

Kaos Teorisi Çerçevesinde Bireysel Yatırımcı Davranışının Analizi

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Burak KAHYAOĞLU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi İ.İ.B.F. İşletme Bölümü

burak.kahyaoglu@omu.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Süleyman İÇ

Yrd. Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi İ.İ.B.F. İşletme Bölümü

ic.suleyman@omu.edu.tr

Özet

Kaos Teorisi günümüzde alternatif bir bilimsel yaklaşım olarak kabul edilmekte ve bu yaklaşım temelinde yapılan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Borsalar sahip oldukları dinamik özellikler itibarıyla Kaos Teorisinin önemli inceleme alanlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmanın amacı bireysel yatırımcı davranışının Kaos Teorisi çerçevesinde incelenmesidir. Bu kapsamda 2009-2011 döneminde Borsa İstanbul'da işlem yapan 68 bireysel yatırımcının gerçek işlem hacimleri arasında görülen kısa vadeli istatistiksel olarak anlamlı korelasyonların farklı piyasa parametrelerine göre değişimi ortaya koyulmuştur. Çalışma kapsamında fiyat hareketlerinin oluşan korelasyonlar üzerinde oldukça etkili olduğu, diğer bir ifadeyle, hisse senedi fiyatlarının yüksek oranda azaldığı dönemlerde yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısının arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kaos Teorisi, Karmaşık Dinamik Sistemler, Yatırımcı Davranışı

THE ANALYSIS OF INDIVIDUAL INVESTOR BEHAVIOR WITHIN THE FRAME OF CHAOS THEORY

Abstract

Recently the chaos theory is accepted as an alternative scientific approach and the number of researches which are based on it increases as well. Moreover, due to their dynamic nature stock markets accept chaos theory as an examining field. The purpose of this study was to examine the investors' behavior within the framework of chaos theory. In this context, the changes in statistically significant correlations within the operations' volumes of 68 individual investors in Borsa İstanbul were established. In this study the movements of prices were found to be highly effective on occurred correlations, in other words, during the times when shares' prices are on an increase the number of negative correlations within the investors are on an increase as well.

Keywords: Chaos Theory, Complex Dynamic Systems, Investor Behavior

I. Giriş

Alternatif bir bilimsel yaklaşım olarak ileri sürülen Kaos Teorisi ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı son yıllarda giderek artmaktadır. Bilim dallarının giderek spesifik hale gelen çalışma alanlarının bilim adamlarını uğraştıkları problemlere çok yakından

bakmaya zorladığını ve adeta körleştirdiğini savunan Kaos Teorisi savunucularının “her şeyin her şeyle ilişkisi vardır” temel varsayımından hareketle çok disiplinli çalışma kültürünü benimsedikleri ileri sürülebilir. Uğraşılan bilimsel probleme daha yukarıdan bakmayı zorunlu kılan bu bilimsel yaklaşım ile birlikte mevcut problemlerin akademisyenler tarafından algılanışı ve bunun sonucu olarak kullanılan bilimsel yöntem değişmiştir. Kendirli (2006:171)’ye göre, günlük hayatta gözlemlenen ve birbirleriyle ilişkisi yokmuş gibi görünen, düzensiz ve tesadüfi gelişmiş izlenimi veren durum ve olayların değişik bir bakış açısıyla ele alındığında aslında muazzam bir düzenin parçası olduğu temel varsayımı klasik bilimden kaosa geçişi nitelemektedir. İlk kez Henry Poincare tarafından 20. Yüzyılın başlarından kullanılan kaos ve karmaşıklık kavramları günümüzde ekonomi, meteoroloji, biyoloji, mühendislik, kimya, tıp alanlarında yoğun bir ilgi görmektedir.

Kaos kavramı kelime anlamı itibarıyla halk arasında, “karmaşıklık, düzensizlik, belirsizlik” gibi ifadeleri çağırırsa da bilimsel kullanım açısından “düzensizliğin içinde saklı olan düzen” anlamında kullanılmaktadır. “Düzen düşüncesi, “doğruluk”, “mutluluk” ve “sükunet” ile bütünleşmiştir. Kaos ise, doğuran ama karanlık; doğurdıkları üstünde etkileri süren ama karşı konulması gereken; ele geçiremediğimiz ve tanımlayamadığımız için mahkum ettiğimiz karmaşa; çıkış noktası olan ama belirsiz olduğu için kaçınılması gereken bir yarığı çağırılmaktadır (Arpacı, 2010: 136). Kaos teorisinin gelişimi açısından kritik öneme sahip katkı 1960 yılında Edward Lorenz’den gelmiştir. Hava durumu tahmini yapmak için oluşturduğu model üzerinde çalışırken modele girdiği sıcaklık değerlerini en hassas termometrenin dahi algılayamayacağı seviyede artırmış ve bunun sonucunda modelin çıktılarının bütünüyle değiştiğine şahit olmuştur. Lorenz bu sonucu, doğru ve güvenilir bir uzun vadeli hava tahmininin, kaotik davranışa sahip olması nedeniyle belirli bir süreyi aşamayacağı, bu nedenle periyodik olmayan davranış özellikleri gösteren hiçbir sistemde tahmin yapmanın mümkün olmadığı şeklinde yorumlamıştır (Öge, 2005:288). Lorenz, bu durumdan hareketle “başlangıç koşullarına hassas bağımlılık” ve “rastgele olmama” özelliklerinin kaos teorisinin temelini oluşturduğunu ileri sürmüştür. Kaos Teorisiyle ilgili yeni açılımlar 1971’li yıllarda Ruelle ve Takens’dan gelmiş ve türbülans durumunun açıklanmasında tuhaf çekici kavramını ortaya atmışlardır. 1980’li yıllarda ise Mandelbrot fraktallar konusunda öncü çalışmalara imza atmıştır. Bu çalışmalarla birlikte “yeni bilim” adı verilen bilimsel yaklaşım birçok farklı disiplinde kendine yer bulmuştur. Önceki dönemlere göre insanların birbirleriyle etkileşiminin son derece yoğunlaştığı günümüz dünyasında Kaos Teorisi sosyal bilimlere farklı bir bakış açısı sağlamış, özellikle kaotik dinamik sistemler konusunda ekonomi ve borsa alanlarında önemli sayıda çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı yatırımcı davranışına Kaos Teorisi çerçevesinde yaklaşarak bireysel yatırımcılar arasındaki etkileşimin kaotik dinamik sistemler konusu temelinde incelenmesidir. Bu kapsamda 2009-2011 dönemleri arasında Borsa İstanbul’da hisse senedi yatırımı yapan 68 bireysel yatırımcının gerçek alım-satım verilerinden hareketle, bu yatırımcıların işlem hacim tutarları arasında oluşan korelasyonlar incelenmiştir. Yatırımcıların işlem hacimleri tutarları arasında oluşan pozitif ve negatif korelasyonların sayısının farklı Bist haftalık getiri oranları ve işlem

hacimleri gruplarına göre gösterdiği değişimler yapılan analizler sonucunda ortaya koyulmuştur. Buna göre Bist haftalık işlem hacmi arttıkça görülen pozitif ve negatif korelasyon sayılarının arttığı, haftalık getiri oranı arttıkça görülen negatif korelasyon sayılarının azaldığı ve negatif korelasyonların ağırlıklı olarak piyasanın düştüğü dönemlerde artış gösterdiği ortaya konulmuştur.

II. Yeni Bilim: Kaos Teorisi

Hacking'e (2005) göre, değişen doğa daima yeni teoriler geliştirilmesinin itici gücü olmuştur. Gelişen teknolojik düzeyin doğayı anlamak noktasında insanoğluna sunduğu imkanlar aslında doğanın sandığımızdan daha karmaşık bir sisteme sahip olduğunu gözler önüne sermiştir. Bilim dallarının giderek spesifik çalışma alanlarına dönüşmesi ve teknolojik gelişmenin bilimsel araştırma olanaklarını artırması bilim adamlarının zihinlerindeki soru işaretlerini küçültmek yerine giderek büyütmüş ve klasik bilimsel yöntemin yaşadığımız evreni anlamak ve açıklamak noktasındaki yeterliliği tartışma konusu haline gelmiştir. Klasik bilimin parçalara ayırarak hakimiyeti altına almaya çalıştığı doğanın, kestirilemez ve son derece karmaşık yapısının bütüncül bir yaklaşımla ele alındığında aslında saklı bir düzenin parçası olduğu yönünde elde edilen bulgular ile birlikte farklı bir bilimsel yöntem olarak "Yeni Bilim" in özellikleri oluşmaya başlamıştır. Bu açıdan düşünüldüğünde "Kaos Teorisi yapısal olarak bir fizik teorisi ya da matematiksel bir tümevarım değil, fiziksel gerçeklik parçalarının bir bütün olarak eğilimini açıklamaya yarayan bir yöntemdir" (Kendirli:2006).

Kaos teorisinin temel argümanlarını oluşturan "her şeyin her şeyle ilişkili olabileceği" ve "ihmal edilebilecek seviyedeki küçük değişimlerin çok büyük etkileri olabileceği" varsayımları çoğu kez oldukça iddialı ve her şeye sıfırdan başlamayı gerektiren bir altyapı şeklinde algılansa da aslında günümüz teknoloji düzeyi göz önüne alındığında çok kısa sürede oldukça yüksek verim alınabilecek bir potansiyeli açığa çıkarmaktadır. Bu kapsamda kurulan Santa Fe Enstitüsü'nde bilimsel problemler, farklı disiplinlerden bir araya gelen araştırmacılar tarafından ele alınmaktadır.

Yeni bilimin klasik bilimden ayrıldığı temel noktalar sistem, doğrusallık, hata ve zaman kavramlarına ilişkin yaklaşımlarda oluşmaktadır (Gürsaka, 2007). Klasik bilimde bir sistem, "onun analizle ayrılmış parçalarının birleştirilmesiyle elde edilebilir" şeklinde tanımlanırken yeni bilimde sistemin ayrılmaz olduğu varsayılır. Dolayısıyla analiz edilmiş parçalar asla bütünün yeterli bir tanımını ortaya koyamaz (Kurt ve Kasap, 2011:28). Klasik bilimde sistemler basit ve doğrusal kabul edilirken, yeni bilim sistemlerin karmaşık ve doğrusal olmayan yapıda olduğu ileri sürülür. Klasik bilimde bir doğrusal modelden sapmalar hata veya gürültü olarak adlandırılır ve belirli bir güvenilirlik derecesinde bu hatalar görmezden gelinir kabul edilirken, yeni bilim açısından hatalar en az oluşturulan model kadar önem verilmesi gereken hatta çoğu zaman paradigma kırılmasını yaratabilecek potansiyele sahip unsurlar olarak kabul edilir. Gürsaka'ya (2007) göre, "birinci yaklaşım sürekli olarak eldeki bilginin doğrulanmasına, ikincisi ise yanlışlanmasına yol açar ki, bilimsel gelişme için ikinci yaklaşımın yararlı olacağı açıktır". Son olarak klasik bilimde zaman "geri dönüşlü"

olarak kabul edilirken yeni bilimde kainatın bir zaman oku olduğu dolayısıyla zamanın geri dönüşsüz olduğu kabul edilir.

Temel yaklaşımlardaki bu farklılıklar bilimin amacının ne olması gerektiği sorusunun da gözden geçirilmesine yol açmaktadır. Gürsakal (2007:88) 'a göre "klasik bilimsel yaklaşım, bilimin amaçları arasında, olayları anlayıp açıkladıktan sonra en az bu amaç kadar önemli olan olayları öngörme ve kontrol etme amaçlarını da vurgular". Smith (2014), matematiksel modellerin sanki gerçek dünyayı bir şekilde yönetiyorlarmış gibi yorumlanmasının tehlikeli olduğunu ileri sürmektedir. Gürsakal (2007) bu durumu, yeni bilimin, daha işin başında öngörme ve kontrol etme konusundaki güçlükleri sıralayarak işe başladığını ve burada sanki bir tür, "Bilim aracılığı ile her şeyi yapabiliriz"den, "bilim aracılığı ile bazı şeyleri yapamayabiliriz"e doğru bir geçişin yaşanmakta olduğu şeklinde özetlemektedir.

Bilim dalları itibariyle konuya birde inceleme nesnelere açısından bakıldığında, özellikle sosyal bilimlere açısından, küreselleşme ve teknolojik gelişme ile birlikte insanların ve onların oluşturduğu toplumsal yapıların içinde buldukları koşulların değiştiği ifade edilmektedir. İnsanlar arasındaki bilgi paylaşımı imkanlarının ulaştığı seviye düşünüldüğünde sosyal bilimlerin birçok farklı disiplini açısından temel inceleme nesnesinin farklı bir gözle ele alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu bakış açısı farklılığı Kaos Teorisi temelinde özellikle karmaşık ve kendi kendini düzenleyen sistemler konularında sosyal bilimlerde önemli açılımların yapılmasına olanak sağlamıştır.

III. Karmaşık Dinamik Sistemler Ve Yatırımcı Davranışı

Karmaşıklık genellikle 'sistem' kavramı temelinde tanımlanmaktadır. Konuyla ilgili birçok tanım, karmaşıklığın bir sistemde çok sayıda elemanla onların arasında olan çok sayıda ilişkileri ifade ettiğini ileri sürmektedir. Bir sistem, bir nesnelere ve/veya bireyler kümesidir. Sistem, bu kümenin elemanları arasındaki ilişki veya ilişkileri tanımlamaktadır. Bir sistemin karmaşık olarak kabul edilmesinin yegane koşulu hem sistemi oluşturan parçaların birbirlerinden farklı olması hem de bağlantılı olmalarıdır. Bu noktadan hareketle karmaşıklığın sistemdeki farklı parçaların ve bu parçalar arasındaki ilişkilerin sayısının artması ile artacağını ileri sürebiliriz.

Sistemi oluşturan parçaların farklılığı bu parçaların farklı hareket ettikleri şeklinde açıklanabilir. Bu durumda potansiyel olarak sayısız çeşitli davranış söz konusudur. Diğer bir ifadeyle sistemi oluşturan her bir parça farklı bir davranışta bulunabilir ve bu davranışların yönü ve şiddeti farklı olabilir. Parçaların ilişkili olması ise, birbirlerinden etkilendikleri veya bağımsız olmadıkları şeklinde açıklanabilir. Gürsakal (2007:49)'a göre "farklılık ve farklı davranışlar düzensizliği üretirken, diğer yandan bu birimlerin ilişkili olmaları sistemi bir düzene sokar ve bu yolla düzensizlik ve düzen iç içe olur". Ruelle (2014:111), modlar (parçalar) ne denli çok sayıda ve aralarında ne denli çok bağlantı varsa kaosu ortaya çıkma olasılığının o denli yüksek olduğunu ileri sürmüştür. Yazgan (2006:210), karmaşık sosyal sistemlerdeki küçük değişimlerin sistemin zaman-mekansal evrimi üzerinde beklenmedik ve büyük sonuçlara yol açabileceğini belirtmektedir.

Borsanın sahip olduğu dinamik ortam itibarıyla yatırımcı davranışının karmaşık sistemler temelinde açıklanması çabaları son dönemlerde artış göstermiştir. Günümüz bilgi iletişim teknolojisinin ulaştığı seviye dikkate alındığında milyonlarca yatırımcının farklı dinamiklerle yaptıkları alım-satım işlemleri bize son derece karmaşık bir sistemi çağrıştırmaktadır. Bireysel getirinin maksimize edilmesi güdüsüyle çok farklı gelir gruplarından, farklı yaşlardan, farklı kültürlerden, farklı meslek gruplarından milyonlarca kadın ve erkek yatırımcı dikkate alındığında sistemi oluşturan elemanların sayısı açısından borsalar oldukça karmaşık bir sistemi ifade etmektedir. Bununla birlikte borsanın işleyiş kurgusu itibarıyla yatırımcıların aldıkları pozisyonlar birbirlerinden oldukça etkilenmektedir. Mandelbrot (2005:111)'un ifade ettiği üzere Belçika'da yapılan bir bilgisayar simülasyonunda, piyasada sadece iki tür yatırımcı olması durumunda bile yatırımcıların bir süre sonra beklenmedik bir şekilde birbirlerini etkileyemeye başladıkları ve piyasada anlık fiyat köpükleri ve çöküşler yaşandığı tespit edilmiştir. Mandelbrot, yatırımcı türünün neredeyse yatırımcı sayısı kadar olduğu piyasalarda karmaşanın boyutunun çok daha yüksek olduğunu ileri sürmektedir. Bilindiği üzere küresel finansal piyasalarda işlem yapan yatırımcıların % 70'i sermaye kazancı elde etme amacıyla hisse senedi yatırımı gerçekleştirmektedir. Hisse senedinin düşük fiyattan alınıp olabilecek en yüksek fiyattan satılması stratejisine dayanan bu yaklaşım neticesinde herhangi bir hisse senedinin fiyatının ne zaman ve ne kadar yükseleceğine ilişkin oluşturulacak öngörünün doğruluğu performansı belirleyecektir. Bu stratejinin gerçekleşmesi için bireysel yatırımcının hisse senedi fiyatının gelecekteki durumu ile alakalı öznel görüşü önemsizdir. Gelecek fiyat üzerinde etkili olan temel unsur yatırımcıların genelinin alacağı pozisyonudur. Bu durumda bireysel yatırımcılar hisse senetlerinin değerini etkileyebilecek bilgilerin piyasaya akışı devam ederken piyasanın bu bilgileri nasıl yorumlayacağını tahmin etmeye çalışacaklardır. Bu durumda borsa yatırım kararı alma süreci, sürekli değişen bir bilgi akışı altında, milyonlarca farklı elemanın sonsuz sayıda farklı güdüler temelinde gösterdikleri farklı davranışlar neticesinde oluşabilecek genel görünüşün tahmin edilmesi bu tahmine dayalı olarak pozisyon alınmasını gerektiren son derece karmaşık bir sistemi tasvir etmektedir. Karmaşık sistemlerin temel özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Gürsaka, 2007, Holland, 1992);

- Çok sayıda birimin belirli bir çevre içerisinde etkileşimi söz konusudur.
- Karmaşık sistem deterministik değildir. Bu nedenle sistemin davranışını kestirmek olanaksızdır.
- Sistemlerde kontrol, sistemi oluşturan birimler arasında yüksek derecede dağıtılmıştır. Bu nedenle tutarlı/kestirilebilir davranış birimlerin rekabetleri veya işbirlikleri sonucunda görülebilir.
- Dinamik bir yapıya sahip olduğundan parçalarına ayrılarak özellikleri incelenemez. Sistemler çevre ile etkileşim halinde olduğundan kendini çevreye uyarlayabilir.
- Sistemin elemanları arasında kısa dönemli, doğrusal olmayan, pozitif ve negatif geribildirimler içeren ilişkiler mevcuttur.
- Organizasyonun birçok düzeyinde, bir düzeyin temel taşları olan birimler diğer bir düzeyin oluşumu için gereklidir.

- Tüm birimler çevrelerindeki modellere göre kestirim yapmaya gayret ederler.
- Sistemi oluşturan elemanların arasındaki etkileşimlerin zenginliği, sistemi bir anda kendi kendini organize etmeye götürür.
- Karmaşık kendi kendini düzenleyen sistemler fraktal yapıdadır. Diğer bir ifadeyle, zaman ve mekan boyutunda sistem farklı ölçeklerde kendini tekrar eder.

Borsalar, milyonlarca farklı türden ve etkileşim halinde olan yatırımcısıyla karmaşık bir sistem özelliği göstermektedir. Zaman serilerindeki kaotik dinamiklerin incelendiği çalışmalar 90'lı yılların ortalarından itibaren yoğunluk kazanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda genellikle hisse senedi fiyat hareketlerinin doğrusal olmayan özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte borsa endeks davranışlarının fraktal yapıda olduğunu saptayan çalışmalar da mevcuttur (Aygören, 2008).

Hisse senedi fiyatları milyonlarca bireysel ve kurumsal yatırımcının etkileşimi sonucu oluşmaktadır. Piyasaya yeni gelen bilgiler ve beklentiler ışığında alınan bireysel pozisyonlar sonucu fiyat sürekli yeniden oluşmaktadır. Borsalarda işlem hacminin çok yüksek seviyelere ulaşması, fiyat kontrolünün milyonlarca yatırımcı arasında dağılmış olduğunu ifade eder. Bu noktada piyasaya gelen bilgiler sonucunda yatırımcıların beklentileri çoğunlukla aynı doğrultuda oluşursa bu durum negatif veya pozitif yönde fiyatların önemli derecede hareket etmesine neden olur. Bu durum yatırımcılar arasında pozitif korelasyon sayısının yüksek olduğuna işaret eder. Fakat piyasaya gelen bilgilerin yorumlanması noktasında yatırımcılar arasında farklılıklar mevcutsa piyasa yüksek bir toplam işlem hacminde dar bir bant aralığında hareket edebilir. Bu durum ise yatırımcılar arasında negatif korelasyon sayısının yüksek olduğuna işaret eder. Sonuç olarak toplam işlem hacmi ve getiri oranındaki değişim bize yatırımcılar arasındaki kısa dönemli geri bildirimler hakkında bilgi verir.

Yatırımcılar sermaye kazancı elde etmek amacıyla fiyat hareketlerindeki kısa-orta ve uzun dönemli modelleri tespit etmeye çalışmaktadır. Günümüzde saniyenin onda birlik zaman diliminde pozisyon alma imkanı veren yatırım algoritmalarının yaygınlaştığı göz önüne alındığında yatırımcılar açısından marjinal fiyat değişimlerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Çok kısa vadeye odaklanan bu yaklaşım ile birlikte yatırımcılar arasında oluşan kısa vadeli korelasyonlar piyasanın yön tespitinde son derece önemlidir.

Bununla birlikte belli dönemlerde gerçekleşen fiyat hareketlerinin sistematik olarak diğer dönemlere nazaran oldukça hızlı olduğu görülmektedir. Bu durumdan hareketle belli dönemlerde yatırımcılar arasında bir eşzamanlı hareket mekanizmasının geliştiğini ileri sürebiliriz. Eşzamanlılık Kaos Teorisi çalışmaları kapsamında "Bağlantılı Salıncılar" konusu altında incelenmektedir. İlk olarak 1665 yılında Hollandalı fizikçi ve matematikçi olan Huygens'in sarkaçlı saatlerin odanın farklı duvarlarındayken birbirlerinden bağımsız hareket eden sarkaçlarının aynı duvarda yan yana asılı olduklarında belli bir zaman sonra eş zamanlı hareket gösterdiğini fark etmesiyle ortaya çıkan bağlantılı salıncılar konusu bugün çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Kalbin işleyiş mekanizması, solunum, sinir ağları, eş zamanlı yanıp sönen ateş böcekleri bağlantılı salıncılara örnek olarak gösterilebilir.

Belirli bir faz uzayında periyodik davranış özelliği gösteren herhangi bir sistem salıncı olarak kabul edilir. Birkaç salıncının birleştirilmesiyle birlikte ise bağlantılı salıncılar oluşmaktadır. Eşzamanlılık bağlantılı salıncıların tipik özelliklerinden biri kabul edilir. Geceleri ağaç üzerinde toplanan ateş böceklerinin belirli bir süre sonra eşzamanlı yanıp sönmeye başlaması bağlantılı salıncıların en güzel örneklerinden birini oluşturur.

Konuyla ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, uygun koşullar oluştuğunda başlangıç koşulları ve salıncı sayısı ne olursa olsun genelleştirilmiş sistemlerin belirli bir süre sonunda eşzamanlı harekete ulaştıkları ispatlanmıştır. Kurt ve Kasap (2011), frekansları farklı salıncılardan oluşan gerçek bir popülasyonun davranışının aralarındaki bağlantının kuvvetine bağlı olduğunu ve salıncıların etkileşimlerinin zayıf olması halinde eşzamanlılık mekanizmasının gerçekleşemeyeceğini ileri sürmüştür. Bununla birlikte, eğer salıncılar arasındaki bağlantılar yeterince güçlüyse salıncıların sahip oldukları frekans farklılıklarına rağmen eşzamanlı hareket gerçekleştirebilecektir. Bu noktada borsa, kendini oluşturan elemanların frekanslarının oldukça geniş bir farklılık göstermesiyle birlikte elemanlar arasındaki bağlantıların oldukça fazla olduğu bir sistemdir. Nitekim belli dönemlerde görülen hızlı ve aşırı fiyat hareketleri borsalarda görülen etkileşimin oldukça farklı frekanslara sahip yatırımcıların eşzamanlı hareket etmesini sağlayacak kadar güçlü olduğunun göstergesidir.

Eş zamanlı hareketi oluşturan mekanizma elemanlar arasındaki işbirliğiyle gelişmektedir. Birkaç salıncının eşzamanlı harekete başlaması arka plandaki gürültüyü bastırarak diğer salıncıların hareketi üzerinde etkide bulunmaya başlamaktadır. Bu sinyal harekete katılan salıncıların artmasıyla güçlenmekte ve gittikçe hızlanan bu pozitif geri besleme eş zamanlılığı hızlandırmaktadır. Bu noktada, sermaye kazancı elde etmek amacıyla olan yatırımcılar arasındaki rekabet, hisse fiyatında oluşan marjinal hareketlerin hangisinin kalıcı olacağını tahmin etmek şeklinde gelişmektedir. Eğer marjinal fiyat hareketleri yeterli derinlik kazanırsa, bu fiyat hareketinin aynı doğrultuda devam edeceği yönünde güçlü bir sinyal olarak algılanacak ve bu pozitif geri besleme mekanizması hızlanarak devam edecektir.

Hisse senedi fiyatlarının ilgili hisselerin toplam işlem hacmi ile ilişkisi zaman faktörünün de dikkate alınarak incelenmesi sonucunda yatırımcılar arasındaki eşzamanlı hareket mekanizması hakkında bir takım saptamalar yapmak olanaklı olacaktır. Eğer bir hissenin fiyatı kısa bir zaman diliminde yüksek bir işlem hacminde yüksek oranda artmış veya azalmış ise yatırımcılar arasında bir eşzamanlı ve aynı doğrultuda hareketin olduğu ileri sürülebilir. Bu durumda yatırımcılar arasında görülen pozitif korelasyonların sayısının yüksek olması beklenmektedir. Yüksek işlem hacmi hissenin fiyatında düşük oranlı bir artış veya azalış oluşturmuş ise, yatırımcılar arasında eş zamanlı fakat farklı doğrultuda bir hareketin olduğu ileri sürülebilir. Bu durumda ise, yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısının yüksek olması beklenmektedir. Bununla birlikte fiyat hareketinin negatif yönde mi veya pozitif yönde mi olduğu sorusu da önem kazanmaktadır. Çünkü yatırımcılar açısından boğa ve ayı piyasalarının dinamikleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Hisse fiyatlarının hızla düştüğü bir piyasada yatırımcıların yaşayacağı panik ve kararsızlık fiyatların hızla yükseldiği bir piyasaya göre daha yüksek olacaktır. Bu noktadan hareketle, farklı işlem

hacmi ve farklı getiri oranı kombinasyonlarında yatırımcılar arasında oluşan kısa dönemli negatif ve pozitif korelasyonların sayıları bize borsada eşzamanlı hareketin özellikleri hakkında bilgi verecektir.

IV. Borsada Eş Zamanlı Hareketin İncelenmesi: Bist Bireysel Yatırımcıları Üzerine Bir Uygulama

A. Araştırmanın Amacı ve Kullanılan Hipotezler

Bu araştırmanın amacı 2009-2011 döneminde BİST’de işlem yapan 68 bireysel yatırımcı arasında işlem hacminde görülen kısa dönemli korelasyonların sayılarının farklı piyasa işlem hacmi, getiri oranı ve yatırımcı sayısı bileşimlerine göre gösterdiği farklılıkların belirlenmesi ve bu temelden hareketle bireysel yatırımcılar arasında görülen eşzamanlı hareket konusunda genel bir yaklaşım oluşturulmasıdır. Çalışmada bu kapsamda test edilen hipotezler aşağıda verilmiştir.

- H¹= İşlem hacmi ile yatırımcılar arasında görülen pozitif korelasyonların sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
- H²= İşlem hacmi ile yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
- H³= Getiri oranı ile yatırımcılar arasında görülen pozitif korelasyonların sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
- H⁴= Getiri oranı ile yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
- H⁵= Yatırımcı sayısı ile yatırımcılar arasında görülen pozitif korelasyonların sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
- H⁶= Yatırımcı sayısı ile yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.
- H⁷= Getiri oranının negatif olduğu dönemler ile pozitif olduğu dönemler arasında yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.
- H⁸= Haftalık İşlem hacminin, yatırımcı sayısının ve negatif getiri oranının en yüksek olduğu dönemler ile diğer dönemler arasında yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

B. Araştırma Yöntemi ve Veriler

Yukarıda verilen hipotezlerin test edilmesi amacıyla öncelikle 68 bireysel yatırımcının haftalık işlem hacimleri tutarları arasında görülen istatistiksel olarak anlamlı pozitif ve negatif korelasyonların sayıları yapılan korelasyon analizleri neticesinde belirlenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olmayan korelasyonlar bu kapsama alınmamıştır. Daha sonra yapılan T-Testleri ve ANOVA testleri ile farklı işlem hacmi, getiri oranı ve yatırımcı sayısı grupları itibariyle yatırımcılar arasında görülen negatif ve pozitif korelasyonların sayıları açısından oluşan farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında 68 bireysel yatırımcının BİST’de 2 Ocak 2009 ile 31 Aralık 2011 tarihleri arasında gerçekleştirdikleri hisse senedi alım-satım işlemlerine ilişkin

gerçek veriler kullanılmıştır. Çalışmada yatırımcılar arasındaki kısa dönemli ilişkilerin incelenen olmasından dolayı özellikle gerçek veri kullanılması yoluna gidilmiştir. Veriler, yatırımcının hisse senedi alım-satım işlemlerine ilişkin tarih ve saat, fiyat, gün ve miktar içeriklerine sahiptir. Verileri çalışma kapsamına alınan yatırımcıların belirlenmesinde tesadüfi örneklem yönteminden yararlanılmıştır.

Araştırma kapsamında yatırımcıların hisse senedi alım-satım işlemlerine ilişkin bilgilerden hareketle örnekleme ilişkin işlem hacmi verileri haftalık bazda hesaplanarak türetilmiştir. Bireysel yatırımcı işlem hacmi verileri ilgili yatırımcının bir haftalık zaman dilimi içerisinde gerçekleştirdiği hisse senedi alım-satımlarının toplam tutarını ifade etmektedir. Bu veriler üzerinden yapılan korelasyon analizleri sonucunda haftalık bazda yatırımcılar arasında oluşan negatif ve pozitif korelasyonların sayıları belirlenmiştir. BİST haftalık işlem hacmi ve getiri oranı verileri ise Borsa İstanbul resmi internet sitesinden elde edilmiştir. Yatırımcı sayısı değişkeni ise, öncelikle her gün için işlem yapan yatırımcıların sayısının örneklem sayısına bölünmesiyle hesaplanmış daha sonra bu sayıların haftalık aritmetik ortalaması alınarak türetilmiştir.

C. Bulgular ve Tartışma

Araştırma kapsamında öncelikle değişkenler arasında ilişkilerin genel hatlarıyla ortaya koyulması amacıyla haftalık bazda hesaplanan Bist tüm işlem hacmi, getiri oranı, örneklem yatırımcı sayısı, yatırımcılar arasında oluşan istatistiksel olarak anlamlı negatif ve pozitif korelasyon sayıları arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları tablo 1’de gösterilmiştir.

Buna göre işlem hacmi ile yatırımcı sayısı ve yatırımcılar arasında oluşan negatif ve pozitif korelasyonların sayısı arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle yatırımcı sayısının artması işlem hacmini artırmakta ve yatırımcılar arasında negatif ve pozitif korelasyonlar oluşmaktadır. Burada önemli olan husus getiri oranı ile oluşan negatif ve pozitif korelasyonlar arasında muhtemel bir ilişkinin varlığıdır. Tablo 1’de görüldüğü üzere getiri oranı ile yatırımcılar arasında oluşan negatif korelasyonların sayısı arasında negatif bir ilişki tespit edilirken, getiri oranı ile pozitif korelasyonların sayısı arasında bir ilişki tespit edilememiştir. Beklenildiği üzere getiri oranı arttıkça yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı azalmakta yani yatırımcıların piyasaya ilişkin algısı homojen yapıya bürünmektedir. Getiri oranının azaldıkça yatırımcılar arasında oluşan negatif korelasyonların sayısının artması ise yatırımcıların piyasaya yeni gelen bilgileri farklı şekilde algılamasının sonucu olarak yorumlanabilmektedir. Bu duruma ek olarak getiri oranı ile yatırımcılar arasında oluşan pozitif korelasyonların sayısı arasında ilişki tespit edilememiş olmasının da göz önünde bulundurulduğunda fiyatların düşmesine karşı yatırımcılar arasında bir direnç oluştuğu, fiyatların yükseldiği durumlarda ise bu direncin olmadığı ileri sürülebilir. Yapılan ön analiz neticesinde 1, 2, 4, 5 ve 6 numaralı hipotezler kabul, 3 numaralı hipotez ise reddedilmiştir.

Tablo 1: İşlem Hacmi, Getiri Oranı, Yatırımcı Sayısı, Negatif ve Pozitif Korelasyon Sayıları Arasındaki İlişkiler

| | İşlem Hacmi | Getiri Oranı | Yatırımcı Sayısı | Negatif Korelasyon Sayısı | Pozitif Korelasyon Sayısı |
|---------------------------|-------------|--------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| İşlem Hacmi | 1 | -,043 | ,442(**) | ,234(**) | ,227(**) |
| | | ,608 | ,000 | ,004 | ,006 |
| | | 146 | 146 | 146 | 146 |
| Getiri Oranı | | 1 | -,102 | -,219(**) | -,068 |
| | | | ,222 | ,008 | ,416 |
| | | | 146 | 146 | 146 |
| Yatırımcı Sayısı | | | 1 | ,649(**) | ,709(**) |
| | | | | ,000 | ,000 |
| | | | | 146 | 146 |
| Negatif Korelasyon Sayısı | | | | 1 | ,388(**) |
| | | | | | ,000 |
| | | | | | 146 |
| Pozitif Korelasyon Sayısı | | | | | 1 |

** Korelasyonlar 0,01 düzeyinde anlamlıdır.

İşlem hacmi, getiri oranı ve yatırımcı sayısı ile yatırımcılar arasında oluşan negatif ve pozitif korelasyon sayıları arasındaki ilişkilerin detaylı bir şekilde ortaya koyulabilmesi amacıyla bu değişkenler frekans dağılımlarına göre dört gruba ayrılmış ve bu gruplar itibarıyla yatırımcılar arasında oluşan negatif ve pozitif korelasyon sayıları arasındaki farklılıklar analiz edilmiştir. Tablo 2’de değişkenlere ilişkin temel istatistikler ve frekans dağılımları gösterilmiştir.

İşlem hacmi gruplarına göre yatırımcılar arasında oluşan negatif ve pozitif korelasyonların sayısı açısından görülen farklılıkların sonuçları tablo 3 ve 4’te gösterilmiştir. Buna göre sadece en yüksek işlem hacminin olduğu grup ile en düşük işlem hacminin olduğu grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (F=4.382; Sig.=0,006).

Tablo 2: İşlem Hacmi, Getiri Oranı ve Yatırımcı Sayısı Değişkenlerine Ait İstatistikler ve Frekans Dağılımları

| | | İşlem Hacmi | Getiri Oranı | Yatırımcı Sayısı |
|-----------------|--------|------------------|--------------|------------------|
| N | Toplam | 146 | 146 | 146 |
| | Kayıp | 0 | 0 | 0 |
| Ortalamanın | | 2979320324858,6 | 0,00269 | 0,00657 |
| standart hatası | | | | |
| Standart sapma | | 35999264455332,3 | 0,03256 | 0,07941 |
| Varyans | | 1295947041324957 | 0,001 | 0,006 |
| En düşük | | 39016709182500 | -0,10 | 0,15 |
| En yüksek | | 230225042931000 | 0,10 | 0,51 |
| Yüzdelik dilim | 25 | 85616519926775 | -0,0163 | 0,25 |
| | 50 | 111222468751400 | 0,0026 | 0,29 |
| | 75 | 137874888346795 | 0,0248 | 0,37 |

İşlem hacminin en yüksek olduğu dönemlerde en düşük olduğu dönemlere nazaran yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı artmaktadır. Aynı şekilde en yüksek ve en düşük işlem hacminin görüldüğü dönemlerde yatırımcılar arasında oluşan pozitif korelasyonlar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($F=2.205$; $Sig.=0,09$). İşlem hacminin en yüksek olduğu dönemlerde en düşük olduğu dönemlere nazaran yatırımcılar arasında görülen pozitif korelasyonların sayısı artmaktadır. Fakat bu sonucun konumuz kapsamında sağlıklı bir temelde yorumlanabilmesi için getiri oranı ile negatif ve pozitif korelasyonların sayısı arasındaki ilişkilerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İşlem hacmindeki artışa sebebiyet veren temel unsur yatırımcı sayısındaki artış ise yatırımcılar arasında oluşan negatif ve pozitif korelasyon sayılarının rastlantısal olarak artış göstermesi beklenebilir.

Tablo 3: Farklı İşlem Hacmi Gruplarına Göre Yatırımcılar Arasında Oluşan Negatif Korelasyonların Sayısı Açısından Görülen Farklılıklar

| (I) İşlem Hacmi | (J) İşlem Hacmi | Ortalama Farklar (I-J) | Standart Hata | Anlamlılık | %95 Güven Aralığı | |
|-----------------|-----------------|------------------------|---------------|------------|-------------------|--------|
| | | | | | Düşük | Yüksek |
| 1,00 | 4,00 | -4,33333(*) | 1,21581 | ,007 | -7,7732 | -,8934 |

Scheffe/* Ortalama fark 0,1 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 4: Farklı İşlem Hacmi Gruplarına Göre Yatırımcılar Arasında Oluşan Pozitif Korelasyonların Sayısı Açısından Görülen Farklılıklar

| (I) İşlem Hacmi | (J) İşlem Hacmi | Ortalama Farklar (I-J) | Standart Hata | Anlamlılık | %95 Güven Aralığı | |
|-----------------|-----------------|------------------------|---------------|------------|-------------------|--------|
| | | | | | Düşük | Yüksek |
| 1,00 | 4,00 | -10,50000(*) | 4,41048 | ,085 | -20,6992 | -,3008 |

Scheffe/* Ortalama fark 0,1 düzeyinde anlamlıdır.

Getiri oranı grupları arasında yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı açısından oluşan farklılıkların sonuçları tablo 5'te gösterilmiştir. Yatırımcılar arasında görülen pozitif korelasyon sayıları açısından ise getiri oranı grupları itibarıyla istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. 5 nolu tablodan görüldüğü üzere sadece en yüksek ve en düşük getiri oranı grupları arasında negatif korelasyon sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur (F=2,443; Sig.=0,06). Buna göre en yüksek negatif getiri oranlarının olduğu dönemlerde en yüksek pozitif getiri oranlarının olduğu dönemlere göre yatırımcıların arasında oluşan negatif korelasyonların sayısı artmaktadır. Yatırımcıların işlem hacimleri arasında oluşan negatif korelasyon sayılarının fiyatların yüksek oranda düştüğü dönemlerde yükselmesi piyasada bir eşzamanlı fakat kararsız/düzensiz hareket yani kaotik hareket oluştuğu izlenimi vermektedir. Başka bir ifadeyle, fiyatların düştüğü dönemlerde yatırımcıların bir kısmı işlem hacimlerini artırmakta (alım veya satım yönünde) bir kısmı ise işlem hacimlerini azaltmaktadır.

Tablo 5: Farklı Getiri Oranı Gruplarına Göre Yatırımcılar Arasında Oluşan Negatif Korelasyonların Sayısı Açısından Görülen Farklılıklar

| (I) Getiri Oranı | (J) Getiri Oranı | Ortalama Farklar (I-J) | Standart Hata | Anlamlılık | %95 Güven Aralığı | |
|------------------|------------------|------------------------|---------------|------------|-------------------|--------|
| | | | | | Düşük | Yüksek |
| 1,00 | 4,00 | 3,22222(*) | 1,23927 | ,085 | ,0949 | 6,3496 |

Scheffe/* Ortalama fark 0,1 düzeyinde anlamlıdır.

Bu sonuç yatırımcılar arasında fiyatların düşmesine karşı sistematik bir direncin olduğu şeklinde de yorumlanabilecektir. Bu nedenle yatırımcılar arasında görülen negatif korelasyonların sayısı açısından negatif ve pozitif getiri bölgeleri arasında görülen farklılıkların ortaya koyulması bu konuda destekleyici nitelikte olacaktır. Analiz sonuçları tablo 6'da gösterilmiştir. T- Testi analizi sonucunda iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuş ve 7 nolu hipotez doğrulanmıştır (Sig.=0,00; Sig.(2-Tailed)=0,02). Buna göre fiyatların azaldığı dönemlerde yatırımcılar arasında oluşan düzensizliğin fiyatların yükseldiği dönemlere göre daha yüksek olduğu ileri sürülebilir.

Tablo 6: Negatif Getiri ve Pozitif Getiri Oranı Gruplarına Göre Yatırımcılar Arasında Oluşan Negatif Korelasyonların Sayısı Açısından Görülen Farklılıklar

| Grup | N | Ortalama | Std. Sapma | Std. Hata Ortalaması |
|----------------|----|----------|------------|----------------------|
| Pozitif Getiri | 80 | 6,5375 | 4,33982 | 0,48521 |
| Negatif Getiri | 66 | 8,5455 | 6,19474 | 0,76252 |

Çalışma kapsamında son olarak bütüncül bir bakış açısı oluşturmak amacıyla işlem hacmi, getiri oranı ve yatırımcı sayısı ile yatırımcılar arasında oluşan negatif korelasyon sayıları arasında tespit edilen ilişkilerden hareketle en yüksek işlem hacminin, yatırımcı sayısının ve en düşük getiri oranlarının görüldüğü dönemler ile diğer dönemler arasında yatırımcılar arasında oluşan negatif korelasyon sayıları itibariyle istatistiksel olarak anlamlı bir farkın varlığı analiz edilmiştir. Analiz sonuçları tablo 7'de gösterilmiştir.

Buna göre ifade edilen iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiş ve 8 nolu hipotez doğrulanmıştır (Sig= 0,05, Sig. (2-Tailed)=0,02). En yüksek işlem hacminin, en yüksek negatif getiri oranının ve en yüksek yatırımcı sayısının eş zamanlı yaşandığı dönemlerde yatırımcılar arasında oluşan negatif korelasyon sayılarının diğer dönemlerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 7: En Yüksek İşlem Hacmi/Yatırımcı Sayısı ve Negatif Getiri Oranı Görülen Dönemler ile Diğer Dönemler Arasında Oluşan Negatif Korelasyonların Sayısı Açısından Görülen Farklılıklar

| Grup | N | Ortalama | Sapma | Std. Hata Ortalaması |
|--|-----|----------|---------|----------------------|
| Yüksek İşlem Hacmi/Neg.Getiri Oranı/Yatırımcı Sayısı | 13 | 12,1538 | 6,87806 | 1,90763 |
| Diğer | 133 | 6,9850 | 4,95737 | 0,42986 |

V. Sonuç Ve Değerlendirme

Kaos Teorisi sahip olduğu temel varsayımların sonucu olarak bilim dünyasına yeni bir bakış açısı sağlamıştır. Bugün fizik, kimya, biyoloji, tıp ve sosyal bilimlerin birçok alanında mevcut bilimsel problemlere Kaos Teorisi çerçevesinde çözüm arayan çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Borsalar sahip olduğu dinamik özellikler itibariyle Kaos Teorisinin önemli çalışma alanlarından biri olan karmaşık bir sistem özelliği göstermektedir. Bu çalışmada 2009-2011 dönemine ilişkin 68 yatırımcıya ait gerçek hisse senedi alım-satım bilgilerinden hareketle yatırımcılar arasındaki kısa dönemli ilişkiler incelenmiştir. İşlem hacmi, yatırımcı sayısı, getiri oranı değişkenlerinin yatırımcılar arasında oluşan kısa dönemli pozitif ve negatif korelasyon sayıları ile ilişkileri tespit edilmiştir. Çalışmanın en önemli bulgularından biri getiri oranı ile yatırımcılar arasında oluşan negatif korelasyon sayıları arasındaki ters yönlü ilişkidir. Getiri oranının diğer bir ifadeyle fiyatların önemli derecede düştüğü dönemlerde negatif korelasyon sayıları artmaktadır. Yatırımcılar arasında oluşan bu eş zamanlı negatif yönlü hareket yatırımcıların piyasaya gelen mevcut bilgiyi farklı şekilde algılamalarının bir sonucu olduğu ileri sürülebilir. Yüksek pozitif getiri dönemlerinde

oluşan negatif korelasyon sayılarının önemli derecede düştüğü bulgusu göz önüne alındığında yatırımcılar açısından fiyatların düşmesi fikrine karşı bir direnç algısı olduğu ileri sürülebilir.

Kaynaklar

ARPACI, M. (2010). Kaos, Khora, Beden Ve Ötesine: Derrida, Foucault, Deleuze. *Cogito:Kaos ve Karmaşıklık: Düzenli Düzensizlik*, 62, 135-149.

AYGÖREN, H. (2008). İstanbul Menkul Kıymetler Borsasının Fraktal Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23 (1),125-134.

GÜRSAKAL, N. (2007). *Sosyal Bilimler Karmaşıklık Ve Kaos*. 1.bs. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

HOLLAND, J.H. (1992). *Complex Adaptive Systems*. Daedalus: A New Era In Computation, 121 (1), 17-30. pp.

KENDİRLİ, S. (2006). Portföy Yönetiminde Kaos Teoremi. *Journal of Istanbul Kültür University*, 1 (2), 171-180.

KURT, E. ve KASAP, R. (2011). *Karmaşanın Bilimi Kaos*. 1. bs. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

MANDELROT, B.B. (2005). *Finans Piyasalarında Saklı Düzen: Risk, Çöküş Ve Kazanca Fraktal Yaklaşımlar*. (Çev.M. Hüner). Güncel Yayıncılık, İstanbul.

ÖGE, S. (2005). Düzen Mi? Düzensizlik Mi? Örgütsel Varlığın Sürdürülebilirliği Açısından Bir Değerlendirme. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13, 285-303.

RUELLE, D. (2014). *Rastlantı ve Kaos*. (Çev. D. Yurtören). Say Yayınları, İstanbul.

SMITH, L. (2014). *Kaos*. (Çev.H. Gür). Dost Kitabevi, Ankara.

YAZGAN, Ş. (2006). Karmaşık Sosyal Sistemlerde Düzen Kalıplarının Fraktal Yapısı. *Journal of Istanbul Kültür University*, 2, 209-221.