Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi- Cilt 18, Sayı 1, ICEBSS 2017 Özel Sayı
Kastamonu University Journal of faculty of Economics and Administrative Sciences- Volume 18, Issue 1, ICEBSS 2017 Special Issue

EKONOFİZİK VE FİNANSAL ENTROPİ[1]

Tolga ULUSOY*

**Kastamonu Üniversitesi İ.İ.B.F Bankacılık ve Finans Bölümü, tulusoy@kastamonu.edu.tr*

Öz: Bu çalışma Entropi ile borsa araştırmaları, sıcaklık ve hisse senedi piyasaları, enerji, yapısal değişim ve boyutu arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Yatırımcılar, gaz parçacıkları aksine, yeterince sürekli davranışlarını değiştirmek için yeteneği hatırlamak zorunda olduğu bir gerçektir. Bu bağlamda, zaten tamamen finansal piyasalar için gaz parçacık davranışı uygulamak mümkün değildir. Ancak, kuantum istatistiksel yapı olarak adlandırılan modern fizik teorileri ile mevcut trend yönünde bir öngörü ile ticaret olanakları ve riski tahmin yürütmek daha mantıklıdır. Entropi doğa bilimleri ile sınırlamak doğru bir yaklaşım değildir Ekonofizikçiler genellikle fiziksel, matematiksel yaklaşımlar ile ekonomi ve finansta belirsizlik fikrini anlayabilmek için entropi kavramını kullanmaktadırlar. Açıklandığı gibi, "entropi dağılımı dinamik bir süreç olarak kullanılan, istatistik ve bilgi teorisi, belirsizlik, düzensizlik ve çeşitlendirme ölçüsü olarak giderek finansal teoriler içerisinde kabul edilme sürecindedir. Araştırmamız açıklanması zor fiziksel olayları açıklamada entrpi yaklaşımının daha yararlı olabileceğini göstermesi açısından önem arzetmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekonofizik, Finansal Entropi,Post-Modern Finans

JEL Kodu: F65, O16,G32

ECONOPHYSICS AND FINANCIAL ENTROPY

Abstract: This paper investigates the relation between Entropy of the market, temperature and energy of stock markets, structural change and the size of the stock market investigations. It is a fact that the investors, in contrast to gas particles, have enough recall ability to modify their behaviors constantly. In this context, it is already unlikely to totally apply gas particle behavior to financial markets. However, it is more sensible to carry out trading possibilities and risk estimation through a prediction of the direction of the existing trend via modern physical theories called the statistical structure of quantum.Entropy is not restricted to natural science, but is a function of mathematical and physical statistics. Econophysicists often use the concept of entropy to characterise the idea of uncertainty in Physical, Mathematical approach, economics and finance. As it

[1] Çalışma 10-12 Mayıs 2017 tarihinde Sırbistan / Belgrad'da 2.si düzenlenen ICEBSS konferansında sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

explained, "entropy is a measure of dispersion, uncertainty, disorder and diversification used in a dynamic process, in statistics and information theory, and has been increasingly adopted in financial theory".

Key words: Econophysics, Financial Entropy, Post-Modern Finance

JEL Codes: F65, O16,G32

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

S hisse senetlerinden sabit fiyattan dolaşımda N adet hisse senedi var ve hise senetleri ε fiyatından işlem görüyor olsun. Verilen bir t aralığında n adet hisse senedi i'nci yatırımcı tarafından satın alınıyor (head) ve N-n kadar kısım yatırımcı tarafından alınmayan istenmeyen hala diğer yatırımcıların elinde tuttuğu kısım (tail).s hisse senetlerinin yatırımcının almaya istekli olduğu ε fiyatından n tane almasıyla elde edilen net yatırım

$$U = n\varepsilon$$

olmakta ve bu aynı zamanda yatırımın içsel enerjisini ifade etmektedir. Ekonomik sıcaklık λ olacak şekilde genel bir tanım geliştirilsin. Öyle ki sermayenin yüksek ekonomik sıcaklıktan düşük ekonomik sıcaklığa sahip hisse senetlerine kaydığını ve geçiş durduğunda ekonomik dengeye ulaşıldığı varsayılsın[2] (termodinamik denge)

$$\Omega(u) \equiv \Omega(n, N)$$

U toplam sermaye yatırımında girilebilir durumların sayısı olsun (s hisse senedi ile yapılabilecek yatırım miktarı). S hisse senedinde n tanesi i'nci yatırımcı tarafından N>n olacak şekilde yatırımına konu edilsin. Bu hisse senedi için entropi değeri

---

[2] Ekonomik denge, $\partial\sigma / \partial u$ enerji düzeyinde entropideki değişim oranının aynı olması durumu olarak tanımlanmıştır. $\partial\sigma_1 / \partial U_1 < \partial\sigma_2 / \partial U_2$ olsun.S1 'den ∂U kadar enerji çekildiğini varsayalım.S1'in σ_1 entropisi düşecek ∂U kadar enerji tersi yönde S2'ye verildiği zaman σ_2 entropi değeri yükselecektir.Böylece ∂U kadar enerjinin S1'den S2'ye verilesi ile de $\sigma_1 + \sigma_2$ değeri artacaktır.Bu şu anlama gelir U enerjisi düşük $\partial\sigma / \partial u$ 'den yüksek $\partial\sigma / \partial u$ 'ye akacaktır.Eğer $\partial\sigma / \partial u$ enerjili entropide artış oranı S1 ve S2 için aynı ise enerji olduğu yerde kalır ve termal denge sağlanmış olur.

$$\sigma = \ln \Omega$$

ile ifade edilir.[3]sıcaklık ise ters ekonomik sıcaklık değerinde[4]

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\partial \sigma}{\sigma U}$$

değerini alır. İlgili dağılımdaki yatırım şu şekilde formüllenir.

$$\Omega(n, N) = \frac{N!}{n!(N-n)!}$$

ise Ω'nin en olası ve en büyük değerini veren U değeri Û=$\frac{1}{2}N\varepsilon$ dir.[5]

$U \to \hat{U}$ dönüşümü ile formül

$$\Omega(u) = \frac{(2\hat{U}/\varepsilon)!}{(\hat{U}/\varepsilon)![(2\hat{U}-U)/\varepsilon]!}$$

şeklini alır.Büyük sayıda N olduğunu varsayarak dağılımımızı Gauss ile yapacak olursak

---

3 Enerjinin yüksek olduğu durumlarda entropide yüksek olur.

4 ∂U kadar enerji S_1'e eklendiğinde σ_1 artar (S_2'den ∂U kadar enerji çekildiğinde σ_2 düşer)ve bu artış düşüşten daha fazla olacaktır.O zaman toplam entropi artacaktır. $\partial\sigma_1/\partial U_1 < \partial\sigma_2/\partial U_2$ ise yukarıda da açıklandığı üzere 1'den 2'ye çok az bir enerji aktarımı bile olsa bu durumda az değeri olan $\partial\sigma/\partial U$ sıcak olacak, fazla değerde olan $\partial\sigma/\partial U$ ise soğuk olacaktır.O zaman bu, sıcaklık tanımından beklendğimiz durumun tam tersi durumda karşılaşmamıza sebep olacaktır. $\partial\sigma/\partial U$ =1/ λ ifadesi sıcaklığın tersi ile karşımıza çıkar

5 Tüm girilebilir değerler sistem için aynıdır ve girilebilir durumları simgeleyen Ω ise toplam U enerjisine bağlıdır. U ise U_1 ve U_2 ye bölünmüş varsayalım.Gerçek bir U değerinin veya U_2 =U-U_1 değerinin maksimuma ulaşması beklentisi vardır. U_1 oldukça fazla çeşitte gelişigüzel durumları bir araya getirir ve bizler ise U_1 yatırımında (içsel enerjisinde) öyle durumlarla karşılaşırız ki bazı U değerleri diğerlerine göre en olası değer olarak karşımıza çıkar. Araştırmacılar ise bulundukları durumda karşılarına çıkabilecek en olası U durumun Û olarak ifade etmişlerdir.

$\Omega(U) \approx \Omega(\hat{U})\exp[\frac{-2(U-\hat{U})^2}{N\varepsilon^2}] \quad \Rightarrow \quad \sigma(U) = \ln\Omega(U) \; = \; c - \frac{(U-\hat{U})^2}{\hat{U}\varepsilon}$ sistemin entropisini ifade eder.[6]

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\partial\sigma}{\sigma U} = -2\frac{U-\hat{U}}{\hat{U}\varepsilon} = 2\frac{1-\frac{U}{\hat{U}}}{\varepsilon}$$

veya şu şekilde kısaltacak olursak

$$\lambda = \frac{\varepsilon}{2(1-\frac{U}{\hat{U}})}$$

sistemin sıcaklığını ifade eder.

Şimdi yatırımın ekonomik dengede olduğunu düşünülsün[7]. Her bir yerinde sıcaklığın $\lambda = 100TL$ olduğunu varsayılsın. Ekonomik sıcaklığın ölçüldüğü yani yatırım için alım satım yapılan alana da "ekonomik rezervuar " diyelim. Bir A şirketine ait hisse senetlerinden yalnızca 1 adedinin $\varepsilon_A = 200TL$'den değer biçildiğini ve bu fiyattan yatırımcıların almaya hazır olduklarını varsayalım. Bu hisse senedinin bir alıcı tarafından alınma olasılığı ne olacaktır?

Burada Kanonik dağılımı takiben Boltzman çarpanını incelemek lazım.

$$P \alpha e^{\frac{-\varepsilon_\alpha}{\lambda}}$$

α sembolünü = ' e çevirirsek olasılık dağılımını normalize ederek dağılımımızı daha anlaşılır bir düzeye çekmiş oluruz. .Bu anlamda bakacak olursak ekonomik anlamda 2

---

6 S_1 ve S_2'nin iki ayrı sistem olduğunu varsayalım. $\Omega = \Omega_1(U_1).\Omega_2(U_2)$ toplam girilebilir durumlarının sayısını göstermektedir.Yani diğer bir ifadeyle her iki sistem için girilebilir durumlarının sayısı çarpım fonksiyonundan başka bir şey değildir.İki sistemin ayrı ayrı entropilerin toplamı ise sistemin toplam entropisini vermektedir. $\sigma = \sigma_1(U_1) + \sigma_2(U_2)$

7 Yalıtılmış bir sistem girilebilir durumlarının her birinde eşit olasılıkla bulunuyorsa sistem dengededir. Yalıtılmış bir sistem girilebilir durumlarının her birinde eşit olasılıkla bulunmuyorsa dengede değildir.O zaman sistem girilebilir durumlarının her birinde eşit olasılıkla bulunduğu denge haline eninde sonunda ulaşıncaya kadar zaman süresince değişim eğiliminde olur.

olasılık ortaya çıkar.[8] (C = constant of proportionality)

Eğer hisse senedi alınırsa, ε yatırımında $P_b = Ce^{-\varepsilon/\lambda}$

Hisse senedi alınmaz ise , $\varepsilon = 0$ yatırımında $P_{nb} = Ce^{-0/\lambda} = C$

Eğer alınma olasılığı ile alınmama olasılığı 1'e eşitse eşitliğimizi şu şekilde oluşturmamız mümkündür.

$$1 = P_b \neq P_{nb} = Ce^{-\varepsilon/\lambda} + Ce^{-0/\lambda} = C(1+e^{-\varepsilon/\lambda}) \qquad \Rightarrow \qquad C = \frac{1}{1+e^{-\varepsilon/\lambda}}$$

(1.30)

$P_{nb} = \dfrac{1}{1+e^{-\varepsilon/\lambda}}$ alınmama olasılığı ve $P_b = \dfrac{e^{-\varepsilon/\lambda}}{1+e^{-\varepsilon/\lambda}} = \dfrac{1}{e^{\varepsilon/\lambda}+1}$ alınma olasılığını ifade eder.

Buradan örneğimize dönecek olursak; $\lambda = 100TL\,, \varepsilon_A = 200TL$ için

$$P_b = \frac{1}{e^{\varepsilon/\lambda}+1} = \frac{1}{e^{200TL/100TL}} = \frac{1}{e^2+1} = 0{,}1192$$

Bunun ifadesi şudur. Ekonomik sıcaklık 100 TL olduğunda bir A hisse senedinin 200 TL'den alınma olasılığı %11'dir.

Şimdi sermaye rezervuarının N_A=1000 hisse senedinden oluşan A şirketinin hisselerinin toplamından oldukça büyük olduğunu düşünelim.A şirketine ait hisse senedinin pay başına değeri $\varepsilon_A = 200TL$ olsun. Tekrar ekonomik sıcaklık $\lambda = 100TL$

[8] n tane hisse senedi için Ω girilebilir durumların sayısını ifade ettiği durumlarda ise, yatırım olmaz ise enerji düzeyine ulaşım olamayacağı için olasılık 0'dır. Eğer ulaşılabilir durumlar söz konusu ise parçacıklar bu enerji düzeylerinde 1/ Ω eşit olasılıklarıyla bulunabilirler.

ise A şirketine ait hisse senetlerinden oluşan U_A beklenen toplam yatırımın değeri ne olmalıdır?

Eğer bir hisse senedinin alınma olasılığı $P_b = \dfrac{1}{e^{\varepsilon/\lambda}+1}$ ise beklenen U_A yatırımı

$$<U_A>=N.P_b.\varepsilon \;=1000.\frac{1}{e^{200/100}+1}.200 = 23{,}841TL$$

Bu durumdan farklı olarak ekonomik sıcaklığın $\lambda = 50TL$ 'ye düştüğünü varsayalım.A şirketine ait hisse senetlerinden N_A=1000 adet var ve hisse başına değer $\varepsilon_A = 200TL$. B şirketine ait hisse senetlerinden N_B=1000 adet var ve hisse başına değer $\varepsilon_A = 100TL$.A ve B hisse senetlerinden oluşan U_{AB} yatırımının toplam değeri

$$<U_A>=N_A.P_b.\varepsilon_A =1000.\frac{1}{e^{200/50}+1}.200 = 3{,}597TL$$

$$<U_B>=N_B.P_b.\varepsilon_B =1000.\frac{1}{e^{100/50}+1}.100 = 11{,}920TL$$

$<U_A> + <U_B>$ = 3,597 + 11,920=15,517 TL.

Yatırımcı düşük fiyattan alıp yükseleceği beklentisi ile daha yüksek fiyattan satmak isteyeceği için daha düşük fiyattan satılan hisse senedi yukarıdaki net yatırımda daha çok yer almaya çalışacaktır. Halen T_0 zamanında çok az değerli olsa dahi fiyatı artmaya başlayana kadar bu beklenti ve oran bu şekilde devam edecektir.

Eğer $\varepsilon < \lambda$, yani hisse başına değer, ekonomik sıcaklıktan düşük ise hemen hemen tüm hissenin yarıya yakını satılabilecektir ve pay başına iki hisse senedinden daha yüksek olan net yatırımıu doğal olarak daha fazla etkileyecektir.Şunuda belirtmek lazımdir ki istenen bir hisse senedinde ödenen miktar ve alınan hisse senedi sayısı sınırlı olacağından (tüm hisse senetleri satıldığında 0 entropiye ulaşılır), negatif ekonomik sıcaklığa özgü bütün etkiler sistemde açığa çıkmış olmaktadır.Fakat burada $\lambda > 0$ için, maximum düzeyde satışa konu olmuş hisselerin oranı %50 olmaktadır .(Ω 'nin en olası ve en büyük değerini veren U değeri $\hat{U}=\frac{1}{2}N\varepsilon$ dir.) Brewer (2000).

2. FİNANSAL SİSTEMLERDE BOSE-EİNSTEİN YOĞUNLUĞU

Stalinuas(2000) finansal sistemleri Bose-Einstein yoğunluklarına benzetmiş ve konuya ait istatistiksel dağılımları bunun doğrultusunda hesaplamıştır.

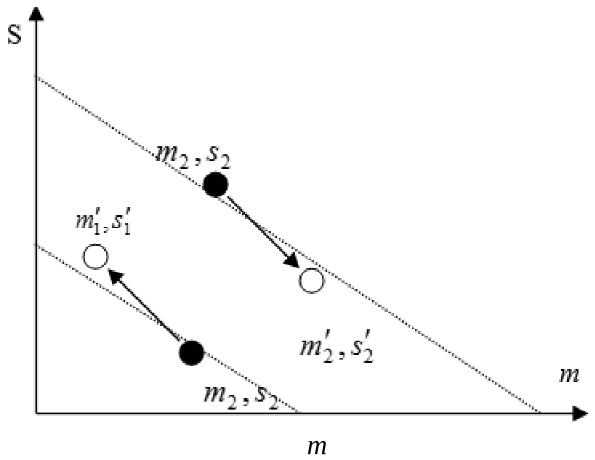
Finansal sistemler ile BEYs sistemleri arasında kurulan bağ hareketlerin kısmen gelişigüzel ve tutarlı oluşmasıdır. Klasik gazlardaki atom çarpışmaları tamamiyle rastgele oluşmaktadır. Buradaki kısıtlar sadece enerji ve momentum olmaktadır ki bu da bizi Maxwell-Boltzman dağılımına götürmektedir. Bosonik gazlarda ise partikül çarpışmaları seçimliktir. Çarpışmalardan sonra atomlar hali hazırda dolu olan enerji düzeylerinde bulunmayı tercih ederler. Açıkça görmekteyiz ki atomların klasik gazlardaki çarpışmaları gibi finans piyasası da bir ucunda kaotik bir ucunda öngörülemez bir yapı sergiler.Bir tarafta ise finansal pazarlardaki hareketler motive edilmiş gibi görünmektedirler. Bu motivasyon ise genelde oluşumunda piyasaya bir yön ve tutarlılık getirmektedir. Bu sürekli gelişigüzellik ve tutarlılık yaklaşımları finans ve BEY sistemleri arasında derin ilişkiler yaratılması konusunda bize değişik ipuçları sağlamaktadır.

Bozon ve finansal sistemlerdeki ortak fizik kanunları aynı tutarlı sonuçlar veren benzer mekanizmalar üzerine kurulmuştur. Yukarıda da belirtildiği gibi bosonik değerin artması, atomik partiküllerin yoğunlukların tutarlılığına bağlı bir durumdur. Bu quantum parçacıkların önceden yerleşilmiş enerji düzeylerini seçmelerinden kaynaklanmaktadır. Finansta açıkça görülen davranış senaryosuna göre, pazardaki birçok yatırımcı diğer yatırım yapan insanlar gibi düşünmekte ve çoğunluğun davranışları hangi yöndeyse o yöne doğru bir kaymada bulunmaktadırlar. Örneğin oldukça etkili ve popüler seviyeler Bozon sistemlerdeki seçilmiş enerji düzeylerine benzetilebilmektedir. Bu çoğunluğun gösterdiği yatırım stratejilerin seçimine bağlıdır. Bu seçimler ise yatırımcıların yoğunlaştırılarak ortak yatırım stratejileri ile birbirlerine sıkıca bağlı çeşitli yatırım gruplarına bölünmesini ifade etmektedir. Gerçekte bazı süreçlerde finansal pazarlar bosonik gazların oluşturduğu sistemlerden daha karışık bir yapıyı izlemektedirler. Örneğin her spekülatör kazancını maksimize etmeye çalışırken bir taraftan da finansal ticarette elde ettiği olumlu olumsuz her türlü çıktıyı optimize etmeye çalışır (Çelik ve Afşar, 2010).

Bu konuyla ilgili ilk modellerden biri Bachelier (1964) tarafından yapılmıştır. Bachelier pazar fiyatlarının stokastik yayınımı ile bir brown parçacığın yayınımını karşılaştırmıştır. Bir Brown parçacık benzer olarak pazardaki oyuncuların kinetikleriyle oluşan fiyatlar gibi çevresindeki atomlar ile termal dengede olmaktadır. Bachelier modeli fiyat hareketlerinde bizi Gauss dağılımına götürmekte, klasik gazlarda açıklanan atom hızlarını anlatan Maxwell dağılımı ile de ilişkili olmaktadır. Fakat eğer araştırmacı finansal pazarlarla tutarlı hareket sergileyen partiküllerden oluşan gaz kütlelerini karşılaştıracaksa bu açıklamalar Gauss dağılımına uymamakta, örneğin gazların kuvvet kanunları gereği Bose-Einstein kuramına daha yakınlık göstermektedir.

Maksimum düzeyde basitleştirilerek gösterilen modelde i'nci pazar yatırımcısı X_i $=(m_i,s_i)$ şeklinde belirtilen iki boyutlu uzayda; m_i' nin paranın miktarı, s_i'nin belirli bir pozisyonda elde tutulan pay miktarını gösterdiği durumda bir enerji düzeyinde bulunduğunu belirtelim. Genelde m ile gösterilen para yatırımcıların bir finansal enstrümanı almak için istedikleri kadar ve istedikleri zaman kullanabilecekleri egzojen bir varlıktır. S ile gösterilen hisse ise spekülasyona konu olan riskli bir varlıktır. Bir çok fiyattan ve sektörden hissenin işlem gördüğü piyasa olasıdır. Şekil 10'da bir hisseden oluşan sistemin ilustrasyonu görünmektedir. Temel düzeydeki anlaşma şemasına göre 2 Pazar yatırımcısı alım ya da satım yapmaktadırlar. Yatırımcıların bir düzeyden diğerine nasıl geçtikleri ise okların yönüyle belirtilmiştir. 2 yatırımcı arasında yapılan mübadele işlemi "2 parçacıklı çarpışma " gibi de düşünülebilir. Gerçekte ise buradan farklı olarak 2 den çok daha fazla yatırımcının mübadele içerisinde olduğu bilinmekle beraber model bu karışık durumlara da ışık tutacak şekildedir.

Şekil 1: Bir hisseli sistemin faz uzayı



Pazar oyuncuları m parasında ve s ile belirtilen miktarda hisse ile bulunmaktadırlar. Pazarda karşılıklı 2 spekülatörün bir araya geldiğini düşünülsün Birinci yatırımcının koordinatları $X_1=(m_1,s_1)$ ve ikinci yatırımcının koordinatları ise $X_2=(m_2,s_2)$ ile belirtilmiştir. Yatırım sonunda ise bulundukları konumdan bir başka düzeye atlama yapacaklardır.

Şekilde okların yönü yatırımcıların aralarında anlaştıkları fiyatın bir göstergesidir. Eğer her anlaşma sabit bir fiyattan karşılıklı olarak anlaşmayla sonuçlanırsa (yani i. Yatırımcı s hisse senedini si fiyatından satmak istemekte ve j. Yatırımcı aynı pay hisse senedini si fiyatından almak isteyecek) bireyin yatırımından doğacak kazanç ri $=m_i + s_i$ olacaktır. Bu yaklaşımda karşılıklı olarak bir araya gelen yatırımcılardan biri kazanç sağlarken aynı oranda kayıpta karşı tarafın olacaktır. Yukarıdaki şekilde birinci yatırımcı kazanç durumundadır. Hisse fiyatları alım satımda dalgalanmalar gösterecek ve alım satımla bir araya gelen yatırımcıların oluşturduğu sistem bir süre sonra termal dengeye ulaşacaktır.

Parametre uzayımız, enerji düzeylerine ortalama yerleşim tekniği ile incelenmiştir (Toda vd, 1983). 2 parçacığın (2 pazar yatırımcısının) çarpışma içerisinde olduğunu (alım satım durumunda karşı karşıya gelerek takasta bulunduklarını) düşünelim. Bu durumda $X1=(m_1,s_1)$ ve $X_2=(m_2,s_2)$, sırasıyla n_1 ve n_2 ortalama düzeylerinde olurlar. Parçacıkların çarpışmasından sonra yatırımcılar yeni enerji düzeyleri olan $X1=(m'_1,s'_1)$ ve $X_2=(m'_2,s'_2)$ düzeylerini yine sırasıyla n'_1ve n'_2 ortalama seviyeleri işgal etmeye başlarlar. Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda partikuler çarpışmanın olasılığı $n_1n_2(1+n'_1)(1+n'_2)$ olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada çarpışmanın ortaya çıkardığı olasılık birinci enerji durumundaki seviyeyle orantılıdır. Çarpışan parçacıklar (alım satımda bulunan yatırımcılar) birbirleri ile mutlaka paylaşımda bulunmak zorunda olup bu da Bosonik artış (güdülenme/şartlanma) etkisine bağlı olarak en son gelinen enerji düzeylerine bağlı olmaktadır. Detaylı denge durumu geçişin olasılık durumunun hem ileri gidişte hem de yaşanan durumun geri dönüşünde (aynı t zamanda) eşit olacağını söyler. Bu

$$n_1n_2(1+n'_1)(1+n'_2) = n'_1n'_2(1+n_1)(1+n_2)$$

şeklinde gösterilebilir. Yine aynı formül değişik bir formda yazılacak olursa

$$\frac{n_1}{(1+n_1)}\frac{n_2}{(1+n_2)} = \frac{n'_1}{(1+n'_1)}\frac{n'_2}{(1+n'_2)}$$

bu denklem bizi yoğunluklu parçacıklar için aşağıdaki denkleme götürmektedir.

$$\frac{n(m,s)}{1+n(m,s)} = \exp[\beta(\mu - m - s)]$$

Buradaki μ kimyasal potansiyelin anlamını bize vermekte ve sistemdeki yoğunluğun değerini bize göstermektedir. β *= 1 /(kT)* ters sıcaklık değerini ifade etmektedir. Bu eşitliği de de içine alan denklem ise bizi Bose-Einstein formulune götürmektedir.

$$n(m,s) = \frac{1}{(\exp[\beta(-\mu + m + s)] - 1)}$$

3. SONUÇ

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda bu çalışmanın kapsamına giren araştırma, Türk Finansal Sistemi içindeki hisse senedi alım satım olayını kısmen tutarlı kısmen rastgele özellikler gösteren "*bosonik bir sistem*" olarak tanımlamaktadır. Buradaki istatistiksel dağılımlar yatırımcının 2 temel özelliğine göre oluşturulmuştur.

Bireysel yatırımcı çevresindeki diğer yatırımcılarla birlik olmaya çalışmakta ve pazarın büyük bir çoğunluğunun gittiği yönde davranış sergilemektedir.

Bireysel yatırımcı her ne şartta olursa olsun zararını minimize etmeye değil karını maksimize etmeye çalışır.

KAYNAKÇA

Bachelier L., Theory of Speculation ("Teorie de Speculation" 1900), in "**The RandomCharacter of Stock Market Prices**" ed. P.H.Cootner, MİT Press, 1964.

Brewer, Jess H; "Physics Class Assignment and Solutions #1" University of British Columbia, Department of Physics and Astronomy.

Çelik, M. Yunus, Afşar, K. Eser (2010) Finansal Zaman Serilerinde Yineleme Haritaları Analizi; İMKB Örneği, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, sayı 28, ss. 279 – 288.

Mantegna, Rosario N., Stanley Eugene H.(2000),"An **Introduction to Econophysics:Correlations and Complexity in Finance**", Diparmento di Energetica ed Applicazioni di Fisica,Palermo University, Cambridge University Press

Sornette,Didier;(2004), A Complex System View of Why Stock Markets Crash, Institute of Geophysics and Planetary Physics and Department of Earth asnd Space Science,University of California, New Thesis, Vol: 01(1).

Sornette,Didier;(2003), "**Critical Market Crashes**", Institute of Geophysics and Planetary Physics and Department of Earth asnd Space Science,University of California.

Sornette Didier (1995), "**Stock Market Crashes, Precursors and Replicas**"; Laboratorie de Physique de la Matiere Condensee, CNRS URA190, Universite de Nice-Sophia Antipolis, France.

Sornette Didier, Johansen Anders (1997), "**Large Financial Crashes**", Institute of Geophysics and Planetary Physics and Department of Earth and Space Science,University of Californiaö.

Sornette Didier (1998) "**Large deviations and Portfolio Optimization**", Institute of Geophysics and Planetary Physics and Department of Earth and Space Science, University of California.

Staliunas, Kestutis(2000), "**Bose-Einstein Condensation in Financial Systems**"; PTB Braunschweig, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany.

Stanley H. E., Amaral L.A.N., Gabaix X.(2001), "**Similarities and Differences Between Physics and Economics**", Center for Polymer Studies and Department of Physics, Boston University, Physica A 299 1-15.

Stanley H.E., Amaral L.A.N.(1999), "**Econophysics: Can Physicists contribute to the science of economics?**", Center for Polymer Studies, Department of Physics, Boston University, Physica A 269 (156-169).

Stauffer Dietrich(2000), "**Econophysics-A New Area fır Computational Statistical Physics**", Institute for Theoretical Physics, Cologne University, Köln, International Journal of Modern Physics,World Scientific Publishing Company, C, Vol11, No:6 (1081-1087).

Toda,M. R.Kubo, N.Saito, **Statistical Physics I**, Springer series in solidstate sciences, Springer Verlag, 1983