leinweber ve Thomas (2005) ise, yüksek frekanslı veri olarak ABD pay senedi endeksi gürültüsünü ayırmak ve çığ büyüklüğünün, süreli (duration) ve laminer⁵ 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 güç kanunu davranışı, bazılarının ise klasik KKOK modellerde olmayan asimptotik güç kanunu davranışı gösterdiğini saptamıştır.

⁵ Laminer zaman, bekleme süresi veya hareketsiz/durgun (quiescent) zaman olarak adlandırılmaktadır. (Bartolozzi, Leinweber ve Thomas, 2005). Bu ifade hidrodinamik akışlardaki (akışkan dinamiğindeki) akışkan taneciklerinin bir arada düzenli ve ince tabakalar halinde hareket etmesiyle oluşan laminer durumuna ve kaolitik yani ardışık bir düzene bağlı olmayan akışkan taneciklerinin oluşturduğu türbülans (çalkantı, dalgalı) durumuna benzetim yapmaktadır (Aschwanden 2011, s. 139).

Noell (2007) çalışmasında Danimarka tarım alt sektörlerinde kendi kendini düzenleyen kritikliğe ilişkin analizlerde bulunmuştur. Çalışmada tarım alt sektörleri için güç kanunu dağılımının fonksiyonel ilişkisine işaret edilerek, bu sektörlerde kendi kendini düzenlemenin varlığı ispatlanmıştır. Böylece incelenen tarım alt sektörlerinin kendi kendini düzenlediği ve dolayısıyla kompleks özellikler göstermelerinin olası olduğu ve bütünüyle kendi kendini düzenleyen sektörlerin ekonomik açıdan da en verimli sektörler olduğu belirtilmiştir.

Andergassen vd. (2004) Hollanda gayrimenkul firmaları için çalışan sayısı verisi ile firma büyümelerini analiz etmiştir. Metodoloji olarak firmalar arası bağlantıya dayalı bir ağ modeli kullanılmıştır. Firmaların büyüme bağlantıları kümeleme yöntemine (k-ortalamalar) göre gruplanmıştır. Kümelerin ampirik dağılımının üstel dağılıma uymadığını, buna karşın güç kanunu dağılımına uyduğunu, istihdam büyümesinde kritik durumun varlığı hipotezinin reddedilemeyeceği belirlenmiştir. Benzer şekilde Andergassen, Nijkamp ve Reggiani (2003) çalışmasında Almanya işgücü piyasasında iş gücü bölgesinde KKOK varlığını sezgisel (heuristic) yöntem ve gruplar arası ortalama bağlantı (mean linkages) olarak 2 farklı kümeleme yöntemi ile araştırılmıştır. Sonuçlara göre, sezgisel yöntemde Almanya işgücü bölgelerinde iş gücü büyümesinin kritik durumda olduğu belirlenirken, ortalama bağlantı yönteminde büyüme kümelerinin dağılımının güç kanunu ve üstel dağılım arasındaki ayrımının belirlenememesinden dolayı kritik durum saptaması yapılamamıştır. Reggiani, Nijkamp ve Andergassen (2006) çalışmalarında da Andergassen vd. (2003) çalışmasına benzer şekilde, Almanya'da iş gücü piyasası bölgesinde çalışan sayısı büyüme oranının evrimsel dinamiklerinin KKOK gösterip göstermediği incelenmiştir. Andergassen vd. (2003) çalışmasında yer alan kümeleme yöntemleri yerine, bu çalışmada k-ortalamalar 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.

İktisat literatüründe kendi kendine organize olan kritikliğin göstergesi olan güç kanunu dağılımlarının, finansal verilerde, iş gücü dinamiklerinde, firmaların büyümesinde, mekansal ekonomide ve iktisadi sistemlere ilişkin çok sayıda alanda bulunduğu yönünde çalışmalar yapılmıştır. Ancak mikro çalışmalarda, firmalarda KKOK yaratan bir çok mekanizma belirlenerek, fourier dönüşüm (transform), dalgacık (wavelet) dönüşümü, kutulama, küme-

leme gibi bir çok farklı yöntem kullanılarak, çığ yaratan KKOK durumunun bulunup bulunmadığı gerçek verilerle uygulanmaya çalışılmıştır. Çalışmalarda güç kanunu yaratan farklı yöntemlerin kullanılması ve verilerin nitelik farklılıkları karşılaştırılabilirliği azaltmaktadır. Ayrıca yapılan tüm modeller hala niteliksel olup, çalışmaların verileri tamamen ikna edici bir şekilde açıkladığını söylemek mümkün değildir.

4. Kompleks Sistem Olarak Firmalarda Büyüme

Kompleks sistemlerin genel özellikleri olan doğrusal olmama, geribildirim, durağan olmama, birçok etkileşimli ajanlar, uyum sağlama, evrim ve açık sistem özelliklerinin büyük çoğunluğu firmalar için geçerlidir. Bu nedenle kompleksite teorisinde firmalar kendi kendine organize olan “kompleks uyum sağlayan sistemler” olarak adlandırılmaktadır (Albin, 1998). Sadece endüstri yapısı firma davranışına etki etmemekte, aynı zamanda firma davranışı da endüstri yapısını ve rekabet şeklini değiştirebilmektedir.

Firmaların büyümesi diğer dinamik sistemler gibi pozitif ve negatif geribildirimlerin etkileşimi sonucudur ve kompleksitenin firma teorisine getirdiği en önemli unsurlardan biridir. Halbuki klasik iktisat teorik modellerinde azalan getiri ve göreceli olarak geribildirim olmadan basit doğrusal bir ilişki varsayılmaktadır. İktisatta pozitif geribildirim (pozitif dışsallıklar; pozitif geribildirime bağlı endüstri 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. Negatif geri bildirim ise firmaların büyümesinde azalan getiri yaratmaktadır. Faydanın azalımı firmanın bürokratik olarak sıkışıklığı veya yönetsel sınırları, yöneticiler ve ortaklar arasında bilgi asimetrisi yaratarak, kurumsal yönetim sorunları nedeniyle olumsuz ölçek ekonomilerini ortaya çıkarmaktadır (Buendia, 2013).

Simon (1962), tüm kompleks sistemlerde ortak olduğu görülen belli özelliklerin tüm firmalarda olmasa da bazı firmalarda olduğunu ileri sürmüştür. Burada öne atılan teorik açıklama, firmaların ayrık ve birbirini tamamlayıcı kaynaklardan oluşan “kaynak temelli yaklaşıma” dayanmaktadır (Coad, 2012). Penrose’ya (1959) atfedilen kaynak temelli yaklaşım, firma düzeyinde büyümenin içsel nitelikler ve her bir firma için kendine has olan yeteneklerin kombinasyonları tarafından yönlendirildiğini varsaymaktadır (Kunkle 2009).

Bu kapsamda firmanın büyümesi organizasyonel olarak kaynakların eksik kullanımını kaynaklı olabileceği de hesaba katılmaktadır. Kaynakların eksik kullanımı, firmalarda kaynaklarının herhangi bir zamanda bazı nedenlerle tamamen kullanılmaması sonucu kaynak

fazlalığı olmasıdır. Bununla beraber yöneticiler, bir firmanın kaynaklarını en verimli şekilde “tam kullanma” haline olabildiğince yakın tutmaya 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 durumda büyüme ilave yatırım gerektirmezken, ikincisinde firma büyümesi potansiyel olarak geniş ölçekli yatırım ile desteklenecektir (Coad 2012).

Firma büyümesine ilişkin bu açıklama “kendini düzenleyen kritiklik” olarak ifade edilebilir. Firma yöneticileri, firma kaynaklarını verimli olarak kullanmak için mücadele ettiklerinden, firmalar kaynakların tamamen kullanıldığı “kritik hale” ulaşmaya eğilimli 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, 2012).

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 değişiklikleri içeren çölgüleri başlatacağını belirtmiştir. Weick ve Quinn (1999) ise, kaosun eşliğinde 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, 2012).

Firma büyümesinin organizasyonel değişikliklerin ve firma kaynaklarının yarattığı çölgüleri gibi, firma küçülmesinin ya da başarısızlığının da ekonomik faaliyetler üzerinde makro ölçekte büyük etkisi olabilmektedir. Bunun nedeni, tek bir firmanın temerrüdünün etkisinin alacaklı-borçlu ilişkisi ağları yoluyla ekonomi geneline yayılabilmesidir. Fujiwara (2003) tarafından geliştirilen modelde, iflas etmiş bir firma, borcunu ve borç taahhütlerini bankaya geri ödemediği piyasayı terk etmekte, firma bankaya borcunu ödemediğinde bankacılık sistemi sermaye kaybına uğramakta, böylece kredi arzı daralmaktadır. Bu tip kredi arzının daralması faiz oranını yükseltmekte, daha fazla kredi arayan firmalar arası rekabeti artırmakta ve daha sonra firmaların bilançosunun kötüleşmesine neden olmaktadır. Bu durum kendi kendine organize olan sistemlerdeki tek bir kum taneciğinin yarattığı çölgüleri gibi “domino etkisi” yaratarak iflas olasılığının artmasıyla sonuçlanabilmektedir.

KKOK için zincirleme reaksiyonlar, felaket olayları dışında olan süreçler de önem arz etmektedir. Kritiklik seviyesinde, her incelenen unsur (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.

- Sistem, ani bir arızaya uğrayabilecek birimlerden oluşmalıdır. Firmaların iflası ani bir arıza olarak görülebilir.
- Söz konusu arıza olaylarını izleyen zincir reaksiyonları olmalıdır. İktisadi sistemin bir bölümündeki bir hata iktisadi sistemin diğer bir bölümünde hataya yol açabilecektir. Bu tür bir etki, KKOK modellerinde olduğu düşünülen bir etkidir. Tek bir firmanın hatası kendi içinde bir zincirleme reaksiyona örnek teşkil edebilir. Tek bir firmanın bir bölümündeki başarısızlık/hata (küçük sorunlara) zincirleme reaksiyon yaratabilir. Tek firmanın başka bir firmanın üretimini çoğunluğunu satın alması veya başka bir firmanın ihtiyaçlarını büyük oranda tedarik etmesi gibi durumlarda belli bir bağımlılık söz konusu olduğundan, iktisadi sistemin içerisinde dalgalanmaların yayılması mümkün olabilecektir.
- Bireysel birimlerin belirli bir noktada belirtilen kritiklik seviyesinin altından üste çıkarak kırılganlıklarını artırma eğilimleri bulunmalıdır. Ekonominin kötüye gittiği gerileme dönemlerinde, büyük firmaların küçük firmalara rekabet üstünlüğü sağlamaları, firma birleşmeleri veya firma satın alımlarından dolayı yoğunlaşma artışı olması, artan kırılganlık trendini ortaya çıkarabilecektir. Bunun sonucunda, büyük firmaların iflas etmesi durumunda, ekonominin geniş bir bölümü de aynı zamanda çöküşe yatkın hale gelecektir.
- Ortaya çıkarılan bir birimin kritiklik seviyesini aşmak için gereken zaman, ortalama olarak zincirleme tepkilerin süresinden daha fazla olmalıdır. KKOK, firmaların doğuşu veya toparlanmaları, yeni firmaların eski firmaların yerini almaları sayesinde sonsuza kadar süren zincirleme tepkilerin önüne geçecek kadar yavaş gerçekleşmeleri durumunda mümkün olabilecektir.

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 etmekte-

dir. KKOK açısından ise Pueyo (2014) göre, firmaların iktisadi dinamiklerinin birçok yönden KKOK ile benzerlikler taşıdıkları, ama tam bir KKOK sergilemelerinin muhtemel olmadığı belirtilmektedir.

5. Yöntem ve Veri

5.1. 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 aşağıda sunulmaktadır.

5.1.1. Büyümenin Ölçümü ve Bağlantı Düzeyi

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), $g_{it} = (S_{it} - S_{i,t-1})/S_{i,t-1}$ şeklinde hesaplanmıştır. Burada $S_{i,t}$ i firmasının t zamanındaki büyüklüğü ve $S_{i,t-1}$ i firmasının t-1 zamanındaki büyüklüğüdür.

Firma büyümesinin kompleks KKOK yapısına sahip olduğunun belirlenmesi için 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 belirlemek ve firma büyüklük dinamiklerindeki çığı yakalamak amacıyla bağlantı düzeyinin saptanması için yöntem olarak kümeleme analizi kullanılmıştır. Kümeleme analizi bir verinin benzerliklerine ya da farklılıklarına göre alt gruplar arasında bölünmesine izin vererek, veri yapısının öğrenilmesini sağlayan bir seri teknikleri ifade etmektedir (James, Witten, Hastie, Tibshirani, 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 ölçüler⁶ 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 dizinin (alanın/hücrenin) düzeni ve zamansal davranışı ölçülebilmektedir. Küme olasılığı, her bir dizi 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 ve hiyerarşik olmayan yöntemler olarak iki ana kategoride sınıflandırılmaktadır. Bu iki tip analiz arasındaki temel fark; hiyerarşik kümeleme yöntemlerinde veri setlerinin kaç kümeye ayrılacağı ön bilgisi olmadan küme sayısının analizlerle belirlenmesi, diğer yöntemde ise başlangıçta kaç küme olacağına uygulamacı tarafından karar verilerek analizlerin yapılmasıdır (Çelik 2016).

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 kullanılarak, önceden belirlenen karakteristikleri 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 vd. 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 vd., 2013).

⁶ 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).

K-ortalamlar yönteminde temel sorun küme sayısının belirlenmesidir. Çalışmada optimum küme sayısını belirlemek için R programındaki NbClust paketi kullanılarak en iyi küme sayısı belirlenmesi yapılmıştır. Bu pakette yer alan 30 endekse⁷ göre sonuçlar değerlendirilmiştir. Nihai olarak NbClust paketinde 30 endeks arasında en fazla endeks tarafından belirlenen küme sayısı k-ortalamlar yönteminde küme sayısı olarak alınmıştır.

5.1.2. Firma Büyümesinde KOK 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) hesaplanmıştır. Daha sonra ampirik bir olasılık dağılımı elde etmek için frekanslar normalleştirilmiştir.

Amaç, küme büyüklüğünün olasılık dağılımının güç kanunu $f(x) = x^{-\alpha}$ takip edip etmediğinin belirlenmesidir. Burada x küme büyüklüğüdür ve α fonksiyon üstelidir. Küme büyüklük dağılımının güç kanunu ölçeklemesi göstermesi, birçok küçük kümeler ve git-tikçe azalan büyük kümeler anlamına gelmektedir. Böylece küme büyüklüğü ile küme sıklığı arasındaki güç kanunu tek düze azalan fonksiyon olmakta 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 vd. (2004) çalışmasında kullanılan metodoloji uyarlanmıştır. Buna göre temel hipotez, ekonomik aktiviteler I firmadan oluşmuşken ($i=1, \dots, I$), i firmasının büyüme oranının firmanın kendine özgü spesifik faktörler ve aynı zamanda komşu firmalar arasındaki olaylar tarafından belirlenmesidir. Böylece, aynı büyüme rejimi tarafından karakterize edilen s firmasının bir kümesi olarak, bir s boyutunun çığı tanımlanarak, firmaların kritik durumda olup olmadığı saptanacaktır.

⁷ Bunlar, "kl", "ch", "hartigan", "ccc", "scott", "marriot", "trcovw", "tracew", "friedman", "rubin", "cindex", "db", "silhouette", "duda", "pseudot2", "beale", "ratkowsky", "ball", "ptbserial", "gap", "frey", "mcclain", "gamma", "gplus", "tau", "dunn", "hubert", "sindex", "dindex" ve "sdbw" endeksleridir.

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 bulunacaktır.

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 karşı büyüklüğün s logaritmasının grafiği çizilerek, üstel 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 (3) deki gibi üstel ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır.

$$pr(s) = C \exp\{-[a(s)]\} \quad (3)$$

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 (3) deki üstel form, firmalar bağımsız ise, yani bir firmanın büyüme oranının diğer firmanın büyüme oranı üzerine etkisi olmadığı durumda ortaya çıkmaktadır.

Denklem (3) logaritmik terimlere çevrilirse aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\ln[Pr(s)] = C(1) - C(2)s \quad (4)$$

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

Böylece denklem (4) deki logaritmik fonksiyon aracılığı ile büyüklük kümelerinin s olasılığı ile kümelerin büyüklüğü s arasındaki üstel ilişki araştırılmıştır.

İkinci aşamada firma büyüme verisinde denklem (5) gibi bir güç kanunu ilişkisi olup olmadığına bakılmıştır.

$$pr(s) = C'(s)^{-a} \quad (5)$$

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 (5) logaritmik terimlere çevrilirse aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\ln[\text{pr}(s)] = C(1) - C(2)\ln(s) \quad (6)$$

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

Böylece denklem (6) daki logaritmik fonksiyon aracılığı ile büyüklük kümelerinin s olasılığı ile kümelerin büyüklüğü s arasındaki doğrusal (lineer) ilişki araştırılmıştır.

5.2. Veri

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 yayımlanan, 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 kaynakta tüm verileri bulunan firmalardan oluşturularak, 366 firmaya ait büyüklük verileri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

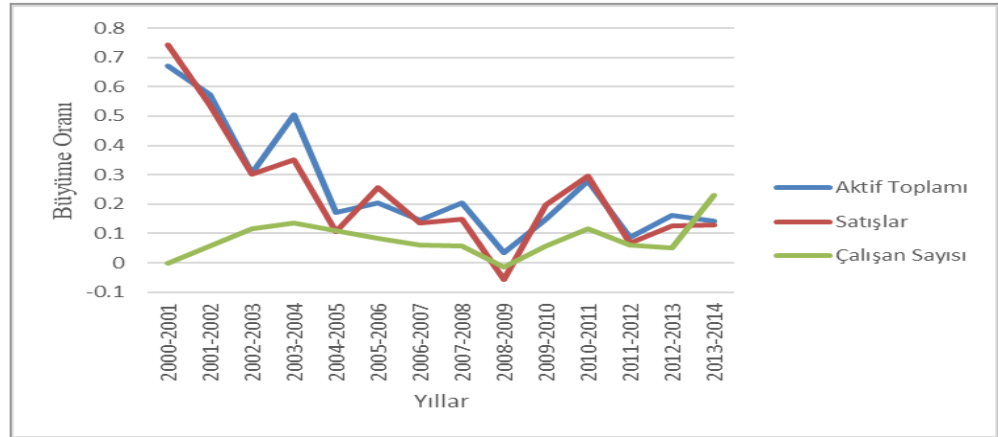
Firma büyüklük ve büyümesinin ölçümü için, çalışan sayısı, satışlar, piyasa payı, kapitalizasyon gibi çok sayıda gösterge bulunmaktadır. Ekonomiye doğrudan istihdam olarak yaptığı katkı açısından, çalışan sayısı en uygun ölçüdür. Bununla birlikte büyümede çalışan sayısı gibi tek ölçütün kullanılması, 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. Bulgular ve Değerlendirmeler

6.1. İmalat Sanayi Firmalarında Büyüme

Firmanın çeşitli kriterlere göre büyümesine göre analiz yapılmadan önce büyüme oranlarının ortalamasının yıllara göre gelişimine bakılmıştır. İmalat sanayi firmalarının 2000–2014 döneminde büyüme oranlarının ortalamasında 2008–2009 yılındaki tüm büyüklüklerde en düşük değere sahip olup, satışlarda ve çalışan sayısında ise negatif büyüme söz konusudur. Firmaların satış ve aktif büyüme oranları paralellik göstermekte, 2000 yılından itibaren dalgalanarak düşme eğilimindedir. Çalışan sayısı büyüme oranının gelişimi ise satış ve aktif büyüme oranlarının aksine 2000–2014 yılları arasında daha istikrarlı bir büyüme trendine sahiptir (Şekil 2).

Şekil 2: İmalat Sanayi Firmalarının Büyüme Oranları (2000-2014)



6.2. K Ortalamalar Yöntemine Göre Büyüme Kümelerinin Dağılımı

K ortalamalar yöntemi ile belirlenen firma büyüme rejimi kümelerinin büyüklükleri $[\ln(s)]$ saptanmıştır. Buna göre küme sayıları, çalışan sayısında 98, satış hacminde 73 ve aktif toplamında 83 bulunmuştur. Söz konusu kümelerdeki maksimum küme büyüklüğü çalışan sayısında 361 ($e^{5.88}$), satışlarda 272 ve aktif toplamında 283'dür. Bu durum k-ortalamar kümeleme yöntemine göre aynı büyüme rejimine sahip firmaların maksimum sayısını gös-

termektedir. Başka bir ifadeyle, firma büyüme dağılımının güç kanunu gösterdiği durumda söz konusu firmalar aynı “çığ” içinde olacaktır.

K ortalamalar yöntemi ile belirlenen firma büyüme rejimi küme büyüklüğü dağılımlarının üstel ya da güç kanunu dağılımı gösterip göstermediğine bakılmaktadır. Üstel ilişkilerinin denklem (5)'e göre tahmin sonuçları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: İmalat Sanayi Firmalarının Büyüme Kümelerinin Üstel Dağılımı

Ölçek	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
Çalışan sayısı				
C(1)	-4,132088	0,084921	-48,657977	2,5266E-49
C(2)	-0,002357	0,000732	-3,220846	0,002081
R ²	0,149535			
Satışlar				
C(1)	-3,978500	0,065237	-60,985400	1,74E-51
C(2)	-0,001450	0,000585	-2,469760	0,016712
R ²	0,101493			
Aktif büyüklüğü				
C(1)	-4,181450	0,062768	-66,617300	7,75E-61
C(2)	-0,001230	0,000677	-1,822840	0,072999
R ²	0,049355			

Çalışan sayısı büyümesinde R²'nin değerinin 0,149 olduğu ve üstel dağılıma tahminleri sonuçları C(2) parametresi %95 güven düzeyinde sıfırdan farklı ($-1,96_t > -3,22_t$) olduğu gözlemlenmektedir. Satış büyümesinde; üstel dağılıma göre R² 0,10 çıkmıştır. α 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. Aktif toplamı büyümesinde C(2) katsayısının %95 güven düzeyinde sıfırdan anlamlı olarak farkı bulunmadığı ($-1,96_t < -1,82_t$), ancak %90 düzeyinde ($-1,64_t > -1,82_t$) anlamlı olduğu görülmektedir. Böylece üstel dağılım katsayısının sıfır olduğu H₀ hipotezi %90 güven düzeyinde ret edilebilmektedir.

Güç kanunu ilişkilerinin denklem (6)'ya göre tahmin sonuçları Tablo 2'de gösterilmektedir. Çalışan sayısı büyümesinde; R² değeri 0,49'a eşit olup, tüm parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde sıfırdan farklı olduğu saptanmıştır. Ayrıca, güç kanunu dağılımının üstelinin C(2) katsayısının -0,27 olduğu ve mutlak değer olarak 2'den daha düşük olduğu görülmektedir. Böylelikle çığların denklem (5) gibi bir güç kanunu dağılımını 2'den daha düşük bir üstel ile takip ettiği varsayımını yani kritik hal varlığının karakteristikleri reddedilemeyecektir. Satış büyümesindeki güç kanunu dağılımı ilişkisi sonuçlarına göre

R^2 'nin değeri 0,21 olup, C(1) ve C(2) parametreleri %95 anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklıdır. α değerini gösteren C(2) değeri -0.12 olup, katsayısı 2'den küçüktür, bu güç kanunu dağılımı için kritik eşiktir. Aktif toplamı büyümesinde; kümelerin güç kanunu dağılımı gösterip göstermediğine bakıldığında, R^2 değeri 0,16 ve α değeri -0,11 bulunmuştur. Aktif toplamı büyümesinde de tüm katsayılar %95 anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklıdır.

Tablo 2: Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı

Ölçek	Katsayı	Standart Sapma	t-istatistik	p-değeri
Çalışan sayısı				
C(1)	-3,295458	0,142628	-23,105264	2,98432E-31
C(2)	-0,277872	0,036526	-7,607502	2,52784E-10
R^2	0,495183			
Satışlar				
C(1)	-3,644670	0,125879	-28,95370	1,44E-34
C(2)	-0,12	0,031585	-3,799330	0,000370
R^2	0,210929			
Aktif büyüklüğü				
C(1)	-3,834573	0,128280	-29,892094	2,58513E-39
C(2)	-0,116176	0,032834	-3,538295	0,000756
R^2	0,163613			

K-ortalamalar yöntemi ile oluşturulan kümeleri kullanarak yapılan (çalışan sayısı, satış ve aktif toplamı) tahminlerin üstel dağılıma göre güç kanununa daha iyi uyduğu saptanmıştır (Tablo 1 ve 2). Firmaların büyüme kümelerinin üstel ve güç kanunu dağılımı uyumundan sağlanan R^2 değeri karşılaştırıldığında, tüm ölçeklerde R^2 değerlerinin güç kanununda daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla imalat sanayi firmalarının gelişiminde KKOK durumunu test etmede k-ortalamalar yöntemi anlamlı sonuçlar sağlamıştır. Ampirik sonuçlar çıktılarının güç kanunu dağılımı izlediği hipotezinin reddedilemeyeceğini göstermektedir.

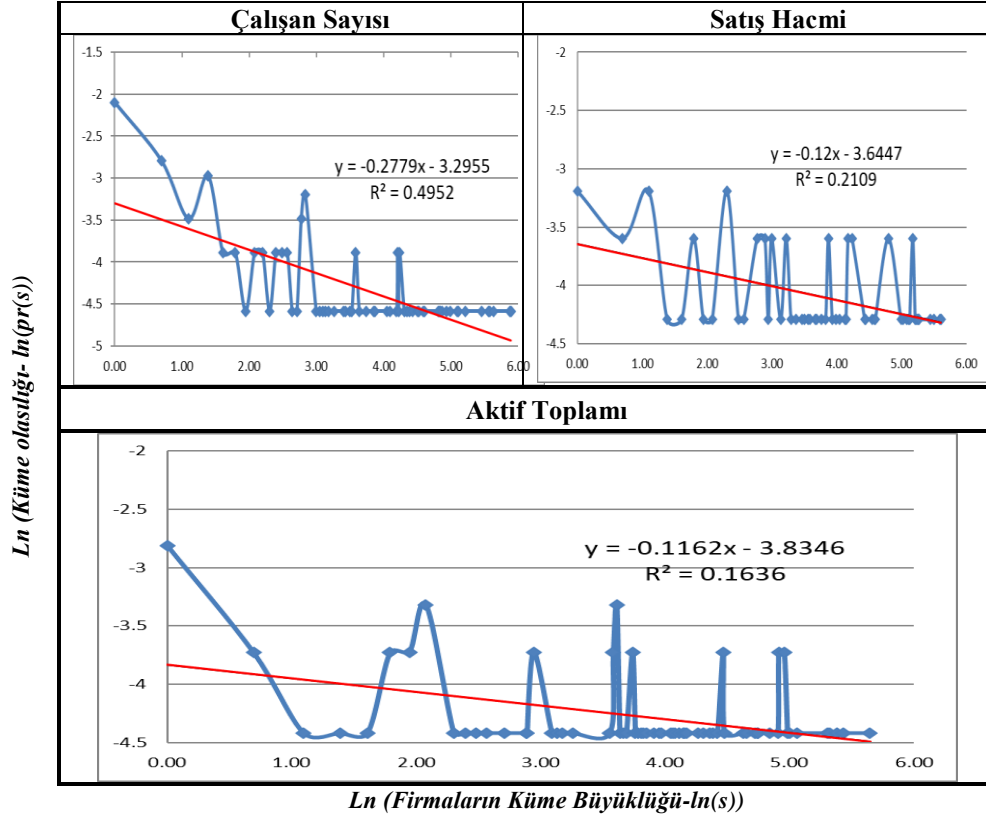
Ayrıca C(2) güç kanunu dağılımı katsayısının değerinin negatif ve mutlak değerinin 2'den küçük olması da sistemin kritik rejimde olabileceğini belirtmektedir. Bu kritik halde tüm ölçeklerdeki büyüme oranlarının korelasyonları, dalgalanmalarının tüm boyutlarda gözlemlenebildiğini vermektedir. Böylece sistemin evrimleşmesi negatif ve pozitif istihdam, satış ve aktif büyüklüğü çıktıları yoluyla gerçekleşmektedir. Yani imalat sanayi firmalarının 2000–2014 döneminde yapısal geçiş durumunda olduğu söylenebilir.

Güç kanunu R^2 değerlerinin çalışan sayısı, satışlar hacmi ve aktif toplamına göre ($0,16_{aktif} < 0,21_{satışlar} < 0,49_{çalışan}$) daha yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde güç kanunu çalışan üstelinin mutlak değer olarak, satışlar ve aktif toplamına göre

($\alpha_{aktif} < \alpha_{satışlar} < \alpha_{çalışan}$) daha yüksek olması firmaların istihdam dinamiklerinin KKOK gösterme olasılığının daha fazla olduğu anlamını vermektedir.

K ortalamalar yöntemi ile belirlenen firma büyüme rejimi kümeleri büyüklüğüne $[\ln(s)]$ göre küme olasılığının $\{\ln[pr(s)]\}$ güç kanunu dağılımı Şekil 3’de verilmektedir.

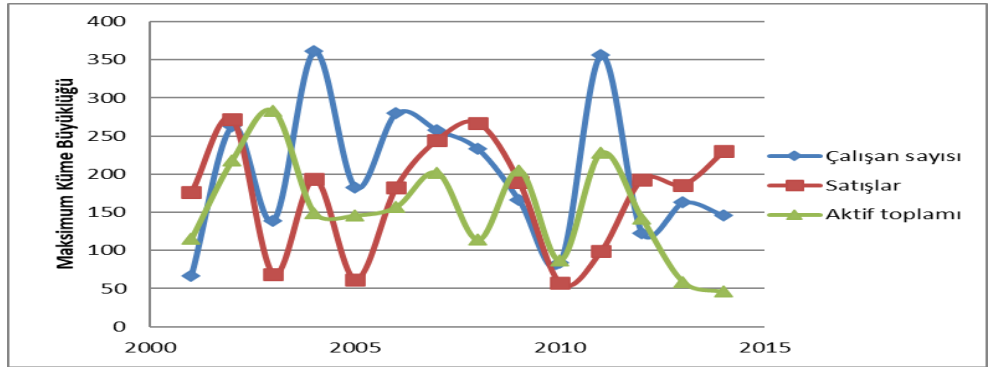
Şekil 3: Ölçeklere Göre Firma Büyüme Kümelerinin Güç Kanunu Dağılımı



6.3. İmalat Sanayi Firmalarının Büyüme Dinamiklerinin KKOK Yapısı

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 ölçeklere bakıldığında satışlardaki büyüme oranların 2002, 2007 ve 2008 yıllarında, aktif toplamı büyüme oranlarında ise 2002, 2003 ve 2011 yıllarında en büyük kümeler mevcuttur. Ayrıca en büyük kümenin takip eden yıl azaldığı görülmektedir (Şekil 4).

Şekil 4: Ölçeklerin Maksimum Küme Büyüklüğü Gelişimleri



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 çalışma kapsamındaki 366 firmadan, 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.

Sonuç olarak; yöntem çığların güç kanunu dağılımını desteklemektedir; 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.

Üstel dağılım kısa vadeli korelasyonu gösterirken, güç kanunu dağılımının 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 ve KKOK durumunun varlığı hipotezinin reddedilemeyeceğini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmadaki çalışan sayısı bulguları Andergassen vd. (2004) Hollanda gayrimenkul firmaları için ulaştığı sonuçlarla uyumludur. Ancak Hollanda gayrimenkul firmalarının çalışan sayısı α değeri 2'nin altında mutlak değer olarak 1,03 çıkarken, Türkiye'de imalat sanayi firmalarının çalışan sayısı α değeri mutlak değer olarak daha düşük 0.27787 çıkmıştır. Önemli bir fark da, güç kanunu ilişkisine yönelik R^2 nin Türkiye'de imalat sanayi firmaları için 0,49 bulunurken, Hollanda'da gayrimenkul firmaları için daha yüksek 0,76 bulunmasıdır.

Yönteme ilişkin değerlendirme yapıldığında, sadece k-ortalamalar 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 firmalarının 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

Firma büyüme dinamiklerinin KKOK olarak analizi firmaların kompleks bir sistem olarak ele alıp analiz edilme olanağı sağlamıştır. Bu amaçla KKOK varlığını saptamak için istatistiksel veri kümeleme yöntemlerinin küme çığının ampirik dağılımı üzerine etkisi incelenmiştir. Firma büyümesinin k-ortalama kümeleme yöntemi ile oluşturulan kümelerin bir 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.

Öncelikle firma gibi ekonomik bir organizasyonun neden kritik bir hale evrilebileceğinin sebeplerinin açıklanması gerekmektedir. Ekonomide firmalar ve sektörler için KKOK konusunun ele alınması durumunda, 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 beklenebilecektir.

Tüm bu açıklamaların sonucu olarak, imalat sektörü firmalarının 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.

Kompleksite teorisinin çekiliciliğine rağmen KKOK'in iktisat bilimine uygulanması hala çok yeni olup, gelişme çağındadır ve bazı araştırmacılar KKOK'den beklentilerin yüksek olduğunu düşünmektedir. Her ne kadar birçok ekonomik süreç basit, doğrusal olmayan sistemler tarafından oluşturulmuş örüntülere benzese de, bu durum söz konusu olguların kolaylıkla modellenip öngörebileceği anlamına gelmemektedir.

Firmalar KKOK özelliği göstermekle birlikte, firma dinamikleri için KKOK'in uygulanabilirliği halen literatürde tartışmalıdır. KKOK için farklı kümeleme yöntemlerinin kullanılması ve yeni yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç 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 araştırılması olacaktır.

Kaynakça

- 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*. Editor: Duncan K. Foley. Princeton. Princeton University Press.
- 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].
- 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.
- ASCHWANDEN, Marcus (2011) "Self-Organized Criticality in Astrophysics: The Statistics of Nonlinear Processes in the Universe", Springer Verlag Pub., Berlin, Heidelberg.
- ASCHWANDEN, Marcus (2013), *Theoretical Models of SOC Systems, Self-Organized Criticality Systems*, Editor: Marcus Aschwanden. Berlin, Warsaw. Open Academic Press. 23-72.
- 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, 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.
- BAXTER, Rodney J. (1982) “Exactly Solved Models in Statistical Mechanics”, Academic Press, USA.
- 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].
- BUENDIA, Fernando (2013), “Self-organizing Market Structures, System Dynamics, and Urn Theory”, *Complexity*. 18(4). 28-40.
- COAD, Alex (2012), “Firms as Bundles of Discrete Resources – Towards an Explanation of the Exponential Distribution of Firm Growth Rates, *Eastern Economic Journal*, 38, 189–209.
- ÇELİK, Serra (2016), R ile Hiyerarşik Kümeleme. <http://serracelik.com/2016/02/22/159/>. [05.05.2016].
- 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.
- DIXON, Robert Livingston (1953), “Creep”. *Journal of Accountancy*. 48-55.
- FAN, Xuhui, Zeng Yiling, Cao Longbing (2013), Non-parametric Power-Law Data Clustering. <https://arxiv.org/abs/1306.3003> [2.3.2016].
- FUJIWARA, Yoshi (2003), Zipf Law in Firms Bankruptcy. <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0310062v1.pdf> [14.9.2015].
- HANNAN, Michael T. (2005), “Ecologies of organizations: Diversity and Identity”. *Journal of Economic Perspectives*, 19(1), 51-70.
- JAMES, Gareth, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani (2013), *An Introduction to Statistical Learning*, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, <http://www-bcf.usc.edu/~gareth/ISL/ISLR%20First%20Printing.pdf>. [12.9.2015]
- KAUFFMAN, Stuart. A. 1993. *The Origin of Order*. New York: Oxford University Press.
- KRUGMAN, Paul (1996), *The Self Organizing Economy*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- MANDELBROT, Benoit (1963), “New Methods in Statistical Economics”. *Journal Political Economics*. 71. 421–440.

- 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_uncc_0694D_10069.pdf [15.7.2015]
- NIREI, Makoto (2006), "Threshold Behavior and Aggregate Fluctuation". *Journal of Economic Theory*, 127(1), 309–322.
- 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.
- 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.
- 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 [23.01.2015]
- PENROSE, Edith Tilton (1959), *The Theory of the Growth of the Firm*. New York. Oxford University Press.
- PUEYO, Salvador (2014), "Ecological Econophysics for Degrowth", *Sustainability*. 6, 3431-3483; doi:10.3390/su6063431.
- 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.
- ROBERT, Veronica, Gabriel Yoguel (2013), "The Approach of Complexity and Evolutionary Economics of Innovation". *Filosofía de la Economía* 1(1), 187-226.
- 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.
- 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.

- SIMON, Herbert A. (1962), "The Architecture of Complexity". Proceedings of the American Philosophical Society. 106(6). 467-482.
- SIRGHI, Andrei, Doru Dumitrescu (2011), "Self-organized Criticality and Economic Crises". Studia University Babes Bolyai Informatica. LVI (2). 107-112.
- SORNETTE, Didier (2007), Probability Distribution in Complex Systems, <http://arxiv.org/pdf/0707.2194.pdf> [12.7.2016].
- TAKAYASU, Misako; Hideki Takayasu (2010), "Fractals and Economics". Chapter 10. In Complex Systems in Finance and Econometrics, Selected entries from the Encyclopedia of Complexity and Systems Science. 2-vol. set, edited by Meyers, R.A. New York: Springer-Verlag. 444-463.
- WEICK, Karl E., Robert E. Quinn (1999) "Organizational Change and Development". Annual Review of Psychology, 50. 361-386.
- 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.
- XI, Ning, Paul Ormerod, Yougui Wang (2012), "Technological Innovation, Business Cycles and Self-organized Criticality in Market Economies". Europhysics Letters, 97(6).
- ZHUKOV, Dmitry S., Valery V. Kanishchev, Sergey K. Lyamin (2016), "Application of the Theory of Self-Organized Criticality to the Investigation of Historical Processes", SAGE Open, October-December 2016: 1–10, DOI: 10.1177/2158244016683216.