

**T.C.  
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİK FİNANS İLİŞKİSİ KULLANILARAK BIST100 ENDEKS  
VE KRİZ DEĞERLENDİRMESİ**

**Arzu KÜÇÜKER KAMBERLİ**

**Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Tolga ULUSOY  
Doç. Dr. Aybaba HANÇERLİOĞULLARI  
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ESMER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK ANA BİLİM DALI**

**KASTAMONU – 2019**

## TEZ ONAYI

**Arzu KÜÇÜKER KAMBERLİ** tarafından hazırlanan " **Fizik Finans İlişkisi Kullanılarak BIST100 Endeks Ve Kriz Değerlendirmesi** " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik AnaBilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Tolga ULUSOY  
Kastamonu Üniversitesi

Jüri Üyesi Doç. Dr. Aybaba HANÇERLİOĞULLARI  
Kastamonu Üniversitesi

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ESMER  
Bayburt Üniversitesi

18/06/2019

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAPRAK



## TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

Arzu KÜÇÜKER KAMBERLİ



## ÖZET

Yüksek Lisans

### FİZİK FİNANS İLİŞKİSİ KULLANILARAK BIST100 ENDEKS VE KRİZ DEĞERLENDİRMESİ

Arzu KÜÇÜKER KAMBERLİ  
Kastamonu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tolga ULUSOY

Teknolojik gelişmeler ve bu gelişmeler sonucu ortaya çıkan küresel iletişim, 21. yy'lı yüksek bilişim ağ sistemiyle dünyanın tüm noktalarına büyük sermayelerin taşındığı bir zaman dilimi haline getirmiştir. Bunun bir sonucu olarak da sermaye akımlarının mobilitesi artmış ve buna bağlı olarak sermaye akışkanlığı kriz sorunlarını da beraberinde getirmiştir. İrrasyonel insan davranışları da düşünüldüğünde dünyanın bir yerinde yaşanan finansal kriz, tüm dünyayı etkisi altına alıp, ülkelerin temel problemine dönüşmüş ve araştırmacıların krizin nedenlerine ve yaşandıkları döneme ait ilgisini arttırmıştır. Finansal krizlerin karmaşık doğası ve lineer olarak açıklanamayan yapısı yeni bir disiplin olan Ekonofizikte de yer bulmuştur. Söz konusu tez çalışması finansal krizleri kapsamaktadır. Bu kapsamda, fizik biliminin elektrostatik bölümünden elektrik alan kavramını kullanarak küresel finans krizleri için ekonofiziksel yeni bir yaklaşım olarak erken uyarı modeli üzerinde çalışılmıştır. Amaç, finansal krizler öncesinde gerçekleşen, finansal kırılganlığı daha erken aşamalarda belirleyip, kamu ve özel sektör üyeleri ile politika kurucular ve iktisatçılara yardımcı olabilecek bir modeli ekonofizik yaklaşımla tanımlamaktır. Bu bağlamda, 2001 Türkiye Krizi, Hazine Müsteşarlığı ve MB'den alınan 1992-2007 dönemini kapsayan veriler ile 2001 Arjantin krizi için 1997-2007 yıllarını kapsayan dönemde IMF ve Arjantin Merkez Bankasına ait veriler söz konusu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Ekonofiziksel yöntem olarak, elektrik alan hesabında kullanılan Gauss yasası ve finansal kriz öngörüsü arasında bir matematiksel ilişki kullanılmıştır. Elektrik alandaki yük hareketleri ile para hareketliliği temeline dayanan söz konusu anolojiden yararlanılarak kriz ön uyarısı için  $\Phi$ (Finansal akı) kavramı tanımlanmıştır. Hesaplamalar MATLAB2013a yazılımı ile analiz edilmiş ve 2001 Türkiye ve Arjantin Krizi için hesaplanan  $\Phi$ (Finansal Akı) değerlerinin kriz ön uyarısı verdiği doğrulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekonofizik, Finansal kriz, Gauss Yasası, Fizik

2019, sayfa 63  
Bilim Kodu:202

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### BIST100 INDEX AND CRISES ASSESSMENT BY USING PHYSICS FINANCE RELATION

Arzu KÜÇÜKER KAMBERLİ  
Kastamonu University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Tolga ULUSOY

Technological developments and the resulting global communication have made the 21<sup>st</sup> century when large capitals are moved from one end to the other via a button. As a result, the flow of capital inflows has accelerated, and capital inflow has brought with it crisis-related infectiousness. Considering the irrational human behavior, the financial crisis in the world under the influence of the whole world has turned into the basic problem of the countries and increased the interest of the researchers in the reasons of the crisis and the period in which they lived. Therefore, the complex nature of the financial crises and its linearly unexplained structure have also been included in the new discipline, econophysics. As it is known, although financial crises have prediction mechanisms, there is no definite information. In this context, in this study, using the concept of electric field from the electrostatic part of physics, an early econophysical approach for global financial crises was studied. The aim is to define a model that can take place before the financial crises, identify financial fragility at an earlier stage and help public and private sector members, policy makers and economists with an econophysical approach. 2001 Turkey crisis has been assessed with data from Turkish Central Bank which is covered between 1992 to 2007, and for 2001 Argentina crisis, data was taken from IMF and the Central Bank of Argentina from 1997 to 2007. As an econophysical method, an analogy is used between the Gauss's law used in the calculation of the electric field and the forecasting of the financial crisis. The concept of  $\Phi$  (Financial Flux) has been adopted for the pre-warning of the crisis by taking advantage of this analogy which is based on currency movements and money mobility. For the first time used in this study  $\Phi$  (Financial Flux) calculations obtained by the formula were analyzed by Matlab software, and in this context, in 2001 Turkey and Argentina Crisis for  $\Phi$  (Financial Flux) crisis of values has been confirmed to give pre-warning.

**Key Words:** Econophysics, Financial Crisis, Gauss's Law, Physics

**2019, pages 63**

**Science Code: 202**

## TEŞEKKÜR

Ekonofizik biliminin bir uygulaması olarak hazırlamıő olduğum bu çalışmanın sonucunda elde ettiğim bilgileri dikkatinize sunmaktayım. Bu çalıőmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte, kıymetli bilgi birikim ve tecubeleri ile bana yol gösterici ve destek olan, bu alanda çalıőmam için cesaretlendiren değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Tolga ULUSOY'a ve katkılarından dolayı Doç. Dr. Aybaba HANçERLİOğULLARI'na teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca, çalıőmam boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen değerli eőim Ersin KAMBERLİ ve aileme de teşekkür ederim.

Arzu KÜÇÜKER KAMBERLİ  
Kastamonu, Haziran, 2019

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
TEZ ONAYI.....	ii
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Ekonofizik .....	4
1.1.1. Ekonofizik'in Bazı Uygulamaları .....	7
1.1.1.1. <i>Ajan Tabanlı Modeller</i> .....	7
1.1.1.2. <i>Uzun Süreli Hafıza</i> .....	12
1.1.1.3. <i>Çapraz Korelasyon</i> .....	14
1.1.1.4. <i>Karmaşık Ağlar</i> .....	15
1.2. Finansal Kriz .....	16
1.2.1. Erken Uyarı Sistemleri.....	20
1.2.1.1. <i>Regresyon (lojit-probit) Modeller</i> .....	21
1.2.1.2. <i>Sinyal Yaklaşımı (KLR)</i> .....	23
1.2.1.3. <i>Yapay Sinir Ağları (YSA)</i> .....	25
2. MATERYAL VE YÖNTEM .....	31
2.1. Modelin Amacı ve Kapsamı.....	31
2.2. Gauss Yasası.....	31
2.2.1. Elektrik Alan.....	32
2.2.2. Elektrik akı .....	37
2.2.3. Gauss Kanunu.....	41
2.3. Ekonofiziğin bir uygulaması: Finansal Krizler İçin Erken Uyarı Sistemi Olarak Gauss Yasası Modeli 2001 krizi Türkiye ve Arjantin Örneği .....	42
2.3.1. Modelin Tanımlanması.....	43
3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	45
4. SONUÇLAR .....	49
5. ÖNERİLER .....	51
KAYNAKLAR .....	52
ÖZGEÇMİŞ .....	63

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABM	Ajan Tabanlı Modeller
ERM	Avrupa Döviz Kuru Mekanizması
EWS	Erken Uyarı Sistemi
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IMF	Uluslararası Para Fonu
KLR	Sinyal Yaklaşımı
MB	Merkez Bankası
MENA	Orta Doğu ve Kuzey Afrika
OCR	Optik Karakter Tanıma
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
YSA	Yapay Sınır Ağları
WTI	Batı Teksas Petrolü



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Ekonomik Kriz Çeşitleri .....	18
Şekil 2.1. $q_1, q_2, \dots, q_n$ Elektrik Yükleri Tarafından Oluşturulan Elektrik Alan	32
Şekil 2.2. A ve B iki yüzey olmak üzere, A ve B yüzeylerinden geçen elektrik alan çizgileri .....	36
Şekil 2.3. a),b),c),d) Elektrik Alan Çizgileri .....	37
Şekil 2.4. $\vec{A}$ ve $\vec{E}$ 'nin Birbirine Paralel Olduğu Durum .....	38
Şekil 2.5. $\vec{A}$ ve $\vec{E}$ arasındaki Açının $\Theta$ Olduğu Durum .....	38
Şekil 2.6. $\vec{A}$ ve $\vec{E}$ Birbirine Dik .....	39
Şekil 2.7. $\Delta A_i$ Yüzölçümlü Küçük Bir Yüzey Elementi .....	40
Şekil 2.8. Bir Noktasal $q$ Yükünü Saran $r$ Yarıçaplı Küresel bir Gauss Yüzeyi.	41
Şekil 3.1. 1992-2007 Yıllarına Karşılık Gelen Türkiye'ye Ait Finansal Akı Verileri.....	46
Şekil 3.2. 1997-2007 Yıllarına Karşılık Gelen Türkiye'ye Ait Finansal Akı Verileri.....	48

## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1.1. Kriz Olasılıklarını Ölçmede Kullanılan Probit Modeller .....	22
Tablo 1.2. Sinyal Yöntemi Matrisi.....	24
Tablo 3.1. 1992-2007 Arası Türkiye'ye Ait Olan Veriler ve Hesaplamalar.....	45
Tablo 3.2. 1997-2007 Arası Arjantin'e Ait Olan Veriler ve Hesaplamalar .....	47



## 1. GİRİŞ

İlk insanın evreni anlama çabası bugün fizik adını verdiğimiz doğa biliminin başlangıcını oluşturmuştur. Dolayısıyla fizikte buluşlar kadar fiziğin yöntemleri ve uygulama alanları da çok eski dönemlere dayanmıştır. Bir şeyin yalnızca var olduğunu ya da yok olduğunu bilmekle ilgilenmeyen fizik bilimi, bir şey varsa neden var yoksa neden yok gibi temel sorularla da ilgilenmiştir. Fizik bilimi, incelemesini yaparken doğayı gözlemler ve bu gözlemlerini doğa kanunlarını çerçevesinde analiz etmektedir. Fizik Bilimi, maddenin dış yapısını ve madde ile enerji arasındaki ilişkileri inceler. Bu çerçevede, en genel ifade ile Fizik bilimi, mekanik, elektrik, manyetizma, optik, termodinamik, atom fiziği, nükleer fizik ve katıhal fiziğini kapsamaktadır (Bernal, 1995).

İnsanların evreni anlama ve açıklama yaklaşımlarına karşın, insanların ihtiyaçları sınırsız, imkanları sınırlıdır. Ekonomi ya da Arapça karşılığı ile İktisat Bilimi işte bu sınırsız ihtiyaçları sınırlı imkanlara uyarlama işi olmuştur (Eğilmez, 2015). Ekonomik olayların ilk ne zaman başladığı kesin olarak bilinmese de ilk insanların beslenmek için doğa kanunlarını kullanarak yapmış oldukları aletler onları üretime geçirerek ekonomik eylemleri başlatmış, zaman içerisinde gelişip bu günkü ekonomi bilimini oluşturmuştur.

Fizik bilimi sınırsızdır ve hem kadim hem moderndir. Gelişimi boyunca matematik ve diğer bilimlerle iç içe olup hem katkı sağlamış hem de faydalanmıştır. Fizik herkes içindir ve her şeyin içerisinde olmuştur.

İktisat bilimi ise, 1700'lü yıllardan beri birçok bilim ile ortaklaşa çalışıp gelişerek bugünkü halini almıştır. Bu gelişim süresince ortak çalıştığı bilimler arasında fizik önemli bir yere sahip olmuştur. Adam Smith'in Newton'un çalışmalarından etkilenmesiyle başlayan iktisat fizik ilişkisi termodinamik yöntemler ve diferansiyel hesaplama yöntemi ile Neo Klasik iktisadın, Einstein fiziği ve Riemann geometrisi ile Keynes iktisadın, kuantum fiziği ve topoloji ile genel denge iktisadının etkileşmesi ile devam etmiştir.

Ekonomi ve fizik bilimi kadar eski olmayan ancak fizik biliminin insanlığın ilk dönemlerinden itibaren katkıda bulunduğu ve bu iki bilimin etkileşiminden doğan

ekonofizik ise Gingras ve Schinckus 'e göre farklı bir metodolojiye ve yeni araçlara sahip olan ekonominin ilerlemesine büyük katkıda bulunabilecek yeni bir disiplindir (Gingras ve Schinckus, 2012). Ekonofizik kavramı anlam olarak, finansal ve ekonomik sistemlerin karmaşık sistemler olarak ele alındığı fizikçiler tarafından yapılan işi tanımlamak için kullanılan bir kelimedir (Stanley vd., 1999).

Tarihi oldukça eski dönemlere dayanan bir diğer olgu ise finansal krizdir. Özellikle son yıllarda bu konuyu anlama çabaları hız kazanmıştır. Finansal araçlar ve finansal hizmetler üzerindeki bilgisayar ve bilgi teknolojisindeki yeniliklerin etkisi ve yeni finansal araçların çok hızlı bir şekilde artış göstermesi, sermaye akımlarını hızlandırmış (Öztürk ve Gövdere, 2010), beraberinde küreselleşmeyi getirmiştir. Küreselleşme sürecinin hız kazanmasıyla finansal kriz kavramı dünya ekonomilerinin sorunu haline gelmiştir. Özellikle finansal piyasalardaki küreselleşme ve bu çerçevede gelişen bilgi teknolojisinde gerçekleşen buluş ve yenilikler finansal krizlere farklı bakış açıları kazandırmıştır. Diğer yandan gelişen teknoloji ve bu güne kadar yapılan çalışmalar krizleri anlamada ve çözümlemede yetersiz kalmıştır. Tam da bu noktada, fizik bilimcilerin karmaşık ekonomik sistemleri ele aldığı Ekonofizik kavramı devreye girmiştir. Özellikle teknolojik gelişmelerle şekillenen öngürülemeyen sistemler mekanizması olan küresel ekonomi, bu açıdan ekonofizikçiler için adeta bir laboratuvar görevini üstlenmiştir. Bu çerçevede, fizik bilimciler için, ekonomi ile ilgili en ilginç şey olan dalgalanmalar ve dalgalanmaların belki de en sık rastlandığı küresel piyasalar ile küresel sistemin bileşenlerinden olan borsalar fizik bilimcilerin dolayısıyla ekonofizikçilerin ilgisini çekmektedir. Çünkü zengin fakir herkes ekonomik dalgalanmalardan ve oldukça fazla miktarda veriyi barındıran karmaşık sistemler olan dünya çapındaki finansal sistemin çöküşünden etkilenir (Stanley vd., 1999). Örneğin borsa endeksleri ve döviz kurları gibi ekonomik zaman serileri, çok sayıda güçlü etkileşimli sistemin gelişmesine bağlı, karmaşık gelişen sistemler sınıfına aittir (Stanley vd., 1999) ve bu nedenle Ekonofiziğin ilgi alanına girmektedir. Bu kapsamda iktisatçıların ve küresel sistemi oluşturan birimlerin öngöremediği küresel finansal krizlere, fizikçiler çözüm arayışındadırlar. Buna ek olarak, ekonomik sistemleri incelemek fizikçiler için iyi tanımlanmış karmaşık bir sistem üzerinde zengin bir veriyi araştırmak anlamına gelir (Stanley vd., 1999).

Teknolojik gelişmeler ve bu gelişmeler sonucu ortaya çıkan küresel iletişim, 21. yy'lı bir tuş vasıtasıyla dünyanın bir ucundan diğerine büyük sermayelerin taşındığı bir zaman haline getirmiştir. Bu kapsamda sermaye akımlarının mobilitesi artmış ve buna bağlı olarak sermaye akışkanlığı kriz bulaşıcılığını da beraberinde getirmiştir. İrrasyonel insan davranışları da düşünüldüğünde dünyanın bir yerinde yaşanan finansal kriz, tüm dünyayı etkileyip ülkelerin temel problemi haline gelip, araştırmacıların krizin nedenlerine ve yaşandıkları döneme ait ilgisi artmıştır. Bu çerçevede, fizik bilimcilerin ekonomi konularına ilgisi yeni olmamakla birlikte finansal krizlerle ilişkisi çok yenidir. Bu ilişki, Belçika'da Universite de Liege de çalışmalarını sürdüren Marcel Ausloos'un Ekim-97 krizini önceden tahmin etmesiyle başlamış ve bilim insanlarının ilgisini çekmeyi başarmıştır (Ulusoy, 2008). Dolayısıyla finansal krizlerin karmaşık doğası ve lineer olarak açıklanamayan yapısı ekonofizikte yer bulmuştur. Bilindiği üzere finansal krizlerin öngörü mekanizmaları olmasına rağmen kesin bilgi yoktur.

Bu kapsamda söz konusu çalışmada, fiziğin elektrostatik bölümünden elektrik alan kavramını kullanarak küresel finans krizler için ekonofiziksel bir yaklaşım olarak erken uyarı modeli üzerinde çalışılmıştır. Amaç, finansal krizler öncesinde gerçekleşen, finansal kırılganlığı daha erken aşamalarda belirleyip, kamu ve özel sektör üyelerine yardımcı olabilecek bir modeli ekonofizik yaklaşımla tanımlamaktır. Çünkü finansal krizler hem kriz çıktığı ülkede hem de diğer ülkelerde makro ve mikroekonomik boyutta çeşitli zararlar vermiştir. Bu çerçevede, gerek politika kurucular gerekse iktisat çevreleri finansal krizler üzerine çeşitli çalışmalar yapmıştır. Söz konusu çalışmada, küresel finansal krizleri önlemede Gauss yasası modeli analiz edilip değerlendirilmektedir. Bu çerçevede söz konusu çalışmada, ilk olarak Ekonofizik ve Finansal kriz kavramları hakkında bilgi verilmiş, çalışmanın konusu olan modelde kullanılacak olan elektrik akımı yasası ve dolayısıyla Gauss yasası tanıtılıp, uygulamalı fiziğin elektrostatik bölümünden elektrik alan (Gauss Law) kavramını kullanarak küresel finans krizlerini öngörmeyi modellemek için Ekonofiziksel bir yaklaşımda bulunulmuştur. Bu amaç doğrultusunda, söz konusu yaklaşım çerçevesinde krize yol açan etkenlerin analiz edilmesinden sonra Ekonofiziğin bir uygulaması olarak küresel finans krizleri için erken uyarı sistemi olarak gauss yasası modeli tanımlanarak analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, elektrik

alan hesabında kullanılan Gauss yasası ve finansal kriz öngörüsü arasında bir matematiksel benzerlik ilişkisi kullanılmıştır. Söz konusu olan benzerlik ilişkisi, elektrik alandaki yük hareketleri ile para hareketliliği temeline dayanmaktadır. Verilerin analizi için MATLAB2013a yazılımından faydalanılmıştır.

### **1.1. Ekonofizik**

Fizik bilimcilerin ilgilerinin, iktisada özellikle ekonofiziğe sebep olan olan finansal iktisada çekildiği yıllar olan 1990 'larda teknolojinin ve veri analizinin hızla gelişmesiyle fizik kullanarak finansal getirilerin dağılımları incelenmiş, fizik finans arasındaki etkileşim ekonofiziğin ortaya çıkışını hızlandırmıştır. Bu dönemde iktisat makalelerinin, fizik dergilerindeki sayısı giderek artmıştır (Roehner, 2002). Ekonofiziğin başlangıcı sayılan bu yıllarda finansla ilgili yazılar fizik dergilerinde yer bulmuştur.

Ekonofizik adı ilk olarak Stanley ve ark. ile Kolkata'da 1995'te düzenlenen bir konferansta ortaya çıkmıştır (Stanley vd., 1996). Bu mevcut olan büyük hacimli verileri ve istatistiksel fiziğin çalışma yöntemlerini kullanan finansal piyasaların istatistiksel özelliklerinin tam bir incelemesini yapmak isteyen karmaşık sistemlerin fiziği dalında kullanılan bir neoloji olmuştur (Mategna ve Stanley, 1999). Bu kapsamda, ekonomiye, özellikle finansal piyasalara katkıda bulunan yeni bir disiplin ortaya çıkmıştır (Schinkus, 2010).

1996'da yayınlanan Stanley ve arkadaşlarının kurucu makalesi, finansal getiri çalışmalarına Gauss olmayan bir yaklaşım geliştiren fizikçiler ve matematikçilerden çok etkilenmiştir (Kutner, vd., 2008). Yayımlanan bu kurucu makalede H. Eugene Stanley ve arkadaşları ekonofizik kavramını resmi olarak ilan etmesine rağmen, Ekonofizik o zamanlar hala genç ve tam olarak açıklanamamış bir alan olmuştur. Mantegna ve Stanley (1999), ekonofiziği “fikirleri, modelleri, kavramsal ve sayısal istatistiksel fizik yöntemlerini kullanarak nicel bir yaklaşım” olarak tanımlamışlardır (Jovanovic ve Schinckus, 2013).

Ekonofizik kavramının tanımlanmasından sonra ilgi alanlarını aşağıda belirtildiği gibi özetlenmiştir (Savoio ve Siman, 2008) :

- Finansal piyasalardaki getirilerin dağılımı,

- Finansal serilerin zaman korelasyonu,
- Finansal bir piyasadaki fiyat dinamikleri ve türbülans gibi fiziksel süreçler ya da ekolojik sistemler arasındaki benzerlikler ve farklılıklar,
- Firma büyüklükleri ve büyüme oranlarının dağılımı,
- Şehir büyüklüklerinin dağılımı,
- Bilimsel buluşların dağılımı,
- Bazı inançlara bağlı olarak fiyat değişmelerindeki daha yüksek dereceden korelasyonun varlığı,
- Gelir ve servet dağılımı,
- Firmaların gelir dağılımı çalışmaları ve büyüme oranlarının istatistiksel çalışmaları.

2000’li yıllardan itibaren hızla genişleyen ekonofizik sadece finansal piyasalarla sınırlı kalmamış aynı zamanda ekonomideki genel problemlerle ilgilenmeye başlamıştır. Bu sürede ekonofizik diğer araştırma temalarıyla da bağlantı kurmaya başlamıştır. Bu bağlamda, 2006 yılında, İktisat, Fizik ve bilgisayar bilimlerini (esas olarak yapay zeka) birleştiren disiplinler arası araştırmaları teşvik etmek için Heterojen Etkileşimcilerle Ekonomik Bilimler Derneği (ESHIA) ‘nin oluşturulması örnek olarak verilebilir.

Ekonofiziğin tanıtılıp açıklanmasından sonra bu yeni disiplini gerçek bir bilim topluluğu yapmak için bazı adımlar atılmıştır. Bunlardan ilki 1997 de Budapeşte Üniversitesi Fizik Bölümü tarafından düzenlenen Ekonofizik konferansıdır. İki yıl sonra, Avrupa Fizikçiler Birliği tarafından tanınan ve desteklenen ilk konferans Dublin’de yapıldı ve APFA (Finansal Analizde Fizik Uygulaması) olarak bilinen bir yıllık konferansın oluşturulmasıyla sonuçlanmıştır (Jovanovic ve Schinckus, 2013). Bundan sonraki süreçte ekonofizik araştırmaları ve dergilerde yayınlanan yazıların sayısı artmıştır. Fribourg (İsviçre), Ulm (İsveç), Munster (Almanya) ve Dublin (İrlanda) üniversitelerinin fizik bölümlerinin ekonofizik derslerinin vermeye başlamıştır. 2002’den beri Varşova ve Wroclaw üniversiteleri (her ikisi de Polonya’da), lisans ve yüksek lisans derecelerini sırasıyla ekonofizik olarak sunmaktadır (Kutner ve ark. 2008). Son olarak, Houston Üniversitesi (Texas, ABD), 2006 yılında econophysics’te ilk doktora programını oluşturulmuş (URL-1), bunu 2009 yılında Melbourne Üniversitesi (Avustralya) takip etmiştir (URL-2) .

Ekonofizik genç bir disiplin olmasına rağmen iktisatta fiziğin etkisi yeni değildir. Pozitif bilimleri anlayan bir çok araştırmacı, iktisadın “Fiziksel Çekiciliğini” çalışmıştır (Gall, ve Philippe, 2002). Bu bağlamda finansal iktisat ya da finans, fizik biliminin etkisine maruz bırakılmıştır (Jovanovic ve Schinckus, 2013). Her ikisi de benzer yöntemler kullansa da kendi özlerini oldukça farklı bir şekilde ele almışlardır. Örneğin; Fiziğin amacı çeşitli olguları yönlendiren düzeni ortaya çıkarmakken iktisadın amacı gerçek durumları basitleştirmektir. Bu çerçevede bir fizikçi, ekonomiyi etkileşimli birimlerin bir topluluğu olarak görmektedir (Stanley vd., 2001). Bu bağlamda üç önemli noktaya değinilmelidir. İlki, finansal ekonomi, temel hipotezlerinin, modellerinin ve sonuçlarının kaynağı olan modern olasılık teorisi ile yakından bağlantılıdır, ikincisi, istatistiksel fizik esas olarak gerçek olguların mümkün olan en iyi temsilini sağlama ile ilgilidir ve üçüncüsü ekonofizik termodinamiğin devamı olarak düşünülebilir (Jovanovic ve Schinckus, 2013).

Stanley ve arkadaşlarına göre hisse senedi fiyatları, tıpkı manyetik alanda dalgalanmalara cevap veren etkileşen bir spin sisteminin manyetizasyonu gibi talepteki dalgalanmalara tepki verip, hisse senedi satın alan çok sayıda piyasa katılımcısının bulunduğu dönemlerde fiyatta pozitif değişiklikler gerçekleşirken, bir manyetik alana benzer şekilde bir mıknatısın dönmesine neden olmaktadır (Stanley vd., 2001).

Bir diğer benzerlik, miktar kuramının işlem tipini gösteren Fisher denklemidir. Bu denklem fizikteki termodinamik ile bağdaştırılmaktadır.  $P.T \equiv M.V$  denklemine göre, P ödemelere temel oluşturan işlemlerin ortalama fiyatını, T para ile yapılan tüm işlemleri, M para miktarını gösterirken, V paranın işlem dolaşım hızını göstermektedir (Shubik ve Smith, 2006).

Fizikte elementleri, parçacık ve atomlar temsil ederken iktisatta bu işi ajanlar temsil üstlenmektedir. Fizikte kullanılan molekülleri ise iktisatta aile ve küçük işletmeler temsil etmektedir.

Fizikte kullanılan enerji kavramı, en temel ifade ile iş üretme kapasitesi olarak açıklanırken, diğer kişilere iş yaptırma kapasitesi para olarak tanımlanmaktadır (Cimberis, 1998).



Fizik ve ekonomi arasında benzerlikler ve farklılıklar olduğu gibi ekonomistlerle ekonofizikçiler arasında bazı temel farklılıklar bulunmaktadır. Schinckus (2001) 'e göre bu temel farklılıklar şunlardır (Schinckus, 2001):

- Ekonofizik bilimciler dünyayı deneyler sonucu ortaya çıkan bilgi olarak kabul ederler ve oluşturdukları modeli bu verileri temel alarak oluştururlar. Fakat finansal ekonomide olaylar bu şekilde ilerlememekte ve finansal ekonomistlerin varsayımları bazı durumlarda yanlış çıkmaktadır.
- Ekonofizik bilimciler ve ekonomistler arasında mikroperspektif ile makroperspektif farklıdır. Yani ekonomistler, kişilerin birbirleri ile etkileşimini göz önünde bulundurmadan onların davranışlarını analiz eder ve kişilerin tamamen rasyonel olduklarını varsaymaktadırlar. Ekonofizik bilimciler ise bütün bu etkileşimleri gözönünde bulundururlar.
- Ekonofizik bilimciler ve ekonomistler arasında finansal denge ve Ekonofizik Yapı farkı da söz konusudur. Finansal denge rasyonel beklentileri baz almaktadır. Dolayısıyla elemanlar arası karmaşık etkileşimler dikkate alınmamaktadır. Ekonofizik bilimciler ise dengede olmayan yani belirsizlik unsuru içeren durum dinamiklerini baz almakta ve dengenin olduğuna dair bir kanıt olmadığını belirtmektedirler.

### **1.1.1. Ekonofiziğin Bazı Uygulamaları**

2000'li yıllardan itibaren teknolojinin de hızla gelişmesiyle Ekonofizik hızla ilerleyip, genel olarak Ekonomide görülen çeşitli olayları incelemeye başlamıştır. Bu bölümde Ekonofiziğin uygulamalarını içeren temsilci tabanlı modeller, uzun süreli hafıza, çapraz korelasyon ve son olarak da karmaşık ağların tanım ve karakterizasyonu ile Ekonofizik için önemleri açıklanmaktadır.

#### ***1.1.1.1. Ajan Tabanlı Modeller (ABM)***

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte Ekonofizik uygulamalar hızlı bir şekilde artmıştır. Ekonominin çeşitli alanlarında kullanılan Ajan Tabanlı Modeller buna bir örnektir. Bu modellerin başlıca avantajları, sınırlı, akılcı, uyarlanabilir davranışa sahip ajanların kullanımı ve mikro ve makro etkileşim imkânıdır (Pereira vd., 2017).

Ferreira ve Girardi (2002)'ye göre bir ajan, çevresini algılayıcılarla algılayan ve aynı uygulayıcıları kullanarak hareket edebilen bir varlıktır. Ayrıca, ajanlar evrimleşebilir, uyarlanabilir, öğrenebilir ve bilişsel yeteneklere sahip olabilir (Wooldridge ve Nicholas, 1995). Ajanlarla çevre arasındaki etkileşim, çevre sorunu bir uyararla karşılaştığında, ajanlar ilk olarak sorunu algılayıcıları ile yakalar ve daha sonra cezalandırıcısının öğelerini kullanarak bir eylem şeklinde yanıt vermesiyle sağlanır. Buna dayanarak, Russel ve Norvig (1995) bir ajanın temel yapısının çok basit olduğunu öne sürmüşlerdir: Yeni anlayışların gelişiyle birlikte güncellenecek bir iç veri yapısına sahip olan bu yapı, icra edilecek eylemler üretecek olan karar alma süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu nedenle, ajanlar aşağıdaki özelliklere sahiptirler (Lima ve Rosario, 2002) :

- Ajanlar, doğrudan insan kontrolü veya diğer araçlar olmadan çalışabilirler: onlar kendilerine iş verirler.
- Ajanlar insanlar ve diğer araçlarla ortak çalışabilirler: iletişim kurarlar.
- Ajanlar etki alanlarının uyarılması için çeşitli şekillerde tepki verebilir: reaktiftirler.
- Ajanlar tanımlanan hedeflere uyması için kendileri için kararlar verebilir: proaktiftirler.

Pereira ve ark. (2017)'ye göre, ajan tabanlı modeller, simüle edilecek gerçek bileşenlere benzer algı ve eylem kapasitesiyle, bir ajan popülasyonunun yaratılmasıyla oluşmaktadır ve böylece bir sistemin bileşenlerine sahipmiş gibi davranabilirler ve biri onlara olası eylemleri tanımlayan davranış ve kurallar üretmektedir. Buna göre bir sistemdeki davranışların analiz edilmesi ve ilgili kişilere dahil edilebilmesi, temel özelliklerin ortaya çıkarılıp davranış modellemesi yapılmasıyla oluşmaktadır. Bu kapsamda, ajan tabanlı modeller aşağıdaki özelliklere sahiptir (Pykas ve Fagiolo, 2005) :

- Zaman: Genellikle,  $t = 1, 2, \dots$  olan farklı zaman aralıklarında evrimleşen bir modeldir.
- Ajanlar (veya aktörler): Sistem  $I_t = \{1, 2, \dots, N_t\}$  olan birçok ajan tarafından yerleştirilir. Birçok örnekte, ama hepsinde değil, popülasyonun büyüklüğü ( $N_t = N$ ) sabitinin zamanla sabit olduğu varsayılır.

- Mikro durumlar (veya etkileri): Her  $i \in I_t$  ajanı  $X_{i,t} = (X_{i,t}^1, \dots, X_{i,t}^L)$  mikro durumlarının bir  $L$  vektörü (ya da mikro değişken) aracılığıyla karakterize edilir, bu değişkenlerin kullanımı kolaydır, onlar endojen yapılabilir, ajanların kararlarını değiştirebilir (şirketin bir ürünü olarak, bireylerin sahip olduğu pay sayısı vb.).
- Mikro parametreler: Her ajan aynı zamanda, yavaş değişkenler olan bir  $H\theta_i = (\theta_i^1, \dots, \theta_i^h)$  mikro parametre vektörü ile karakterize edilir, yani, dinamik bir süreçte zaman ölçeği olmaksızın nicelleştirilemezler. Bu nedenle, genellikle  $i$  (şirket verimlilik faktörleri, tüketim esnekliği, vb.) ajanlarının özellikleri ve davranışları hakkında bilgi içerir.
- Makro parametreler: Sistem, tüm doğrudan tutumları yöneten bağımsız bir teknolojik vektör olan  $M$  (makro parametreleri)  $\Theta = (\Theta_1, \dots, \Theta_M)$  ile karakterize edilmek yerine bir bütün olarak karakterize edilebilir; ayrıca bu  $\Theta$  değişkenleri yavaştır ve ajanlar tarafından değiştirilemezler.
- Yapı etkileşimi: her bir  $t$  ajanında, bilginin ajanlar arasında aktarılma yolu, şu anda  $j$  ajanı için bir  $ij_t$  ajanı yerine tüm bağlantıları içeren bir  $G_t$  (doğrudan ve muhtemel ağırlıklı) grafiği tarafından yönetilir. Bir  $ij_t$  bağlantısının varlığı, ajanın  $ij_t$  mikro değişkenlerini güncellediği anlamına gelir. O geçmişte  $j$  ajanları tarafından yapılan seçimlerden etkilenir.
- Mikro karar kuralları: Her bir ajana,  $R(i, t) = \{ R_{i,t}(\bullet|\bullet), b=1, \dots, B \}$  gözlenebilir değişkenleri ve bir sonraki mikro değiştirme periyodu olan  $X_{i,t}$  'nin haritalanması ile bir dizi karar kuralı sunulur. Üretim fonksiyonu ve yenilik kuralları bunun bir örneği olabilir.
- Toplam değişkenler: Mikro değişkenlerden kümelenme (ortalama, toplam, vb.), sistemde analiz edilecek tüm bilgileri içeren  $x_t = (x_{1t}, \dots, x_{kt})$ , bir  $K$  makro değişkeni oluşturabilir. Örnekler GSYİH, toplam talep, işsizlik, vb.

Ajan tabanlı ekonofizik, hesaplamalı fizikten gelen mikro yaklaşıma dayanır ve sipariş odaklı piyasaların modellerinin ya da Kinetik Teori kullanan modellerin geliştirildiği bir alandır (Schinckus, 2013). Bu kapsamda ajan tabanlı modelleme, ajanların atomik yapısına odaklanırken, neoklasik yaklaşımdan farklılık göstermektedir. Ayrıca fayda fonksiyonu, riskten kaçınma ve rasyonellik gibi

bazı varsayımlar temsilci tabanlı modellemenin, sosyoekonomik bir sistemin makro düzeyinde ortaya çıkan istatistiksel düzensizlikleri için mikro temellerini oluşturmaktadır.

Uyarlanabilen ajanları ve ekonomik teoriyi içeren ilk çalışmalardan biri Holland ve Miller'in İktisadi Teoride Yapay Uyarlayıcı Maddeler adlı çalışmalarıdır (Holland ve Miller, 1991). Bu çalışmaya göre, bu yeni metodolojinin uygulanmasının birçok avantajı bulunmaktadır. Tüm sistem değişkenlerini ve çevresel koşulları kontrol edebilme yeteneği ile uyarlanabilen ajanlarla çalışma becerisi bu avantajlar arasında bulunmaktadır. Holland ve Miller'in çalışmalarından bu yana, bu yeni araştırma konusu önemli derecede büyümüştür ve şu anda ekonomi alanında yayınlanan bu araştırmaların sayısı ekonominin diğer bilimlerle ilişkisi açısından önemlidir (Heath, Hill ve Ciarello, 2009).

Bu bağlamda, ABM ve finansal piyasaları kapsayan, yazarların stratejilerini fazlaca değiştirebilen ya da öğrenme yeteneğine sahip olan uygulayıcı ajanlar geliştirdikleri ünlü bir çalışma “Santa Fe Artificial Market” tir (Palmer vd., 1994). Lux ve Marchesi (1999) ise, heterojen ajanları, kümelenmiş istikrarsızlıklar ve güç yasalarının olduğu aşırı olayların yüksek frekanslı getirilerini bulmak için kullanmıştır.

Opsiyon pazarındaki ABM metodolojisinin kullanımı ise, Black-Scholes seçeneklerinin fiyatlandırma formülünü kullanan Suzuki vd., (2009)'nin çalışmasında, bazı anomaliler ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmaya göre anomalilerden dolayı, finasta ABM çalışmaları, finansal serilerde birkaç stilize edilmiş gerçeğe sahiptir ve bu anomalilikler finansal serilerde neredeyse sıfır ihtimaliyle normal bir eğilime yaklaşan Etkin Piyasalar Hipotezi (Eugene, 1970) veya Black-Scholes (Black ve Scholes, 1973) denkleminin aksine, krizler, aşırı olaylar ve paniklerin olduğu borsaların çoğunda yeni bir görünümü temsil etmektedir.

Dahası, Le Baron (2006)'un sözleriyle finansal piyasalar, aşağıdaki birkaç nedenden ötürü ABM uygulamalar için özellikle caziptir:

- Birincisi, piyasa etkinliği ve rasyonellik üzerine finans alanında yapılan ana tartışmalar halen çözülmemiş haldedir.

- İkincisi, finansal zaman serileri, iyi anlaşılmayan pek çok stilize edilmiş olgu içermektedir.
- Üçüncüsü, finansal piyasalar analiz edilebilir bir veri hacmi zenginliği sağlar.

Makroekonomide kullanılan ABM'ler ise son zamanlarda artmakla birlikte henüz çok yenidir. Bu bağlamda, Le Baron ve Tesfatsion (2008), Hodgson (2009), Farmer ve Foley (2009) ajanların mikro ve makroekonomik olguları anlamalarına ihtiyaç olduğunu çalışmalarında vurgulamışlardır. Bu bağlamda ajanların birbirleri ve çevreleri ile etkileşim halindeve rasyonel olarak sınırlı olmalarından dolayı Colander vd. (2008) makroekonomide ajanların kullanılmasını aşağıdaki sözlerle önermişlerdir:

Hesaplamalı Ajan ekonomisinin (Ajan Esaslı Modeller uygulanan ekonomi) avantajı, özellikle makroekonomide avantajı, makroekonomide analitik sınırın ele alınan sınırlamalarını ortadan kaldırmasıdır. ABM, araştırmacıların her ajan türünün sayısı ve düzenlemelerin hiyerarşisi de dahil olmak üzere sorunları çözmek için uygun yolu seçmelerine olanak sağlar. Ayrıca araştırmacıların, kararları ile eş zamanlı olarak etkileşimleri göz önüne almalarını ve aralarındaki makro etkileşimin dinamiklerini incelemelerine izin verirler.

Böylece Dosi vd. (2008) evrim döngüleri modelini oluşturmuş ve makroekonomide bazı stilize olguları tüketim yerine en istikrarsız yatırım olarak üretmeyi başarmışlardır. Bu bağlamda yatırım, döngüsel bir büyüme gösterip, model Keynesyen hızlandırıcıya eşit bir çarpan olarak ortaya çıkmıştır (Pereira vd., 2017).

Pykas ve Fagiolo (2005) 'ya göre öğrenme, rutinler ve evrim gibi ajanların değişkenlerine dahil olma olasılığı nedeniyle (geleneksel modelleme firması teorisinde biraz kısıtlı) bu nitelikler, Nelson ve Winter'in önerisine firma ve Makroekonomi evrimini incelemek için yardımcı olabilir (Nelson ve Winter, 1982). Bu çerçevede, Hodgson (2009), kurumları sürekli etkileşimde olan ve gelişen, rasyonel ve atomize edilmiş birimlerden oluşan bir grup olmayan bir dizi kişilerden oluşmuş olarak gördüğü için yirmi birinci yy da kurumları çalışmak için alternatif bir model olarak ABM'yi önermiştir.

Yukarıda da açıklandığı gibi oldukça yeni bir araştırma olan ABM zor bir yöntem olmasına rağmen makroekonomik politikaları ve firma teorisini anlamada büyük ölçüde yardımcı olabilecek gibi görünmektedir.

### 1.1.1.2. Uzun Süreli Hafıza

Pereira ve ark. (2017) göre, bir zaman dizisinin uzun dönem belleklerini tanımlamanın bir yolu, kalıcılık adı verilen bir özelliği ilişkilendirmektir. Bu kapsamda belirtilen özelliğin belirlenmesi genelde H veya Hurst katsayısı olarak adlandırılan bir parametre ile ilgili olup, literatürde bu üssü belirlemek için birçok yöntem olmasına rağmen en çok kullanılanlardan biri deneysel temellere sahip olan klasik  $R/S$  yöntemidir. Bu oran rastgele bir giriş akışına maruz kalan sonlu bir rezervuar problemi için bir çözüm sağlamıştır.

Buradaki soru, suyun  $\xi(t)$  akışında bilerek, bir rezervuarın hacminin belirlenmesine dayalıdır, bununla birlikte, çıkış akışı ortalama  $\xi(t)$  değerine eşit olurken, tank asla kuru çalışmaz ya da ağzına kadar dolmayacaktır (Feder, 1988).

Bu kapsamda bir  $\tau$  zaman aralığı göz önüne alındığında, akıştaki ortalama:

$$\langle \xi \rangle_{\tau} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} \xi(t) \quad (1.1)$$

şeklinde olacaktır. Giriş akışı ve onun ortalamaları arasındaki kümülatif farka  $X(t)$  dersek:

$$X(t, \tau) = \sum_{u=1}^t \{\xi(u) - \langle \xi \rangle_{\tau}\}, \quad (1 \leq t \leq \tau) . \quad (1.2)$$

(1.2)'de verilen maksimum ve minimum su miktarı, bir  $\tau$  periyodunda kabuğun içinden geçen minimum ve maksimum su hacmini temsil etmektedir. Burada maksimum ve minimum arasındaki fark  $X$  olmalıdır.

$$R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) \quad (1.3)$$

Burada  $R(\tau)$ ,  $\xi(t)$  akışına bağlıdır, ki buda  $\tau$  periyoduna bağlıdır. Hurst katsayısı birçok kez araştırılmış ve  $R$ 'nin bir güç yasası olarak  $\tau$ 'ya bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

$$R/S = \left(\frac{\tau}{2}\right)^H \quad (1.4)$$

Denklem (4)'de verilen  $S$ , girişin standart sapmasıdır ve aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$S = \left(\frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \{\xi(t) - \langle \xi \rangle_{\tau}\}^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.5)$$

Miranda (1997)'ye göre, sadece  $R / S$  değişkeni için sunulan boyut, diğer fenomenlerle karşılaştırmayı kolaylaştıran boyutsuz bir sayıdır. Ve bu kapsamda Hurst yöntemi ekonomide önemli bir yere sahip olmuştur. Örneğin, Cajueiro ve Tabak (2004), ortaya çıkan finansal piyasaların zaman içinde daha verimli hale geldiği ve bunun doğru olup olmadığını kontrol ettikleri literatürde bulunan iddiaları test etmeyi, dört yıllık verilerin bir zaman penceresini  $R / S$  yöntemini kullanarak Hurst üssünün hesaplanmasını önermişlerdir. Bu dört yıllık veriler bazı yeni gelişmekte olan ülkelerin ve Japonya ve ABD'nin borsa kurlarından oluşmaktadır. Japonya ve ABD için piyasa etkinliği Hurst üssü ile ilişkili olduğu ve  $H \approx 0.5$  gözlemlenmiştir. Bu kapsamda Brezilya, Filipinler ve Tayland da dahil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerin  $H$  değerinin  $0.5$ 'den büyük bir değere sahip olduğu görülmüştür.

Bu yöntemin bir başka uygulamasını Souza ve Tabak (2006)'ın, sabit döviz kuru rejimleri ile Brezilya'daki dalgalı döviz kuru arasındaki geçişte uzun vadeli belleği araştırmak için Hurst üssü  $R / S$  yöntemini uygulamışlardır.

Rejichi ve Aloui (2012),  $R / S$  yöntemiyle belirli bir Hurst üssünü kullanarak MENA borsasının verimliliğini test etmişlerdir. Mensi, Beljid ve Managi (2014), West Texas Intermediate (WTI) ve European Brent tarafından sergilenen uzun menzilli bağımlılık derecesini ölçmek için ham indeksler yoluyla uzun menzilli bağımlılık derecesini ölçmek için  $R / S$  yöntemini kullanarak Hurst üssünü belirlemişlerdir.

$R / S$  klasik yönteminin yukarıda değinilen bu ve diğer uygulamaları fiziksel bir bakış açısidir ve temel olarak otomatik bağlantılı zaman serilerinde çalışılmakta (Pereira vd., 2017) ve bu yöntemlerin ekonomiye uygulaması Ekonofizik literatüründe giderek artmaktadır. Bu uygulamalar, bir zaman serisinin diğeriyle kavrama davranışını gözlemlemenin bir yolu olan Ekonofizikte çapraz korelasyonlarla ilişkili zaman serilerinde de görülmektedir.

### 1.1.1.3. Çapraz Korelasyon

Literatürde bir dizi teori içeren çapraz korelasyon çalışması, bir zaman serisini diğeriyle ilişkilendiren istatistiklere dayanmaktadır (Pereira vd., 2017). Bu kapsamda çalışmanın bu bölümünde zaman serileri ve çapraz korelasyon arasındaki çalışma ile onların otokorelasyonu açıklanmıştır.

Peng ve ark. (1994)'nın teorisi, çapraz korelasyon katsayısını,  $\rho_{DCCA}$  katsayısını belirlemeye odaklanmıştır, ki bu da çapraz korelasyon katsayısının belirlenmesinin beş adımını oluşturmaktadır. Bu beş adım aşağıda açıklanmıştır (Peng vd., 1994).

Adım I:  $t = 1, 2, 3, \dots, N$  (N zaman serisinin elemanlarının toplam sayısıdır) olmak üzere  $\{x_t\}$  ve  $\{y_t\}$  den oluşan iki zaman serisini göz önünde bulunduralım. Daha sonra iki yeni seri oluşturan zaman serilerini tanımlayalım:

$$xx_k = \sum_{t=1}^k x_t \quad \text{ve} \quad yy_k = \sum_{t=1}^k y_t, \quad k = 1, 2, 3, \dots, N. \quad (1.6)$$

Adım II: Bu iki tanımlı  $\{xx_k\}$  ve  $\{yy_k\}$  zaman serisini,  $4 \leq s \leq N/4$  aralığında eşit uzunlukta olan s (N-s)'de çakışan kutulara bölünmüştür.

Adım III:  $xP_i(k)$  ve  $yP_i(k)$  olmak üzere her bir her seriyi en küçük karelere sığdırarak her kutunun yerel eğimini hesaplayabiliriz. Şimdi, her kutuda atığın kovaryansı (7)'de açıklanmıştır:

$$f_{xy}^2(s, i) = \frac{1}{s+1} \sum_{t=1}^{i+s} (xx_k - xP_i(k))(yy_k - yP_i(k)) \quad (1.7)$$

Adım IV: Şimdi, tüm örtüşen kutuların ortalaması, yeni kovaryans fonksiyonu için hesaplanır:

$$F_{xy}^2(s) = \frac{1}{(N-s)} \sum_{i=1}^{N-s} f_{xy}^2(s, i) \quad (1.8)$$

Adım V: Son olarak çapraz korelasyon katsayısı  $\rho_{DCCA}$  'yı hesaplarız:

$$\rho_{DCCA}(s) = \frac{F_{xy}^2(s)}{F_{xx}(s)F_{yy}(s)} \quad (1.9)$$



Burada  $F_{xy}^2(s)$  Podobnik ve Stanley (2008)'in metodu ile belirlenen korelasyon fonksiyonu ve  $F_{xx}(s)$  ve  $F_{yy}(s)$  Peng ve ark. (1994)'nin metodu ile otokorelasyon fonksiyonu olarak belirlemiştir. (9)' a göre çapraz korelasyon katsayısı her  $s$  kutusunun boyutuna (zaman ölçeğine) bağlıdır. Pereira ve ark. (2017)'ye göre, çapraz korelasyon katsayısının bir avantajı, farklı zaman ölçeklerine sahip iki zaman serisi arasındaki korelasyonun ölçülmesidir. Ayrıca  $\rho_{DCCA}(s)$ ,  $-1 \leq \rho_{DCCA} \leq 1$  zaman aralığında değişmektedir ve  $\rho_{DCCA}(s) = 0$  değeri, çapraz korelasyon olmadığı ve pozitif ve negatif durumlar arasındaki çapraz korelasyon seviyesini böldüğü (Vassoler, Zebende, 2013), benzer şekilde,  $\rho_{DCCA}(s) = 1$  mükemmel çapraz korelasyonu gösterirken  $\rho_{DCCA}(s) = -1$  mükemmel bir anti-çapraz korelasyon anlamına gelmektedir (Marinho, Sousa, Andrade, 2013).

Sonuç olarak, oldukça güçlü ve iyi uygulanabilir olan çapraz korelasyon katsayısı Ekonofizikte bazı uygulamaları içermektedir. M.F. da Silva ve ark. (2014) bu katsayıyı, Barreiras / Bahia / Brezilya'daki soya fasulyesi ve mısır fiyatları ile Brezilya döviz piyasası arasındaki korelasyonu ölçmek için kullanmıştır. Wang ve ark. (2013)  $\rho_{DCCA}$  katsayısını, küresel bir ağ üzerinde 44 ülkenin büyük paraları arasındaki çapraz korelasyonun ölçülmesinde ve Reboredo ve ark. (2013)  $\rho_{DCCA}$  katsayısını, 2008 ekonomik krizinden önce ve sonra farklı ülkelerdeki döviz kuru ile petrol fiyatları arasındaki çapraz korelasyonu doğrulamak için kullanmışlardır.

#### **1.1.1.4. Karmaşık Ağlar**

Pereira ve ark. (2017) çalışmasına göre, karmaşık ağlar, kenarlarla bağlı düğümlerdir (köşelerdir) ve ulaşım ağları (Brezilya'daki hava yolları ağları, yol ağları), sosyal etkileşimler (bilgi ağları, bilimsel işbirliği ağları), biyolojik ağlar (genlerin düzenleyici ağları ve protein etkileşim ağları) ve ekonomideki ağlar (bankacılık ağları ve ihraç eden ülkelerin ağları) vb. gibi örneklendirilmektedirler. Bu çalışmaya göre, ağların incelenmesi, Rusya'daki Kaliningrad'daki Prusya şehri Königsberg Sorunu'nun çözümü ile başlamıştır ve sorunun bir çözümü olmadığı için Euler'in düğümler ve kenarlar gibi temel kategoriler oluşturmasıyla geliştirilmiş ve iki yüz yıl sonra da matematikçiler Paul Erdős ve Alfred Rényi'nin ağların incelenmesine olanak tanıyan rastgele grafikler teorisi olarak bilinen ve amacı grafikler teorisini

olasılık teorisinin araçları ile birleştirmek olan yeni bir kavram ortaya atmasıyla yeniden gündeme gelmiştir. Grafik teorisi, karmaşık ağların tam olarak matematiksel olarak işlenmesinin doğal çerçevesidir ve resmi olarak karmaşık bir ağ bir grafik olarak temsil edilebilmektedir (Boccaletta, vd. 2005). Diğer iki önemli katkıyı Milgram (1967) ve Watts ve Strogatz (1998) ve ölçeksiz ağlar aracılığıyla yapmışlardır (Barabási, Albert, 1999).

## 1.2. Finansal Kriz

Türk Dil Kurumu (TDK), krizin anlamını en temel haliyle, “Herhangi bir ülkede veya ülkeler arasında, kamu ve özel kuruluşlar ile bireylerin yaşamında görülen güç dönem, bunalım, buhran” olarak tanımlarken, Compact Oxford English Dictionary, Yunanca’da “krisis”, “decision=karar”, krinein’den ‘decide=karar verme’ anlamlarına gelen kriz kelimesini, “mühim bir zorluk ve muhatara dönemi” şeklinde açıklamıştır. Bu bağlamda, bir anda ve umulmadık bir zamanda ortaya çıkan olumsuz evölüsyon kriz olarak tarif edilebilir.

Ekonomik kriz kavramı, farklı ekonomistler tarafından, durgunluk, resesyon, enflasyon veya deflasyon olarak tanımlanmasına rağmen, ekonomide kriz tanımı olarak tek bir genel kavram yoktur (Eğilmez, 2015). Bununla birlikte, yüzlerce yıl öncesine dayan ekonomik krizlerin genel bir açıklaması, bir patlama ya da kaçınılmaz bir iflase neden olan, sıklıkla parasal aşırılıklardan kaynaklanan durum olarak nitelendirilmektedir (Taylor, 2009). Başka bir genel ifade ile finansal kriz kavramı, finansal piyasalardaki kur, faiz ve fiyatlarda meydana gelen aşırı dalgalanmalardır ve piyasaların etkin işleyişinin bozulmasına ve ekonomik faaliyetlerin aniden daralmasına yol açar (Aydın, Başar ve Coşkun, 2014).

Mishkin (1991)’ e göre ekonomik sistemde yer alan beş faktör, finansal piyasalarda olumsuz seçim ve ahlaki tehlikenin önemli derecede kötüleşmesine yol açar ve bu durum, finansal krize neden olur; yani ekonomiyi yüksek verimde bir dengeden düşük verimde bir dengeye kaydırır çünkü finansal sistem fonları en iyi yatırım fırsatlarına sahip olan alanlara yönlendiremez. Finansal krizlere neden olan bu beş faktör şunlardır (Mishkin, 1991):

1. Faiz oranlarındaki artış,
2. Borsa düşüşleri,

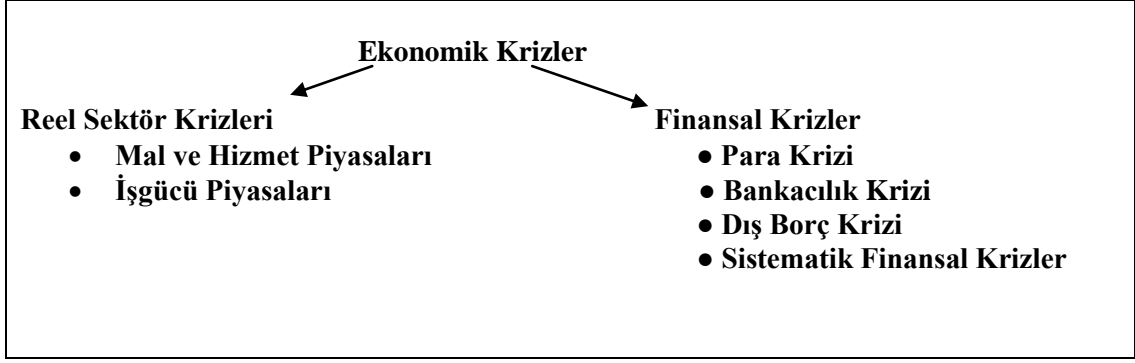
3. Belirsizlik artışları,
4. Banka panikleri,
5. Toplam fiyat düzeyinde beklenmeyen düşüşler.

Kriz, sonucu tehlikeli olabilen, anında tepki verilmezse sıkıntı oluşturan ve ekonomik sistemi tehdit eden bir durumdur (Aydın, Başar ve Coşkun, 2014). Bu kapsamda, Güney (2016)'ya göre, ekonomik krizler birkaç önemli özelliğe sahiptir (s.12). Bu özellikler:

- Ekonomik krizler öngörülemez. Krizler bu anlamda, ekonomi için olumsuz etkileri olan ve beklenmedik bir şekilde ortaya çıkan olgulardır. Bu yüzden tahmin edilebilir ekonomik gelişmeler kriz olarak adlandırılmaz.
- Ekonomik krizler uzun ya da kısa süreli olabilirler.
- Ekonomik krizler ekonomik aktörler için hem bir tehlike oluşturabilir hem de bir fırsat sunabilir. Başka bir deyişle krizler sadece olumsuz sonuçlar ortaya çıkaran değişimler değildir. Herhangi bir ekonomik aktör için iyi bir fırsat sunabilme özelliğine sahiptir.
- Ekonomik krizler bulaşıcı bir hastalık gibi de tanımlanabilir. Diğer bir anlatımla ekonomideki herhangi bir sektörde belirip, krizle ilişkisi olmayacağı tahmin edilen başka sektörlerle de bulaşabilir.

Ekonomik kriz, tüketici talebinde ve firmaların yatırımlarındaki büyük düşüş, yüksek orantılı işsizlik ve dolayısıyla yaşam standartlarının düşmesi biçiminde ortaya çıkmaktadır ve bu tür ekonomik krizlere genellikle finansal piyasalardaki belirsizlikler ve hisse senedi fiyatlarındaki düşüşler ile yerli paranın yabancı paralara göre düşüşleri eşlik etmektedir (Eğilmez, 2015).

Etki ettikleri alanlara göre ekonomik krizler, reel sektör krizleri ve finansal sektör krizleri olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır (IMF, 2002).



Şekil 1.1. Ekonomik Kriz Çeşitleri (IMF, 2002)

Kaynaklandıkları sektöre göre finansal krizler, özel-kamu ve bankacılık-şirket krizleri; dengesizliklerin yapısına göre, akım dengesizlikler (cari hesap ve bütçe dengesizlikleri) ve stok dengesizlikleri (varlıklar ve yükümlülüklerin uyumsuzluğu) ve bu dengesizliklerin kaynaklandığı finansmanın vadesine göre likidite krizi ve borç ödeyememe krizi şeklinde sınıflandırılabilir (IMF, 2002). Bu çerçevede finansal kriz türleri dört gruba ayrılmaktadır (IMF, 1998):

1. Döviz/Para Krizi
2. Bankacılık Krizi
3. Dış Borç Krizi
4. Sistemik Finansal Krizler

Tüm bu kriz türleri göz önünde bulundurulursa dünyanın tarihsel süreç boyunca ciddi birçok ekonomik kriz yaşadığı açıkça görülür. Bu çerçevede, tarih boyunca yaşanan en ciddi finansal krizlerden ilki 1929'da ortaya çıkmıştır. Ekonomi tarihine Kara Perşembe olarak geçen 24 Ekim 1929'da Amerikan borsası tam anlamıyla çökuşe uğramış ve bunun sonucu olarak kısa sürede dünyaya yayılıp yaklaşık on yıl süren büyük dünya krizine dönüşmüştür (Eğilmez, 2010). Bununla birlikte, dünya ekonomisinde 20.yüzyılın ikinci çeyreğinden sonra ekonomik, siyasal ve sosyal bütünleşme hareketlerinin ivme kazandığı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde şiddetli finansal-ekonomik krizler yaşanmıştır.

1929 Dünya Krizinin etkilerinin geçmesinden sonra 1969'ların sonlarına kadar dünya ekonomisinde büyük ölçekli bir finansal ve ekonomik başarısızlık yaşanmamakla birlikte 1956 yılında Süveyş Kanalı Şirketi'nin yaşadığı olumsuzluklar günümüzdeki anlamıyla İngiltere için bir finansal krize neden olmuştur (Delice, 2003). 1956 ve

1957 yılları arasında cari hesap fazlası olmasına rağmen uluslararası ticaretindeki olumsuzluklar karşısında baskı altında kalan İngiltere, ulusal parasının sabit değerini korumak istediği için dolar rezervlerinin neredeyse tamamını kullanmaya zorlanmıştır (Boughton, 2001).

Küreselleşme sürecinin beraberinde getirdiği finansal liberalizasyon eğilimleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde 1970’li yıllardan başlayarak bir yandan ülkelerin makroekonomik yapılarında deformasyonların yaşanmasına yol açmış, diğer yandan da finansal piyasaları oldukça hassas hale getirmiştir (Şimşek, 2008). Bu çerçevede, Bretton Woods Sistemi’nin çöküşü ile başlayan ve iki petrol kriziyle ivme kazanan 1970 sonrası dönem, özellikle finansal sermayenin uluslararası düzeyde artan hareketliliği, hem gelişmiş, hem de gelişmekte olan ülkelerde artan sayıda finansal krizleri de beraberinde getirmiştir (Delice, 2003). Bu dönem yaşanan kriz, sanal ekonomi ile reel ekonomi arasında oluşan farktan kaynaklanmış, krizden çıkış ise 1980’li yılları bulmuştur.

Birçok gelişmekte olan ülkenin önemli ölçüde dışa açıldığı, ekonomik ve finansal krizlerin çıkma olasılığının arttığı ve daha çok bölgesel nitelik kazandığı bir dönemi ifade eden 1990’lı ve 2000’li yıllarda yaşanan krizlerin ortaya çıkma nedenleri farklı olmasına rağmen sonuçları benzer özellikler göstermiştir (Delice, 2003; Aydın, Başar ve Coşkun, 2014). Bu dönemde yaşanan bazı önemli finansal krizler şunlardır (Delice, 2003):

- 1992-93 ‘de Avrupa Döviz Kuru Mekanizması (ERM)’nda yaşanan krizler,
- 1994-95 dönemlerinde Latin Amerika da ortaya çıkan Tekila Krizi,
- 1994-95 ‘de Türkiye’de ortaya çıkan para ve bankacılık krizi,
- Tayland, Endonezya, güney Kore ve Malezya’da başlayıp, etkileri önce diğer Asya ülkelerine daha sonra OECD ülkeleri de dahil olmak üzere birçok ülkeye yayılan 1997-98 finansal krizi,
- Asya krizine paralel olarak oluşan 1998’de Rusya ve Brezilya’da ortaya çıkan krizler,
- 2000 yılının Kasım ayı ve 2001 yılının Şubat aylarında Türkiye’de yaşanan bankacılık ve para krizleri,

- 2001 yılında Arjantin de başlayıp derin bir ekonomik çöküş ve toplumsal bozukluklara neden olan ve etkileri devam eden finansal kriz,

2008 yılının Eylül ayına gelindiğinde ise, önce ABD’de patlayan, sonra aşama aşama bütün dünyaya yayılan küresel finans krizinin ortaya çıkmasında tarihin en büyük gayrimenkul ve kredi balonu yatmaktadır (Eğilmez, 2015). Bu kriz başlangıçta bir mortgage krizi olarak ortaya çıksa da, takip eden zaman diliminde bir likidite krizine dönüşmüştür (Afşar, 2011). Krizin nedenleri olarak; likidite bolluğu ve bunun sonucunda verilen özensiz krediler, aşırı menkul kıymetleştirme, saydamlık eksikliği, derecelendirme kuruluşlarının rollerindeki yetersizlik ve düzenleyici ve denetleyici kuruluşların yaşanan olaylara müdahalede gecikmesini sıralayabiliriz (Alantar, 2008). Bu kapsamda, ABD’de 2007 ortasında konut sektöründeki sorunlarla başlayıp, 2008’in son çeyreğinde kendisini küresel çapta hissettiren ve 2009’un ilk çeyreğinde dip yaparak ikinci çeyrekte başlayarak dipten dönüş özelliği sergileyen 2008 küresel finans krizi, tüm dünya ülkeleri için önemli ölçüde üretim ve refah kayıplarına sebep olmuştur (Oktar ve dalyancı, 2010). 2008 krizinin bütün öteki finansal krizlerden farkı, bu krizin tam anlamıyla bir küresel kriz olması ve dünyadaki bütün ülkeleri etkisi altına almış olmasıdır (Eğilmez, 2015).

### **1.2.1. Erken Uyarı Sistemleri**

Teknolojik gelişmeler ve bu gelişmeler sonucu ortaya çıkan küresel iletişim, 21. yy’lı bir tuş vasıtasıyla dünyanın bir ucundan diğerine büyük sermayelerin taşındığı bir zaman dilimi haline getirmiştir. Bu yy’da sermaye akımlarının akışkanlığı hız kazanmış ve buna bağlı olarak sermaye akışkanlığı kriz bulaşıcılığını da beraberinde getirmiştir. İrrasyonel insan davranışları da düşünüldüğünde dünyanın bir yerinde yaşanan finansal kriz, tüm dünyayı etkileyip ülkelerin temel problemi haline gelip, araştırmacıların krizin nedenlerine ve yaşandıkları döneme ait ilgisi artmıştır. Bu çerçevede, erken uyarı sistemleri (Early Warning System / EWS) günümüz koşulları göz önünde bulundurulduğunda yaşamakta olduğumuz küreselleşen dünyada ekonomik krizlerin belirlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Finansal krizlerin öngörülmesine yönelik çalışmalar, çok eski tarihlere dayanmakla birlikte özellikle 1980 sonrası dönemde ortaya çıkan globalleşme dediğimiz unsurla ortaya çıkan krizlerden sonra artış göstermiştir (Sevim, 2012). Bu çalışmalara olan

ihtiyaç, küreselleşmenin bir sonucu olarak dünya ekonomilerin kırılgan bir hal alması ve gelişen ekonomilerde de krizlerin oluşması sonucu artmıştır (Özkök, 2015). Bu çerçevede, konu ile ilgili olarak Kaminsky, Lizondo ve Reinhart 1998 yılında Berg ve Patillo'da 1999 yılında ve ayrıca bunlara ek olarak Merkez Bankaları, akademisyenler ve özel sektör kurumları çeşitli modeller geliştirmişlerdir (Bussiere ve Fratzscher, 2002). Söz konusu çalışmalarda kriz tanımlamaları, kullanılan modeller ve değişkenler farklı şekillerde açıklanmaktadır. Bu çerçevede söz konusu olan erken uyarı sistemleri üç grup modelle açıklanmaktadır (Sevim, 2012). Birinci grup modeller finansal krizleri anlamaya çalışan regresyon modelleri (Logit-Probit modeller); en çok kullanılan modellerden olan ikinci grup modeller, potansiyel erken uyarı göstergelerini kullanan KLR Modelidir ve son olarak finansal kriz öngörüsünde daha yeni bir model olan YSA Modelidir (Sevim, 2012).

#### ***1.2.1.1. Regresyon (lojit-probit) modeller***

Probit ve logit modeller, kriz olur ya da olmaz gibi iki uçlu bağımlı değişken ile birçok açık değişken arasındaki olasılıklı ilişkileri analiz eden ve bu analizin sonucu ile krizi tahmin edebilme yeteneği kazanan değişkenlerin belirlenmesi mümkün olabilen modellerdir (Özkök, 2015). Ayrıca, aynı zamanda gelecekteki olası kriz ya da krizler hakkında da bilgi verebilen modellerdir (Erkekoğlu ve Bilgili, 2005). Söz konusu olan bu modeller, belirtilen bir olayda makroekonomik ve finansal değişkenlerden elde edilen açıklayıcı bir değişkenler seti analizi arasında neden-sonuç ilişkisi kurma yeteneğinin sonucudurlar (Ahumada C. and Budnevich L., 2001).

Fayda teorisi veya rasyonel tercih davranışı üzerine kurulmuş olan probit modeller,  $P_i$  ile açıklayıcı değişkenler arasında ilişki kurmayı amaçlayan ve olasılık değerinin 0 ile 1 arasında kalmasına neden olan bir istatistikî model oluşturmuşlardır (Şen, 2005).

Kriz olasılığını tahmin etmede kullanılan probit modellerden öncü olanı Frankel ve Rose modeli olmakla birlikte kriz olasılıklarını ölçen probit modeller Tablo 4.1.'de kullanılan metot, göstergeler ve sonuçları ile birlikte özetlenmiştir (Gür ve Tosuner, 2002; Erdoğan, 2006).

Probit modelin yaygın bir alternatifi olarak kullanılan Logit Model ise,  $0 \leq E(Y_i|X) \leq 1$  şartını sağlamak için geliştirilmiştir (Şen 2005; Yaman, 2010). Logit modeli probit modelden ayıran en önemli ve tek fark, tercih olasılıklarını

tanımlamada kullanılan birikimli dağılım fonksiyonudur (Şen, 2005). Nitel tercih modelleri arasında yaygın kullanılan model Logit modeldir (Yaman, 2010).

Tablo 1.1. *Kriz Olasılıklarını Ölçmede Kullanılan Probit Modeller (Gür ve Tosuner, 2002; Erdoğan, 2006).*

Model	Yöntem ve Veri Tabanı	Göstergeler	Sonuç
Frankel. Rose. (1996)	105 tane ülkenin 1971-92 arası verileriyle kurulmuştur. 70 kriz incelenmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İmtiyazlı dış borçlar / toplam dış borçlar</li> <li>• Kamu dış borcu / toplam dış borç</li> <li>• Doğrudan yabancı yatırım / toplam borç</li> <li>• Reel döviz kuru</li> <li>• Uluslararası rezerv / ithalat</li> <li>• Dış alem faiz oranı</li> <li>• İç kredi genişlemesi</li> </ul>	Kriz tanımı olarak sadece başarılı spekülasyon atakları alınmıştır. Öngörü gücü ise zayıftır. 69 krizin sadece 5 tanesi tahmin edilebilmiştir.
Krueger. Osakwe. Page. (1998)	19 ülkenin 1977 – 1993 arasındaki yıllık verileri ile kurulmuştur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banka borçlarındaki artış</li> <li>• Reel döviz kuru sapması</li> <li>• Kişi başı GSYİH artışı</li> <li>• m<sup>2</sup> / uluslararası rezervler</li> <li>• Bölgesel bulaşma faktörü</li> </ul>	Modelde cari açık ve bütçe ile ilgili değişkenler anlamsız sonuçlar vermiştir. Ayrıca bölgesel bulaşma yönünde güçlü kanıtlar bulunmuştur.
Esquivel. Larrain (1998)	30 ülkenin 1975 – 1996 arasındaki yıllık verileriyle kurulmuştur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senyoraaj</li> <li>• Reel döviz kuru</li> <li>• Cari açık / GSYİH</li> <li>• m<sup>2</sup> / uluslararası rezerv</li> <li>• Dış ticaret haddi şokları</li> <li>• Kişi başına düşen negatif gelir artışı gölge değişkeni</li> <li>• Bölgesel bulaşma gölge değişkeni</li> </ul>	Kriz olarak Frankel. Rose. modeli gibi sadece çöktüşler alınmıştır. Bölgesel bulaşma etkisi gösterilmiştir. Tahmin gücü olarak 111 krizin 60 tanesini öngörerek başarılı sonuçlar vermiştir.
Kamin. Schindler. Samuel. (2001)	26 ülkenin yıllık verileri ile kurulmuştur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reel döviz kuru</li> <li>• m<sup>2</sup> / uluslararası rezervler</li> <li>• Cari açıklar</li> <li>• Gelişmiş ülkelerin GSYİH büyümesi</li> <li>• Dış ticaret hadleri</li> </ul>	Kriz tanımı olarak sadece çöktüşler alınmıştır. Değişkenlerin bölgesel farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.



### 1.2.1.2. Sinyal yaklaşımı (KLR)

Kaminsky, Lizondo ve Reinhart (1997) (KLR) potansiyel para krizleri ile ilgili uyarı işaretlerini gözlemlemeye dayalı olarak çok sayıda göstergenin davranışının izlenmesi kuralına dayalı bir yaklaşım geliştirdiler ve bu çalışmaya “sinyal yaklaşımı” adını verdiler. KLR’de finansal krizler, döviz kuru ve brüt uluslararası rezervlerdeki aylık yüzde değişimler ile oluşturulan bir döviz piyasası baskı indeksinin davranışı şeklinde tanımlanmaktadır (Delice, 2005). Bu yaklaşım, kriz öncesi çeşitli ekonomik değişkenlerin davranışlarının normal dönemdeki davranışlarından sistematik olarak farklı olup olmadıklarını değerlendirmek için parametrik ve parametrik olmayan testler kullanır (Yaman, 2010). KLR Kriz ihtimalinden çok, kriz göstergesi olarak sınır değerler belirler (Sevim, 2012).

Kriz teorilerine ve aylık verilerin mevcudiyetine göre toplam on beş gösterge kullanılır (Kaminsky, Lizondo and Reinhart, 1998) : Döviz rezervleri, ithalat, ihracat, ticaret hadleri, reel döviz kurunun trenden sapması, iç ve dış reel faiz oranları arasındaki fark, “atıl” reel M1 dengesi, para çarpanı, iç kredinin GSMH’ya oranı, mevduat üzerindeki reel faiz oranı, kredi faiz oranlarının mevduat faiz oranlarına oranı, ticari banka mevduat stoku, geniş paranın brüt döviz rezervlerine oranı, büyüme hızı, borsa endeksi (Erdogan, 2006; Gür ve Tosuner, 2002; Şen, 2005).

Seçilen değişkenlerin, tespit edilen eşik değerleri aşması halinde sinyal verdiği, tersi durumda ise sinyal vermediği kabul edilir ve bu durumu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Yaman, 2010).

$$\text{Eğer } \left\{ \begin{array}{l} X_i < X_{\text{eşik}} \text{ ise sinyal yok yani } 0, \\ X_i > X_{\text{eşik}} \text{ ise sinyal var yani } 1 \end{array} \right. \quad (1.10)$$

Delice (2005)’e göre,  $X_{\text{eşik}}$  değeri keyfi seçilemez, yani, düşük bir esik seçme kriz olarak adlandırılabilir durumların çok büyük bir kısmını gösterebilir ve bu arada yanlış alarmlar da gönderebilir ya da çok yüksek bir esik seçilirse birçok krizi kaçırma riski pahasına yanlış alarmların sayısını azaltır. Bu durumda  $X_{\text{eşik}}$  esiginin

seçilmesinde yapılacak en uygun şey, sinyalin hataya oranını maksimize etmektir (Abiad, 2002; IMF, 2002; Delice, 2005).

Kaminsky, Lizondo ve Reinhart'ın önerdiği sinyal yöntemi matrisi tablo 4.3.2. deki gibi incelenebilmektedir. Buna göre sinyalleri izleyen 24 ay içinde bir kriz meydana geliyorsa “iyi” (A hücresi), 24 ay içinde bir kriz meydana gelmiyorsa “kötü” (B hücresi) sinyaller söz konusudur (Şen, 2005).

Tablo 1.2. *Sinyal Yöntemi Matrisi (Kaminsky vd., 1998).*

	24 ay İçinde Kriz Var	24 Ay İçinde Kriz Yok
SİNYAL VAR	A	B
SİNYAL YOK	C	D

İyi çalışan bir gösterge yalnızca A ve D hücrelerinde değerler alır (Yaman, 2010). Bu bağlamda, sinyal yöntemi matrisini kullanarak her göstergenin çalışma başarısını değerlendirmek için çok sayıda faydalı kavram geliştirebilir (Goldstein, Kaminsky, Reinhart, 2000).

Tablo 4.2.'deki matriste yer alan hücreleri sırasıyla açıklamak gerekirse, A, değişkenlerin iyi sinyal gönderdiği ay sayısını, B, göstergelerin kötü sinyal ya da gürültü gönderdiği ay sayısını, C, kriz sinyali olmasına karşın göstergelerin krizi işaret etmediği ay sayısını ( ki bu iyi bir sinyal olurdu), D, kriz yok sinyali olup göstergenin bir sinyal vermekten kaçındığı ay sayısını ifade eder (ki bu kötü bir sinyal olurdu). (Reinhart, Kaminsky and Lizondo, 1998). 2.sütün ile 2.satırın kesişiminde bulunan A'nın sıfırdan büyük ve anı zamanda C'nin de sıfıra eşit olduğu bir kombinasyonda ( sonraki 24 ay içerisinde) bir krizin oluşacağı öngörülebilir ve yine aynı şekilde 3.sütün 3. satırda bulunan D noktasının ifade ettiği durumda, yani B'nin sıfıra eşit, D'nin de sıfırdan büyük olduğu bir kombinasyon için kriz olmayacağı öngörüsünde bulunulabilmektedir (Reinhart, Kaminsky and Lizondo, 1998; Karaçor ve Alptekin, 2006).

### **1.2.1.3. Yapay sinir ağı (YSA)**

Teknolojik gelişmelerin öneminin atması beraberinde birçok çalışma alanını da getirmiştir. Bunlardan biri de ekonomi ve finans alanı olmuştur. Bu bağlamda ekonomik ve finansal faktörlerin modellenmesi ve önceden tahmin edilmesinin öneminin artmış ve buna bağlı olarak ekonomik ve finansal değişkenlerin geleceğinin öngörülmesinde istatistik yöntemlerin kullanımı hız kazanmıştır. Özellikle son dönemlerde zaman serileri alanında elde edilen başarılı gelişmelerden dolayı ekonomik ve finansal modellerde istatistiksel yöntemlerin kullanımı zamanla artmaktadır (Yurtoğlu, 2005). Bu çerçevede, kullanılan modellerden biri de yapay zeka alanının bir alt dalını oluşturan yapay sinir ağı (YSA) teknolojisidir.

Nag ve Mitra (1999) yapay sinir ağını (YSA), insan bilişim sürecinin önemli yönlerini yakalamaya çalışan, hesaplanabilir bir makine tabanlı bilişsel sistem kurmayı amaçlayan bir araştırma alanı olarak nitelendirmektedir. Diğer bir ifade ile basit biyolojik sinir sistemimizin çalışma şeklini simüle etmek için programlanmış tasarımlar olarak da tanımlanabilir. En genel ifade ile YSA tümüyle birbirine bağlantılı pek çok sayıda sinyal ya da bilgi işleme birimlerinden oluşmuş bir hesaplama sistemidir ve aşağıdaki ortak özelliklere ve avantajlara sahiptir (Ergezer, Dikmen ve Özdemir, 2003; Tebelkis,1995; Yıldız, 2006):

- Paralel olarak çalışma,
- Doğrusal olmama özelliği,
- Genelleme,
- Öğrenme,
- Bilginin saklanması,
- Hata toleransı,
- Uyarlanabilirlik,
- Kendi ilişkisini oluşturma,
- Sınırsız sayıda değişken ve parametre kullanımı,
- Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilme özelliği,
- Dereceli bozulma özelliği.

Mükemmel olmayan her sistem gibi YSA' ların da bazı dezavantajları vardır. Bunlar (Swingler, 1994; Öztemel 2003; Yıldız 2006):

- YSA'lar üzerlerinde çalışacağı donanımına aşırı derecede bağımlıdırlar. Özellikle, çok hızlı çalışan paralel işlemcilerle paralel işlem yaptıkları için ihtiyaç duyarlar.
- YSA'lar her türlü problem için hemen kullanılabilir bir yöntem özelliğine sahip değildir, uygulanacak probleme göre ağ yapısında ve verilerin girilmesinde değişiklik yapmak gerekebilir.
- Probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi, genellikle deneme yanılma yöntemi ile yapıldığından doğru ağ modeli kullanılmazsa performansı düşük sonuçlar elde edilebilir.
- İstatistiksel çözümlerle çok fazla yorum ve açıklamaya maruz kalmadan ihtiyaç duyulan çözümler elde edilmesine rağmen YSA'ların yorumlanması kolay değildir. Yani YSA ile elde edilen sonuçlarda model kapalı bir kutu gibidir (Yıldız, 2001).
- Ağın davranışlarını açıklamak kolay değildir. Bundan dolayı ağa olan güven azalmaktadır.
- YSA'lar sadece sayısal veriler ile çalıştıkları için ağı eğitmek önemli bir problemidir. Dolayısı ile tüm veriler ağa girilmeden önce sayısallaştırılmalı ve ölçeklendirilmelidirler. Sayısallaştırma işlemi ise kullanıcının başarısı ve tecrübesiyle doğru orantılıdır.
- Ağın ne kadar eğitileceği de ayrı bir dezavantajdır. Genellikle hatanın kabul edilebilir değerler içerisinde kalmasıyla eğitim tamamlanmış olarak kabul edilebilir. Fakat bunun doğru bir çözüm olabileceği garanti olarak kabul edilemez. Ayrıca bazı zamanlar ağın takılması ya da ezberlenmesi de bir dezavantaj oluşturabilir.

Verideki eğilim veya yapıyı en iyi tanımlayan yöntem olmaları gerekçesiyle, tahmin ve öngörü işlemleri için çok uygun olan YSA (Yurtoğlu, 2005)'lar henüz yeni bir teknoloji olmalarına rağmen özellikle son yıllarda yapılan araştırmalar ve çalışmalar sayesinde birçok alanda kullanılabilir hale gelmişlerdir ve her geçen gün çok farklı YSA uygulaması oluşturulmaktadır (Yıldız, 2006). Bu çerçevede YSA'ların en genel uygulama alanlarını Yıldız (2006) şu şekilde listelemektedir:

- Ses tanıma alanında kullanımı: Sesli yanıt sistemlerinde (Tunçkanat, Kurban, Sağıroğlu 2003), otomatik kapılarda ve hatta cep telefonlarında bile kullanılmaktadır (Bolat, 2005).
- Veri iletimi alanında kullanımı: Verilerin sayısallaştırıldıktan sonra sıkıştırılıp birleştirilerek bir yerden başka bir yere transferinde (Koprinska and Kasabov, 2000).
- Hareket tespiti, yüz tanıma (Ergezer, Dikmen ve Özdemir, 2003), hedef tespiti alanlarında kullanımı: bu alanlarda askeri uygulamalar ile güvenlik sistemlerinde kullanılmaktadır. Özellikle akan görüntülerin içerisinde belirli bir nesnenin tespitinde kullanılır (Hart, Cha, Tappert, 2004).
- Robotik sistemler alanında kullanımı (Öztemel, 2003): Bu alanda, robotların öğrenmesinde ve göz-el koordinasyonu özelliğinin tanımlanmasında kullanılmaktadır (Veelenturf, 1995).
- Karakter, imza ve parmak izi tanıma alanında kullanımı: bu alandaki kullanımı el yazısı tanıma, OCR (Optical Character Recognition) yazılımlarında (Erdem ve Uzun, 2005), parmak izinden ve yüz taramada şahıs tanıma (Rowley, Baluja, Kanade, 1998), imza analizlerinde kullanılmaktadır.
- Kalite kontrol alanında kullanımı: bu alanda kullanımı, üretilen bir ürünün istenilen özelliklere uygunluğunun tespitini içermektedir.
- Güvenlik sistemleri alanında kullanımı: Bu alandaki kullanımı, özellikle bilgisayarla ağ üzerinden gelen bilgilerin anlaşılır olacak şekilde açıklanıp tanımlanarak sisteme bir saldırı olup olmadığının tespit edilmesi (Liao and Vemuri, 2002) ile istenmeyen elektronik postaların (SPAM) ayıklanmasını içermektedir.
- Jet ve motor roketlerinin geliştirilmesi alanında kullanımı
- Tıbbi araştırmalar alanında kullanımı: Hastalıkları tanımlamada, daha önceki hastalardan alınan geri bildirimlerle hastalığın teşhisi (Valafar, 2001) ile intihara meyilli hastaların teşhisi ile tespitinde ve kalp ve beyin grafiklerinin, kan, idrar örneklerinin analizinde kullanılmaktadır.
- Hava durumu tahminlerindeki kullanımı: İçinde bulunduğu anki rüzgâr, nem, sıcaklık vb. verilerin değerlendirilip analizi ile gelecekteki hava durumunun tahmininde (Cıgızoğlu ve Alp, 2004) kullanılmaktadır.
- Personel seçiminde,

- Fonksiyon yaklaşımlarında,
- Endüstriyel uygulamalarda ve tren denetim sistemlerinde (Yan and Liming, 2003) kontrol amaçlı kullanımı,
- Arama çalışmalarında,
- Cümlelerin gramer kurallarına uygun ya da değil diye adlandırıldığı (Lawrence, Giles, Fong, 2000) verilerin sınıflandırılması ve kümelendirilmesi alanında,
- Verilerin filtrelenmesinde,
- Verilerin taklit edilmesinde,
- Elektrik sarfiyatı tahmininde (Hamzaçebi ve Kutay, 2004), gelecek turist sayısının belirlenmesinde (Güngör ve Çuhadar, 2005), bazı elektriksel (Karadeniz, Yüncü ve Aydemir, 2004; İnan, Köroğlu ve İzgi, 2005) ve elektroniksel hesaplamalarda (Aydoğmuş ve Çöteli 2005; Bolat vd., 2004), haritacılık işlemlerinde (Çorumluoğlu, Özbay vd., 2005), tariflik kontrol sistemlerinde (Tektaş, Akbaş ve Topuz, 1997), enerji tasarrufu için enerji yalıtımında (Keleşoğlu, Ekinci ve Fırat, 2005), stok yönetiminde (Baykasoğlu ve Özbakır, 2004), talep tahmininde (Güngör, Kayacan ve Korkmaz, 2004) ve daha birçok alanda uygulanmaktadır.
- Finans alanında kullanımı (McNeils, 2005): borsa analizinde (Kanas, 2002), döviz kurlarının tahmin edilebilmesi alanında (McCluskey, 1993), şirketlerin başarı ve başarısızlık durumlarının önceden tahmin ve tespit edilmesinde (Yıldız, 2001) ve bunlara ek olarak kredi karar verme durumlarında (Akpınar, 1993) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

YSA'ların ekonomi ve finans alanında kullanıldığı çalışmaların başında tahmin etme, yani geleceği öngörme özelliği gelmektedir (Mandic and Chambers, 2001). YSA'ların geleceği öngörme becerisi özellikle, işletmeler için planlama, satın alma, strateji geliştirme, yatırım yapma, gibi birçok konuda önemlidir. Bu çerçevede, geleceği öngörmek için tasarlanacak bir YSA modelinde dikkat edilmesi ve uyulması gereken adımları 8 ana başlık altında şu şekilde toplayabiliriz (Kaastra and Boyd, 1994; Yıldız, 2006):

- 1.Adım: Değişkenin seçimi,
- 2.Adım: Verilerin toplanması,
- 3.Adım: Verilerin hazırlanması, bir ön işlemde geçirilmesi,
- 4.Adım: Eğitim, test ve doğrulama verilerinin ayrıştırılması,
- 5.Adım: YSA'nın tasarlanması,
- 6.Adım: Hesaplama kriterleri,
- 7.Adım: YSA'nın eğitilmesi,
- 8.Adım: Uygulama.

Tahmin etmede kullanılan lineer metotlar, finans ve ekonomi alanında lineer olmayan değişkenleri öngörmeye yetersiz kaldığı için non-lineer araçlara da başvurulmuş, non-lineer zaman serilerinde kullanılan YSA'ların lineer zaman serilerinde olduğu gibi başarılı bir şekilde modelleyebildiği ispat edilmiştir (Hwang and Hu,2001; Zhang 2004; Yıldız, 2006). Bu özelliklerden dolayı YSA'lar ekonomi ve finans alanında geleceği analiz edip öngörmeye esnek ve genel bir araç ve amaç olarak rahatlıkla kullanılabilir (Yıldız,2006). Bu kapsamda, finansal kriz öngörüsünde diğer yaklaşımlara göre daha yeni bir çalışma olan YSA'larının finans alanındaki öncüleri Nag ve Mitra (1999), Franck ve Schmied (2003), Oh vd. (2005), Peltonen (2006), Çelik ve Karatepe (2007), Fioramanti (2008), Lin vd. (2008)'dir.

Nag ve Mitra, Malezya, Endonezya ve Tayland ekonomilerinin 1980-1998 dönemini içeren ekonomik göstergeleri KLR ve YSA modellerini birlikte kullanarak analiz etmişlerdir (Nag and Mitra, 1999).

Franck ve Schmied (2004), spekülasyon saldırılarının tahmin edilmesinde YSA alanında çalışmışlardır. 1998 ve 1999 yıllarına ait olan söz konusu çalışmada, Rusya ve Brezilya'da yaşanan saldırılar incelenmiş ve bu çalışmanın sonucunda YSA'nın logit modellere göre çok daha başarılı öngörü özelliği sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Franck and Schmied, 2004).

Oh vd. (2005), 1997 finansal krizini,Kore örneğinde erken uyarı sistemleri ile tahmin edebilmek için YSA modelini kullanmışlardır.

Peltonen (2006) çalışmasında, doğrusal olmayan modellerden çok katmanlı perseptron YSA ile probit modelleri ile gelişmekte olan piyasalarda yaşanan para krizlerini önceden tahmin etmenin mümkün olduğunu analiz etmiştir.

Çelik ve Karatepe (2007) ise çalışmalarında, banka krizlerini YSA ile öngörmeyi amaçlayıp bu çerçevede Türk ekonomisine ait 1989 ile 2004 yılları arasındaki döneme ait makroekonomik göstergeler ile banka krizini gösteren değişkenleri öngörmede YSA tabanlı bir uygulama kullanmışlardır.

Bu alandaki bir diğer önemli çalışma ise Fioramanti'ye aittir. Fioramanti (2008), yapmış olduğu çalışmasında az gelişmiş ülkelere ait 1980-2004 dönemine ait verileri kullanarak borç krizlerini YSA ile öngörmede bulunmayı amaçlamış, bu kapsamda Fioramanti (2008) çalışmasında, probit model ile YSA'yı kıyaslamış ve sonuç olarak probit modelin en başarılı sonuçlarına göre kriz %77,89 olasılıkla öngörülebilirken, YSA modeli ile krizi doğru öngörme olasılığını %95,79 olarak saptamıştır.



## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Modelin Amacı ve Kapsamı

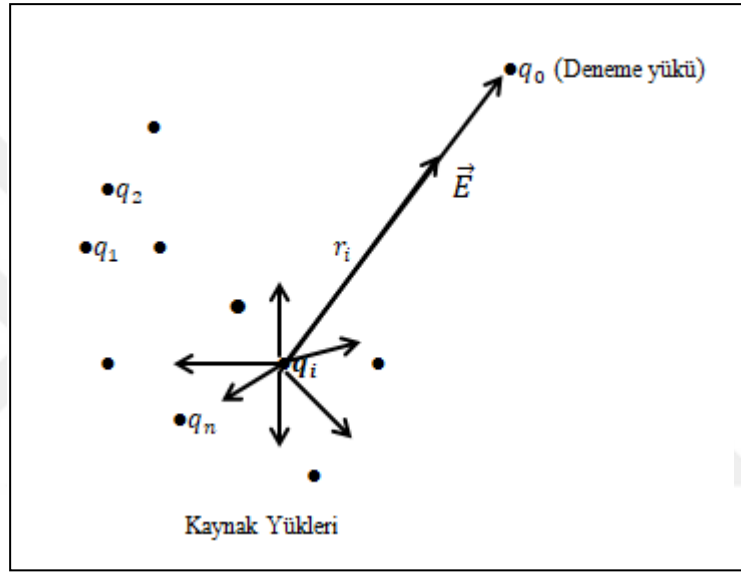
Çalışmanın bu bölümünde, fiziğin elektrostatik bölümünden elektrik alan kavramını kullanarak küresel finans krizleri için ekonofiziksel bir yaklaşım olarak erken uyarı modeli üzerinde çalışılmaktadır. Amaç, finansal krizler öncesinde gerçekleşen, finansal kırılganlığı daha erken aşamalarda belirleyip, kamu ve özel sektör üyelerine yardımcı olabilecek bir modeli Ekonofizik yaklaşımla tanımlamaktır. Çalışılan modelin kapsamını finansal krizler oluşturmaktadır. Finansal krizleri kapsayan söz konusu tezde, bu bölümde küresel finansal krizleri önlemede Gauss yasası modeli analiz edilip değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, modelde kullanılacak olan elektrik akımı yasası ve dolayısıyla Gauss yasası tanıtılıp, uygulamalı fiziğin elektrostatik bölümünden elektrik alan (Gauss Law) kavramını kullanarak küresel finans krizlerini öngörmeyi modellemek için Ekonofizik yaklaşımda bulunulmuştur. Bu amaç doğrultusunda, söz konusu yaklaşım çerçevesinde krize yol açan etkenlerin analiz edilmesinden sonra  $\Phi$ (Finansal Akı) 'in kriz öngörüsünde nasıl kullanılacağı belirlenip, finansal krizler için kısa vadede belirsizliği ortadan nasıl kaldıracağı bir ekonofizik denklem ve model ile gösterilmektedir. Bu kapsamda, ekonofiziğin yeni bir uygulaması olarak finansal krizler için erken uyarı sistemi olarak gauss yasası modeli tanımlanmaktadır. Bu çerçevede, sırasıyla elektrik alan, elektrik akı ve Gauss yasasına değinildikten sonra ekonofiziğin yeni bir uygulaması olarak finansal krizler için erken uyarı sistemi olarak gauss yasası modeli tanımlanmaktadır.

### 2.2. Gauss Yasası

Bu bölümde ilk olarak, Gauss yasasının anlaşılabilmesi amacı ile elektrik alan (boşta kalan elektrik yükleri için elektrik yükleri arasındaki etkileşimi karakterize eder) ve özellikleri ile bununla ilgili kuvvet denklemleri, elektrik akı ve son olarak Gauss yasası hakkında bilgi verilmektedir.

### 2.2.1. Elektrik Alan

Yüklü parçacıklar, kütle çekim kuvvetine benzer özel bir çekim alanına sahiptir. Bu kapsamda, elektrik yükleri bu özel çekim alanı içerisinde bir etkiye sahip olurlar. Örneğin  $q_0$  deneme yükü ve ondan  $r_i$  kadar uzakta olan  $q_i$  yükü göz önünde bulundurulsun;



Şekil 2.1.  $q_1, q_2, \dots, q_n$  elektrik yükleri tarafından oluşturulan elektrik alan

Test veya deneme yükü olarak adlandırılan çok küçük bir  $q_0$  yükü ile test edilen Şekil 2.1 deki  $q_1, q_2, \dots, q_n$  yük sistemi durumunda her bir  $q_i$  yükü ile  $q_0$  yükünün etkileşimlerinin toplanması sonucu oluşan  $F$  kuvveti, elektrik yükleri arasındaki etkileşimleri tanımlayan Coulomb yasası ile verilir (Spânulescu, 1978; Spanulescu vd., 2012).

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{r_i^2} \cdot \vec{e}_i = q_0 \sum_{i=1}^n \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \vec{e}_i \quad (2.1)$$

Ya da daha genel bir ifadeyle şu şekilde verilir:

$$F = k_e \frac{q q_0}{r^2} \hat{r} \quad (2.2)$$

Burada  $\vec{e}_i$ ,  $\vec{r}_i/r_i$  üniter vektörü ve  $\epsilon_0$  uzayın (boşluğun) elektriksel geçirgenliğidir.

Denklem (2.1)'de  $q_0$  sabiti,  $\sum_{i=1}^n \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r_i^2} \cdot \vec{e}_i$  terimi ile sabit bir oran olarak görünür ki bu da sadece  $\vec{r}_i$  vektörü boyunca tanımlanan ( $q_0$  hariç)  $q_1, q_2, \dots, q_n$  yük sistemlerinin  $(x_0, y_0, z_0)$  noktalarının konumlarında başlangıç yapısına bağlıdır (Spanulescu vd., 2012).  $\vec{E}$  ile bilinen bu vektörel büyüklük, alanın kaynakları olan  $q_1, q_2, \dots, q_n$  yükleri tarafında oluşturulan elektrik alan kuvveti (ya da sadece elektrik alanı) temsil eder (Spanulescu vd., 2012):

$$\vec{E}(x_1, y_1, z_1) = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i^2} \cdot \vec{e}_i \quad (2.3)$$

Denklem (5.2)'yi denklem (5.1)'de yazarsak, elektriksel kuvvet

$$\vec{F} = q_0 \cdot \vec{E} \quad (2.4)$$

Şeklinde elde edilir ve sonuç da:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2.5)$$

Ya da genel bir ifade ile eşitlik (2.2) den

$$E = k_e \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (2.6)$$

Şeklinde yazılır ki bu da elektrik alanının tanımıdır. Burada  $k_e$  Coulomb sabitidir ve boşluk için değeri

$8,9875 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  dir. Bu sabit

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (2.7)$$

olarak da yazılabilir.

Buna göre durgun bir  $q_0$  deneme yükü bir noktaya konulduğunda elektrik kuvvet etkisinde kalırsa, o noktada bir elektrik alanı vardır denir (Serway and Beichner, 2000;

Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009). Bu kapsamda, denklem (2.5)'de  $q_0 = \overline{\mp}1$  olarak düşünülürse o zaman elektrik alan  $\vec{F}$  kuvveti ile yön, boyut ve anlamda çakışacaktır (Spanulescu vd., 2012).

Bir noktadaki elektrik alanın doğrultusu ve büyüklüğü bir kez bilindikten sonra, o noktaya konulan yüklü herhangi bir parçacığa etkiyen kuvvet denklem (2.5)'den hesaplanabilir (Serway and Beichner, 2000; Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009). Bunun yanında, bir noktada deneme yükü olup olmadığına bakılmaksızın (boş uzayda bile) o noktada elektrik alanın bulunduğu söylenir ki bu da bir cismin oluşturduğu kütle-çekim alanına benzerdir (Serway and Beichner, 2000; Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009).

Eğer birbirine yakın yüklerden oluşan bir sistem, bir çizgi, bir yüzey veya hacim üzerinde sürekli biçimde dağılmış (sürekli bir yük dağılımı) bir sistemin elektrik alanı şu şekilde hesaplanır: ilk olarak, yük dağılımı, Şekil 2.2 deki gibi her birinde  $\Delta q$  küçük yüklerinin bulunduğu küçük parçalara ayrılır. Daha sonra, ayrılan bu parçalardan herhangi birinin bir P noktasında oluşturduğu elektrik alanı hesaplamak için denklem (2.5) kullanılır. Son olarak, yük parçalarının tamamının katkıları toplanır ve bu yük parçacıklarının P noktasında oluşturduğu alan şu şekilde hesaplanır:

$$E = k_{\epsilon} \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum_i \frac{\Delta q}{r^2} \hat{r} = k_{\epsilon} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r} \quad (2.8)$$

Burada denklem (2.8) sürekli bir yük dağılımının alanını ifade eder. Bu tür hesaplamalar yapılırken aşağıdaki tanımlamalarla birlikte yük yoğunluğunu kullanmak yapılan işlemlerde kolaylık sağlamaktadır (Serway and Beichner, 2000; Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009).

- Bir Q yükü, bir  $V$  hacmine düzgün olarak dağılmışsa,  $\rho$  hacimsel yük yoğunluğu,

$$\rho = \frac{Q}{V} \quad (C/m^3)$$

ile tanımlanır.

- Bir Q yükü,  $A$  yüzölçümlü yüzeye düzgün dağılmışsa,  $\sigma$  yüzeysel yük yoğunluğu,

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad (C/m^2)$$

ile tanımlanır.

- Bir  $Q$  yükü  $l$  uzunluğunda bir doğru boyunca düzgün olarak dağılmışsa,  $\lambda$  doğrusal yük yoğunluğu (çizgisel yük yoğunluğu),

$$\lambda = \frac{Q}{l} \quad (C/m)$$

ile tanımlanır.

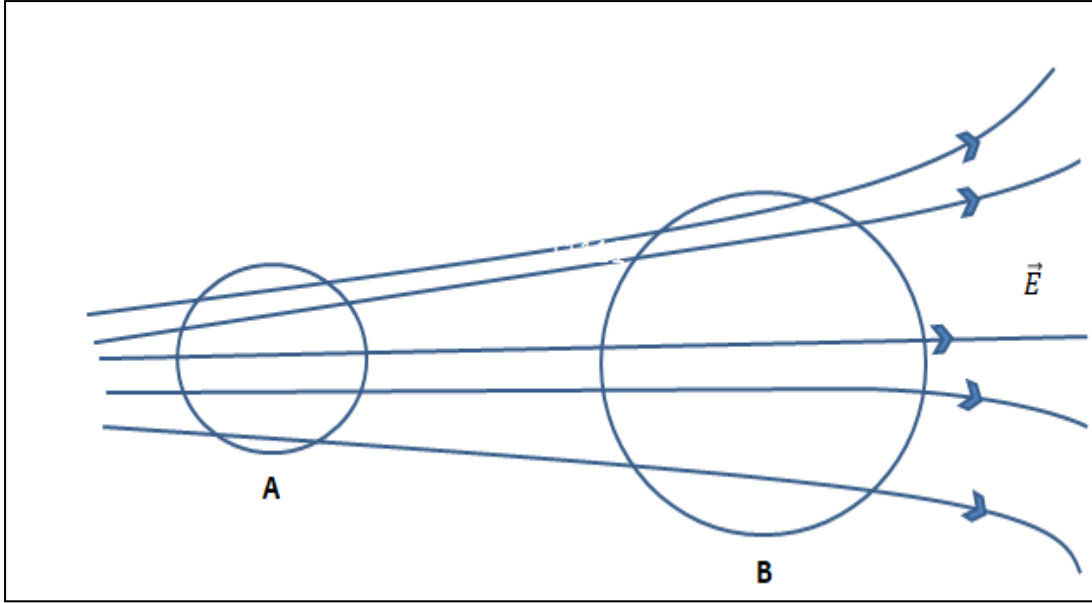
- Eğer yük, bir hacim, yüzey, veya doğru üzerinde düzgün olmayan biçimde dağılmışsa yük dağılımlarının

$$\rho = \frac{dQ}{dV} \quad \sigma = \frac{dQ}{dA} \quad \lambda = \frac{dQ}{dl}$$

şeklinde tanımlanması gerekir. Burada  $dQ$  küçük bir hacim, yüzey veya uzunluk ögesindeki yük miktarıdır.

Elektrik alan hakkında fikir edinmenin bir yolu da doğrultusu her noktada elektrik alan vektörü ile aynı olan çizgiler çizerek elektrik alan desenlerini görsel olarak canlandırmaktır. Elektrik alan çizgileri denilen bu çizgiler uzayın herhangi bir bölgesinde elektrik alanına aşağıdaki biçimde bağlıdır (Serway and Beichner, 2000; Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009):

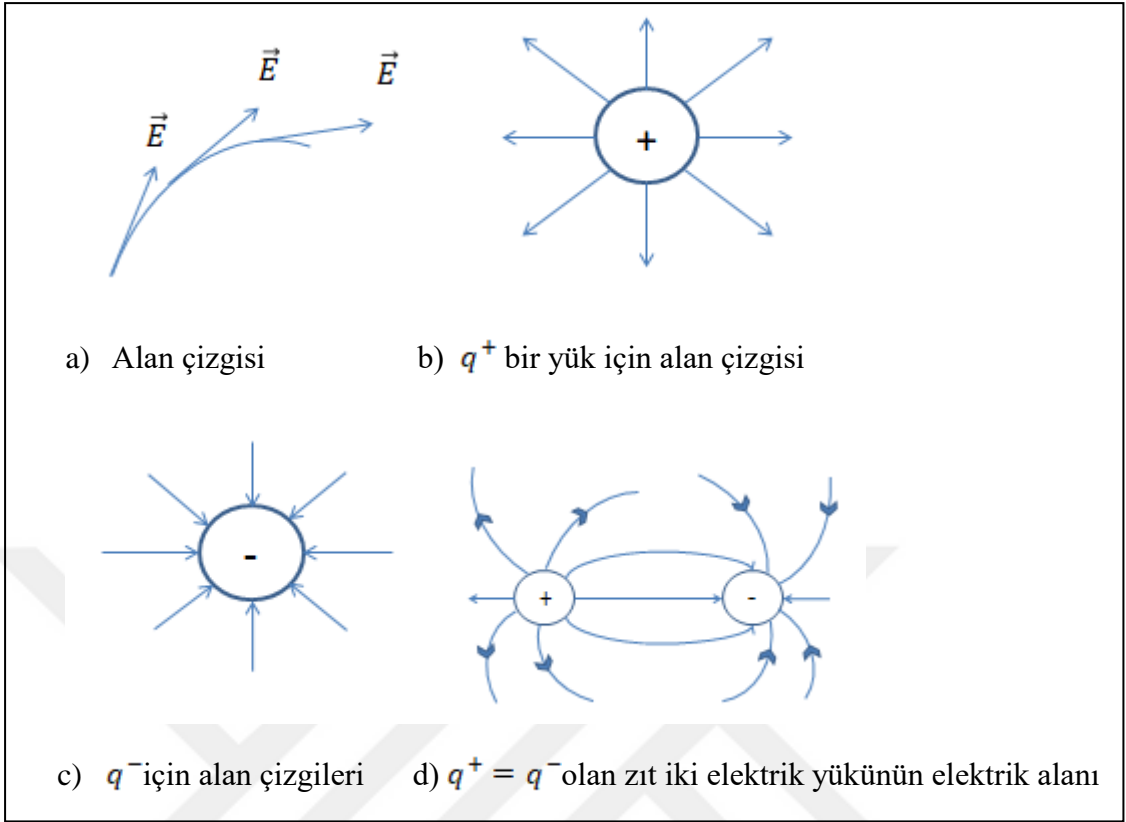
- $E$  elektrik alan vektörü, elektrik alan çizgisine her noktada teğettir.
- Alan çizgilerine dik olan birim yüzeyden geçen çizgilerin sayısı, o bölgedeki elektrik alan büyüklüğüyle orantılıdır. Buna göre alanın büyüklüğü alanın çizgilerinin yoğunluğu ile gösterilir. Diğer bir ifade ile alan çizgileri birbirine yakın olduğunda  $E$  büyük, uzak olduğunda küçüktür. Bu özellikler Şekil 2.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. A ve B kapalı iki yüzey olmak üzere, A ve B yüzeylerinden geçen elektrik alan çizgileri

Elektrik alan çizgileri olarak adlandırdığımız çizgilerin çizim kuralları şunlardır:

- Alan çizgileri artı bir yükten çıkıp eksi bir yükte son bulmalıdır.
- Elektrik alan çizgilerinin yoğunluğu o bölgedeki yük miktarı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle elektrik alanın büyük olduğu durumlarda çizgiler sık ve birbirine yakın, elektrik alanın zayıf olduğu bölgelerde çizgiler seyrek ve aralıklı olarak çizilir.
- İki alan çizgisi birbirini kesemez.

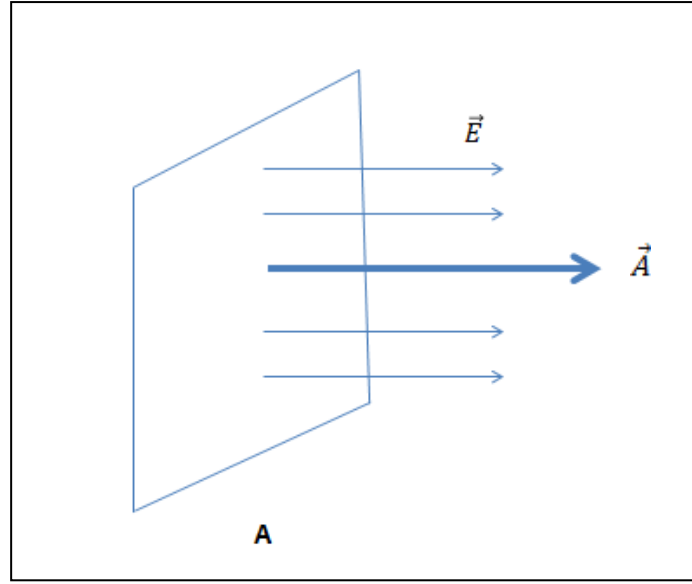


Şekil 2.3. a,b,c,d' de elektrik alan çizgileri görülmektedir

### 2.2.2. Elektrik Akı

Elektrik alan kavramı 2.2.1 'de nitel olarak tanımlanmıştır. Bu bölümde elektrik alan hesabının başka bir yöntemi anlatılmaktadır. Bu kapsamda elektrik alan çizgilerini daha nicel olarak anlamak için elektrik akı kavramı üzerinde durulmuştur.

Bir yüzeyden geçen elektrik alan çizgileri (N)'nin bir ölçüsü olan elektrik akı, elektrik alan çizgilerinin birim alandaki sayısı ile doğru orantılıdır. Elektrik alan yoğunluğu olan E ne kadar büyükse yüzeyden geçen alan çizgileri (N) 'nin sayısı yani elektrik akı o kadar artar. Burada önemli olan bir nokta, çizgi sayısının yükü çevreleyen yüzeyin şeklinden bağımsız olmasıdır. Elektrik akı, elektrik alanının desenine ve alınan yüzeye bağlıdır. Bu durum, elektrik akı hesabı da göz önünde bulundurulduğunda şekil 2.4, şekil 2.5, şekil 2.6, şekil 2.7'de nicel olarak gösterilmektedir.

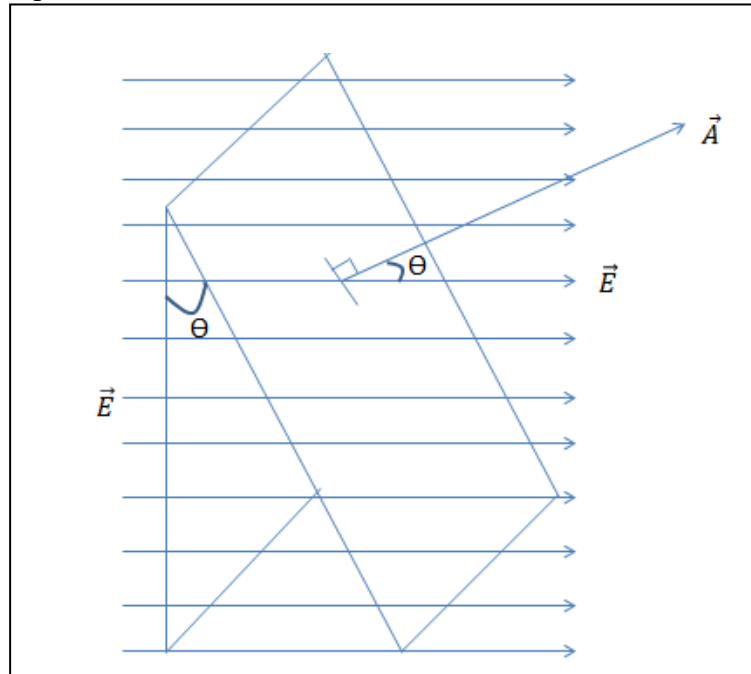


Şekil 2.4.  $\vec{A}$  (Yüzey alan) ve  $\vec{E}$  (Elektrik Alan)'nin birbirine paralel olduğu durum

Alana dik kapalı A yüzölçümlü bir düzlemden geçen düzgün bir elektrik alanının alan çizgileri Şekil 5.4 'deki gibi ise yani yüzey elektrik alana bakıyorsa  $\Phi$  elektrik akısı,

$$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{E} \quad (2.9)$$

şeklinde hesaplanır.



Şekil 2.5.  $\vec{A}$  ve  $\vec{E}$  arasındaki açı  $\theta$  olduğu durum



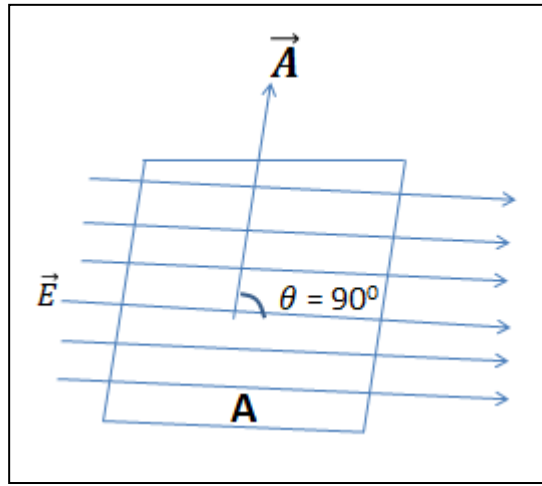
Alanla  $\theta$  açısı yapan bir A yüzölçümünden geçen düzgün elektrik alan çizgileri şekil 2.5 'deki gibi ise yani yüzey alan çizgilerinin yönünde bir  $\theta$  açısı yaparsa,

$$\vec{A} = A \cdot \cos \theta \quad (2.10)$$

olduğundan  $\Phi$  elektrik akısı,

$$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{E} = E \cdot A \cos \theta \quad (2.11)$$

şeklinde hesaplanır.

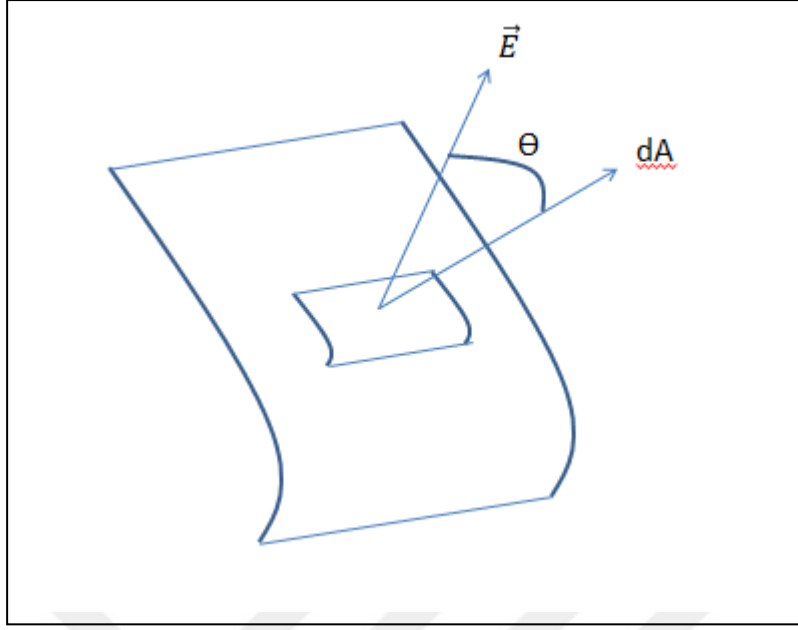


Şekil.2.6.  $\vec{A}$  ve  $\vec{E}$  birbirine dik

Yüzeyin alana paralelse, başka bir ifade ile yüzey normalinin alana dik olduğu şekil 2.6 'daki gibi ile  $\vec{A}$  ve  $\vec{E}$  arasında  $\theta = 90^\circ$  'lik açı varsa,  $\cos 90 = 0$  olduğundan  $\Phi$  elektrik akısı,

$$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{E} = E \cdot A \cos 90 = 0 \quad (2.12)$$

şeklinde hesaplanır.



Şekil 2.7.  $\Delta A_i$  yüz ölçümlü küçük bir yüzey elemanı

Şekil 2.7 'deki gibi yüzey üzerinde değişen bir elektrik alan varsa, yani yüzey düz değilse o zaman  $i$  inci yüzey elemanının yüzölçümü göstermek üzere doğrultusu yüzeye dik alınan bir  $\Delta A_i$  vektörü tanımlanır ve bu küçük yüzeyden geçen tüm oğelerin katkısı toplanarak  $\Delta \Phi$  elektrik akısı şu şekilde hesaplanır (Serway and Beichner, 2000; Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009):

$$A_i = \Delta A_i \cdot \cos \theta \quad (2.13)$$

$$\Delta \Phi = E_i \Delta A_i \cos \theta = E_i \cdot \Delta A_i \quad (2.14)$$

Yüzey elemanlarının yüzölçümleri sıfıra yaklaştığında sayıları sonsuza ulaşacağından, toplam yerine integral hesabı yapılır ve böylece elektrik akısının genel tanımı (Serway and Beichner, 2000; Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009):

$$\Phi = \lim_{\Delta A_i \rightarrow 0} \sum E_i \cdot \Delta A_i = \int_{\text{yüzey}} E \cdot dA \quad (2.15)$$

olur.

Elektrik akınının alan çizgileriyle, alan çizgilerinin de yük yoğunluğu ile orantılı olduğu bilinmekle birlikte (2.15) bize kapalı bir yüzeyden geçen elektrik akınının yüzey içindeki toplam yükün bir göstergesi olduğunu önerir (Griffiths, 2004; Çev. Ünal, 2005).

$\oint$  sembolü, kapalı bir yüzey üzerinde alınan integrali göstermek üzere kapalı bir yüzeyden geçen net elektrik akı,

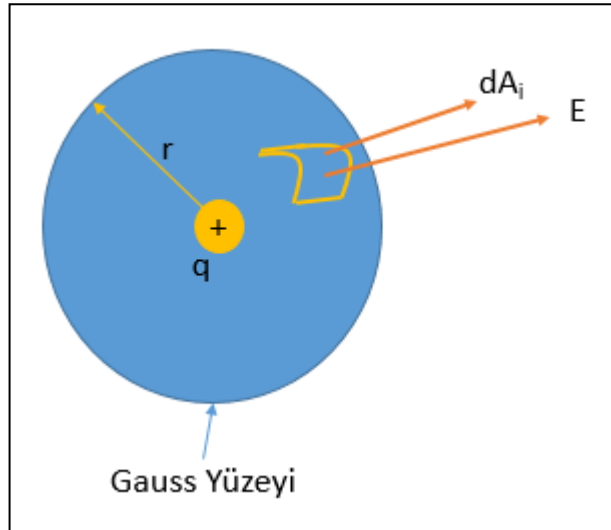
$$\Phi_E = \oint E \cdot dA = \oint E_n dA \quad (2.16)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada  $E_n$ , elektrik alanın yüzeye dik olan bileşeni olarak tanımlanır.

### 2.2.3. Gauss Kanunu

Bu bölümde, kapalı bir yüzeyden geçen elektriksel akı ile yüzey içerisinde kalan elektriksel yük arasındaki genel bağlantı açıklanmaktadır. Elektromanyetizma anlayışımızın temelini oluşturan dört Maxwell denklemlerinden biri olarak tanınan bu bağlantı (Gauss yasası), yüksek simetrlili bölgelerde yük dağılımının elektrik alan hesabında büyük öneme sahiptir. Bu yöntemle, problem Gauss yüzeyi denilen bir yüzeyle sınırlandırılarak daha kolay bir şekilde çözüldüğü için karma sistemlerde elektrik alan hesabı daha kolay olmaktadır. Gauss yüzeyi matematiksel bir yüzey olup, herhangi bir gerçek fiziksel yüzeyle çakışma gereği duymaz (Serway and Beichner, 2000; Çev. Ed. Çolakoğlu, 2009).

Örneğin, küresel bir kabuk için Gauss yüzeyi çizilerek simetriye göre alan denklemi ifade edilir. Bu durum şekil 2.8’de açıkça belirtilmektedir.



Şekil 2.8. Bir q nokta yükünü saran r yarıçaplı küresel bir Gauss yüzeyi

Gauss yüzeyinden geçen net elektrik akı, E simetri nedeniyle yüzey üzerinde sabit ve  $E = k_e q / r^2$  olduğu için integral dışına alınırsa,

$$\Phi_E = \oint E \cdot dA = E \oint dA \quad (2.17)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada yüzey küresel olduğu için  $\oint dA = A = 4\pi r^2$  şeklinde integral dışına çıkar ve  $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  olduğu da dikkate alınır, bu sonuçlar bir araya getirildiği zaman gauss yüzeyinden geçen net akı,

$$\Phi_E = \oint E \cdot dA = \frac{q_{iç}}{\epsilon_0} \quad (2.18)$$

$$\Phi_E = \frac{q_{iç}}{\epsilon_0} \quad (2.19)$$

olarak yazılır, ki bu da Gauss yasasıdır. Burada  $q_{iç}$ , yüzey üzerindeki net yükü, E ise gauss yüzeyinin hem iç hem de dışındaki yüklerden kaynaklanan elektrik alanı ifade etmektedir.

### 2.3. Ekonofiziğin Bir Uygulaması: Küresel Finans Krizleri İçin Erken Uyarı Sistemi Olarak Gauss Yasası Modeli 2001 Türkiye ve Arjantin Krizi Örneği

Hem krizi yaşayan ülkeye hem de diğer ülkelere makroekonomik ve mikroekonomik açıdan çeşitli zararlar veren finansal kriz kavramına olan ilgi, özellikle 1980 sonrası dönemde çıkan küreselleşme dediğimiz unsurla giderek artmıştır. Bu kapsamda, gerek politika kurucular gerekse iktisat çevreleri, kriz sonrası yaşanan bozulmaların tamir edilmesinin maliyetinin giderek artması ve yaşanan kriz nedeniyle oluşan olumsuzlukların düzeltilmesinin zorlaşması nedeniyle iyi işleyen bir erken uyarı sistemi üzerine yoğunlaşıp çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bu çerçevede, ekonofizikçilerin makro ve mikroperspektifle tüm etkileşimleri dikkate aldığı ekonofizik yaklaşım karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu kapsamda, finansal krizler için bir erken uyarı sistemi olarak (Gauss yasası) yeni bir ekonofizik modeli önerilip ekonofizik çerçevede analiz edilip değerlendirilecektir. Bu çerçevede amaç, akademisyenler, finansçılar ve politika kurucular için finansal kriz konusundaki

kırılganlığı daha erken aşamalarda belirleyecek yeni bir yaklaşımın tanımlanmasıdır. Bu doğrultuda, elektrik alan hesabında kullanılan Gauss yasası ve finansal kriz öngörüsü arasında bir analogi kullanılıp, önerilen modeldeki değişkenlerin ekonomi terimleri açısından karşılıkları analiz edilip yorumlanacaktır. Söz konusu analogi, elektrik alandaki yük hareketleri ile para hareketliliği temeline dayanmaktadır.

Bu çalışmada tek ülkeli bir model oluşturulup 2001 Türkiye Krizi analiz edilmiştir. Bu çerçevede, iç ve dış finans faktörleri olmak üzere üç tür değişken kullanılmıştır. Hazine Müsteşarlığı ve MB'den alınan 1992-2007 dönemini kapsayan veriler kullanılmıştır. Ayrıca 1997-2007 yıllarını kapsayan dönemde Arjantin için Finansal Akı hesaplanmıştır. Bu hesaplama ait veriler IMF ve Arjantin Merkez Bankasına aittir. Hesaplamaların analizi Matlab2013a programında grafik halinde analiz edilmiştir.

### 2.3.1. Modelin Tanımlanması

Önerilen modelde A kapalı alanı makro ve mikroekonomik sistemin finansal kaynaklarını sağlayan ülke, elektrik alan rezerv hareketliliği, elektrik alan çizgileri rezervlere dayalı yatırımlar, elektrik alanın kaynağı olan yükler  $q_{iç}$  merkez bankasına ait brüt rezerv miktarı, ortamın elektrik geçirgenliği olan  $\epsilon_0$  ülkenin toplam dış borcu/GSYİH, elektrik akı kavramı  $\Phi$  ise finansal akı olarak isimlendirilebilir. Bu çerçevede denklem (2.19) 'a benzer şekilde bir denklem yazılır:

$$\Phi(\text{Finansal akı}) = \frac{q_{iç}(\text{toplam rezerv miktarı})}{\epsilon_0(\text{ülkenin toplam dış borcu/GSYİH})} \quad (2.20)$$

Finansal krizlerde tüm faktörler birbirini etkiler, dolayısıyla statik bir görüş bildirmek anlamsızdır. Bu çerçevede, (2.20) deki gibi bir analogi, karmaşık ilişkiler yapısını üç değişkene indirgeyerek basitleştirir.

Gauss yasasında, kapalı bir sistem içerisindeki toplam yükü ifade eden  $q_{iç}$  parametresi, ekonofiziksel yaklaşımda, MB'deki toplam rezerv miktarını ifade etmektedir.

2010 yılında yayınlanan, Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfının ‘‘Geçmişten Günümüze Türkiye’de Dış Borçlar’’ çalışmasında, ekonominin genel kredibilitelerini ölçmede kullanılan toplam dış borç/GSYİH oranı, ekonomik kriz göstergesi olarak sunulmuştur. Yine bir diğer çalışmada Goldstein vd., bankacılık ve para krizleri için göstergelerinden biri olarak toplam dış borç/GSYİH oranını tanımlamışlardır (Finansal Kırılganlığın Ölçümü, 2000). Eşitlik (2.20)’de payda kısmında yer alan fizikte elektriksel geçirgenliği ifade eden  $\epsilon_0$ ’ın yerine toplam dış borç/GSYİH oranı kullanılmıştır. Dolayısıyla toplam dış borç/GSYİH oranı arttıkça finansal akı azalacak, bunun sonucunda da finansal kriz riski artacaktır. Toplam dış borç/GSYİH oranı, azaldıkça finansal akı değeri artacak, bunun sonucunda da finansal kriz riski azalacaktır.

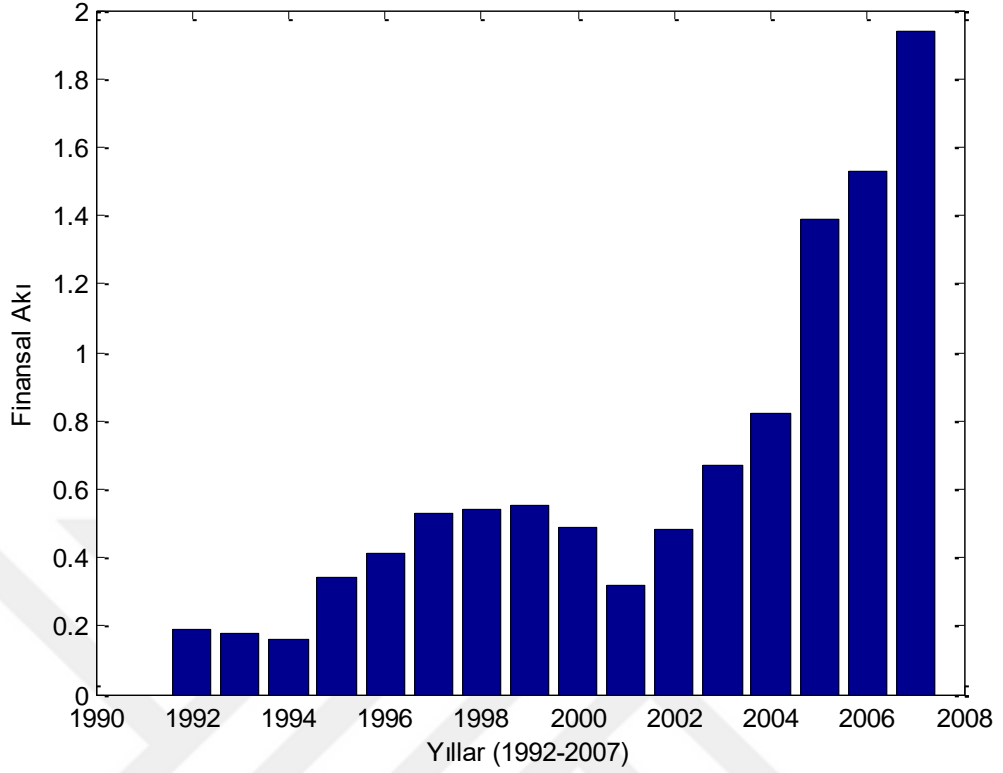
Burada  $\Phi$  (Finansal Akı), finansal krizler için bir ön uyarı göstergesi olarak düşünülmüştür. Bu çerçevede, Türkiye merkez bankası verileri ile hazine müsteşarlığına ait ülkenin toplam dış borcu/GSYİH verileri 1992- 2007 dönemi için (2.20) ‘deki eşitliğe uygulanmıştır. Bu hesaplama sonucunda ortaya çıkan ön uyarı göstergesi tablo 2.1’de gösterilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Hazine Müsteşarlığı ve TCMB'nin internet sitesinden alınan veriler ile Denklem (2.20) çerçevesinde Türkiye için Finansal Akı değerleri hesaplanmış ve Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1.1992-2007 arası Türkiye'ye ait olan veriler ve hesaplamalar (Hazine müsteşarlığı ve TCMB'nin internet sitesinden alınmıştır)

Yıllar	GSYİH	Borç (Brüt)	TÜRKİYE BRÜT DIŞ BORÇ STOKU / GSYİH	Rezervler (Brüt)	$\Phi$ (Finansal Akı)
1992	158.5	58.595	27,8	5.5	0.19
1993	180.1	70.512	29,6	5.5	0.18
1994	130.7	68.705	38,8	6.3	0.16
1995	169.5	75.948	33,6	11.4	0.34
1996	181.5	79.299	32,6	13.5	0.41
1997	189.8	84.356	33,2	17.5	0.53
1998	275.7	96.351	34,7	18.8	0.54
1999	255.9	103.123	40,7	22.5	0.55
2000	273.0	118.602	43.6	21.5	0.49
2001	200.3	113.592	56.5	18.2	0.32
2002	238.5	129.601	54,8	26.4	0.48
2003	311.8	144.179	45,9	30.8	0,67
2004	404.8	161.160	40,0	32.8	0.82
2005	501.4	170.781	34,2	47.8	1.39
2006	552.5	208.007	38,0	58.3	1.53
2007	675.8	249.932	36,9	71.6	1.94



Şekil 3.1. 1992-2007 yıllarına karşılık gelen Türkiye'ye ait finansal akı verileri

1992-2007 yıllarına karşılık gelen Türkiye'ye ait finansal akı verilerinin olduğu grafikten görüldüğü üzere Türkiye'de olmuş olan 1994 ve 2001 krizlerine bakılacak olunursa, bu formüle göre bu yıllarda finansal akı değerinin minimum değeri aldığı görülmüştür. Bu kriz yıllarından önceki yıllar incelenecek olursa 1994 için 1992 ve 1993 yıllarında finansal akı değerinin azalış trendinde olduğu, aynı şekilde 2001 krizi için 1999 ve 2000 yıllarında yine azalış trendinde olduğu görülmektedir. Bu analiz sonucunda, 2 yıl üst üste, finansal akı değerinde bir azalış meydana geldiğinde üçüncü yıl kriz olduğu görülmektedir.

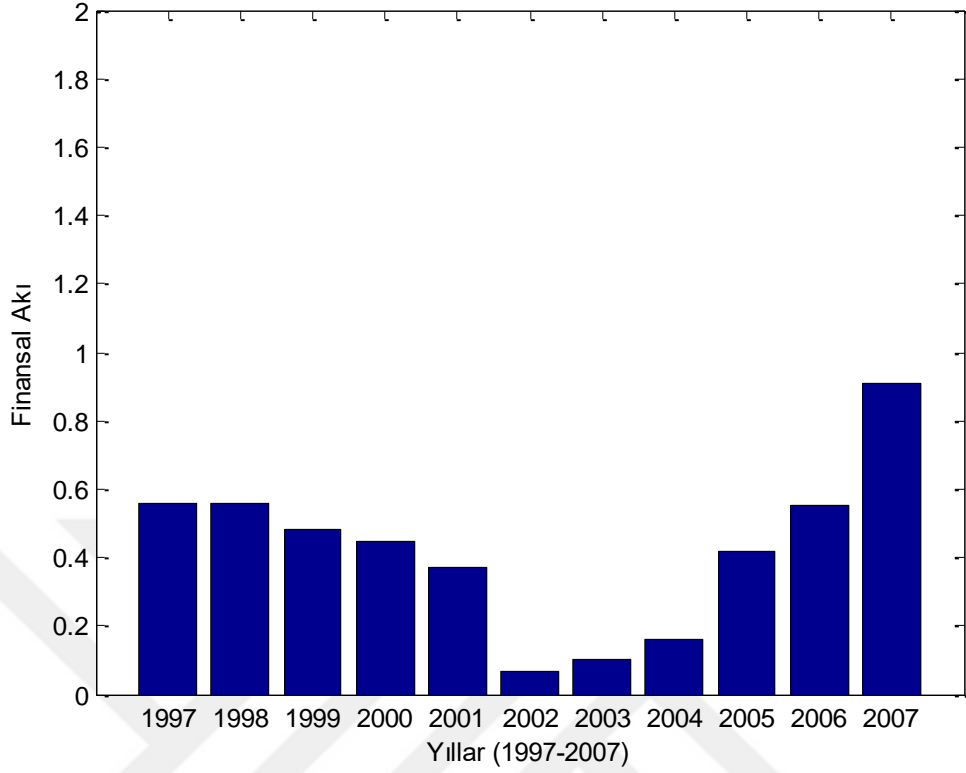
Şekil 3.1 'de görüldüğü üzere Türkiye'de ortaya çıkan 2001 finansal krizinin tahmini için, 2000 yılına ait finansal akı değeri bir önceki yıla göre azalış gösterdiğinden, bu modelde krizin öncül göstergesi olarak düşünülebilir. Aynı durum 1994 Türkiye krizi içinde geçerlidir.



IMF ve Arjantin Merkez Bankasının internet sitesinden alınan veriler ile Denklem (2.20) çerçevesinde Arjantin için Finansal Akı değerleri hesaplanmış ve Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. 1997-2007 arası Arjantin’e ait olan veriler ve hesaplamalar (IMF, Arjantin Merkez Bankası)

Yıllar	ARJANTİN BRÜT DIŞ BORÇ STOKU / GSYİH (International Monetary Fund)	Rezervler (Brüt) \$ BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA	$\Phi$ (Finansal Akı)
1997	32.66	18.4	0.56
1998	35.2	19.6	0.56
1999	40.1	19.2	0.48
2000	42.06	18.8	0.45
2001	49.44	18.3	0.37
2002	152.11	10.3	0.07
2003	128.56	13.5	0.1
2004	117.12	19.5	0.16
2005	66.94	28.4	0.42
2006	58.62	32.1	0.55
2007	50.84	46.3	0.91



Şekil 3.2. 1997-2007 yıllarına karşılık gelen Arjantin'e ait finansal akı verileri

Grafik 3.2 analiz edilecek olursa, 2001 krizi için, yine türkiye de olduğu gibi, 1997 ve 1998'de finansal akı artışı sonrasında, 1999 ve 2000'de 2 azalış yılına takiben 2001'de kriz ortaya çıkmış ve Türkiye'nin aksine kriz 2002 yılında da devam etmiş ve finansal akı değeri, en düşük değerini almıştır. Grafikten de görüleceği üzere, Arjantin ekonomisinde 2003 ve 2004 yıllarında sınırlı ekonomide sınırlı toparlanmaya müteakiben, 2005 yılı ve sonrasında Arjantin Merkez Bankası'nın brüt rezervlerindeki artışa bağlı olarak hızlı bir yükseliş görülmektedir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, fiziğin elektrostatik alanından, elektrik alan kavramını kullanarak ülkelerin finans krizleri için ekonofiziksel yeni bir yaklaşım olarak erken uyarı modeli analizi amaçlanmıştır. Bu amaçla, elektrik alan hesabında kullanılan Gauss yasası ve finansal kriz öngörüsü arasında bir anoloji kullanılıp, önerilen modeldeki değişkenlerin ekonomi terimleri açısından karşılıkları elektrik alandaki yük hareketleri ile para hareketliliği temeline dayandırılarak analiz edilip uygulanmıştır. Söz konusu anoloji, 2001 Türkiye ve Arjantin Krizleri için analiz edilmiştir. Bu kapsamda, iç ve dış finans faktörleri göz önünde bulundurularak üç tür değişken kullanılmıştır. Bu çerçevede, önerilen modelde A kapalı alanı, makro ve mikroekonomik sistemin finansal kaynaklarını sağlayan ülke, elektrik alan, rezerv hareketliliği, elektrik alan çizgileri rezervlere dayalı yatırımlar, elektrik alanın kaynağı olan yükler  $q_{iç}$ , merkez bankasına ait brüt rezerv miktarı, ortamın elektrik geçirgenliği olan  $\epsilon_0$ , ülkenin toplam dış borcu/GSYİH, elektrik akı kavramı  $\Phi$  ise finansal akı olarak isimlendirilmiştir. Bu anolojiye dayandırılarak denklem (2.20), denklem (2.19)' a benzer şekilde förmüle edilmiştir.

Denklem (2.20)'deki Finansal Akı, Türkiye için, Hazine Müsteşarlığı ve MB'den alınan 1992-2007 dönemini kapsayan veriler ile Arjantin için, 1997-2007 dönemini kapsayan dönem için IMF ile Arjantin Merkez Bankası verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamaların analizi için Matlab yazılımından faydalanılmıştır.

Söz konusu olan bu çalışma ve çalışma sonucu elde edilen  $\Phi$ (Finansal akı) değeri ile bu değer sonucu ortaya çıkan bulgularını özetlemek gerekirse;

1. Ekonomik krizler için, tüm faktörler birbirini etkilediğinden statik bir görüş bildirmek çok zordur. Bu çerçevede söz konusu olan yaklaşımın avantajı, bu karmaşık ilişkiler yapısını üç değişkene indirerek yeni bir bakış açısı sunarak ekonofiziksel çözüm üretmesidir. Söz konusu çözüm üretilirken ekonomi ve fizik disiplinlerinin bilgi birikiminden faydalanılmıştır.
2. Söz konusu olan bu çalışmanın dezavantajı, kullanılan verilerin yıllık olmasıdır. Çünkü kullanılan yıllık veri, ani ve beklenmedik bir anda ortaya çıkan kriz olgusu için önceden tahmin edilebilirlik gücünü azaltmaktadır.

3. Kriz göstergesi olarak sunulan  $\Phi$ (Finansal akı) kavramının, (2.20) ile orantılı olduğu gösterilmiştir. Burada  $\Phi$ (Finansal akı), toplam rezerv miktarını temsil eden  $q_{iç}$  ile doğru, ülkenin toplam dış borcu/GSYİH'sını temsil eden  $\varepsilon_0$  ile ters orantılı olarak değiştiği gösterilmiştir.
4. Önerilen model ve denklem (2.20), kesin bir bilim ve aynı zamanda doğa yasası olan fizik kanunlarına dayanarak geliştirilen matematiksel ifadenin ekonofiziksek karşılığını temsil etmektedir. Dolayısıyla bu iktisat yasasının doğrulanması, kesin bir bilimsellik ve doğa yasalarıyla uyumlu olan fizik kanunlarına dayandırılarak bu denklemin geçerliliğini destekler ki bu da şimdiye kadar yapılan kriz analizi süreci için yeni bir ekonofizik yaklaşım sunmaktadır.
5. Şekil 3.1 'de görüldüğü üzere Türkiye'de ortaya çıkan 2001 Finansal Krizinin tahmini için, 1999 ve 2000 yılına ait Finansal akı değerlerine bakıldığında 1999 yılından önceki yıllardaki Finansal akı değerindeki artışa zıt olarak 1999 ve 2000 yıllarında Finansal akı değerinde azalış gözlemlenmiştir. Dolayısıyla birbirini takip eden iki yıllık azalış sonucundaki üçüncü yıl 2001 Finansal Krizi meydana gelmiştir. Aynı durum 1994 Türkiye Krizi içinde geçerlidir. 1994 Krizinde de 1992-93 Finansal akı değerinde azalış gözlemlenmiştir.
6. Şekil 3.2 'de görüldüğü üzere Arjantin'de ortaya çıkan 2001 Finansal Krizinin tahmini için, 1999 ve 2000 yılına ait Finansal akı değerlerine bakıldığında 1999 yılından önceki Finansal akı değerindeki artışa zıt olarak 1999 ve 2000 yıllarında Finansal akı değerinde azalış gözlemlenmiştir. Dolayısıyla birbirini takip eden iki yıllık azalış sonucundaki üçüncü yıl 2001 Finansal Krizi meydana gelmiştir.
7. Sonuç olarak, hesaplanan  $\Phi$ (Finansal akı) değeri ve bu değer sonucu ortaya çıkan göstergeler, krizlere karşı öncü göstergelerin ayrımını detaylı bir şekilde yapabilmek için kesinlikle yeterli değildir, çünkü prensip olarak fizikçiler herşeyi kuantum elektrodinamik yasalarıyla hesaplayacaklarını düşünselerde insan davranışları denklemlerle hesaplanamaz. Çünkü insan davranışları irrasyoneldir.

## 5. ÖNERİLER

Türkiye ve Arjantin için hesaplanan Finansal akı değerleri yıllık veriler kullanılarak yapılmıştır. Konunun önemi ve hassasiyeti gözönünde bulundurulduğunda, daha sonra bu konuda çalışma yapmak isteyen araştırmacı ve uygulayıcılar, yapılan bu hesaplamaları aylık veya çeyreklik bazında elde edilebilirse geleceğe yönelik daha net ve öngörü gücü daha yüksek sonuçlara ulaşabilirler.

Bu çalışmada, finansal krizler için ekonofiziksel yaklaşımla sunulan bu model, literatürde yer alan matematik ve istatistiksel modellemeye dayalı diğer finansal kriz öngörü modelleriyle karma bir model geliştirilebilir.

Bu model, krizin çıkma olasılığı daha yüksek olan ülkeler ve daha az olan ülkeler arasında kıyaslama yapmak ve belirli bir ülkenin kriz kırılganlığındaki artış ya da azalışı belirlemede yardımcı olabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Spanulescu, I., Popescu, I., Stoica, V. & Gheorghiu, A. (2012). An Econophysics Model for Investments using the Law of the Electric Field Flow (Gauss' Law). 22/08/2017 tarihinde [https://mpa.ub.uni-muenchen.de/46900/1/MPRA\\_paper\\_46900.pdf](https://mpa.ub.uni-muenchen.de/46900/1/MPRA_paper_46900.pdf) adresinden alınmıştır.
- Bernal, J.D. (1995). Modern çağ öncesi fizik. 2. Baskı. Ankara. Tübitak popüler bilim kitapları.
- Eğilmez, M. (2015). Örneklerle kolay ekonomi. 11. Baskı. İstanbul. Remzi Kitabevi.
- Gingras, Y. & Schinckus, C. (2012). The institutionalization of econophysics in the shadow of physics. *J.Hist.Econ*, 34 ,109–130.
- Stanley, H.E., Amaral, L.A.N., Canning, D., Gopikrishnan, P., Lee, Y., & Liu, Y. (1999). Econophysics: Can physicists contribute to the science of economics? *Physica A*, 269 (1999) 156–169.
- Philippe, L.G. (2002). Les Représentations du Monde et les Pensées Analogiques des Economètres. Un Siècle de Modélisation en Perspective. *Revue d'Histoire des Sciences Humaines* 6. 39-64.
- Pereira, E.J., Silva, M.F., & Pereira, H.B.B. (2017). Econophysics:Past and present, *Physica A* 473, 251-261
- Stanley, H.E., Afanasyev, V., Amaral, L., Buldyrev, S., Goldberger, A.L., Havlin, S., Leschhorn, H., Maass, P., Mantegna, R., Peng C.K., Prince, A., Salinger, M.A., Stanley, M., & Viswanathan, G.M. (1996). Anomalous fluctuations in the Dynamics of complex systems :from DNA and physiology to econophysics, *PhysicaA* 224 (1996)302–321.
- Mategna, R. & Stanley, E. (1999). *An Introduction to Econophysics : Correlation and Complexity in Finance*, Cambridge University Press,Cambridge, 137.
- Ryszard, K. & Grech, D. (2008). Report on Foundation and Organization of Econophysics Graduate Courses at Faculty of Physics of University of Warsaw and Department of Physics and Astronomy of the Wrocław University. *Acta Physica Polonica A*, 114. 3: 637-647.
- Schinckus, C. (2010). Is Econophysics a new discipline? *PhysicaA*, 389(18)(2010)3814–3821.
- Schinckus, C. (2011). “What can econophysics contribute to financial economics?”. *International Review of Economics*, 58, 147-163.
- Roehner, B.M. (2010). “Fifteen Years of Econophysics: Worries, Hopes and Prospects”. 10/02/2012 tarihinde <http://arxiv.org/pdf/1004.3229.pdf> adresinden alınmıştır.
- Stanley, H.E., Amaral, L.A.N. , Gabaix, X. , Gopikrishnan, P. & Plerou, V. (2001). Similarities and diereces between physics and economics. *Physica A* 299 (2001) 1–15.

- Jovanovic, F. & Schinckus, C. (2013). The Emergence of Econophysics: A New Approach in Modern Financial Theory. *History of Political Economy*, 45 (3): 443-474. 22/08/2017 tarihinde <https://doi.org/10.1215/00182702-2334758>. adresinden alınmıştır.
- Borissas, C. (1998). "Economy and Thermodynamics", Federal University of Minas Gerais. *Economia&Energia*, No:9. 22/08/2017 tarihinde <http://www.ecen.com/eee9/ecoterme.htm> adresinden alınmıştır.
- Shubik, M. & Smith, E. (2006). "Building Theories of economic Process". 11. <http://www.santafe.edu/research/publications/workingpapers/06-10-038>.
- Gheorghe, S. & Siman, I.I. (2008). "Some Relevant Econophysics" Moments of History, Definitions, Methods, Models and New Trends". *Romanian Economic and Business Review*, V.03, No: 03, 29 – 41.
- Mategna, R. & Stanley, E. (1999). *An Introduction to Econophysics : Correlation and Complexity in Finance*. Cambridge. Cambridge University Press, p.137.
- Ferreira, S.L. & Girardi, R. (2002). Arquitetura de software baseadas em agentes: do nível global ao detalhado. *Rev. Eletrôn. Iniciação Cient.* 2 (2) (2002) 1–17.
- Wooldridge, M. & Nicholas, J. (1995). *Intelligent Agents Theories, Architectures, and Languages*, in: *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer Verlag. Berlin. p.407.
- Russel, S. & Norvig, G. (1995). *Artificial Intelligence: A Modern Approach–The Intelligent Agent Book*. Prentice Hall, p.1152.
- Pykas, A. & Fagiolo, G. (2005). Agent based modeling: a methodology for Neo Schumpeteri economics. 16/05/2019 tarihinde <https://pdfs.semanticscholar.org/7525/b8999ddb43c860082006ab6fe3560a4db3ca.pdf> adresinden alınmıştır.
- Schinckus, C. (2013). Econophysics, a new step in the evolution of physical sciences (oninvitation), *Contemp. Phys.* 54(1), 17–32.
- Holland, J., & Miller, H. (1991). Artificial adaptive agents in economic theory, *Amer.Econ.Rev.*81, 365–370.
- Heath, B., Hill, R., & Ciarrello, F. (2009). A survey of agent based modeling practices, *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 12 (4) (2009) 135.
- Palmer, R., Arthur, W.B., Holland, J.H., LeBaron, B., & Taylor, P. (1994). Artificial economic life: a simple model of stock market, *Physica D* 75, 264–275.
- Lux, T., & Marchesi, M. (1999). Scaling and criticality in a stochastic multi agent model of a financial market, *Nature* 397, 498–500.

- Suzuki, K., Shimokawa, T., & Misawa, T. (2009). An agent based approach to option pricing anomalies, *IEEE Trans.Evol.Comput.* 13, 19–32.
- Eugene, F. (1970). Efficient capital markets: a review of theory and empirical work, *J.Finance* 25 (2), 383–417.
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities, *J.Polit.Econ.* 81 (3), 637–654.
- Le Baron, B. (2006). Agent computational finance, in: K. Judd, L. Tesfatsion (Eds.), *Handbook of Computational Economic: Agent Based Computational Economics*, Elsevier. North Holland, pp.1180–1227.
- LeBaron, B., & Tesfatsion, L. (2008). Modeling macroeconomies as open ended dynamic systems of interacting agents. *Amer.Econ.Rev.*98(2), 246–250.
- Hodgson, G. (2009). The Great Crash of 2008 and the reform of economics. *Camb.J.Econ.* 33 (6), 1205–1221.
- Farmer, J.D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent based modeling. *Nature* 460, 685–686.
- Colander, D., Howitt, P., Kirman, A., Leijonhufvud, A., & Mehrling, P. (2008). Beyond DSGE models : toward an empirically based macroeconomics. *Amer.Econ.Rev.* 98 (2), 236–240.
- Dosi, G., Fagiolo, G., & Roventini, A. (2008). The micro foundations of business cycles : an evolutionary, multi agent model. *J.Evol.Econ.* 18, 413–432.
- Pykas, A., & Fagiolo, G. (2005). Agent based modeling : a methodology for Neo Schumpeterian economy.  
<http://www.wiwi.uniaugsburg.de/vwl/institut/paper/272.pdf>.
- Nelson, R.R., & Winter, S.G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Belknap Press, Cambridge.
- Feder, J. (1988). *Fractals*. Plenum Press, New York.
- Miranda, J.G. (1997). *Análise fractal de reescalonamento temporal para chuvas*. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal da Bahia. Salvador.
- Cajueiro, D.O., & Tabak, B.M. (2004). The Hurst Exponent overtime: testing the assertion that emerging markets are becoming more efficient. *Physica A* 336 (3), 521–537.
- Souza, S.R., Tabak, B.M., & Cajueiro, D.O.(2006). Investigaç o da Mem ria de Longo Prazona Taxa de c mbio no Brasil. *Rev. Bras.Econ.* 60, 193–209.



- Rejichi, I.Z., & Aloui, C. (2012). Hurst Exponent behavior and assessment of MENA stock markets efficiency. *Res. Int. Bus. Finance*. 26, 353–370.
- Mensi, W., Beljid, M., & Managi, S. (2014). Structural breaks and the time varying levels of weak form efficiency in crude oil markets: Evidence from Hurst exponent and Shannon entropy methods. *Int.Econ*.140, 89–106.
- Peng, C.K., Buldyrev, S.V., Havlin, S., Simons, M., Stanley, H.E., & Goldberger, A.L. (1994). Mosaic organization of DNA nucleotides. *Phys.Re E*.49 1685–1689.
- Podobnik, B., & Stanley, H.E. (2008). Detrended cross-correlation analysis: a new method for analyzing two nonstationary time series. *Phys. Rev. Lett*. 100 (8), 14.
- Vassoler, R.T., & Zebende, G.F. (2013). DCCA cross-correlation coefficient apply in time series of air temperature and air relative humidity. *Physica A* 392, 1756-1761.
- Marinho, E.B.S., Sousa, A.M.Y.R. & Andrade, R.F.S. (2013). Using Detrended Cross-Correlation Analysis in geophysical data. *Physica A* 392, 2195-2201.
- Silva, M.F., Filho, A.M.S., & Castro, A.P.N. (2014). Quantificando a Influência do Mercado de Câmbio nos Preços do Milho e da Soja no Município de Barreiras. *Conjunt.Planej*.182, 45–51.
- Wang, G.J., Xie, C., Che, Y.J., & Che, S. (2013). Statistical properties of the foreign exchange network at different time scales: evidence from detrended cross correlation coefficient and minimum spanning tree. *Entropy* 15, 1643–1662.
- Reboredo, J.C., Rivera-Castro, M.A., & Zebende, G.F. (2013). Oil and US dollar exchange rate dependence: a detrended cross-correlation approach. *Energy Econ*. 42, 132–139.
- Milgron, S. (1967). The small World problem. *Psychol.Today* 1 (1), 61–67.
- Watts, D., & Strogatz, S.H. (1998). Collective Dynamics of 'small world' networks. *Nature*, 393 440–442.
- Barabási, A.L., & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks, *Science* 286, 509–512.
- Boccaletta, S., Latorab, V., Morenod, Y., Chavez, M., & Hwang, D.-U. (2006). Complex networks: Structure and Dynamics. [http://www.maths.qmul.ac.uk/~latora/report\\_06.pdf](http://www.maths.qmul.ac.uk/~latora/report_06.pdf).
- Schinasi, G.J. (2004). "Defining Financial Stability". IMF Working Paper, No.187. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04187.pdf>.
- Oktar, S., ve Dalyancı, L. (2010). Finansal Kriz Teorileri ve Türkiye Ekonomisinde 1990 Sonrası Finansal Krizler. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*,

- C. XXIX, S.II, s. 1-22. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/3639>.
- Öztürk, S. Ve Gövdere, B. (2010). Küresel Finansal Kriz ve Türkiye Ekonomisine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.15, S.1, s.377-397.
- Güney, T. (2016). İktisat Kriz ve Yenilik.1. baskı, Konya: Çizgi Kitapevi.
- Delice, G. (2003). Finansal Krizler: Teorik ve Tarihsel Bir Perspektif. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C. , S.20, s.s.57-81. [file:///C:/Users/arzu%20kamberli/Downloads/5000115289-5000170810-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/arzu%20kamberli/Downloads/5000115289-5000170810-1-PB%20(2).pdf).
- IMF (1998). “Financial Crises: Characteristics and Indicators of Vulnerability” in Financial Crises: Causes and Indicators. World Economic and Financial Surveys World Economic Outlook, s.74-74.
- IMF (2002), “Eye of the Storm: New-Style Crises Prompt Rethink About Prevention and Resolution Measures” Finance & Development. IMF, December 2002, pp. 4-7.
- Taylor, J.B. (2009). “The Financial Crisis and The Policy Responses: An Emprical Analysis of What Went Wrong”. NBER Working Paper 14631, January, <http://www.nber.org>.
- Boughton, J.M. (2001), “Was Suez in 1956 the First Financial Crisis of the Twenty-First Century?”. Finance & Development, September, 20-23.
- Afşar, M. (2011). Küresel Kriz ve Türk Bankacılık Sektörüne Yansımaları. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, Ekim 2011, 6(2), 143-171.
- Alantar D., (2008). “Küresel Finansal Kriz: Nedenleri ve Sonuçları Üzerine Bir Değerlendirme”. Maliye ve Finans Yazıları, S:81. <http://www.finanskulup.org.tr/maliye-finans/maliyefinans.html>.
- Karaçor, Z. ve Alptekin, V. (2006). Finansal Krizlerin Önceden Tahmin Yoluyla Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. Yönetim ve Ekonomi, c.13, s.2., Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Manisa.
- Fratzscher, M. (2002), “On Currency Crises and Contagion”, European Central Bank Working Papers, No:139:1-36.
- Sevim, C. (2012). Öncü Göstergeler Yaklaşımına Göre Finansal Krizler ve Türkiye Örneği, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ankara.
- Krugman, P. (2001). ”Crises: The Next Generation”. [https://safir.tau.ac.il/sites/economy.tau.ac.il/files/media\\_server/Economics/Safir/conferences/Krugman.pdf](https://safir.tau.ac.il/sites/economy.tau.ac.il/files/media_server/Economics/Safir/conferences/Krugman.pdf).

- Fratzscher, M., Bussiere, M. (2002). "Towards A New Early Warning System of Financial Crises". European Central Bank Working Papers, No:145, ss.1-67.
- Nag, A.K., & Mitra, A. (1999). Neural Networks and Early Warning Indicators of Currency Crisis. Reserve Bank of India Occasional Papers, Vol. 20, No.2,  
[https://www.researchgate.net/publication/284480973\\_Neural\\_networks\\_and\\_early\\_warning\\_indicators\\_of\\_currency\\_crisis](https://www.researchgate.net/publication/284480973_Neural_networks_and_early_warning_indicators_of_currency_crisis).
- Yurtoğlu, H. (2005). YSA Metodoloğisi ile Öngörü Modellenmesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği. Uzmanlık Tezi, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü.
- Yıldız, Ö. (2006). Döviz Kuru Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Ergezer, H., Dikmen, M. ve Özdemir, E. (2003). Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri, Başkent Üni., iibm, Pivolka, yıl:2, sayı:6.
- Tebelkıs, J. (1995). Speech Recognition Using Neural Networks. Doctor of Philosophy Thesis, School of Computer Science Carnegie Mellon University, Pennsylvania.
- Yıldız, B. (2001). Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde YSA Kullanımı ve Halka Açık Şirketlerde Ampirik Bir Uygulama. İMKB Dergisi, Cilt:5, Sayı:17.
- Tunçkanat, M., Kurban, R., Sağıroğlu, Ş. (2003). Voice Recognition Based on Neural Networks, international Conferance on Signal Processing- ICSP 2003.
- Bolat, B. (2005). Recognition of the REED Istrument Sounds by Using Statistical Neural Networks. Journal of Engineering and Natural Sciences, Yıldız Teknik Üni.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/7b12/0d3f3ca4425ceb3b6c7a58101e9cdd2c5852.pdf>
- Koprinska, I., & Kasabov, N. (200). "An Application of Evolving Fuzzy Neural Network for Compressed Video Parsing", Department of Information Science, University of Otago, New Zealand.
- Hart, E., Cha, S-H., Tappert, C. (2004). "Interactive Flag Identification Using a Fuzzy-Neural Technique". Proceedings of Student/Faculty Research Day, CSIS, Pace University.
- Veelenturf, L.P.J. (1995). "Analysis and Applications of Artificial Neural Networks", Prentice Hall.

- Erdem O.A. ve Uzun E. (2005). Yapay Sinir Ağları ile Türkçe Times New Roman, Arial ve El Yazısı Karakterleri Tanıma”. Gazi Ün. Müh. Mim.Fak.Der. Cilt:20, No:1, 13-19.
- Rowley, H.A., Baluja, S., & Kanade,T. (1998). "Neural Network-Based Face Detection". PAMI, IEEE. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.70.2367&rep=rep1&type=pdf>.
- Mcneils, P. (2005).“Neural Networks in Finance – Gaininig Predictive Edge in the Market”. Elsevier Academic Press. [http://tailieuso.udn.vn/bitstream/TTHL\\_125/9297/3/NeuralNetworksInFinance.TT.pdf](http://tailieuso.udn.vn/bitstream/TTHL_125/9297/3/NeuralNetworksInFinance.TT.pdf).
- Kanas, A. (2002). “ Neural Network Linear Forecasts For Stock Returns ”, International Journal of Finance and Economics. 6:245-254.
- McCluskey C.P. (1993). “Feedforward and Recurrent Neural Networks and Genetic Programs for Stock Market and Time Series Forecasting”. Master Science Thesis. Department of Computer Science at Brown University. <http://www.smartquant.com/references/NeuralNetworks/neural1.pdf>.
- Akpınar, H. (1993). “Yapay Sinir Ağları ve Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesinde Bir Uygulama Önerisi”. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Sayısal Yöntemler Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Liao, Y., & Vemuri V.R. (2002). “Use of K-Nearest Neighbor Classifier for Intrusion Detection”. Computers & Security, Vol 21, No 5, pp 439-448.
- Valafar F. (2001). “Applications of Neural Networks in Medicine and Biological Sciences”, CRC Press LLC.
- Cıgızoğlu H.K. ve Alp, M. (2004). “Farklı Yapay Sinir Ağı Metodları ile Yağıs-Akış İlişkisinin Modellenmesi”. İTÜ Dergisi/d, Mühendislik, Cilt:3, Sayı:1.
- Yan, W., & Liming Z. (2003). “Control Algorithms of Fuzzy Neural Network and Their Application in Automatic Train Control”, Department of Computer Science and Engineering Tongji University, Shanghai.
- Lawrence, S., Giles, C. L., & Fong, S. (2000). “Natural Language Grammatical Inference with Recurrent Neural Networks”. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Volume 12, Number 1, Syf. 126-140.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F. (2004). “Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”. Gazi Üni. Müh.Mim.Fak.Der. Cilt 19, No:3, 227-233.

- Güngör, İ. ve Çuhadar, M. (2005). “Antalya İline Yönelik Alman Turist Talebinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmini”. Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi, Sül.Dem.Ünv., Sayı:1
- Karadeniz, M., Yüncü, S., Aydemir, M.T. (2004). “Asenkron Motorlarda Stator Direncinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”, Gazi Üniv. Müh.Mim.Fak.,
- İnan, A., Köroğlu, S., İzgi, E. (2005). “Dengeli Elektrik Güç Sistemi Verilerini Kullanarak Dengesiz Sistem Kayıplarının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi”. Pamukkale Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:11, Sayı:1, Sayfa 47-52.
- Aydoğmuş, Z., Çöteli, R. (2005). “Yapay Sinir Ağları Yardımıyla İzolatör Yüzeyinde Potansiyel Tahmini”. F.Ü.Fen ve Müh.Bil.Dergisi, 17(2), 239-246.
- Bolat S., vd. (2004). “Yapay Sinir Ağı ile Gaz Karışımında Elektrot Açıklığına ve Karışım Yüzdelerine Bağlı Olarak Delinme Gerilimlerinin Belirlenmesi”. Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu –INISTA”.
- Çorumluğlu, Ö., Özbay, Y., vd. (2005). “GPS Yüksekliklerinden Ortometrik Yüksekliklerin Elde Edilmesinde Yapay Sinir Ağı (YSA) Tekniğinin Kullanımı”, Har. ve Kad. Müh. Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ.
- Tektaş, M., Akbaş, A., Topuz, V. (1997). “Yapay Zeka Tekniklerinin Trafik Kontrolünde Kullanılması Üzerine Bir İnceleme”, Marmara Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO.
- NAG, A., MITRA, A. (1999). “Neural Networks and Early Warning Indicators of Currency Crisis”. Reserve Bank of India Occasional Papers 20-3: 183-222.
- Franck, R., Schmied, A. (2003). “Predicting Currency Crisis Contagion from East Asia to Russia and Brazil: An Artificial Neural Network Approach” AMCB Working Paper No. 2. Bar-Ilan University.
- Oh, K.J., Kim, T.Y., Lee, H.Y., Lee, H. (2005). “Using Neural Networks to Support Early Warning System for Financial Crisis Forecasting”. Australian Conference on Artificial Intelligence: 284-296.
- Peltonen, T.A. (2006). "Are Emerging Market Currency Crises Predictable? A Test, " Working Paper Series 571, European Central Bank.

- Çelik, A.E., Karatepe, Y. (2007). "Evaluating and Forecasting Banking Crises Through Neural Network Models: An Application for Turkish Banking Sector" *Expert Systems with Applications*. 33 / 809– 815.
- Lin, C.S., Khan, H.A., Chang, R.Y., Wang, Y.C. (2008). "A New Approach To Modeling Early Warning Systems For Currency Crises: Can A Machine-Learning Fuzzy Expert System Predict The Currency Crises Effectively?" *Journal of International Money and Finance* 27 (2008) p.1098–1121.
- Mandic, D.P., C, J.A. (2001). "Recurrent Neural Networks For Prediction - Learning Algorithms, Architectures And Stability". John Wiley & Sons Ltd.
- Zhang, G.P. (2004). "Neural Networks in Business Forecasting". Idea Group Publishing, Chapter 4.
- Hu, Y. H., H, Jenq-Neng. (2001). "Handbook of Neural Network Signal Processing". CRC Press.
- Zhang, G. P. (2004). "A Combined ARIMA and Neural Network Approach for Time Series Forecasting". "Neural Networks in Business Forecasting". Idea Group Publishing, Chapter 11.
- Kaastra, I., B, M. (2004). "Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series". *Neurocomputing*.
- Yousefizadeh, H., Zilouchian, A. (2001). "Neural Network Architecture". CRC Press LLC, Chapter 3.
- Delice, G. (2005). Finansal Krizler İçin Erken Uyarı Sistemleri. I.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, No:33. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/5392>.
- Yaman, Ö. (2010). "Finansal Krizler ve Erken Uyarı Sistemleri" Kadir Has Üni. Sosyal Bilimler Enstitüsü Finans ve Bankacılık anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. [http://sites.khas.edu.tr/tez/OzgurYaman\\_izinli.pdf](http://sites.khas.edu.tr/tez/OzgurYaman_izinli.pdf).
- Gür, T., Tosuner, A., (2002). "Para ve Finansal Krizlerin Öncü Göstergeleri. Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 20(1), ss.9-36.
- Abiad, A., (2002). Early Warning Systems for Currency Crises: A Markov Switching Approach with Applications to Southeast Asia. PhD dissertation (University of Pennsylvania: Department of Economics).
- Şen, A.(2005). Finansal Krizlerin Tahmin Edilebilirliği: Türkiye Uygulaması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi SBE. İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.j>

- Goldstein, M., Kaminsky, G. & Reinhart, C. (2000). Finansal kırılabilirliğin ölçümü Yükselen ekonomiler için Erken uyarı sistemleri, Z. Dina Çakmur Yıldıztan (çev.), İstanbul; Derin yayınevi, 2007.
- Kaminsky, G., Lizondo, S., & Reinhart, C.M. (1998). Leading Indicators of Currency Crises. IMF Staff Papers vol. 45, No.1., [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/6981/1/MPRA\\_paper\\_6981.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/6981/1/MPRA_paper_6981.pdf).
- Özkök, İ. (2015). Mali Krizlerde Kamu Kesiminin Risklerinin Belirlenmesinde Mali Gerilim (stress) Göstergelerinin Rolü. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Ana Bilim Dalı, Antalya.
- Antonio Ahumada C., & Carlos Budnevich L. (2001), Some Measures of Financial Fragility in The Chilean Banking System: An Early Warning Indicators Application. No. 117. [http://si2.bcentral.cl/public/pdf/banca-central/pdf/v3/175\\_198AhuBud.pdf](http://si2.bcentral.cl/public/pdf/banca-central/pdf/v3/175_198AhuBud.pdf).
- Erkekoğlu, H. ve Bilgili, E. (2005). “Parasal Krizlerin Tahmin Edilmesi: Teori ve Uygulama”. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (24): 15-36.
- Erdoğan, B. (2006). Gelişmekte Olan Ülkelerde Finansal Krizler ve Finansal Kriz Modelleri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Spănulescu, I. (1978). Electricity and Magnetism (in Romanian), Victor Publishing House .
- Serway, R.A., & Beichner, R.J. (2000). Physics For Scientists and Engineers with Modern Physics, 5<sup>th</sup> Edition, Saunders College Publishing .ISBN: 0-03-022657-0; 5. Baskıdan çeviri, Çeviri editörü Prof Dr. Kemal Çolakoğlu, Palme yayıncılık, Ankara 2009.
- Griffiths, D.J. (2004). Introduction to Electrodynamics. Third Edition, Prentice Hall International (UK) Limited, ISBN: 0-13-805326-X, London.; üçüncü baskıdan Çeviren Prof. Dr. Basri Ünal, Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti., Ankara, 2005.
- Şimşek, H.A. (2008). Küreselleşme Sürecinde Finansal Krizler ve Maliye Politikaları: Teorik Bir değerlendirme. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, C.13, S.1 s.183-208. <https://dergipark.org.tr/download/article-file/194767>.
- Mishkin, F.S. (1991). Anatomy of A Financial Crisis. Nber Working Papers Series. Working Paper No. 3934, NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH 1050 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02138 <https://www.nber.org/papers/w3934.pdf>.



Spanulescu, I., Popescu, I., Stoica, V., Gheorghiu, A. (2012): *An Econophysics Model for Investments using the Law of the Electric Field Flow (Gauss' Law)*. Published in: HYPERION INTERNATIONAL JOURNAL OF ECONOPHYSICS & NEW ECONOMY , Vol. 5, No. 1, pp. 59-70.

Aydın, N., Başar, M., Coşkun, M. (2014). Finansal Yönetim. Detay Yayıncılık, 4. Baskı, Ankara.

Ulusoy, T. (2008). Ekonofizik ve Finans: İMKB 100 Üzerine Görgül Bir Çalışma. Doktora Tezi, Ankara Üni. Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bölümü Muhasebe ve Finansman Ana Bilim Dalı, Ankara.

Lima, S., Ferreira, C., Girardi, R. (2002). Arquiteturas de Software Baseadas Em Agentes: Do Nível Global Ao Detalhado.

[https://www.researchgate.net/profile/Rosario\\_Girardi/publication/228589375\\_Arquiteturas\\_de\\_Software\\_baseadas\\_em\\_Agentes\\_do\\_Nivel\\_Global\\_ao\\_Detalhado/links/544145ef0cf2a76a3cc7d5d9.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rosario_Girardi/publication/228589375_Arquiteturas_de_Software_baseadas_em_Agentes_do_Nivel_Global_ao_Detalhado/links/544145ef0cf2a76a3cc7d5d9.pdf).

URL-1, <http://www.uh.edu/nsm/physics/research/econophysics/index.php>

URL-2, <http://physics.Unimelb.edu.au/Community/Newsroom/News/Econophysics-scholarship>



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Arzu KÜÇÜKER KAMBERLİ  
Doğum Yeri ve Yılı : Adana/1988  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : arzukucuker@gmail.com



### Eğitim Durumu

Lise : Adana Erkek Lisesi  
Lisans : Kastamonu Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Fizik Bölümü

### Mesleki Deneyim

İş Yeri : Kastamonu Artsam Etüt Merkezi (2012-2013)  
İş Yeri : Kastamonu Sınav Dershanesi (2013-2015)  
İş Yeri : Ankara Özüm Dershanesi (2015-2016)