

**KREDİ TEMERRÜT TAKASI PRİMLERİ İLE ÇEŞİTLİ  
EKONOMİK GÖSTERGELER ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

**THE RELATIONSHIPS BETWEEN CREDIT DEFAULT  
SWAP SPREADS AND VARIOUS ECONOMIC  
INDICATORS**

**NURBANU BURSA**

**Prof. Dr. HÜSEYİN TATLIDİL**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

İstatistik Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

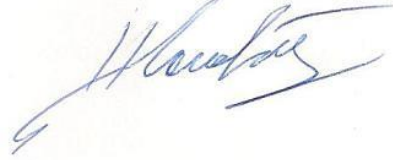
olarak hazırlanmıştır.

2013

**NURBANU BURSA'nın hazırladığı "Kredi Temerrüt Takası Primleri ile Çeşitli Ekonomik Göstergeler Arasındaki İlişkiler" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından İSTATİSTİK ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.**

Başkan

(Doç. Dr., Çağdaş Hakan Aladağ)



Danışman

(Prof. Dr., Hüseyin Tatlıdil)



Üye

(Yrd. Doç. Dr., Filiz Kardiye)



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*Babama...*

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

30/05/2013

Nurbanu BURSA

## ÖZET

# KREDİ TEMERRÜT TAKASI İLE ÇEŞİTLİ EKONOMİK GÖSTERGELER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

**NURBANU BURSA**

**Yüksek Lisans, İstatistik Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. HÜSEYİN TATLIDİL**

**Mayıs 2013, 67 sayfa**

Ülke riskinin bir göstergesi olan kredi temerrüt takası primlerini etkileyen ekonomik değişkenlerin belirlenmesi ve bu primlerin modellenmesi finans dünyası açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, kredi temerrüt takaslarının genel yapıları hakkında bilgiler verildikten sonra, ülke kredi temerrüt takaslarıyla ilgili literatür incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalar doğrultusunda, Türkiye' nin kredi temerrüt takası primlerini etkileyebilecek yurtiçi ve yurtdışı ekonomik değişkenler belirlenmiştir. Bu değişkenler vasıtasıyla Türkiye' nin kredi temerrüt takası primini modellemek için çeşitli yapay sinir ağı mimarileriyle modeller geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları geliştirilirken çok katmanlı algılayıcılardan, radyal tabanlı fonksiyon ağlarından ve kademeli korelasyon sinir ağlarından yararlanılmıştır.

Bunlara ek olarak çalışmada, Türkiye kredi temerrüt takası priminin zaman serisindeki uzun dönem bağımlılık yapısı trendden arındırılmış dalgalanma analizi ile ortaya çıkarılmış ve bu tek değişkenli zaman serisi ARFIMA ile modellenmiştir. Böylece klasik bir yöntem olan ARFIMA'dan elde edilen sonuçlarla YSA'nın sonuçları karşılaştırılmış ve ülke riski öngörüsünde YSA'ların başarıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kredi Temerrüt Takası, Yapay Sinir Ağları, Çok Katmanlı Algılayıcılar, Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları, Kademeli Korelasyon Sinir Ağları, Trendden Arındırılmış Dalgalanma analizi, ARFIMA.

## **ABSTRACT**

# **THE RELATIONSHIPS BETWEEN CREDIT DEFAULT SWAP SPREADS AND VARIOUS ECONOMIC INDICATORS**

**NURBANU BURSA**

**Master of Science, Department of Statistics**

**Supervisor: Prof. Dr. HÜSEYİN TATLIDİL**

**May 2013, 67 pages**

Determining the economic variables that affect credit default swap spreads which are known as indicator of country risk and modelling these spreadss have great importance in terms of financial world. In this study, after giving information about the general structure of credit default swaps, the literature on sovereign credit default swaps is examined. According to studies in the literature, domestic and international economic variables that can affect Turkey's credit default swap spreads are determined. By means of these variables, models have been developed with various artificial neural networks architectures for modeling Turkey's credit default swap spreads. While developing artificial neural networks, benefited from multilayer perceptrons, radial basis function networks and cascade correlation neural networks.

In addition, in this study the structure of long-term dependency is revealed with detrended fluctuation analysis on Turkey's credit default swap spread time series and this univariate time series is modelled by ARFIMA. By this way, results which obtained from ARFIMA that is classical method are compared with artificial neural networks's results and reached conclusion that artificial neural network can be used successfully in sovereign risk.

**Keywords:**Credit Default Swaps, Artificial Neural Networks, Multilayer Perceptrons, Radial Basis Function Networks, Cascade Correlation Neural Networks, Detrended Fluctuation Analysis, ARFIMA.

## TEŞEKKÜR

Tez alıőması boyunca sabrı ve iten tavırlarıyla her zaman yanımda olan değerli danıőmanım Prof. Dr. Hüseyn TATLİDİL' e,

Sevgi ve yardımını benden hiçbir zaman esirgemeyen kadim dostum Gizem KAVLAK'a,

Hacettepe Üniversitesi İstatistik Bölümü'nde geçirdiğim Őu zamana kadar samimiyetlerini ve desteklerini yürekten hissettiğim başta oda arkadaşım Arő. Gör. İrem TATAR olmak üzere Arő. Gör. Ceren Eda CAN, Arő. Gör. Hande KONŐUK ve Yasemin Burcu GÜNDOęDU' ya,

Bugün sahip olduęum her Őeyimi borçlu olduęum sevgili ablam Ayőegül ÜLKER, canım annem Mürüvvet BURSA ve sevgili halam Nurdan BURSA' ya,

Yüksek lisans eğitimim boyunca maddi desteğini esirgemeyen ve daima bilime katkıda bulunan TÜBİTAK kurumuna,

teőekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
İTHAF SAYFASI.....	ii
ETİK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. TEMEL KAVRAMLAR.....	3
2.1. Finansal Risk ve Risk Yönetimi .....	3
2.2. Kredi Riski .....	4
2.3. Kredi Türevleri .....	6
2.3.1. Türev ürünler .....	6
2.3.2. Kredi türev ürünleri .....	7
3. KREDİ TEMERRÜT TAKASLARI .....	10
3.1. Kredi Temerrüt Takaslarının İşleyişi ve Yapısı .....	10
3.2. Kredi Temerrüt Takaslarının Kullanım Amaçları.....	14
3.3. Finansal Krizler ve Kredi Temerrüt Takasları .....	15
3.4. Ülke Riskleri ve Türkiye Açısından Kredi Temerrüt Takasları.....	16
3.5. Kredi Temerrüt Takaslarıyla İlgili Yapılmış Çalışmalar .....	19
4. UZUN DÖNEM BAĞIMLILIK ve TRENDDEN ARINDIRILMIŞ DALGALANMA ANALİZİ.....	22



4.1. Uzun Dönem Bağımlı Süreçler .....	22
4.2. ARFIMA Modelleri .....	23
4.3. Trendden Arındırılmış Dalgalanma Analizi .....	24
5. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÖNGÖRÜ AMAÇLI KULLANIMI.....	27
5.1. Yapay Sinir Hücresinin ve Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı .....	27
5.2. Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağları .....	32
5.2.1. Çok Katmanlı Algılayıcılar.....	32
5.2.1.1. Çok Katmanlı Algılayıcı Tasarımı .....	32
5.2.2. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları .....	35
5.2.2.1. Radyal Tabanlı Ağların Tasarlanması .....	38
5.2.3. Kademeli Korelasyon Sinir Ağları.....	39
5.2.3.1. Kademeli Korelasyon Sinir Ağlarının Tasarımı .....	41
6. UYGULAMA .....	43
6.1. Trendden Arındırılmış Dalgalanma Analizi .....	43
6.2. ARFIMA.....	46
6.3. Çalışmada Kullanılan Veri Grubu .....	47
6.4. Tasarlanan YSA Modelleri.....	48
7. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	57
KAYNAKLAR .....	61
ÖZGEÇMİŞ .....	66

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. 2012 yılı 4. çeyreğine ait tüm dünyada kredi türev kompozisyonu.....	8
Şekil 3.1. CDS işleminin yapısı.....	12
Şekil 3.2. Risk değerlendirmesinde kullanılan göstergeler.....	18
Şekil 5.2. Örnek bir yapay sinir ağı .....	30
Şekil 5.3. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması .....	31
Şekil 5.4. Farklı merkez ve genişlikte Gauss fonksiyonu .....	37
Şekil 5.5. Radyal tabanlı fonksiyon ağlarının yapısı .....	37
Şekil 5.6. Farklı merkez ve genişlikte Gauss fonksiyonları ile öğrenme. ....	38
Şekil 5.7. Basit bir kademeli korelasyon sinir ağı yapısı .....	40
Şekil 5.8. Tek gizli nöron bulunan kademeli korelasyon sinir ağı.....	40
Şekil 5.9. İki gizli nöronlu kademeli korelasyon sinir ağı .....	41
Şekil 6.1. Türkiye' nin 5 yıl vadeli CDS primleri .....	43
Şekil 6.2. $\log(n)$ ve $\log(F(n))$ ' nin regresyon doğrusu ve denklemi.....	45
Şekil 6.3. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve gerçek değerleri. ....	46
Şekil 6.4. Model 1'de Durum 1 için bulunan en iyi YSA mimarisi.....	49
Şekil 6.5. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri.....	49
Şekil 6.6. Model 1'de Durum 2 için bulunan en iyi YSA mimarisi.....	51
Şekil 6.7. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri.....	51
Şekil 6.8. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve gerçek değerleri .....	52
Şekil 6.9. Model 2 için bulunan en iyi YSA mimarisi .....	53
Şekil 6.10. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve tahmin değerleri ...	53
Şekil 6.11. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve gerçek değerleri ..	54
Şekil 6.12. Model 4 için en iyi YSA mimarisi .....	55
Şekil 6.13. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri....	55
Şekil 6.14. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve tahmin değerleri ...	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Derecelendirme şirketlerine göre kredi notları ve anlamları .....	5
Çizelge 3.1. Kredi olayı durumlarının anlamları .....	11
Çizelge 6.1. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primleri serisi için Augmented-Dickey Fuller Testi.....	44
Çizelge 6.2. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primleri serisi için Phillips-Perron testi .....	44
Çizelge 6.3. Regresyon denkleminin katsayıları ve standart hataları (Bağımlı değişken: $\log(F(n))$ ).....	45
Çizelge 6.4. Modellerde kullanılan değişkenler.....	47
Çizelge 7.1. Modellerden elde edilen öngörülerin hataları .....	58

## KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ARFIMA	Otoregresif Kesirli Bütünleşik Hareketli Ortalamalar
BIST100	Borsa İstanbul 100 Endeksi
CCNN	Kademeli Korelasyon Sinir Ağları
CDO	Teminatlı Borç Senedi
CDS	Kredi Temerrüt Takası
CLN	Kredi Temerrütüne Bağlı Tahvil
ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcı
DFA	Trendden Arındırılmış Dalgalanma Analizi
DJI	Dow Jones endeksi
EUR	Avro
HKO	Hata Kareler Ortalaması
HKT	Hata Kareler toplamı
JPY	Japon Yeni
MHO	Mutlak Hata Ortalaması
MHOY	Mutlak hata ortalama yüzdesi
PIIGS	Portekiz, İtalya, İrlanda, Yunanistan, İspanya
RTFA	Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları
TL	Türk Lirası
TRS	Toplam Getiri Takası
USD	Amerikan Doları
VIX	Volatilite Endeksi
YSA	Yapay Sinir Ağları

# 1. GİRİŞ

Dünya' da ekonomik kalkınma ve gelişimin rotasını belirleyen serbest girişimin ve bunun sonucu olarak ortaya çıkan serbest piyasa ekonomisinin önünü açan en büyük etken risk almaya yönelik eğilimlerdir. Zamanla, risk almak gelişmenin adeta birincil nedeni haline gelmiş ve riski etkin bir şekilde yönetmek için risk yönetimi disiplini son derece önem kazanmıştır. Yine bu bağlamda, günümüzde hızla etki alanı genişleyen türev piyasaları finans çevrelerinin karşısına çıkmıştır. Bu piyasalarda özellikle kredi türevleri adı altında, kredi riskinin çeşitli risk aktarım enstrümanları vasıtasıyla bu riskleri almak isteyenlere aktarılmasına olanak sağlayan yeni yöntemler geliştirilmektedir.

Kredi türevlerinin finansal piyasalarda en yaygın olarak işlem gören enstrümanı kredi temerrüt takası (creditdefaultswap) yani CDS'tir. CDS, bir alacaklının, üçüncü bir kişiye belli bir ücret ödeyerek, alacağını garantilemesini sağlayan sözleşmelerdir. Yani alacaklının, borçlunun iflas riskinden kurtulmasıdır. Bu riski,CDS satıcısı belirlibir ücret karşılığı üstlenir. Bu ücrete CDS primi denir.CDS sözleşmelerinde en önemli nokta ödenecek primlerin ne kadar olacağıdır. Primlerin miktarını borçlu olan ülkenin ya da şirketin iflas etme olasılığı belirler. İflas etme olasılığı arttıkça ödenecek primler de doğru orantılı olarak artar.

Gün geçtikçe hacim olarak önemli bir duruma gelmeye başlayan CDS'lerinbu yükselişinde, devletlerin ülke riskinin bir göstergesi olarak kullanılmalarının ve diğer risk göstergelerine göre daha doğru sonuçlar sunmalarının payı büyüktür.

Ülke risklerinin oranı, ülkenin ekonomisinin geçmiş ve gelecekteki performansıya yakından ilgilidir. Ekonomik değişkenlerin en önemli özelliği ise ölçülebilir veriler olması vetarihi gelişimleri hakkında ayrıntılı bilgilerin kolaylıkla bulunabilmesi nedeniyle sosyo-politikdeğişkenlere kıyasla çok daha kullanışlı olmasıdır. Bu bağlamda, CDS primleri ile hangi ekonomik değişkenlerin arasında bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin modellenmesi önemlidir.

Bu çalışma ile öncelikle risk yönetiminin bir alt dalı olan kredi risk yönetimine,kredi türev ürünlerindenCDS'in yapısına ve ekonomideki öneminedetaylı bir bakış hedeflenmiştir. Ayrıca daha önce yapılan çalışmalar referans alınarak belirlenen çeşitli ekonomik göstergelerile Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primleri

arasındaki ilişkinin modellenmesi ve bu modeller yardımıyla da Türkiye'nin CDS primlerinin öngörülmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda, çalışmanın izleyen ikinci bölümünde CDS piyasasının daha iyi anlaşılabilmesi için risk yönetimi, türev ürünler ve kredi türevleri hakkında genel bilgiler aktarılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, CDS'lerin işleyişi, yapısı, çeşitleri, kullanım amaçları, finansal krizlerle olan bağlantıları ve ülke riski olarak değerlendirilmeleri incelenmiştir. Aynı zamanda literatürde ülke CDS'leriyle ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalara yer verilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde uygulamada kullanılacak CDS serilerindeki uzun dönem bağımlılık yapısının ne anlama geldiği bu gibi durumlarda serinin modellenmesinde kullanılan ARFIMA tekniği ve bu uzun dönem bağımlılık yapısının ortaya çıkarılmasında kullanılan trendden arındırılmış dalgalanma analizi (detrended fluctuation analysis-DFA) hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde ise CDS modellemesinde kullanılabilecek alternatif bir yöntem olan yapay sinir ağları (YSA) genel hatlarıyla incelenmiş ve uygulamada kullanılan 3 farklı YSA çeşidinin mimari yapılarından bahsedilmiştir.

Çalışmanın uygulama kısmını oluşturan altıncı bölümde, Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primi serisindeki uzun dönem bağımlılık yapısı DFA analizi ile ortaya çıkarılmış, bu analiz yardımıyla belirlenen kesirli fark parametresiyle ARFIMA modellemesi gerçekleştirilmiştir. Modellerde kullanılacak ekonomik değişkenlerle ilgili açıklamalara yer verildikten sonra farklı mimarilerde oluşturulan en iyi 3 adet YSA modeline ve bu modellerin uygulamasıyla elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Çalışmanın yedinci ve son bölümünde uygulama kapsamında elde edilen sonuçlar hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır. Aynı zamanda ARFIMA ve 3 farklı YSA modelinden elde edilen öngörüler karşılaştırılmış ve YSA tekniğinin ülke riskini, bu riski etkileyen belli başlı yurtiçi ve yurtdışı ekonomik değişkenlerle başarıyla modelleyebileceği sonucuna varılmıştır.

## 2. TEMEL KAVRAMLAR

### 2.1. Finansal Risk ve Risk Yönetimi

1970'lerin ilk yarısından sonra sermayenin uluslararası dolaşımının önündeki engellerin kalkması, sabit kur sisteminin terk edilmesi, teknolojinin hızla ilerlemesi globalleşme olgusunu beraberinde getirmiştir. Bu durum, ülkelerin finansal sistemlerinin uluslararası finansal sistemlere entegre olması, bir ülkedeki ekonomik ve politik istikrarsızlıktan diğer ülkelerinde etkilenmesi sonucunu doğurmuştur. Artık Uzak Doğu ya da Latin Amerika' da yaşanan krizler diğer ülkeleri de yakından ilgilendirir hale gelmiş ve bu belirsizliğe karşı kendini koruyamayan yatırımcılar büyük kayıplara katlanmak zorunda kalmıştır. Özellikle uç bir örnek olmakla birlikte 11 Eylül 2001'de ABD'de gerçekleştirilen terörist saldırılarının dünyada yarattığı ekonomik olumsuzluklar (altın ve petrol fiyatlarının yükselmesi gibi) ülkemizde de dolar değerinin yükselmesine, borsanın düşmesine yol açmıştır. Bu gibi nedenlerden dolayı yatırımcıların gelecek ile ilgili belirsizlikleri önceden görmek istemeleriyle riske yönelik her geçen gün artan bir ilgi oluşmuştur.

Risk, genel anlamda beklenen veya umulan bir sonuçtan sapma olasılığının mevcut olduğu bir hali anlatır. Son zamanlarda riske yönelik artan eğilimler ve ilgiler sonucunda istatistiksel metotların da gelişmesiyle riski etkin bir şekilde yönetme anlayışı oluşmuş ve zaman zaman artıp azalarak düzensiz dalgalanma sergileyen istikrarlı ekonomik performansın nasıl sağlanıp korunacağı sorusuna yanıt ararken 'Risk Yönetimi' kavramı gündeme gelmiştir. Risk yönetimi, bir bilim dalı değildir; ancak piyasalardaki hassaslıkları gösteren risk ve ödül, ölçüm ve prosedürlerini geliştiren ve başta çok değişkenli analiz yöntemleri olmak üzere zaman serisi ve regresyon analizi gibi tekniklerden yararlanan bir disiplindir.

Özellikle 1987 yılında ABD'de hisse senedi piyasalarında portföy sigorta uygulamalarından dolayı yaşanan krizle risk yönetimi konusu ivme kazanmaya başlamış ve yapılan çalışmalar risk yönetim bilgi sistemi oluşturulması üzerine odaklanmıştır.

Risk yönetimine olan ilginin artması özellikle piyasalarda yaşanan finansal skandal ve kriz sayısının artış göstermesi ile doğru orantılıdır. Risk yönetimi alanında en önemli kilometre taşı 1988 Basel Sözleşmesi (Basel I)'dir. Basel I, ilk olarak

hedeflediği bankacılık kesiminin ötesinde kabul görmüştür. Bankaların kredi risklerini kapsayan bu düzenleme, yıllar içerisinde finansal piyasalardaki gelişmelere yanıt verecek şekilde birçok kez gözden geçirilmiş ve takip eden düzenlemeler için çok önemli bir basamak oluşturmuştur. Zamanla mali piyasaların gelişmesi sonucu Basel I standartlarının yetersiz kalmasıyla Haziran 2004'te Basel II standartları oluşturulmuştur. Basel II'de, Basel I'de yer alan kredi riskine ek olarak faiz oranı riski, operasyonel risk ve piyasa riski çok geniş bir çerçevede ele alınmıştır. Ancak son yaşanan 2008 finansal krizi ile birlikte Basel II'nin likidite yeterlilik ve risk bazlı olmayan kaldıraç oranları gibi gözlemlenen eksikliklerini kapatmak amacıyla, devrim niteliğinde olmayıp sadece ek düzenlemeler şeklinde olan Basel III olarak adlandırılan değişikliklere, 2010 yılında yer verilmiştir [1].

## **2.2. Kredi Riski**

Finansal işlemlere taraf olan birey ve şirketlerin karşı karşıya oldukları piyasa riski ve kredi riski olmak üzere iki temel risk çeşidi bulunmaktadır. Piyasa riski, faiz oranlarında, döviz kurlarında, hisse senedi fiyatlarında ve diğer finansal göstergelerde meydana gelebilecek değişikliklerin finansal işlemler üzerindeki etkisidir. Kredi riski ise en temel tanımıyla, finansal işlemler dolayısıyla maddi yükümlülüğü olan tarafın, önceden taahhüt ettiği şekilde yükümlülüğünü yerine getirememesi yani ödeme konusunda temerrüde düşme olasılığıdır [2; 3; 4; 5;].

Kredi riski, faaliyetlerinin büyük bir bölümünün bu riskten oluşması nedeniyle başta bankalar olmak üzere şirketler ve hükümetler gibi tüm kredi sağlayıcılarının karşılaşılabilecekleri bir risktir [2].

Yatırımcılar kredi riskinin göstergesi olarak, kredi notu ve kredi risk primini kullanmaktadırlar. Kredi notu, bazı borç yatırım araçlarına yatırım yapıldığında karşılaşılabilecek temerrüt riski hakkında kredi derecelendirme kuruluşlarının görüşünü ifade etmektedir [6]. Standard&Poors, Moody's ve FitchRatings olmak üzere finans dünyasında güvenilirliği oldukça yüksek düzeyde olan üç kredi derecelendirme kuruluşu bulunmaktadır. Bu derecelendirme şirketlerinin uzun ve kısa vadeler için kullandıkları kredi notlarının simgeleri ve anlamları Çizelge 2.1.'de verilmiştir. Kredi notları sayesinde firmalar ve ülkeler, belli bir ölçek çerçevesinde (yüksek kalite, yüksek spekülasyon, yüksek risk vs. gibi) kategorize edilebilmektedirler [7].



Daha sayısal bir gösterge olan kredi risk primi ise, risksiz faiz oranı (örneğin Amerikan devlet tahvillerinin getirisi) üzerine piyasanın talep ettiği miktardır. Başka bir deyişle, kredi risk primi, yatırımcıların, temerrüde düşme riski taşıyan bir firmaya borç vermek için Amerikan devlet tahvilinin getirisine ek olarak istedikleri ekstra getirinin adıdır. Bir firmanın kredi riski yükseldikçe, yatırımcılar daha yüksek miktarlarda kredi risk primi talep etmeye başlarlar [8].

**Çizelge 2.1.** Derecelendirme şirketlerine göre kredi notları ve anlamları

Moody's		S&P		Fitch		Kredi Notlarının Anlamları
Uzun vadeli	Kısa vadeli	Uzun vadeli	Kısa vadeli	Uzun vadeli	Kısa vadeli	
Aaa	P-1	AAA	A-1+	AAA	F1+	En yüksek dereceli
Aa1		AA+		AA+		Yüksek dereceli
Aa2		AA		AA		
Aa3		AA-		AA-		
A1	P-2	A+	A-1	A+	F1	Üst orta sınıf
A2		A		A		
A3		A-		A-		
Baa1	P-3	BBB+	A-2	BBB+	F2	Alt orta sınıf
Baa2		BBB		BBB		
Baa3		BBB-		BBB-		
Ba1	Not prime	BB+	B	BB+	B	Yatırım yapılamaz spekülasyon
Ba2		BB		BB		
Ba3		BB-		BB-		
B1		B+		B+		
B2		B		B		
B3		B-		B-		
Caa1		Not prime		CCC+		C
Caa2	CCC		Büyük ölçüde spekülasyon			
Caa3	CCC-		Kurtarılması beklenen, iflasa yakın			
Ca	CC					
C	C					
/	D	/	/	DDD	/	İflas
/				DD		
/				D		

En önemli risk çeşitlerinden biri olan kredi riskinin daha iyi yönetilebilmesi için zaman içerisinde geleneksel yöntemlere (garanti mektupları, çeşitli teminatlar vs. gibi) alternatif olarak kredi riskini diğer risklerden ayıran ve transferini sağlayan kredi türev ürünleri ortaya çıkmıştır [9].

## **2.3. Kredi Türevleri**

### **2.3.1. Türev ürünler**

90'lı yılların başından itibaren finansal yeniliklerde muazzam bir artış yaşanmaya başlanmıştır. Bu yaşanan yeniliklerin tipik doğası; geleneksel bir finansal sözleşmenin çeşitli parçalarından geliştirilen yeni bir ürünün, yeni bir formatta ve yeni bir sözleşme halinde sunulmasıdır. Söz konusu yeniliklerden en önemlisi de türev ürünlerin ortaya çıkışıdır.

Aslında türev ürünlerin tarihinin, en az ticaret ve finansın tarihi kadar eski olduğu kabul edilmektedir. İlk türev sözleşmesinin tarihi Mezopotamya'ya kadar dayandırılmakta, opsiyon sözleşmelerine Kitab-ı Mukaddes'te bile rastlanmaktadır [10].

Türev ürünler, finansal risklerin daha iyi anlaşılmasını, ölçülmesini ve yönetilmesini, özellikle döviz kuru ve faiz oranı değişimlerinden kaynaklanan risklere karşı katlanılabilir maliyetlerle korunabilmeyi mümkün kılan ürünlerdir [11]. Özetle, risklerin bunları taşımaya isteksiz taraflardan istekli taraflara aktarılmasını sağlayan dayanak bir finansal değer üzerinden türetilen sözleşmeler olarak da tanımlanabilirler [12]. Örneğin bir hisse senedi türevi, ilgili hisse senedini portföyden çıkarmadan, hisse senedi fiyatlarında meydana gelebilecek hareketlilik esas alınarak hazırlanan bir sözleşmedir. Böylece ilgili varlığın sahipliği transfer edilmeden, riskin yönü değiştirilebilmektedir [13].

Türev ürünler temelde iki başlık altında değerlendirilebilirler. Birincisi, türev ürünlerin tezgah üstü (over-the-counter) ve organize borsalarda (exchangetraded) faaliyet gösteren enstrümanlar olarak iki grupta kategorize edilmesidir. Diğeri ise vadeli işlem (forward), gelecek (futures), opsiyon (option) ve swap sözleşmeleri şeklinde gruplandırılmasıdır [14].

Türev ürünler, sadece risk yönetimi işlevini iyileştirmekle kalmayıp, hem likiditeyi arttırmakta hem de risk yönetiminin maliyetini azaltmaktadırlar. Özellikle son yıllarda kredilerden doğabilecek zararlara karşı koruma sağlayan ve kredi riskinin transferinde sıklıkla kullanılan türev ürünlerin bir türü olan kredi türevleri, hızlı gelişim göstermektedirler [15; 16].

### 2.3.2. Kredi türev ürünleri

İlk kez 1992 yılında kullanılan kredi türev kavramı; değeri, bir referans kurumun kredi veya tahvil gibi bir yükümlülüğünün kredi kalitesine bağlı olan finansal araçları tanımlamak için kullanılmaktadır[17; 18].

Kredi türevleri piyasası, şirket ve ülkelerin güvenilirliğinin alınıp satıldığı piyasalardır. Bir şirket ya da bir ülke, borç aldığı zaman bu borcun arkasında “Paranızı geri ödeyeceğim.” sözü vardır. Verilen bu söze ne kadar güvenilebilir? İşte kredi türevleri piyasasında alınıp satılan budur; borçların kendisi alınıp satılmaz. Nasıl döviz piyasasında dövizin, bono piyasasında bononun ticareti yapılıyorsa, kredi türevleri piyasasında da şirketlerin ve ülkelerin borcunu geri ödememe riskinin ticareti yapılmaktadır [19].

Genellikle tezgah üstü piyasalarda işlem gören kredi türevleri; kredi riskini, piyasa riski, operasyonel risk gibi diğer risk kaynaklarından ayırıştırırlar ve bu riski, bir yatırımcıdan diğerine kolaylıkla ve düşük bir maliyetle transfer ederler[20].

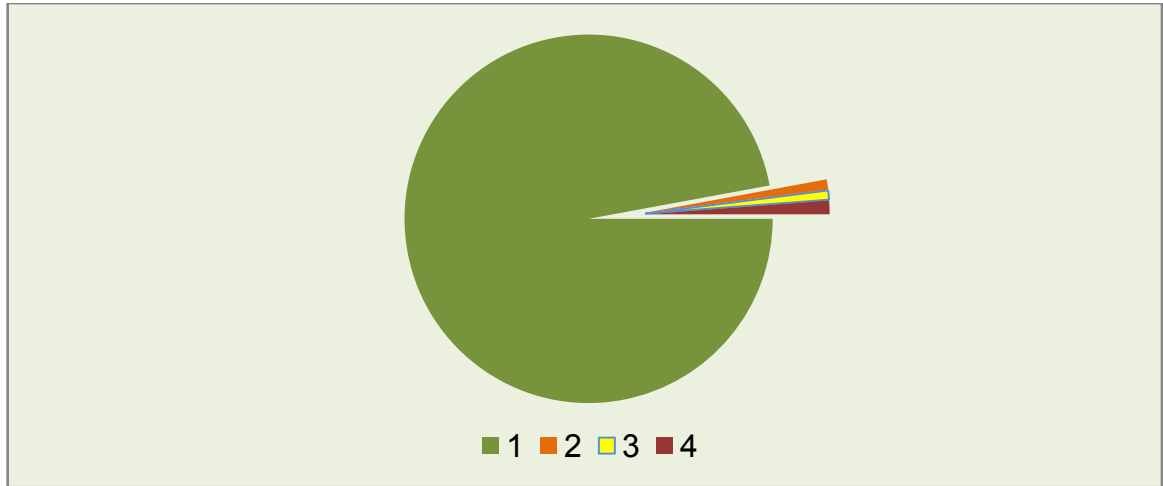
Şimdiye dek kredi türevlerinin gelişimi 4 aşamada gerçekleşmiştir. 1980'lerin sonunu ve 1990'ların ilk yıllarını kapsayan birinci aşamada, kredi riskini azaltmak isteyen bankalar tarafından kredi türevleri, geçici çözüm olarak görülmüşlerdir. 1990'ların başı ile 1997 yıllarını kapsayan ikinci aşamada, kredi türev piyasası için aracı piyasalar oluşmuştur. Bu sayede yatırımcıların piyasaya çekilmesiyle birlikte, likidite ve etkin fiyatlama olanağı sağlanmıştır. Bunların yanı sıra o yıllarda, uzman olmayan yatırımcılar alım satım yapabilir hale gelmişlerdir. 1997 yılının ikinci yarısında gerçekleşen Asya krizinden sonra 1990'ların sonundaki üçüncü aşamada, kredi temerrüt takasları, kredi türevlerinin en önemli çeşidi olarak ön plana çıkmış ve araçlar çeşitlendirilmiştir. Ancak bu dönemde kredi türevleri için standart bir belgelemenin bulunmaması bu gelişimin hızını biraz yavaşlatmıştır. Dördüncü aşamada ise, 2003'ten itibaren kredi türevleri, ISDA (Uluslararası Swap ve Türev Ürünler Organizasyonu) tarafından hazırlanan dokümantasyon ve terminolojiyi kullanarak belirli standartlar üzerinden işlem görmeye başlamışlardır. Böylece yasal uyumsuzluklar ve sorunlar azaltılmış, kredi türevleri piyasasının işlem hacmi de hızla artmıştır [19; 21].

Kredi türevleri de diğer türev ürünleri gibi genellikle fiyat ve faiz dalgalanmalarından kaynaklanabilecek risklerden korunma, spekülasyon ve

arbitraj gibi farklı amaçlarla başta bankalar olmak üzere sigorta şirketleri, menkul kıymet aracı kurumları, yatırım ortaklıkları ve sosyal güvenlik kurumları tarafından kullanılmaktadırlar [22].

Başlıca kredi türev ürünleri, Kredi Temerrüt Takası (CreditDefault Swap-CDS), Toplam Getiri Takası (Total Return Swap-TRS), Kredi Temerrütüne Bağlı Tahvil (Credit Link Note-CLN) ve Teminatlı Borç Senedi (CollateralizedDebtObligation-CDO) olarak sayılabilirler. Bu ürünler, geleneksel risk transfer araçlarında bulunmayan kredi riskini alıp satabilme, sentetik kompozisyonlar oluşturabilme, bankaların kredi portföylerinde dinamik ayarlara gidebilme gibi özelliklere sahiptirler. Ayrıca bir bütün olarak ekonomide riskin dağılımını etkinleştirirler ve fiyatlamayla birlikte borçlunun kredi değerliliği hakkında da yatırımcılara bilgi sağlarlar [23; 24].

Kredi türevleri her ne kadar kredi riskinin yönetilmesinde çok önemli araçlar olsalar da, bazı finansal risklerin ortaya çıkmasına da neden olabilmektedirler. Bu riskleri; kredi riski, operasyonel risk, karşı taraf riski, likidite riski, fiyatlama riski ve yasal risk olarak sıralamak mümkündür. Genellikle ekonomistler tarafından bu risklerin kredi türev piyasasının gelişimini etkilemeyecek derecede küçük ve kontrol altına alınabilir oldukları düşünülmektedir[25].



1: Kredi Temerrüt Takasları (%97,1)2: Kredi Opsiyonları (%0,9)

3: Diğer Kredi Türevleri (%1,2)4: Toplam Getiri Takasları (%0,8)

Şekil 2.1. 2012 yılı 4. çeyreğine ait tüm dünyada kredi türev kompozisyonu

ABD Hazine Bakanlığı'nın 2012 son çeyreğine dair kredi türev ürünlerinin dünya çapında kullanılma oranlarından yararlanılarak hazırlanan Şekil 2.1.'deki kredi türev kompozisyonuna göre kredi türevlerinin içerisinde en fazla kullanılan rn CDS'lerdir[26].

### 3. KREDİ TEMERRÜT TAKASLARI

#### 3.1. Kredi Temerrüt Takaslarının İşleyişi ve Yapısı

Son yıllarda finansal piyasalarda yaygın olarak işlem gören CDS'ler bir tarafın, belirli bir referans kurumun ihraç ettiği referans varlıkların temerrüde düşme riskini, periyodik prim ödemeleri karşılığında, diğer bir tarafa transfer ettiği sözleşmelerdir [27].

CDS sözleşmelerinden önce, örneğin bir bono yatırımcısı, riskini düzenlemek için ya daha fazla bono alır ya da elindeki bonoları satardı. Ancak CDS sözleşmeleriyle birlikte yatırımcının bağımsız bir şekilde riskini ayrıştırarak yönetebilmesi sağlanmıştır [28].

'Koruma' olarak da bilinen CDS'ler, bir koruma alıcı, bir de koruma satıcıdan oluşan iki taraflı sözleşmelerdir. Koruma alıcısı, belirli bir referans borçlu tarafından düzenlenmiş bir referans varlıktan kaynaklanan kredi riskini kısmen ya da tamamen üçüncü kişilere aktaran taraftır. Koruma satıcısı ise, referans varlıktan kaynaklanan kredi riskini kısmen ya da tamamen üstlenen taraftır [19].

Referans varlık, korumanın sağlandığı krediyi ya da diğer bir varlığı ifade etmektedir. Referans varlık, işletme kredisi, banka kredisi, ülke kredisi veya tahvil gibi bir finansal varlık veya bunlardan oluşan bir portföy olabilir [29]. Söz konusu referans varlıkların borçlusu ise, referans borçlu olarak ifade edilir. Referans borçlu herhangi bir şirket ya da banka olabileceği gibi bir ülke de olabilir ki referans borçlulara göre CDS sözleşmelerini isimlendirmek de mümkündür. Şirket borçlarından hareketle türetilen CDS'lere kurumsal CDS'ler (corporate CDS) adı verilirken, ülkelerin diğer para birimleri cinsinden ihraç ettiği borçlanma enstrümanları (eurobondlar) üzerine yazılan CDS'ler de ülke CDS'leri (sovereign CDS) olarak adlandırılırlar.

Sözleşmeyle hükme bağlanan ve Çizelge 3.1.'de görüldüğü üzere iflas, yeniden yapılandırma, moratoryum gibi koruma tutarının hemen ödenmesine neden olan herhangi bir kredi olayına ise ödeme koşulu denmektedir [30].

Ödeme koşulunun gerçekleşmesi sonrasında, koruma satıcısı, koruma alıcısına yatırım kaybı karşılığında, bu kaybı dengelemeyi amaçlayan bir ödeme yapar. Bu ödemeye koruma tutarı denir. Eğer sözleşmede fiziki ödeme konusunda anlaşılmış ise, koruma alıcısı, koruma satan tarafa temerrüde düşmüş referans varlığı

vererek karşılığında belirtilen referans varlığın nominal değerini nakit olarak alır. Ancak sözleşmede nakdi ödeme üzerinde anlaşılmış ise, koruma satan taraf, referans varlığın nominal fiyatı ile temerrüt sonrası son fiyatı arasındaki fark bedelini koruma alan tarafa öder. Bahsi geçen korunmaya karşılık olarak da koruma alıcısı, belirli periyotlarda koruma satıcısına CDS spreadi ya da CDS primi denen bir ücret öder. Primler, CDS'lerle ilgili riskin fiyat göstergesi olarak da düşünülmektedirler.

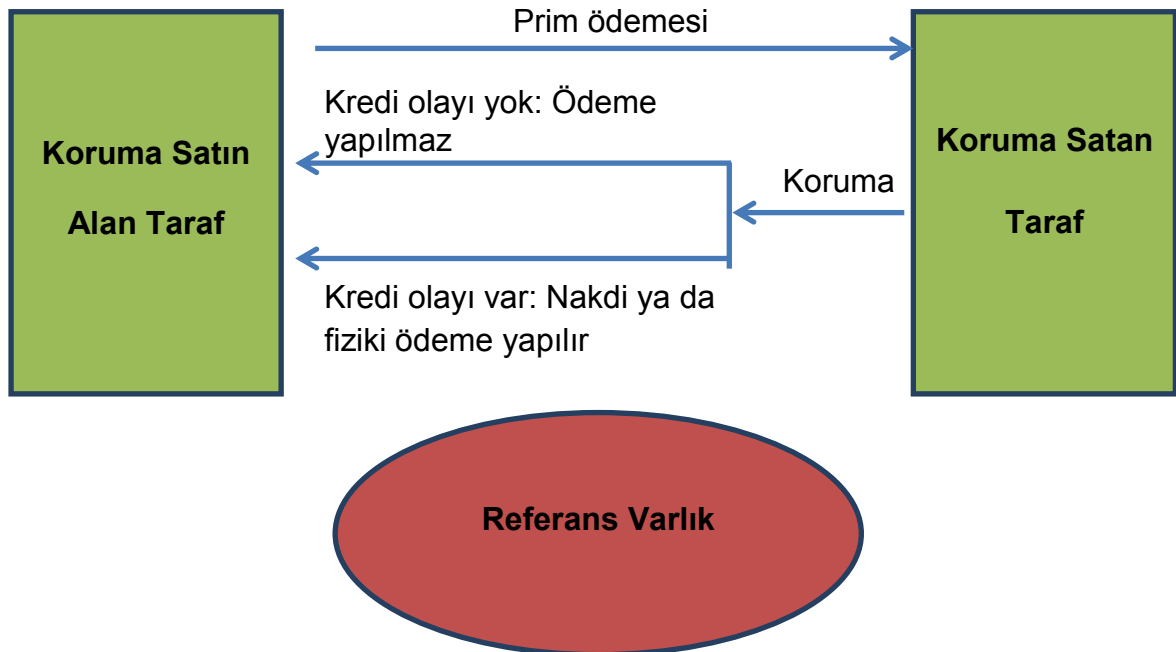
**Çizelge 3.1.** Kredi olayı durumlarının anlamları

Kredi Olayları	Anlamları
İflas	Referans tarafın kanunen iflas etmesidir.
Ödeyememezlik hali	Vadesinde ödeme yükümlülüğü olmasına rağmen, referans tarafın faiz veya anapara ödemesini yerine getirememesinden kaynaklanır.
Yükümlülüğün yerine getirilememesi	Vadesinden önce referans tarafın temerrüde düşmesinden dolayı ilgili yükümlülüğün vadesi gelmiş gibi kabul edilerek koruma satan taraftan ilgili yükümlülüğün karşılanmasının talep edilmesidir.
Yükümlülüğün hızlandırılması	Yükümlülüğün yerine getirilememesinin bir alt kategorisidir. Vadesinden önce referans tarafın temerrüde düşmesinden dolayı ilgili yükümlülüğün vadesi gelmiş gibi kabul edilerek koruma satan taraftan ilgili yükümlülüğün karşılanmasının hızlandırılmasının ya da vadesinin kısaltılmasının talep edilmesidir.
Borcu kabul etmeme (moratoryum)	Referans tarafın, borçlarını ödememe kararını açıklaması veya yükümlülükleri üzerine moratoryum ilan etmesidir.
Yeniden yapılandırma	Referans tarafın yükümlülüklerinin şartlarının değiştirilerek ödeme yükümlülüklerinin maddi yapılandırılmasına dayanır.

CDS'in vadesi ise, korumanın geçerli olacağı süreyi ifade etmektedir. CDS sözleşmelerinde genellikle kabul gören vadeler 1, 2, 3, 5 ve 10 yıl olup, taraflar farklı vade süreleri üzerinde de anlaşabilirler [9; 19; 31].Örneğin, sözleşmenin

süresi referans varlığın vadesinden daha kısa olabileceği gibi, referans varlığın vadesiyle aynı da olabilir. CDS sözleşmeleri arasında en çok tercih edilen vade 5 yıldır. Bu yüzden de en likit CDS' ler 5 yıllık olanlardır [32].

Oldukça karmaşık bir yapısı olduğu düşünülen CDS'leri anlamak için bir diğer finansal ürün olan araç kaskosu (otomobil sigortası) kullanılabilir. Araç kaskosunda kullanıcı, otomobilini ileride oluşabilecek risklerden, kazalardan veya zararlardan korumak için bir sigorta şirketiyle belirli bir süreliğine anlaşır. Bu süre boyunca kullanıcı, sigorta şirketine belirli miktarda primler öder. Ödenecek prim miktarı, otomobilin daha önceki kaza kayıtları ve otomobilin değeriyle doğrudan ilişkilidir. Sigorta süresi boyunca otomobile gelebilecek her türlü zarar sigorta şirketi tarafından karşılanır. Aynı mantıkla Türkiye eurobondları da referans varlık olarak düşünülür ve bu eurobondlar Türkiye'nin kredi riskine karşı korunmak istenirse, sahip olunan eurobond miktarına ve koruma süresine bağlı olarak bir prim ödenmesi gerekecektir. İşte bu prim CDS spreadi ya da CDS primi olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi koruma satın alan taraf her dönem başında koruma satan tarafa prim ödemesi yapacaktır [33].



Şekil 3.1. CDS işleminin yapısı



Buna karşılık Türkiye, bu eurobondların anaparasını ya da faizini ödeyemez, vadesini değiştirir, farklı bir para birimi ile ödemeyi yapmak ister veya yatırımcıyı zarara uğratacak herhangi bir karar alır ise; koruma satan taraf bu zararı karşılamak zorundadır [34].

Kısacası, CDS sözleşmeleri bir sigorta poliçesine benzer ve primleri de sözleşmenin imzalandığı gündeki risklere göre değişir. Ancak bu iki finansal ürün arasındaki en önemli fark CDS'lerin ticareti yapılabilirken, sigorta poliçelerinin ticaretinin yapılamamasıdır[35].

Başka bir açıdan bakıldığında ise, CDS'lerin finans dünyasına yararı, sigorta şirketlerinin üstlerindeki riskleri tekrar sigortalatarak kendilerini güvence altına almalarıyla aynı özelliği taşımaktadır. Yani CDS'ler bu özellikleriyle bir nevi reasürans görevi üstlenmektedirler. Risk almak istemeyen kuruluşlar, söz konusu riski belli bir ücret karşılığında başka kuruluşlara transfer etmek suretiyle riski paylaşmakta ve kendilerini garantiye almaktadırlar ki bu durumda iki taraf da kazanmaktadır.

CDS'lerde en önemli noktalardan biri de ödenecek primlerin ne kadar olacağıdır. Primlerin miktarı baz puanla ölçülür ve 100bp, %1'e karşılık gelir. Ödenecek primlerin ne kadar olacağını ülkenin ya da şirketin iflas etme olasılığı, işlemin vadesi, koruma satıcısının kredi notu, referans varlık ile koruma satın alan taraf arasındaki ilişki ve referans varlığın beklenen geri dönüş değeri gibi faktörler belirler. İflas etme olasılığı arttıkça ödenmesi gereken prim miktarı da bu olasılıkla doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca uzun vadeli işlemlerde sözleşme primleri daha yüksektir. Çünkü, koruma satıcısı daha çok risk almakta ve koruma satıcısının riski ölçmesi zorlaşmaktadır.

CDS prim hesaplamaları için yapısal ve indirgenmiş modeller kullanılmaktadır. Yapısal modelde CDS'e konu olan firma ya da ülkeye dair çok fazla detaylı bilgi kullanılır ve temerrüt zamanının öngörülebileceği belirtilir. İndirgenmiş modelde ise daha az detay içeren bilgi kullanılır ve temerrüt zamanının öngörüleemeyeceği belirtilir [1; 32]

Referans borçluya göre adlandırılan CDS'lerden farklı olarak referans varlığa göre adlandırılan CDS'ler de mevcuttur. Tek bir referans varlık üzerine inşa edilen CDS sözleşmelerine tek ürün için CDS sözleşmeleri adı verilmektedir. Bunlar türev

piyahasında en çok alınıp satılan CDS tipidir. Birden fazla sayıda referans varlık üzerine yazılmış CDS sözleşmelerine ise sepet CDS sözleşmeleri denir. Bunlardan başka çeşitli CDS sözleşmelerinin birleştirilmesiyle oluşturulan ve aynı anda pek çok CDS sözleşmesinin tek seferde alımına ve satımına imkan tanıyan CDS indeksleri de mevcuttur [36].

### **3.2. Kredi Temerrüt Takaslarının Kullanım Amaçları**

Türev ürünlerin en yaygın kullanılanlarından CDS sözleşmeleri, her ne kadar sistematik risk yükünü hafifleterek, taraflar arasında kredi riskini transfer etmek ve bu şekilde piyasa riskini yönetmek için üretilmiş olsalar da günümüzde alım-satım işlemleri ile kar elde edilmeye çalışılan bir ürün haline gelmişlerdir. Örneğin bir yatırımcının elinde 1 milyon USD değerinde Türkiye eurobondu olduğunu varsayalım. Yatırımcı önümüzdeki dönemde Türkiye ile ilişkili kaygılar taşısa bile elindeki eurobondları satmak istemeyebilir. Bu yüzden, 2 yıllık CDS sözleşmeleri 190 bps ile fiyatlanmış ise yatırımcı iki yıl boyunca senede 19000 USD prim ödeyerek kendini koruma altına alabilir. Primlerin bir gün sonra 250 bps olması halinde, korumasını geri sattığında ise senet üzerinden yaklaşık 6000 USD kar elde etmiş olur.

Alım-satım kazancının yanı sıra CDS'ler son zamanlarda spekülasyon amaçlı da kullanılır olmuşlardır. Özellikle CDS primleri yatırımcılara bir risk göstergesi olarak çok başarılı ve etkin değerlendirmeler sağlamaktadır [37]. Ancak asimetric bilginin yoğun olduğu, finansal şeffaflığın düşük, derecelendirme sisteminin etkin işlemediği gelişmekte olan piyasalarda CDS fiyatlamasının çoğu zaman yanlış yapıldığı ve kredi riskinin etkin bir biçimde yönetilemediği gözlenmektedir. Bu sebeplerle özellikle gelişmekte olan piyasalarda CDS primlerinin referans risk ölçütü olarak kullanılırken dikkat edilmesi gerekmektedir [38].

Anı zamanda CDS sözleşmelerinin herhangi bir başlangıç maliyeti ve referans varlık olmadan kolayca alınıp satılabiliyor olması ve nakit uzlaşmalı olması nedeniyle referans varlığı elde bulundurma zorunluluğu olmaması ve bilanço dışı bir ürün olması, bu sözleşmelerdeki likiditeyi ve işlem hacmini büyük oranda arttırmıştır [14; 34].

Tüm bu olumlu özellikler nedeniyle gelecekte CDS'lerin organize piyasalarda da işlem görmesi uluslararası sermaye piyasalarınca beklenmektedir [4].

### 3.3. Finansal Krizler ve Kredi Temerrüt Takasları

Şimdiye kadar 1997 yılının ortalarındaki Asya krizi, Ağustos 1998'de Rusya'nın temerrüde düşmesi, Ocak 1999'daki Brezilya devalüasyonu, Kasım 2000 ve Şubat 2001 Türkiye krizleri, Aralık 2001'de görülen Arjantin temerrüdü ve 1929 buhranından sonra en büyük kriz olarak nitelendirilen, 2008 yılında etkisi daha ağır hissedilen ve tüm dünyayı etkileyen Amerika merkezli ipotekli konut finansman krizi olmak üzere pek çok finansal kriz yaşanmıştır. Yaşanan son krizin geçmişteki krizlerden en önemli farkı ise klasik bir finans krizi olmaması, karmaşık ve yüksek hacimli türev ürünlerini de kapsamasıdır [9; 14].

1998'den bu yana ABD' de subprimemortgage ve diğer teminatlara dayalı menkul kıymetler üzerine yazılan CDS sözleşmelerinin 2005 yılında standart hale gelmesiyle kullanımları son derece artmış ve 2008 küresel krizinin yaygınlaşmasında katalizör görevi görmüşlerdir. Ekonomistlere göre, ipoteye dayalı menkul kıymetler üzerine yazılan CDS sözleşmeleriyle bu tür menkul kıymet ihraçlarının hacim olarak çok büyük oranda artması krizin temel nedenidir. Başka bir ifadeyle, CDS'lerin sağladığı kredi koruması söz konusu olmasaydı bu kadar büyük oranda ipoteye dayalı menkul kıymet ihraç edilmeyebilirdi [39].

Özellikle CDS'lerin risklerinin yanlış ölçülmesi ve finansal piyasalardaki denetim eksiklikleriyle birlikte olması gerekenden daha fazla risk üstlenilmiş ve bu da bazı finansal kuruluşlarda risk yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu sebeple LehmanBrothers'ın iflas etmesinde ve BearStearns ile birlikte AIG gibi büyük finansal kuruluşların iflasın eşiğine gelmesinden CDS'ler sorumlu tutulmaktadır. Zaten CDS'leri cazip kılan en önemli faktörlerden biri de tezgah üstü piyasalarda işlem görmeleri ve düzenleme dışında kalmalarıdır.

Uluslararası piyasada bir bono temerrüde düşerse koruma satıcısının bunu ödemeye yetecek düzeyde varlıklarının olup olmadığının denetimi yapılmamaktadır [40]. Bu yüzden de ekonominin canlandığı dönemlerde şirketlerin iflas etme ve kredi değerliliklerindeki düşüş olasılığının az olması nedeniyle büyük bankaların birçoğu CDS sözleşmelerinde koruma satan taraf olmuştur [41]. Bu durum, bir şehirdeki birçok evi bir sigorta şirketinin depreme karşı sigortalaması ancak deprem gerçekleşirse ve tüm evler yıkılırsa sigorta şirketinin tüm zararı karşılama gücünün olup olmadığının denetlenmemesine benzetilebilir [21].

Son yaşanan kriz sürecinde CDS gibi türev ürünlerin oluşturduğu balon ekonomilerin zincirleme etki yaparak finansal risk ortamını daha da arttırdığı görülmüştür [14].

Daha önce belirtildiği gibi ekonominin iyiye gittiği dönemlerde referans varlık olan bonoyu çıkaran kurum iflas etmediği sürece CDS satan şirketler aldıkları primlerle kar elde etmektedirler. Ancak bu durum ülke bonoları için biraz daha karışıktır. Her ne kadar ISDA çerçevesinde CDS'lere birçok düzenlemeler getirilmiş olsa da hala bir ülkenin ne zaman iflas etmiş sayılacağı konusunda bir görüş birliği yoktur. Özellikle bu durumun belirsizliği geçtiğimiz aylarda Yunanistan'ın borçlarını %50 oranında sildirmesiyle tekrar göze çarpmıştır. Bazı kesimler söz konusu iskonto isteğe bağlı olduğu için bu durumu iflas değildir şeklinde yorumlamış olsalar da iskontoyu kabul etmeyen bazı kesimler açısından da bu durum iflas anlamına gelmiştir. Bu yüzden, Yunanistan CDS'lerinin ödenmesinin bir hak olarak talep edilip edilmeyeceği sorusu da cevapsız kalmıştır. Ayrıca Yunanistan eurobondu almayıp sadece spekülasyon amaçlı aldıkları CDS'leri bulunan yatırımcılara, hukuksal olarak iskontoyu kabul edip etmemelerinin bir seçenek olarak sunulmaması da düzenlemelerdeki bir başka eksiklik olarak göze çarpmıştır.

Özetle en kısa zamanda, CDS'lerle ilgili kapsamlı bir düzenlemeye gidilmelidir. Çünkü, bir çok ekonomistin saatli bir bombaya benzettiği CDS'lerin ne zaman patlayacağı ve yeni bir finansal krize dolaylı da olsa yol açabilecekleri bilinmemektedir. Ayrıca bu tür bir durumda mağduriyetlerin nasıl giderileceği de belli değildir [42].

#### **3.4. Ülke Riskleri ve Türkiye Açısından Kredi Temerrüt Takasları**

Bir şirketin temerrüde düşme olasılığı aktifleri ile pasifleri arasındaki fark üzerinden hesaplanır. Şirketin pasiflerinin, aktiflerinin miktarına yaklaşması şirketin temerrüde düşme olasılığını artırır. CDS'lerin şirketlerin temerrüde düşme olasılığının hesaplanmasında kullanılabilecek en önemli finansal ürünlerden biri olduğundan daha önce bahsedilmişti. Aynı durum ülkeler için de geçerlidir. Örneğin Türkiye bir şirket olarak düşünülürse aktiflerini Borsa İstanbul, pasiflerini de eurobondlar temsil eder.

Bir ülkenin farklı para birimleri üzerinden borçlandığı bonolarına eurobond denir. Her ne kadar isminde euro kelimesi geçse de eurobondlar USD, EUR veya JPY

gibi farklı para birimleri cinsinden ifade edilebilirler. Türkiye' nin şu an büyük bir kısmı USD' de olmak üzere, EUR ile birlikte iki para biriminde eurobondları bulunmaktadır. Söz konusu eurobondlar, farklı vadelerde ve farklı kupon ödemeleriyle ihraç edilmişlerdir [34].

Bir yatırımcı eurobond aldığı anda kredi riski, faiz riski ve likidite riskiyle karşı karşıya kalır ve kredi riskini alıp satmak için CDS sözleşmelerini kullanır [5].

Bir ülkenin çeşitli sebeplerle dış borçlarını ödeyememesi ya da ödemek istememesi sonucu ortaya çıkan ülke riski; bir ülkedeki kredi yükümlülükleri ya da o ülkeye yapılan yatırımlar açısından önemli etkiler yaratabilecek kapasitede olan ülkenin ekonomik, siyasi ve sosyal koşullarıyla bağlantılı tüm risklerini içermektedir [43; 44].

Finansal piyasalarda, ülkelerin risk primi göstergesi olarak CDS primlerinin kullanılması son zamanlarda yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Ülke CDS'lerinin primi, eurobond ihraç eden ülkenin temerrüde düşmesi durumunda, söz konusu varlığı elinde tutanların önceden belirlenmiş bir miktarda tazminlerini sağlamak amacıyla, CDS satıcılarına ödedikleri, yükümlülük tutarının belirli bir yüzdesi olarak hesaplanan yıllık primlerdir. Bu haliyle CDS primleri, ülkeler için temerrüt riskinin doğrudan bir ölçütü olmaktadır [45].

Esasen ülkelerin CDS primleri, hem temerrüt nedeniyle beklenen zararları hem de risk primlerini yansıtmaktadırlar. Risk primi, beklenmeyen zarar riskine ve yatırımcıların bu riski nasıl fiyatladığına bağlıdır. Fakat bu ayırma gereken önem verilmemekte ve primlerin sadece temerrüt riskini ölçtüğü düşünülmektedir [46].

Ülke riski arttığında CDS primleri artmakta ve risk azaldığında ise, CDS primleri azalmaktadır. Bir anlamda bu primler, uluslararası piyasalarda o ülkenin borçlarını ödeyebilme kabiliyetine olan güveni göstermektedir. Gelişmekte olan ülkeler, finansman ihtiyaçlarının büyük bir bölümünü dış kaynaklardan borçlanarak gerçekleştirdiklerinden, dış dünyanın özellikle bu ülkelere nasıl baktığı büyük bir önem taşımaktadır. Başka bir deyişle bu primler, yabancıların bu ülkelerin ekonomisini ve piyasalarını nasıl değerlendirdiğini gösteren oranlardır [20].

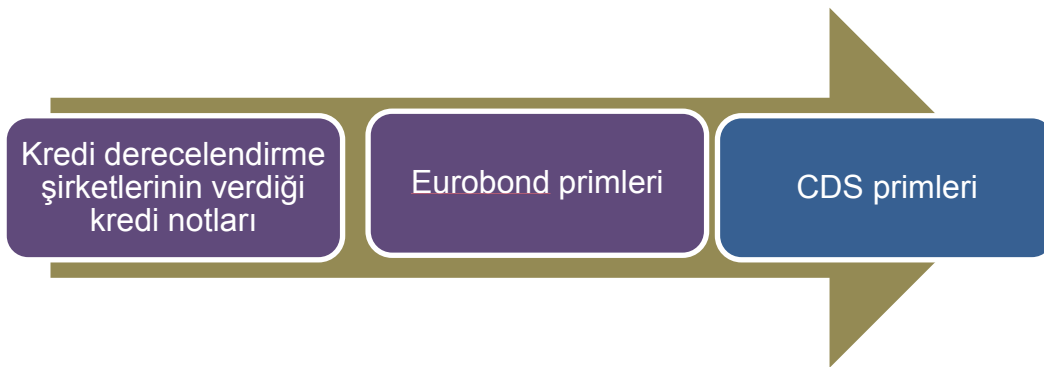
Türkiye'nin CDS piyasasında işlem gören herhangi bir şirketi ya da bankası bulunmamaktadır. Bunun temel nedenleri olarak kredi riski yönetimindeki bilinç eksikliği, kredi türev ürünlerinin tanınmaması, şirket bono piyasasının, kredi

derecelendirme sisteminin ve türev ürünler piyasasının gelişmemesi, yasal düzenlemelerin yetersizliği ve vergi problemlerisayılabılır.

Ancak, kredi türevlerinin Türkiye açısından esas önemi daha önce belirtildiği gibi Türkiye' nin ülke riskinin küresel CDS piyasasında işlem görmesidir. Türkiye ülkeler piyasasının alt sektörü olan, gelişmekte olan ülkeler grubunda görülmektedir. Yüklü eurobondstoğu ve AB sürecinin ortaya çıkarmış olduğu uyum fırsatından dolayı Türkiye' ninCDS'leri bu piyasada en çok işlem gören ürünlerdendir. Türkiye' nin ülke CDS'i uluslararası piyasada, 1 yıl, 4 yıl, 5 yıl, 7 yıl ve 8 yıl ve 10 yıl vadelerinde işlem görmektedir [19].

Türkiye açısından genellikle 15 Ocak 2030 vadeli eurobond, CDS sözleşmelerine konu edilmektedir. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerdeki bankalarda CDS'lerin yapılış amacı eurobondlarda olduğu gibi, faiz gelirin benzer bir prim üretmek ve değer değişimi sonucu alım-satım kazancı elde etmektir [10].

Uzmanların birçoğu CDS primlerinin özellikle gelişmekte olan ülkeler için erken uyarı göstergesi olarak kullanılmasını ısrarla savunmaktadır. Çünkü CDS'lereurobondlardaki prim hareketlerini yakından izlemekte ve bunları ülke riskindeki uzun vadeli değişimlere kolaylıkla yansıtılabilmektedirler [46]. Zira bir ülkenin riski 1990'lı yılların ortalarına kadar, ağırlıklı olarak kredi derecelendirme şirketlerinin verdiği kredi notları ve eurobond primleri kullanılarak ifade edilmekte iken 1996 yılından sonra CDS piyasasının gelişimiyle 3. bir kredi risk göstergesi gündeme gelmiştir.



Şekil 3.2. Risk değerlendirmesinde kullanılan göstergeler

Uluslararası kredi derecelendirme kuruluşlarının (S&P, Moody's, Fitch gibi) son yıllarda yaşanan krizlerde sıkıntıları önceden haber vermek yerine gelişmeleri geriden takip etmesi, özellikle İspanya, Portekiz ve hatta Yunanistan'ın borç

durumunu değerlendirme konusunda oldukça geç kalması, itibar yitirmelerine neden olmuştur. Oysa bu ülkelerin CDS'lerindeki yükseliş çok daha önceden başlamıştır. Bu yüzden yatırımcılar artık kredi notlarına değil, ülkelerin ihraç ettikleri eurobondlarının batma riskine karşı sigorta primi görevi gören CDS primlerine bakarak yönlerini belirlemeyi tercih etmektedirler. New York Times gazetesi yazarı Floyd Norris, her ne kadar CDS sözleşmelerini insanların ölümü için bahse girmeye benzetip 2010 yılının Mayıs ayında yayımladığı makalesinde, "Yatırımcılar benim hayatım, benim evim, benim ülkemin borcu için sigorta alıyorlar." dese de CDS primlerinin ülke riskini göstermedeki önemi uzmanların da savunduğu gibi tartışılmayacak boyutlardadır [1].

### **3.5. Kredi Temerrüt Takaslarıyla İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Hem ülke hem de şirket risklerini diğer risk göstergesi araçlara göre daha iyi yansıtması sebebiyle son 20 yılda CDS piyasası çok hızlı bir gelişme yaşamıştır. Bu gelişmeyle birlikte CDS primleri üzerine yapılan çalışmalar da sayıca artmıştır.

Literatürde CDS primleri için yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak bunların büyük bir çoğunluğu kurumsal CDS primleri üzerinedir. Ülke CDS primleriyle ilgili yapılan çalışmalar son yaşanan krizde CDS'lerin ülke riskini kredi notlarından daha iyi yansıttığının anlaşılmasıyla hız kazanmaya başlamıştır.

Ülke CDS primleriyle ilgili yapılmış belli başlı çalışmalar aşağıdaki gibidir:

- Amadou[47], 17 ülkeyi kapsayan bir çalışma yapmış ve ülkelerin derecelendirme notlarıyla CDS primleri arasında negatif bir ilişki olduğunu saptamıştır.
- Skinner ve Townend[48], 29 ülkenin CDS'lerini bir satım opsiyonu olarak düşünmüş ve bu opsiyonun fiyatının oluşmasında etkili olan değişkenleri risksiz faiz oranı, referans varlığın getirisi ve vade zamanı olarak bulmuşlardır.
- Houweling ve Vorst[49] ile Hull, Predescu ve White[50], Amerika faiz oranının risksiz faiz göstergesi olarak kullanıldığında CDS primleriyle tahvil fiyatlarının davranışları arasında hem uzun dönemde hem de kısa dönemde oldukça küçük bir uyumsuzluk olduğunu ortaya koymuşlardır.

- Longstaff, Mithalve Neis[29], CDS piyasasıyla borsanın tahvil piyasasını etkilediğini ancak CDS piyasasıyla borsa arasında net bir karşılıklı etkileşim olmadığını ortaya koymuşlardır.
- Chan-Lau ve Kim[51], gelişmekte olan 8 ülke için CDS primleri, tahvil fiyatları ve borsa fiyatları arasındaki dinamik ilişkiyi incelemişlerdir.
- Amato[52] kredi notu A ve üstünde olan ülkeler için enflasyon, risksiz faiz oranı, reel ekonomik faaliyet, para politikası gibi göstergeleri kullanarak regresyon analizi gerçekleştirmiş ve bu değişkenlerin CDS primlerini anlamlı olarak açıkladığını bulmuştur.
- In, Kang ve Kim[53], Brezilya, Meksika, Kolombiya ve Venezuela'nın CDS primlerini kullanarak bu ülkelerin risklerinde oluşan değişmelerin ülkeler arasında nasıl bir etkileşime neden olduğunu ortaya koymuşlardır.
- Chen, Wang ve Tu[54], çalışmalarında, gelişmekte olan Latin Amerika ülkelerinin CDS primlerinin kriz dönemlerinde bir korelasyon içerisinde olup olmadığını tespit etmeye çalışmış ve kriz dönemlerinde ülke CDS primlerinin birlikte hareket ettiğini belirlemişlerdir.
- Aktuğ, Vasconcellos ve Bae[55], 2001 ve 2007 dönemleri için gelişmekte olan 30 ülkenin CDS'leri ve tahvil piyasaları arasındaki dinamik ilişkiyi ortaya çıkarmış ve ikisi arasındaki ilişkinin gün geçtikçe güçlendiğini ortaya koymuşlardır.
- Chan, Fung ve Zhang[56], Asya ülkeleri için CDS primleriyle borsa arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir.
- Ismailescu ve Kazemi[57], gelişmekte olan ülkelerde kredi notlarının CDS primleri üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve kredi notlarındaki iyileşmenin CDS primleri üzerinde olumlu etkisi olduğunu göstermişlerdir.
- Fontana ve Scheicher[58], AB üyesi 10 ülkenin tahvilleriyle CDS primleri arasındaki ilişkiyi incelemişler ve hem tahvil piyasasını hem de CDS piyasasını etkileyen değişkenleri belirlemişlerdir.
- Liu ve Morley[59], çalışmalarında gerçekleştirdikleri Var analizi ve Granger nedensellik testiyle ABD ve Fransa'nın CDS primlerinde, döviz kurlarının faiz oranlarından daha etkili olduklarını göstermişlerdir.



- Kalbaska ve Gatkowski[60], PIIGS ülkeleri (Portekiz, İtalya, İrlanda, Yunanistan, İspanya), Fransa, Almanya ve İngiltere' nin CDS piyasalarının birbirleriyle olan etkileşimini Granger nedensellik analiziyle belirlemişlerdir.
- Eysell, Fung ve Zhang[61], Çin CDS priminin belirleyicilerini Çin borsa endeksi, reel faiz oranı, VIX endeksi, S&P 500 endeksi gibi hem ülkesel hem de global değişkenlerle VAR analizini kullanarak belirlemeye çalışmışlardır.

## 4. UZUN DÖNEM BAĞIMLILIK ve TRENDEN ARINDIRILMIŞ DALGALANMA ANALİZİ

### 4.1. Uzun Dönem Bağımlı Süreçler

Bir zaman serisinin uzun dönem bağımlılık özelliğine sahip olması bu zaman serisinin uzak gözlemleriyle bile arasında bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Yani, bu özelliğe sahip seriler için geçmiş değerler kullanılarak gelecek değerler hakkında fikir yürütülebilir. Bu durum, ekonomide çok önemli olan ve gelecek değerlerin geçmiş değerler ile ilişkisiz olduğunu söyleyen Etkin Piyasa Hipotezi ile çelişmektedir. Bundan dolayı, bir ekonomik zaman serisinin uzun dönem bağımlı bir yapıya sahip olup olmadığının araştırılması önemli bir konudur [62].

Uzun dönem bağımlılık, bir sürecin otokorelasyon fonksiyonunda gözlenen hiperbolik biçimdeki yavaş düşüş olarak ifade edilmektedir. İlk olarak hidroloji alanında 1951 yılında Hurst tarafından Nil nehrindeki rezervuarların uzun dönem kapasiteleriyle ilgili olarak geliştirilmiştir [63].

Uzun dönem bağımlı veri kümesi şu özellikleri taşımaktadır [64]:

- Uzun periyotlar boyunca gözlemler yüksek düzeylerde kalır. Diğer yandan düşük düzeyli uzun periyotlar da vardır.
- Kısa zaman periyotları incelendiğinde yerel trendler ve periyodik hareketler görünür. Buna karşın tüm seriye bakıldığında açık bir trende ya da periyodik harekete rastlanmaz.
- Tüm seri göz önüne alındığında, seri durağan gibi gözükür.
- Örneklem ortalamasının varyansı,  $n^{-\alpha}$ ,  $0 < \alpha < 1$  ile orantılı olarak sifıra yaklaşır.
- Örnek otokorelasyonları  $k^{-\alpha}$ ,  $0 < \alpha < 1$  ile orantılı olarak sifıra yaklaşır.
- $I(\lambda)$  periodogramının logaritmasına karşı frekansların logaritmasının grafiği çizildiğinde negatif eğimli düz bir çizgi yöresinde rasgele bir salınım görülür.

Bu özelliklere bağlı olarak serilerdeki uzun dönem bağımlılık tekrar şu şekilde tanımlanabilir:  $\alpha \in (0,1)$  gerçel sayı ve  $c_p > 0$  sabit olmak üzere,  $X_t$  durağan süreci eşitlik 4.1'de yer alan koşulu sağlar ise uzun dönem bağımlı süreç adını alır.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \rho(k) / [c_\rho k^{-\alpha}] \quad (4.1.)$$

Uzun dönem bağımlı zaman serilerinin çözümlenmesinde doğrusal bir model olan ardışık bağımlı kesirli bütünleşik hareketli ortalamalar (ARFIMA) modelleri kullanılmaktadır.

#### 4.2. ARFIMA Modelleri

İlk kez Granger ve Joyeux tarafından 1980'de ortaya atılan güçlü hafıza modelleri olarak da bilinen ARFIMA modelleri, ardışık bağımlı bütünleşik hareketli ortalamalar (ARIMA) modellerinin genişletilmiş bir halidir ve bu modellere göre daha esneklerdir [65].

ARIMA  $(p, d, q)$  sürecinde  $d$  değeri için yalnız tamsayılar dikkate alınmaktadır. Ancak teorik olarak  $d$ 'nin değeri tamsayı ile sınırlı değildir. Doğrusal zaman serileri modeli olan ardışık bağımlı kesirli bütünleşik hareketli ortalama, ARFIMA $(p, d, q)$  modeli ile tamsayı olmayan  $d$  değerlerinin de kullanılabilmesi sağlanmıştır [66].

$X_t$  zaman serisi,

$$\phi(B)(1 - B)^d X_t = \theta(B)\varepsilon_t, \quad -0.5 < d < 0.5 \quad (4.2.)$$

model denklemi ile ifade edilirse  $X_t$ ' ye ARFIMA süreci denir [65].  $d$  kesirli fark parametresini,  $\phi$  ve  $\theta$  ise sırasıyla  $p$  ve  $q$  derecesinden ardışık bağımlı ve hareketli ortalama polinomlarını,  $B$  geri öteleme operatörünü ve  $\varepsilon_t$  ise hatayı göstermektedir. Kesirli fark operatörü  $(1 - B)^d$  ise  $\Gamma(\cdot)$  gama fonksiyonu ile şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$(1 - B)^d = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(k-d)B^k}{\Gamma(-d)\Gamma(k+1)} \quad (4.3.)$$

Bir ARFIMA sürecinde fark parametresi  $d$ ,  $[-0.5, 0]$  aralığında ise süreç kısa dönem bağımlılığa,  $[0, 0.5]$  aralığında ise de uzun dönem bağımlılığa sahiptir [66].

Bir serinin uzun dönem bağımlılık özelliğinin incelenmesi için  $d$  kesirli fark parametresinin belirlenmesinde çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Yinelemiş ölçekli düzeltilmiş aralık istatistiği (R/S), Whittle yaklaşık en çok olabilirlik yöntemi, logaritmik periodogram regresyon yöntemi, tam en çok olabilirlik yöntemi ve dalgacık yöntemi üzerinde en çok kullanılan yöntemlerdendir. Son zamanlarda öne

çıkan yöntemlerden biride trendden arındırılmış dalgalanma analizi olmuştur [62; 66].

### 4.3. Trendden Arındırılmış Dalgalanma Analizi

DFA (Detrended Fluctuation Analysis) olarak kısaltılan, protein kodlayan ve kodlamayan DNA nükleotid dizilimleri arasındaki uzun dönem bağımlılığı araştırmak için Peng ve arkadaşları tarafından 1994 yılında önerilen trendden arındırılmış dalgalanma analizi, ölçekleme teorisi çerçevesinde geliştirilen bir analiz yöntemidir [67].

Bu analiz, araştırmacılara zaman serilerindeki uzun dönem hafızanın varlığını ya da yokluğunu araştırmak için ölçekleme üsteli olarak bilinen sayısal bir parametre ( $\alpha$ ) sağlamaktadır [68]. Genellikle stokastik zaman serilerinin (döviz kuru gibi) dalgalanmalarındaki bağımlılıkları araştıran bu teknik şimdiye kadar pek çok konuya uygulanmıştır [69].

Bu konular içerisinde,

- DNA dizilimleri
- medikal ve fizyolojik zaman serileri (kalp atışı, nefes alımı, kan basıncı, kan akışı kayıtları, sinir ucu aralıkları, insan yürüyüş şekli, glikoz seviyeleri, gen anlatımı verileri)
- astrofiziksel zaman serileri (X-ray ışınları, güneş lekeleri sayıları)
- jeofiziksel zaman serileri (sıcaklık, yağış, yüzeysel su akışı, ozon seviyeleri, rüzgar hızı, sismik olaylar, bitkisel kalıplar ve iklim dinamikleri)
- teknik zaman serileri (internet trafiği, otoyol trafiği ve reaktör kaynaklı nötronik güç)
- sosyal zaman serileri (dil karakterleri, Irak Savaşı' ndaki ölümcül olaylar)
- finansal zaman serileri (altın piyasası, döviz piyasası, ham petrol verileri)
- fizik verileri (yüzey pürüzlülüğü, atomların kaotik spektrumları ve foton korelasyon spektroskopisi kayıtları) yer almaktadır [70].

Bu trendden arındırma yöntemi, durağan olmayan serilerdeki saklı uzun dönem bağımlılıkları ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Bu tekniğin tartışılmaz avantajı, durağan olmaktan kaynaklanan, sahte uzun dönem bağımlılıkların belirlenmesinden kaçınmasıdır [71]. Örneğin sıcaklık serileri incelendiğinde genellikle soğuk bir günü soğuk, ılık bir günü de ılık bir günün izlediği

görülmektedir. Daha büyük bir ölçekteki bir seriye bakıldığında ise genellikle soğuk bir haftayı genel hava rejimlerinin ortalamasına karşılık gelen ılık bir hafta izler. Fakat çok daha uzun zaman ölçekleri, dolaşım desenleri gibi farklı süreçler tarafından yönetilirler ve hatta bazen küresel ısınma gibi eğilimlerden etkilenirler. Bu gibi durumlar serideki uzun dönem bağımlılık yapısının belirlenmesini daha da zorlaştırmaktadır. Bu nedenle serideki trend ve bağımlılıkları ayırt etmek için trendin veriden ayrılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. DFA, bu amaçla geliştirilmiş yöntemler arasında yer alan yeniden ölçeklendirme analizi ve dalgacık dönüşüm gibi tekniklerin eksiklerinin üstesinden çok iyi bir şekilde gelen bir yöntemdir[72].

Kapsam olarak genişletilmiş 2 ana çeşit DFA bulunmaktadır. İlki 2002'de Kandelhardt ve arkadaşları tarafından tanıtılan, zaman serilerinde saklı, çok fraktallı yapıyı ortaya çıkararak çok fraktallı trendden arındırılmış dalgalanma analizidir (Multifractal Detrended Fluctuation Analysis). Diğeri ise Padobnik ve Stanley tarafından sunulan, durağan olmayan iki zaman serisi arasındaki çapraz korelasyonları ortaya çıkaran trendden arındırılmış çapraz korelasyon analizidir (Detrended Cross-Correlation Analysis) [71]. Bunların dışında, durağan olmayan zaman serilerinde gecikmeli korelasyonların araştırmasını yapan gecikmeli DFA gibi başka genişletilmiş DFA yöntemleri de mevcuttur [67].

Orijinal DFA metodu aşağıda yer alan ardışık 5 adımdan oluşmaktadır.

**Adım 1:** İlk önce  $N$  uzunluğundaki orijinal seriden  $(x(i), i \in [1, N])$  profil fonksiyonu hesaplanır.

$$y(k) = \sum_{i=1}^k [x(i) - \langle x \rangle], k \in [1, N] \text{ ve burada } \langle x \rangle \text{ serinin ortalamasıdır.}$$

**Adım 2:** Daha sonra  $y(k)$  profili, araştırmacı tarafından belirlenen  $n$  uzunluğunda birbiriyle örtüşmeyen eşit kutulara bölünür.

**Adım 3:**  $n$  uzunluğundaki her bir kutudaki veriye, kutulardaki polinomial eğilimi temsil edecek  $\ell$ . dereceden en küçük kareler yardımıyla bir eğri uydurulur ( $y_n(k)$ ). Daha sonra uydurulan eğrinin derecesine göre DFA isimlendirilir ( $\ell$  . dereceden polinomlar için algoritma DFA- $\ell$  adını alır ve serideki  $\ell - 1$  derecesindeki trendleri siler. Örneğin DFA-1, Hurst üsteline eşittir ve sabitlerin trendlerini siler; doğrusal trendleri ise DFA-2, karesel trendleri ise DFA-3 silmektedir ).

**Adım 4:**Eşitlik 4.4.'de görülen dalgalanma fonksiyonunun karekökü  $F(n)$ , trendden arındırılmış profil( $s(k) = y(k) - y_n(k)$ ) yardımıyla hesaplanır.

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [s(k)]^2} \quad (4.4.)$$

**Adım 5:** Dalgalanma fonksiyonunun karekökü  $F(n)$  ile serideki uzun dönemli korelasyon özelliklerini gösteren  $\alpha$  ölçekleme üsteli arasında aşağıdaki gibi bir ilişki oluşur [73].

$$F(n) \sim n^\alpha \quad (4.5.)$$

Ölçekleme üsteli  $\alpha$ ,  $\log(F(n))$ ' nin bağımlı,  $\log(n)$ ' nin bağımsız değişken olarak alındığı en küçük kareler yardımıyla hesaplanan regresyon doğrusunun eğimidir. Bu eğim serinin bağımlılık özellikleri hakkında bilgi verir.

- Eğer  $\alpha=0.5$  ise seri rastgele yürüyüşe uymaktadır ve bağımlılık yoktur.
- Eğer  $0.5 < \alpha < 1$  ise seride kalıcı kısa dönemli bir bağımlılık (hafıza) vardır. Bu da eğer seri bir önceki periyotta yükseliş göstermişse yükselmeye, düşüş göstermişse de düşmeye devam edeceği anlamına gelir.
- Eğer  $0 < \alpha < 0.5$  ise seride kalıcı olmayan uzun dönemli bir bağımlılık vardır. Bu da, eğer seri geçen periyotta yükseliş göstermişse gelecek periyotta düşme olasılığının, düşüş göstermişse de yükselme olasılığının çok daha fazla olduğu anlamına gelir [74].

DFA ile elde edilen ölçekleme üsteli  $\alpha$  ile  $d$  kesirli fark parametresi arasında aşağıdaki gibi bir ilişki bulunmaktadır [75].

$$d = \alpha - 0.5 \quad (4.6.)$$

## 5. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÖNGÖRÜ AMAÇLI KULLANIMI

Öngörüde kullanılan zaman serileri, genellikle gerçek hayatta eğrisel yapıdadırlar ve durağan değildirler. Durağanlığın sağlanması için serilere dönüşüm uygulanması bilgi kaybına neden olmaktadır. Ayrıca doğrusal olmayan zaman serilerini modellemek için geliştirilmiş otoregresif koşullu heteroskedastik (ARCH), genelleştirilmiş otoregresif koşullu heteroskedastik (GARCH) gibi pek çok model belirli eğrisel yapılar için kullanıldıklarından, seride yer alan tüm eğrisel yapıyı ortaya çıkarmada çoğu zaman yetersiz kalmaktadırlar ve başka problemler için genelleştirilememektedirler [76]. Bu nedenle serideki hem eğrisel hem de doğrusal yapıyı modellemede daha esnek ve geliştirilebilecek teknikler tercih edilmektedir. Bu tekniklerden en çok kullanılanı yapay sinir ağları (YSA) yöntemidir.

Bilgi işleme süreçleri olarak nitelendirilebileceğimiz YSA, verilen girdilere karşılık en uygun çıktıyı üretir. YSA tekniğinin öngörü için klasik yöntemlere tercih edilmesinin belli başlı sebepleri şu şekilde sıralanabilir:

- YSA klasik yöntemlerin aksine girdi ve çıktı değişkenleriyle ilgili hiçbir varsayım gerektirmez. Böylece YSA, öngörüde kullanılacak serinin eğrisel ya da doğrusal olduğunu test etmeden modellemeleri gerçekleştirilebilmekte ve doğrusal olmayan yapıları da dikkate alabilmektedir.
- İstatistiksel yöntemlerin aksine sınırsız sayıda değişken ve parametre ile dönüşüm uygulamadan çalışabilirler.
- Geleneksel yöntemlerde bilgi veri tabanlarında saklanırken, YSA'da ağda dağıtılmış bir şekilde nöronlar arası bağlantılarda saklanmaktadır.
- YSA'da bilgilerin işlenmesi paralel olarak gerçekleştiğinden ağda taşınan bilgiler birbirlerinden bağımsızdırlar. Bu yüzden herhangi bir birimde ya da hücrede meydana gelen hata, tüm ağda belirgin bir hataya neden olmamakta ve ağın esnek bir yapıya sahip olmasını sağlamaktadır. Başka bir deyişle, ağ yerel hatalardan çok fazla etkilenmemekte ve hata toleransı yüksek olmaktadır. Bu sayede YSA, eksik ve gürültülü verilerde klasik zaman serisi yöntemlerine göre çok daha başarılı sonuçlar vermektedir.

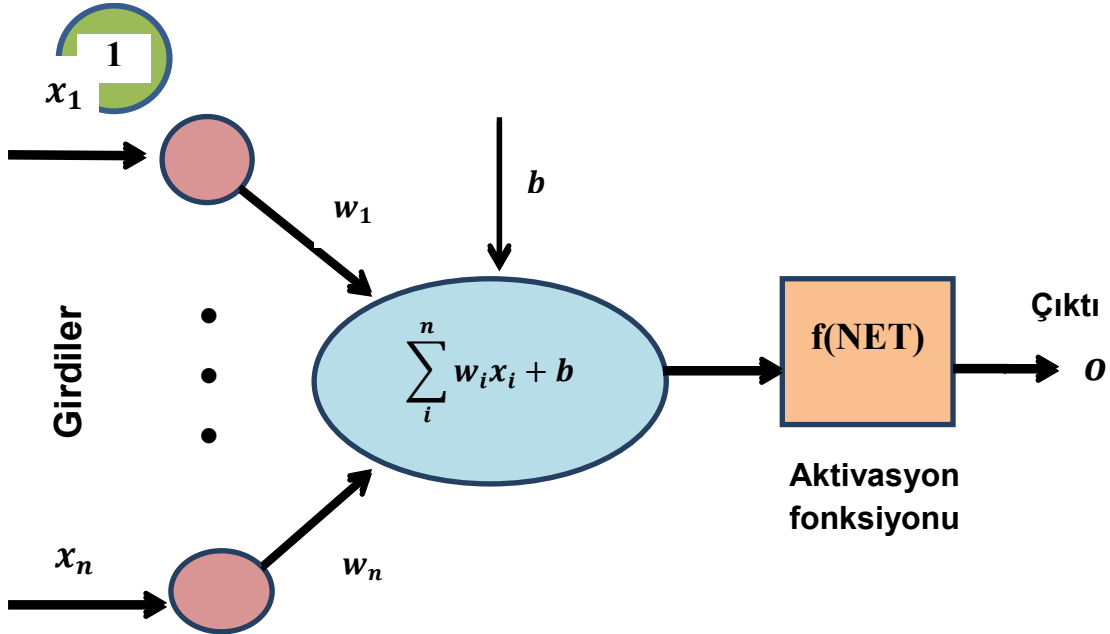
- Ayrıca YSA, öğrenilme yeteneği sayesinde kendisine gösterilen verilerden yola çıkarak daha önce karşılaşmadığı veriler hakkında genelleme yapabilmekte ve bağlantı ağırlıklarında yapılacak ayarlamalarla da başka durumlara uyarlanabilmektedir[76; 77].

### 5.1. Yapay Sinir Hücresinin ve Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı

YSA, deneyime dayalı bilgiyi depolamaya ve bu bilgiyi kullanıma sunmaya yönelik doğal bir eğilim içinde olan yoğun, paralel dağıtılmış bir işlemcidir. YSA, aşağıdaki iki açıdan insan beynine benzemektedir:

- Her ikisinde de bilgi ağ tarafından bir öğrenme süreciyle elde edilir.
- Her ikisinde de snaptik ağırlık olarak bilinen sinir hücreleri arasındaki bağlantılar bilgiyi depolamak için kullanılırlar[78].

YSA'nın temel elemanlarını, doğal sinir hücrelerinin işleyişini basit bir şekilde simüle etmeye çalışan yapay nöronlar ya da sinir hücreleri oluşturmaktadır. Şekil 5.1.'de örnek bir yapay sinir hücresine yer verilmiştir. Buradan da görüleceği üzere yapay sinir hücreleri girdi(ler), ağırlıklar, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı olmak üzere 5 ana bileşenden oluşmaktadır.



Şekil 5.1. Yapay sinir hücresi



**Girdiler:**Yapay sinir hücrelerinde, girdiler( $x_1, \dots, x_n$ ), diğer hücrelerden ya da dış dünyadan hücreye gelen bilgilerdir.

**Ağırlıklar:**Ağırlıklar ( $w_1, \dots, w_n$ ), hücreye gelen girdilerin bu hücre üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Pozitif ağırlık değerleri pekiştirme, negatif ağırlık değerleri engel olma durumunu belirtir.

**Birleştirme Fonksiyonu:** Birleştirme fonksiyonu ile bir hücreye gelen toplam girdi hesaplanır. Eşitlik 5.1’de görüldüğü gibi her bir girdi, o girdiyi sinir hücresine bağlayan ağırlık değerleriyle çarpılarak, birleştirme fonksiyonu aracılığıyla birleştirilir ve son olarak yan değeri( $b$ ) ile toplanır ve ağa gelen net girdi bulunmuş olur. Çarpım, maksimum, minimum gibi çeşitli birleştirme fonksiyonları bulunmasına rağmen uygulamalarda genellikle toplam fonksiyonu tercih edilmektedir.

$$NET = \sum_i^n w_i x_i + b \quad (5.1.)$$

**Aktivasyon Fonksiyonu:**Birleştirme fonksiyonu sonucu elde edilen net girdi değeri, doğrusal ya da doğrusal olmayan bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek yapay sinir hücresinin çıktısı belirlenir. Aşağıdaki eşitliklerde en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarına yer verilmiştir. Eşitliklerde yer alan NET değeri, nörona gelen NET girdi değerini göstermektedir [79].

- Doğrusal aktivasyon fonksiyonu:

$$f(NET) = NET \quad (5.2.)$$

- Adımsal aktivasyon fonksiyonu:

$$f(NET) = \begin{cases} 0, & NET > 0 \\ 1, & NET < 0 \end{cases} \quad (5.3.)$$

$$f(NET) = \begin{cases} -1, & NET > 0 \\ 1, & NET < 0 \end{cases} \quad (5.4.)$$

- Sigmoid aktivasyon fonksiyonu:

$$f(NET) = \frac{1}{1+e^{-NET}} \quad (5.5.)$$

- Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu:

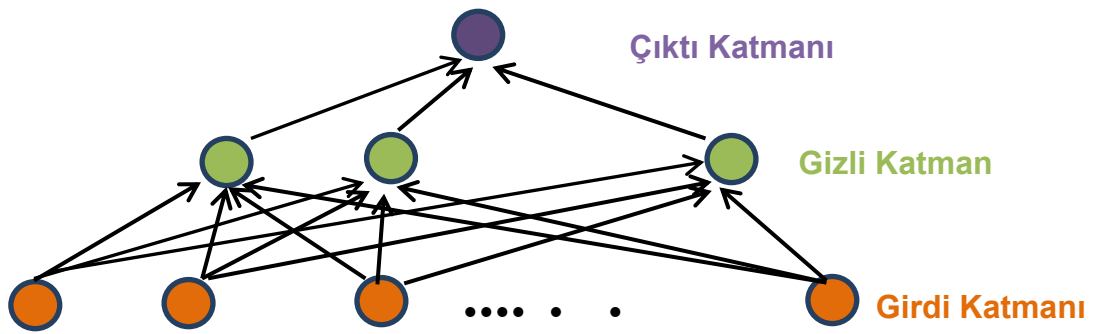
$$f(NET) = \frac{e^{NET} + e^{-NET}}{e^{NET} - e^{-NET}} \quad (5.6.)$$

**Çıktı:** Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya ya da başka bir hücreye gönderilir. Aynı zamanda hücre kendi çıktısını yine kendisine girdi olarak da gönderebilir. Bir hücrenin birden fazla girdisi olmasına rağmen sadece bir çıktısı olmaktadır[79; 80].Yapay sinir hücrelerinin katmanlar halinde gruplandırılmasıyla Şekil 5.2.'de yer alan yapay sinir ağı oluşmaktadır. Her katmandaki sinir hücreleri bir sonraki katmanın sinir hücreleriyle bağlantılıdır.

Girdi katmanı, dışarıdan girdileri alır ve girdi değerleri üzerinde bir işlem uygulamaz. Sadece girdi değerlerini bir sonraki katmana iletir. Bu yüzden bazı araştırmacılar tarafından ağların toplam katman sayısına dahil edilmezler. Girdiler, girdi katmanı ile gizli katman arasında bulunan bağlantı ağırlıklarıyla çarpılarak gizli katmana iletilirler.

Gizli katmanlar, çok sayıda yapay sinir hücresi içerebilirler. Ağda bir tane gizli katman olabileceği gibi daha fazla gizli katmanda olabilir. Gizli katmandaki sinir hücrelerine gelen girdiler toplanır ve gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkları ile çarpılarak çıktı katmanına iletilirler.

Tahmin edilen çıktı ile gerçek çıktı arasındaki fark (hata) istenen seviyeye ulaşmadıysa ağdaki bağlantı ağırlıkları öğrenme algoritmasının kurallarınca değiştirilir. Eğer hata istenen düzeye ulaşırsa tahmin edilen çıktı, çıktı katmanından dış dünyaya iletilir[81].



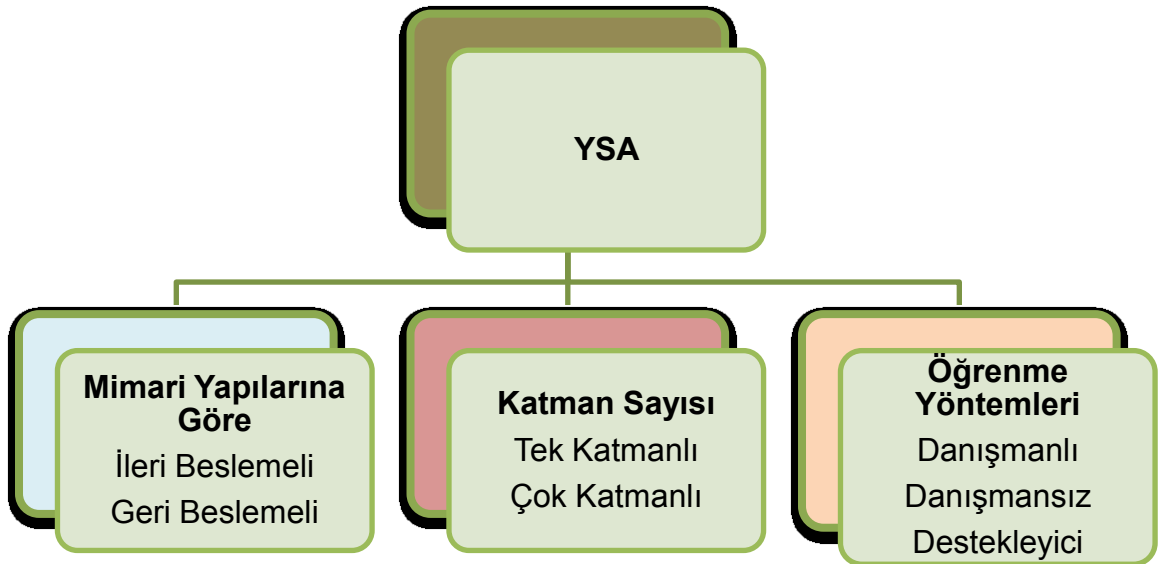
Şekil 5.2. Örnek bir yapay sinir ağı

YSA'dayer alan yapay sinir hücrelerini çok değişik biçimlerde bir araya getirerek farklı ağ topolojileri ya da mimarileri oluşturmak mümkündür. Bir bakıma YSA bir nehrin belirlenen bir noktasından, bu nehrin karşı sahilinde belirlenen başka bir noktaya ulaşabilmek için yapılan köprü inşaatına benzetilebilir. Bulunulan sahildeki bilgiler girdi verilerini, karşı sahildeki bilgiler çıktıları ve bu ikisi arasındaki

köprü de YSA mimarisini temsil eder. Nasıl köprüde kolon, kiriş, döşeme, vb. birimler var ve bunların her biri matematik ve fizik kurallarıyla birbiriyle bağlantılı ise, YSA'nın katman ve hücreleri arasında da buna benzer bir bağlantı vardır [77].

YSA'da katmanlar arasındaki bağlantı ağırlıkları başlangıçta çoğu zaman rastgele olarak atanabilir ve ağırlık örnekler gösterildikçe belirli bir öğrenme algoritmasıyla en iyi ağırlık değerleri bulunmaya çalışılır. Bu süreç ağırlık eğitilmesi olarak adlandırılmaktadır. En iyi sonucu veren ağırlık değerleri bulunduğu anda ise ağırlık öğrenmesi tamamlanmış olur ve temsil ettiği olaylar hakkında genelleme yapabilme yeteneğine kavuşur. Ağırlık eğitimi tamamlandıktan sonra öğrenip öğrenmediğini (performansını) test etmek için ağırlık öğrenme sırasında görmediği örnekler kullanılır. Bu süreç de ağırlık test edilmesi olarak adlandırılır. Test kümesinden elde edilen tahmin değerleriyle gerçek değerler arasındaki farka dayanan belirli bir performans ölçütüne göre de en iyi YSA modeli seçilir [65]. Böylece YSA, bilinen örneklerden belirli bilgileri çıkartarak bilinmeyen örnekler için genelleme yapabilme yeteneği kazanır[80].

YSA'da bulunan ağlar bazı özelliklerine göre Şekil 5.3' te görüldüğü gibi sınıflandırmak mümkündür.



Şekil 5.3. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması

İleri beslemeli YSA'da, hücreler arasındaki iletişim giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. Aynı katmanlar arasındaki hücrelerde bağlantı yoktur. Şekil 5.2.'deki ağ, ileri beslemeli bir ağdır. Geriye

yayımlı öğrenme algoritması bu tip YSA'nın eğitiminde en çok tercih edilen öğrenme algoritmasıdır.

Geri beslemeli YSA'da ise en az bir hücrenin çıktısı kendisine ya da başka hücrelere girdi olarak verilir. Geri besleme bir katmandaki hücreler arasında yapılabildiği gibi katmanlar arasındaki hücrelerde de yapılabilmektedir. Bu sayede bilgi hem ileri hem de geri yönde aktarılmış olmaktadır. Geri besleme bir geciktirme elemanı ile yapıldığı için bu ağlar dinamik yapıya sahiptirler.

Yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmesiyle katmanlar oluşurlar. Eğer YSA tek katmandan oluşuyorsa tek katmanlı, birden fazla katmandan oluşuyorsa çok katmanlı YSA adını almaktadır.

Danışmanlı öğrenmede, ağa hem girdi hem de çıktı değerleri gösterilir. Ağ girdiyi işleyerek kendi çıktısını ürettikten sonra gerçek çıktı ile karşılaştırır. İki arasındaki fark hatayı oluşturur. Öğrenme algoritmasıyla, mevcut hatayı minimum yapmak için bağlantılardaki ağırlıklar, hata kabul edilebilir bir seviyeye ulaşıncaya kadar ya da belli bir iterasyon ulaşılan kadar yeniden düzenlenir.

Danışmansız öğrenmede ise ağa sadece girdiler verilir. Ağın doğru çıktı hakkında bir bilgisi yoktur. Ağ, örneklerdeki parametreler arasındaki ilişkiyi kendi kendine öğrenir ve hedef çıktı olmadan ağırlıkları düzenler.

Destekleyici öğrenmede danışmansız öğrenmedeki gibi ağa sadece girdiler verilir ve ağın kendi çıktılarını oluşturması beklenir. Eğitici tarafından oluşturulan çıktı değerlerinin ne derece doğru olduğuna dair bir sinyal üretilir ve ağ ağırlıklarının düzenlenmesi sağlanır[82; 83].

## **5.2. Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağları**

### **5.2.1. Çok Katmanlı Algılayıcılar**

Tek katmanlı algılayıcı olarak bilinen perceptronların mantıksal fonksiyonları çözme konusundaki kısıtları nedeniyle XOR gibi problemleri çözememeleri, zaman içerisinde çok katmanlı algılayıcıların (ÇKA) geliştirilmesine yol açmıştır. ÇKA, Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi genel olarak dışarıdan verileri alan girdi katmanından, ağın çıktılarını dışarıya veren çıktı katmanından ve bu ikisi arasında genellikle bir veya daha fazla gizli katmandan meydana gelmektedir[84].

Doğrusal olmayan ilişkiyi başarıyla modellemeleri ve bu nedenle uzun dönemli tahminde doğrusal modellerden daha iyi sonuç vermeleri, veri yapısında herhangi

bir önsel bilgiye ihtiyaç duymamaları, zaman serisi modellerinde olduğu gibi seriyidurağanlaştırmak için fark alma gibi işlemlerin yapılmaması ve böylece bilgi kaybının önlenmesi gibi sebeplerle ÇKA, öngörü amaçlı tercih edilen en yaygın YSA türüdür[85].

#### **5.2.1.1. Çok Katmanlı Algılayıcı Tasarımı**

İleri beslemeli bir yapıya sahip olan ÇKA' nın temel işleyişini ve öngörü performansını girdiler arasında bağlantı kuran sinir hücreleri ve katmanların mimari yapısı, bağlantı ağırlıklarının belirlenmesini sağlayan öğrenme algoritmaları, ÇKA'lara doğrusal olmama özelliğini kazandıran aktivasyon fonksiyonları ve ağda kullanılacak eğitim ve test kümesinin büyüklükleri ile performans ölçütü etkilemektedir [86].

#### **Mimari Yapının Belirlenmesi**

ÇKA'nın mimarisini belirleyebilmek için girdi nöron sayısına, gizli katman ve gizli nöron sayısına ayrıca çıktı nöron sayısına karar verilmelidir. Optimal ağ mimarisini belirlemede önerilen pek çok yaklaşım olmasına rağmen literatürde kesin olarak optimal çözümü veren bir metot bulunmamakta ve daha ziyade deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır.

##### **➤ *Girdi Nöron Sayısının Belirlenmesi***

Sebeup-sonuç ilişkisine dayanan bir öngörü yapılacaksa, bağımsız değişken sayısı girdi nöron sayısını oluşturmaktadır. Ancak zaman serisine dayalı öngörülerde, girdi nöronunun sayısını seri değerlerinin geçmiş gözlem değerleri oluşturur ve bu sayıyı belirlemek kolay değildir. Bu sayı, aşağıda örnekleri sunulan farklı yaklaşımlarla belirlenebilmektedir:

- Girdi nöron sayısı 1'den, bütün mevsimsel ve trend etkisini modelleyebilecek 13'e kadar denenmelidir.
- Belirli bir eşik değerinden büyük korelasyonları içeren bütün gecikme değerleri için girdi nöron sayısı denenmelidir.
- En yüksek otokorelasyon değerine sahip 4 gecikme girdi nöronu olarak denenmelidir.

➤ *Gizli katman ve gizli nöron sayısının belirlenmesi*

Öngörü amaçlı kullanılan YSA' da tek gizli katman çoğu zaman yeterli olsa da nadir olarak iki gizli katman da kullanılabilir [79].

Genelleştirme yeteneğini arttırdığından, gizli tabakalarda az nöron kullanılması tercih edilmektedir. Gizli tabaka sayısının ve bu tabakalardaki nöron sayısının belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntem deneme yanılma yöntemidir [76].

➤ *Çıktı nöron sayısı*

Sebeup sonuç ilişkili öngörülerde çıktı nöron sayısı bağımlı değişken sayısına eşit olurken, zaman serisi modelleri için tahmin döneminin uzunluğuna eşittir.

Eğer çok dönemli tahmin yapılacaksa iteratif öngörü yöntemi tercih edilebilir. Box-Jenkins yönteminde kullanılan iteratif öngörü, yani ilk öngörünün, veri olarak kullanılıp, bir sonraki öngörünün elde edilmesi yöntemidir. Bu durumda yalnızca bir çıktı birimi kullanmak yeterli olmaktadır. İkinci yöntemde ise, birden fazla dönem aynı anda tahmin edildiği için birden çok çıktı birimine ihtiyaç duyulmaktadır. Hangi öngörü yönteminin daha iyi sonuç vereceği konusunda genel bir bulgu yoktur.

Aktivasyon Fonksiyonunun Belirlenmesi

Öngörü amaçlı ÇKA da genellikle gizli katmanda sigmoid ya da hiperbolik tanjant fonksiyonları aktivasyon fonksiyonu olarak tercih edilirken çıktı katmanında doğrusal fonksiyonlar kullanılmaktadır [76].

Bir ağın aynı ya da farklı katmanlarındaki nöronlarında farklı aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Ancak uygulamalarda genellikle aynı katmandaki nöronlarda aynı aktivasyon fonksiyonları kullanılmaktadır [79].

Türevlenebilme özellikleriyle nörona doğrusal olmama özelliği veren sigmoid fonksiyonları bir nöronun çıktısını (0,1) aralığına sıkıştırırken, hiperbolik tanjant fonksiyonu (-1,1) aralığına sıkıştırır. Bu nedenle ağa girdi ve çıktı olarak verilecek değerlerin kullanılacak aktivasyon fonksiyonu çeşidine göre ağa sunulmadan önce o aralığa dönüştürülmesi gerekmektedir.

Öğrenme Algoritmasının Belirlenmesi

ÇKA' nın eğitimi bağlantı ağırlıklarının en iyi değerlerinin belirlenmesinden oluşmaktadır. Bunun için kullanılan çeşitli öğrenme algoritmaları mevcuttur. Geri yayılım algoritması bunlar içerisinde en çok tercih edilenidir. Geri yayılım

algoritmasının zaman içerisinde geliştirilmesiyle fonksiyon yaklaşımı ve örüntü tanıma problemlerinde kullanılan farklı çeşitleri ortaya çıkmıştır. Bunlar içerisinde Levenberg-Marquardt en hızlısıdır ve fonksiyon yaklaşımı problemlerinde çok iyi sonuçlar vermektedir. Ancak ağ yapısının büyümesi algoritmanın başarısını düşürmektedir. Büyük ölçekli ağlarda dengeli eşlenik gradyan algoritması daha başarılı sonuçlar vermektedir ve en az Levenberg-Marquardt algoritması kadar da hızlıdır[87].

### Eğitim ve Test Kümesinin Belirlenmesi

YSA' da kullanılan veri grubu genellikle eğitim ve test kümesi olmak üzere ikiye ayrılır. Bu kümelerde uygun sayıda veri bulunmaması ÇKA' nın tahmin performansını etkilemektedir. Ağın eğitiminde kullanılan veri sayısının artması ağın daha doğru tahminler yapabilmesini sağlamaktadır. Bu amaçla genellikle literatürde %80 (eğitim), %20 (test) veya %90 (eğitim), %10 (test) oranları kullanılmaktadır.

### Performans Ölçütünün Belirlenmesi

ÇKA ile yapılan tahminlerin doğruluk derecesini ölçmek için en çok kullanılan hata ölçütlerinden hata kareler toplamı (HKT), hata kareler ortalaması (HKO) mutlak hata ortalaması (MHO) ve mutlak hata ortalama yüzdesi (MHOY) aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir. Eşitliklerdeki  $e$  değerleri tahminin hatasını,  $Y$  değerleri ise gerçek değerleri göstermektedir.

$$HKT = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (5.7.)$$

$$HKO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (5.8.)$$

$$MHO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (5.9.)$$

$$MHOY = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{Y_i} \right| * 100 \quad (5.10.)$$

Bunlar dışında ortalama mutlak hata yüzdelere ve Theil' in U istatistiği gibi çeşitli ölçütlerden de yararlanılmaktadır [76].

### 5.2.2. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları

Radyal tabanlı fonksiyon ağlarının (RTFA) tasarımı, çok boyutlu uzayda eğri uydurma yaklaşımıdır. Bu nedenle RTFA' nın eğitimi, ÇKA'da olduğu gibi çok boyutlu uzayda eğitim verilerine en uygun yüzeyi bulma problemine denktir. RTFA' nın genellemesi ise test verilerini interpolate etmek amacıyla eğitim sırasında bulunan çok boyutlu yüzeyin kullanılmasına eşdeğerdir [88].

Radyal tabanlı fonksiyonlar ilk olarak sayısal analizde çok değişkenli interpolasyon problemlerinin çözümünde kullanılmışlardır. YSA' nın gelişmesiyle birlikte de 1988 yılından itibaren bu fonksiyonlardan YSA tasarımında da yararlanılmaya başlanmıştır[78; 81].

RTFA' ların yerel bilgi işleme özelliklerinin temeli Cover Teoremine dayanmaktadır [78]. Cover Teoremine göre karmaşık yapıdaki örüntü sınıflandırma problemleri, doğrusal olmayan dönüşümlerle yüksek boyutlu uzaya taşındıklarında, düşük boyutlu uzaylarda yapılan çözümlere göre daha yüksek ayrıştırılabilirliğe sahip olurlar. RTFA da bu özelliğiyle doğrusal olmayan dönüşümlerle girdi vektörünün içerdiği karmaşık yapıdaki örüntüleri doğrusal ayrıştırılabilir hale getirir ve sonrasında doğrusal modeller yardımıyla problemi çözer.

RTFA, bir girdi katmanı, aktivasyon fonksiyonu olarak radyal tabanlı fonksiyonların kullanıldığı tek bir gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere 3 katmanlı mimariden oluşur. RTFA' ları tek gizli katmanı olan ve gizli katmanında radyal tabanlı fonksiyonların kullanıldığı ÇKA' nın bir türü olarak düşünmek de mümkündür.

RTFA'da girdi katmanındaki veriler çok katmanlı algılayıcıdan farklı olarak hiçbir değişiklik yapılmadan gizli katmana iletilirler. Başka bir deyişle, girdi katmanını gizli katmana bağlayan tüm ağırlıkların değerleri 1'dir ve çözüm süresince değiştirilmezler.

Girdi katmanından gizli katmana aktarılan bilgi burada Gauss, Çoklu Kuadratik, Ters Çoklu Kuadratik gibi başlıca radyal tabanlı fonksiyonlarla işlenir. Bölgesel işlemci olarak kabul edilen radyal tabanlı fonksiyonlar, girdi veri kümesinin özel olarak belirli bir bölgesine düşen değerler için en büyük (en küçük) değerini alan ve bu noktadan uzaklaştıkça daha küçük (daha büyük) değerler üreten fonksiyonlardır [91].



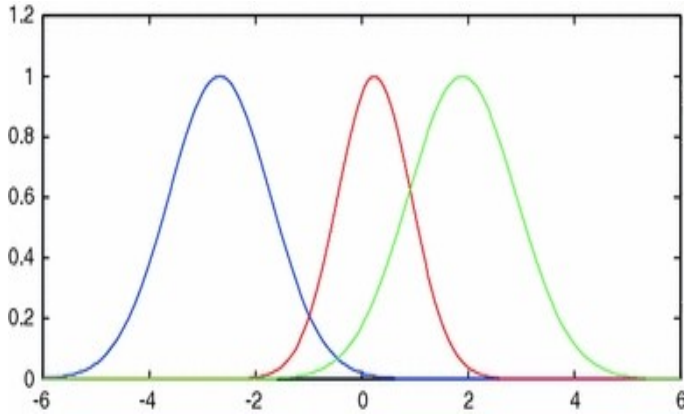
Radyal tabanlı fonksiyonlar merkez ve genişlik olmak üzere iki parametre ile belirlenmektedirler. RTFA uygulamalarında en çok Gauss fonksiyonu tercih edilmektedir.

$$\varphi_i = e^{-\frac{\|X_i - C_i\|^2}{2\sigma_i^2}} \quad (5.11.)$$

$$\varphi_i = \sqrt{\|X_i - C_i\|^2 + \sigma_i^2} \quad (5.12.)$$

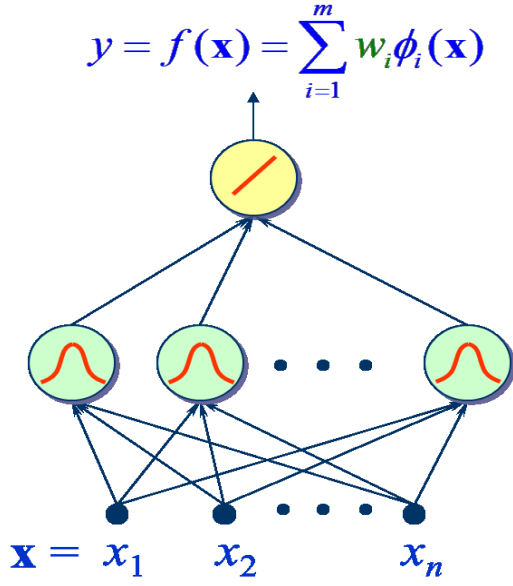
$$\varphi_i = \frac{1}{\sqrt{\|X_i - C_i\|^2 + \sigma_i^2}} \quad (5.13.)$$

Gauss fonksiyonu eşitlik 5.10'daki gibi ifade edilir. Eşitlik 5.11. çoklu kuadratik, eşitlik 5.12 ise ters çoklu kuadratikradyal tabanlı fonksiyonları göstermektedir.  $X_i$  ağa sunulan girdi vektörünü,  $C_i$  Gauss fonksiyonunun merkez vektörünü,  $\|X_i - C_i\|$  girdi vektörüyle merkez vektörü arasındaki Öklid uzaklığını,  $\sigma_i$  ise Gauss fonksiyonunun genişlik değerini göstermektedir. Girdi vektörüyle merkez vektörü birbirine ne kadar çok benziyorsa Gauss fonksiyonunun üreteceği değer de o oranda büyük olacaktır.



Şekil 5.4. Farklı merkez ve genişlikte Gauss fonksiyonu

Gizli katmanın çıktısı olarak elde edilen  $\varphi_i$  değerleri daha sonra gizli katmanı çıktı katmanına bağlayan  $w_i$  değerleri ile çarpılıp toplanırlar ve ağın nihai çıktısı hesaplanır [89; 91; 92].



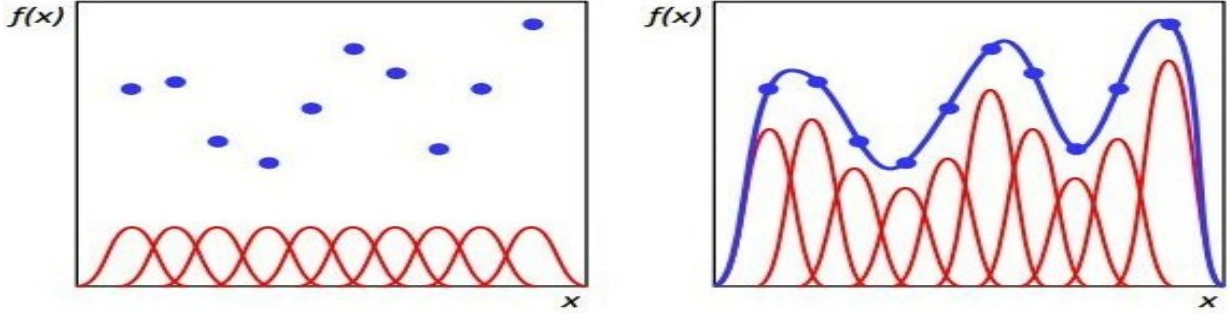
Şekil 5.5. Radyal tabanlı fonksiyon ağlarının yapısı

### 5.2.2.1. Radyal Tabanlı Ağların Tasarlanması

RTFA tasarımında ilk karar verilmesi gereken gizli katmanda kaç nöron bulunacağı yani kaç tane radyal fonksiyon kullanılacağıdır. Gizli nöron sayısını yeterince arttırarak eğitim veri kümesindeki tüm noktalardan geçen bir model oluşturmak mümkündür. Ancak radyal tabanlı fonksiyon sayısının çok fazla olması ağın ezberlemesine yol açarken, çok az olması da ağda yetersiz öğrenmeye neden olmaktadır. Bu sayıyı belirlemek için bir yöntem olmaması nedeniyle deneme yanılma yöntemiyle gizli nöron sayısına karar verilmektedir [91].

İkinci aşama, gizli katmanda kullanılan radyal fonksiyona ait merkez ve genişlik parametrelerinin danışmansız öğrenmeyle belirlenmesidir. Fonksiyonların merkezleri girdi vektörleri arasından rastgele ya da sabit olarak seçilebilmektedir. Radyaltabanlı fonksiyonlar için  $\sigma_j$  genişliği çok küçük ya da çok büyük olmamak kaydıyla kullanıcı tarafından belirlenebilmekte ve  $\sigma = \frac{d_{max}}{\sqrt{M}}$  eşitliğiyle yardımıyla hesaplanabilmektedir. Burada  $d_{max}$  herhangi iki merkez arasındaki en büyük uzaklığı, M ise gizli katmandaki nöron sayısını göstermektedir [78; 91]. Ancak oluşturulan RTFA'nın performansını arttırmak için zaman içerisinde merkez vektörünü ve genişliği belirlemede gradyan azalış yöntemi, karar ağaçları, k-ortalamlar ya da kendi kendini örgütleyen ağlar gibi çeşitli istatistiksel ve matematiksel yöntemler kullanılmaya başlanmıştır [78]. Örneğin k-ortalamlar yöntemiyle girdi vektörlerinin belirli sayıda kümelere ayrılması ve her bir kümenin

merkezini radyal fonksiyonların merkezi olarak atama işlemleri gerçekleşmektedir. Genişlik parametresi ise küme merkezlerinin birbirine olan ortalama uzaklıkları ya da en yakın diğer küme merkezi arasındaki uzaklık dikkate alınarak hesaplanmaktadır.



Şekil 5.6. Farklı merkez ve genişlikte Gauss fonksiyonları ile öğrenme

Üçüncü aşama, danışmanlı öğrenme kapsamında değerlendirilen ve gizli katmanı çıktı katmanına bağlayan bağlantı ağırlıklarının ( $w$ ) belirlenmesidir. Çıktı katmanı doğrusal olduğu için bu ağırlıkların belirlenmesinde geri yayılım algoritması kullanılabileceği gibi en küçük kareler yöntemi de kullanılabilmektedir [78; 89; 91].

### 5.2.3. Kademeli Korelasyon Sinir Ağları

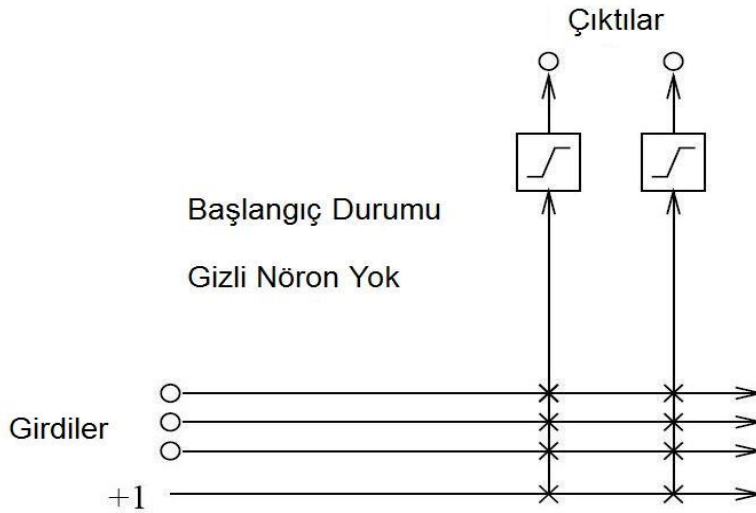
Fahlman ve Libiere tarafından 1990 yılında geliştirilen kademeli korelasyon sinir ağları (CascadeCorrelationNeural Network - CCNN), kademeli korelasyon algoritmasının kullanıldığı ileri beslemeli ağ yapısına sahiptirler. Bu ağlar, çözüme en küçük ağ yapısıyla yani sadece girdi ve çıktı nöronlarıyla başlarlar. Ağın eğitimi sürecinde gerekli görülürse gizli nöronlar gizli katmana eklenir.

CCNN, gizli nöronların ağa bir kere eklendiği ve eklendikten sonra ağdan çıkarılmadıkları kademeli bir yapıdan meydana gelir. Bu ağların kademeli olarak adlandırılmasının sebebi tüm gizli nöronların çıktılarının, yeni gizli nöronların beslenmesinde rol almasıdır. Yeni nöronlar gizli katmana eklendikçe, öğrenme algoritması, yeni nöronların çıktılarıyla ( $V$ ), minimize edilmek istenen ağın hatası ( $E_0$ ) arasındaki korelasyon değerini, tüm çıktı nöronları ( $o$ ) için, en üst düzeye çıkarmaya çalışır. Tüm çıktı nöronları için bu korelasyon değerleri toplanır ve  $S$  ile ifade edilir. Eşitlik 5.14.'deki  $p$  değeri eğitim kümesindeki verileri temsil etmektedir.

$$S = \sum_o \left| \sum_p (V_p - \bar{V})(E_{p,o} - \bar{E}_o) \right| \quad (5.14.)$$

Bunun için de, eğer gizli nöron ile çıktının hatası pozitif bir ilişki içindeyse o nöron için negatif bir bağlantı ağırlığı geliştirilir. Tam tersi durumda da pozitif bir bağlantı ağırlığı geliştirilir.

CCNN, girdi, gizli ve çıktı olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır. Öncelikle, bir kademeli korelasyon sinir ağı, sadece girdi ve çıktı katmanındaki nöronlardan meydana gelir. Gizli katman nöronlarını barındırmaz. Her bir girdi, her çıktı nöronuna aşağıda görüldüğü gibi ayarlanabilir ağırlıklarla bağlıdır. Ağırlıkların düzenlenmesinde hızlı yayılım algoritması (quick-propagation algorithm) gibi çeşitli gradyan azalış algoritmalarından faydalanılır. Ağın hatası araştırmacı tarafından belirlenen belli bir eşik değere ulaşana kadar ağırlıklar düzenlenir. Eğer hatanın belli bir eşik değere düşürülmesi sağlanamazsa ağa gizli nöron eklenir ve ağırlıklar tekrar düzenlenir.

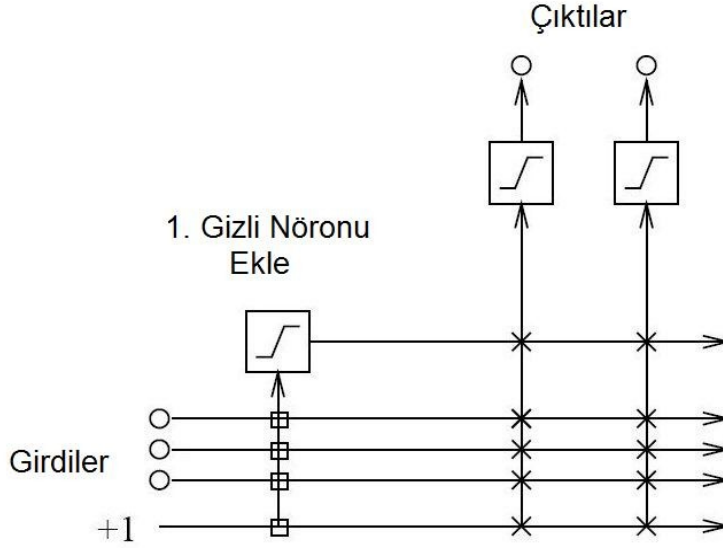


Şekil 5.7. Basit bir kademeli korelasyon sinir ağı yapısı

Şekilde her 'x' işareti, girdi ve çıktı nöronu arasındaki bir ağırlık değerini temsil etmektedir. Yatay doğrudaki girdi değerleri ağırlıkları ile çarpıldıktan sonra birlikte toplanır ve böylece her çıktı nöronu, yan değerleri dahil tüm girdi nöronlarından bir ağırlıklı toplama ulaşır. Çıktı nöronu, nihai çıktıyı üretmek için bu ağırlıklı girdi toplamına hiperbolik tanjant ya da sigmoid gibi doğrusal olmayan bir aktivasyon fonksiyonunu uygular.

Gizli nöron içermeyen basit bir CCNN'nin bile önemli bir tahmin gücü vardır. Çoğu zaman, sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşan bir kademeli korelasyon ağıyla iyi tahminler yapmak mümkündür.

İlk gizli nöron ekledikten sonra, ağ Şekil 5.8.'deki yapıyı gösterir:

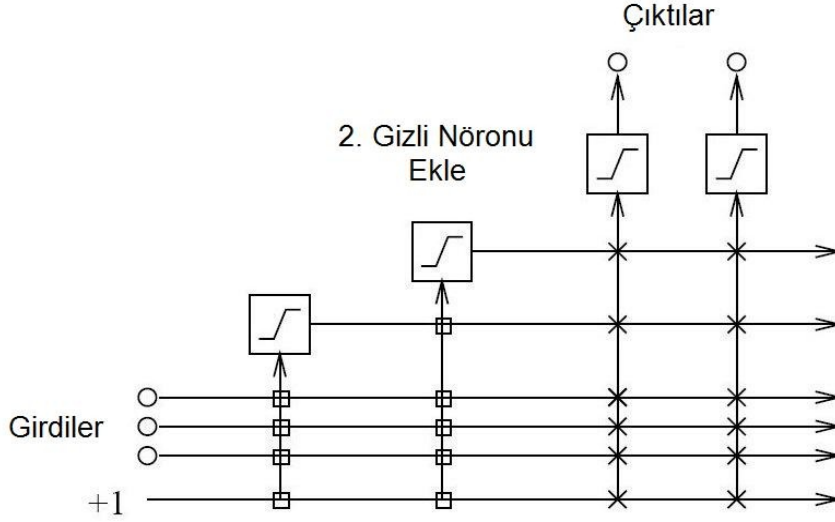


Şekil 5.8. Tek gizli nöron bulunan kademeli korelasyon sinir ağı

Gizli katmanagizli nöron eklenmesi gerekli görüldüğü sürece, gizli nöronlar teker teker eklenir. Bu nedenle araştırmacı sadece maksimum gizli nöron sayısını belirler ve bu sayede farklı sayıda gizli nöronları deneyerek ağını eğitmek zorunda kalmaz. Bu belirlenen sayıdaki gizli nöronların hepsi aktivasyon fonksiyonu bakımından aynı yapıda olabileceği gibi farklı yapıda da olabilirler. Aktivasyon fonksiyonu olarak genellikle sigmoid, gauss ya da radyal tabanlı fonksiyonları kullanan bu nöronların her biri başlangıçta rastsal ağırlıklara sahiptir ve eş zamanlı olarak eğitildiklerinde içlerinden ağın hatasıyla en yüksek korelasyon değerine sahip gizli nöron seçilerek ağa eklenir.

Gizli nöronun girdi ağırlıkları, nöron eklendikten sonra ancak bir kere düzeltilebildikleri ve sonrasında donduruldukları için şekilde '□' kare kutularla gösterilmiştir. Çıktı nöronları için ağırlıklar ayarlanmaya devam edilebilir olduklarından 'x' ile gösterilmişlerdir.

Aşağıda iki gizli nöronlu ağın şeması bulunmaktadır. İkinci nöron, girdi katmanında yer alan girdi nöronlarından ve önceden var olan gizli nöronlardan girdi almaktadır [93].



Şekil 5.9. İki gizli nöronlu kademeli korelasyon sinir ağı

### 5.2.3.1. Kademeli Korelasyon Sinir Ağlarının Tasarımı

Kademeli korelasyon sinir ağlarında ilk karar verilmesi gereken maksimum kaç gizli nöron olacağıdır.. Çünkü bu nöron sayısını arttırmak ağın başarısını artırır ancak bu durum eğitim zamanını arttırmak gibi bir soruna da yol açar.

İkincisi, bağlantı ağırlıklarının eğitilmesinde kullanılacak çeşitli eğitim algoritmalarından birini tercih etmektir. Bunun için Delta kuralından, Kalman filtresine kadar pek çok yöntem kullanılabilir.

Üçüncüsü de çıktı ve gizli nöronlarda kullanılacak doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonuna karar vermektir [94].

## 6. UYGULAMA

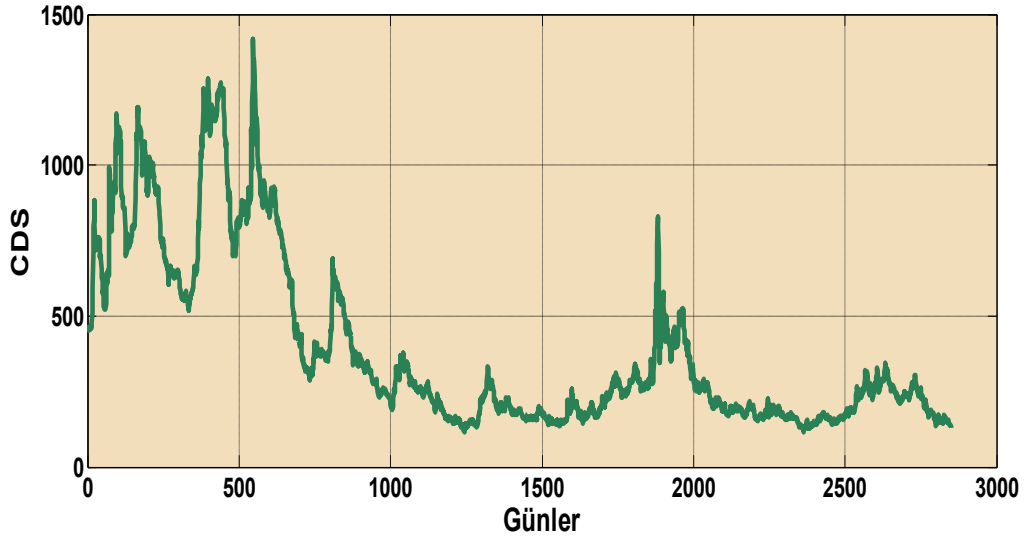
Çalışma kapsamında öncelikle Türkiye' nin CDS primlerinin günlük zaman serisindeki uzun dönem bağımlılık yapısı DFA ile incelenmiştir. Uzun dönem bağımlı bir yapıya sahip olduğu belirlenen tek değişkenli CDS serisi, ARFIMA ile modellenmiştir.

Ardından son zamanlarda, klasik zaman serisi yöntemlerine alternatif bir yöntem olan YSA tekniği ile aylık ve günlük CDS serisi için farklı ağ yapılarında modellemeler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan bu modellemelerle CDS serisi için elde edilen öngörü sonuçlarının, farklı zaman dilimlerinde farklı zaman serisi yapılarında farklı yöntemlerle nasıl değişebileceği gözlenmiştir.

### 6.1. Trendden Arındırılmış Dalgalanma Analizi

Uygulamada, CDS primlerini belirleyen değişkenlerin bulunmasında Türkiye' nin 5 yıl vadeli günlük CDS primleri kullanıldığı için uzun dönem bağımlılık yapısı da bu seri için incelenmiştir.



Şekil 6.1. Türkiye' nin 5 yıl vadeli CDS primleri

2851 gözlemden oluşan 01.11.2000 - 30.11.2012 tarihleri arasındaki Türkiye' nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin Şekil 6.1.'de zaman serisi grafiği verilmiştir. Grafikten de anlaşıldığı üzere seride negatif trend görülmektedir. Ancak kesin bir yargıya varabilmek için Phillips-Perron ve AugmentedDickey-Fuller birim kök testleri ile serinin durağanlık incelemesi yapılmıştır.

**Çizelge 6.1.** Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primleri serisi için Augmented-Dickey Fuller testi

	<b>t-istatistiği</b>	<b>p</b>
<b>AugmentedDickey-Fuller test istatistiği</b>	-2.217893	0.2000
<b>Test kritik değerleri:</b> %1 düzeyinde	-3.432291	
%5 düzeyinde	-2.862283	
%10 düzeyinde	-2.567210	

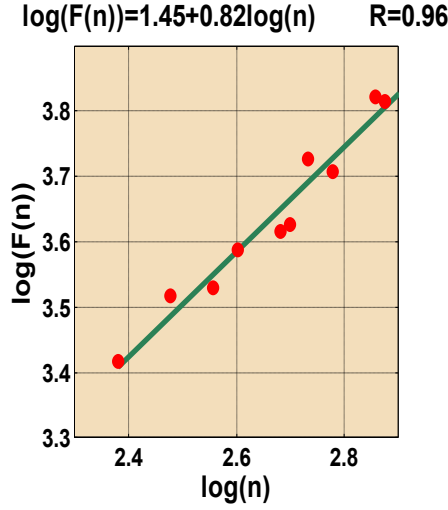
**Çizelge 6.2.** Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primleri serisi için Phillips-Perron testi

	<b>Düzeltilmiş t-istatistiği</b>	<b>p</b>
<b>Phillips-Perron test istatistiği</b>	-2.079056	0.2534
<b>Test kritik değerleri:</b> %1 düzeyinde	-3.432288	
%5 düzeyinde	-2.862282	
%10 düzeyinde	-2.567209	

Çizelge 6.1. ve Çizelge 6.2.' de "Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primleri serisi birim köklüdür." şeklinde kurulan yokluk hipotezi hem AugmentedDickey-Fuller hem de Phillips-Perron testlerindeki önem (p) değerleri (sırasıyla 0.200, 0.2534),  $\alpha= 0.05$  değerinden büyük çıktığı için red edilememektedir. Buna göre %95 güven düzeyinde Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primleri serisinin birim köklü olduğu yani durağan olmadığı söylenebilir.

Durağan olmadığı kesinleşen seriye  $n=240, 300, 360, 400, 480, 500, 540, 600, 720$  ve  $750$  değerleri için doğrusal trendleri yok etmek adına MATLAB programında yazılan kodlar aracılığıyla DFA-2 uygulanmış ve her  $n$  değeri için  $F(n)$  değerinin logaritması hesaplatılmıştır. Bu hesaplanan değerler yardımıyla  $\log(F(n))$ ' nin bağımlı,  $\log(n)$ ' nin bağımsız değişken olarak alındığı en küçük kareler aracılığıyla çizilen ve açıklayıcılık gücü %96 olan regresyon doğrusunun eğimi yani ölçekleme üsteli  $\alpha=0.82$  olarak bulunmuştur.





Şekil 6.2.  $\log(n)$  ve  $\log(F(n))$ ' nin regresyon doğrusu ve denklemi

Bunlara ek olarak, hesaplanan ölçekleme üsteli  $\alpha$ 'nın 0.5'ten farklı olup olmadığını test etmek için Wald testi uygulanmıştır.  $W = \left(\frac{\alpha-0,5}{\sigma_\alpha}\right)^2$  formülü ile hesaplanan Wald değeri,  $\chi^2$  dağılımı göstermektedir. Çizelge 6.3.'te görüldüğü üzere standart hatası 0.06 olarak bulunan ölçekleme üstelinin Wald değeri, 28.44 olarak hesaplanmıştır. Buna göre %95 güven düzeyinde, 1 serbestlik dereceli 0.05 anlamlılık düzeyli  $\chi^2$  değeri 3,84' e eşit olduğu için ve bu değer de hesaplanan Wald değerinden küçük olduğundan ölçekleme üstelinin 0.5 değerinden farklı olmadığı biçimindeki yokluk hipotezi red edilir. Yani ölçekleme üstelinin istatistiksel olarak 0.5' ten farklı olduğu söylenebilir.

**Çizelge 6.3.** Regresyon denkleminin katsayıları ve standart hataları (Bağımlı değişken:  $\log(F(n))$ )

MODEL	Katsayılar	Standart Hata
Sabit	1.45	0.16
Log(n)	0.81	0.06

İstatistiksel olarak anlamlı bulunan ölçekleme üsteli 0.5 ile 1 arasında bir değer olduğu için CDS serisinin pozitif yönlü bir korelasyona ya da uzun dönemli bağımlılığa sahip olduğu söylenebilir. Bu durumda, seri geçmiş periyotta yükselmişse gelecek periyotta da yükselme olasılığının ya da geçmiş periyotta

düşmüşse gelecek periyotta da düşme olasılığının çok fazla olduğu anlamı çıkarılabilir.

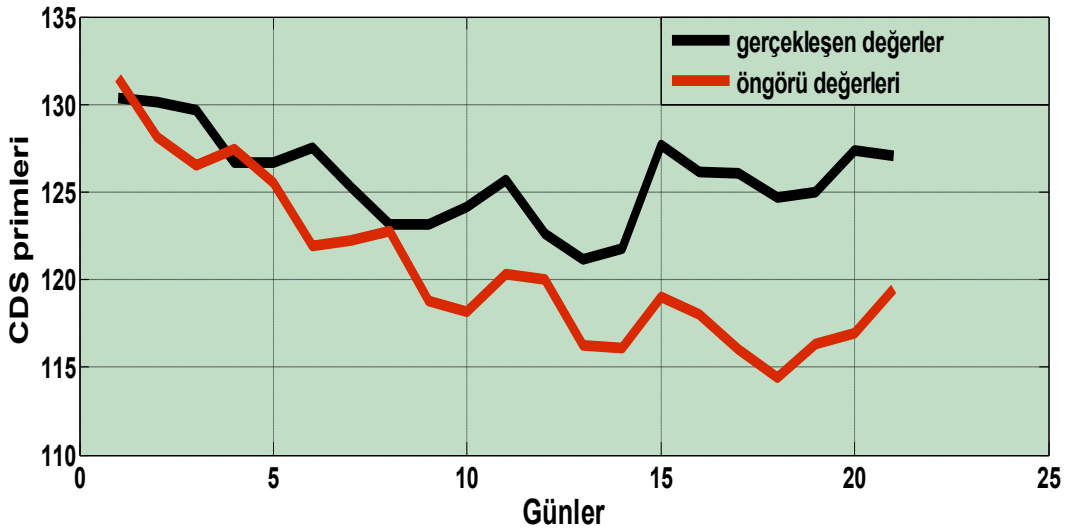
## 6.2. ARFIMA

Bu bölümde, DFA ile uzun dönem bağımlılığı kesinleşen Türkiye' nin 5 yıl vadeli günlük CDS primlerini modellemek için ARFIMA'dan yararlanılmıştır.

Çalışmada daha önce DFA kapsamında elde edilen ölçekleme üsteli  $\alpha$  ile ARFIMA( $p, d, q$ )'de yer alan  $d$  kesirli fark parametresi arasında eşitlik 4.6.'daki gibi bir ilişki olduğu söylenmişti. Buna göre ARFIMA modeli için kesirli fark derecesi  $d$ , 0.32 olarak belirlenmiştir. Matlab yazılımıyla oluşturulan ARFIMA modelleri arasından eşitlik 6.1.' de yer alan ARFIMA (7, 0.32, 7) modeli, en küçük Akaike bilgi kriterine sahip olması nedeniyle en uygun  $p$  ve  $q$  gecikme sayısına sahip model olarak belirlenmiştir.

$$(1 - 0.1043B + 0.2525B^2 - 0.5491B^3 - 0.8032B^4 - 0.0691B^5 - 0.1407B^6 + 0.4592B^7)(1 - B)^{0.32} = (1 + 0.6089B + 0.7988B^2 + 0.1336B^3 - 0.6583B^4 - 0.5363B^5 - 0.5131B^6 - 0.0139B^7)e_t \quad (6.1)$$

Bu modelle 2012 Aralık ayında gerçekleşmiş 21 günlük CDS primleri öngörülmuş ve Şekil 6.3.'te elde edilen öngörü değerleriyle gerçekleşen CDS prim değerlerine yer verilmiştir.



Şekil 6.3. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri

### 6.3. YSA'da Kullanılan Veri Grubu

Literatürde ülke CDS primleri ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde kullanılan değişkenlerin yurtiçi ve yurtdışı finansal riski temsil edecek değişkenler arasından seçildiği görülmektedir.

**Çizelge 6.4.** Modellerde kullanılan değişkenler

Değişken Adının Kısaltması	Açıklama
CDS	<u>Türkiye' nin 5 yıl vadeli CDS primi:</u> Türkiye' nin 5 yıl boyunca temerrüte düşme olasılığına karşı alınan sigortanın piyasadaki primidir.
BIST100	<u>Borsa İstanbul 100 endeksi:</u> Borsa İstanbul'da işlem gören hisse senetlerinden piyasa değeri en büyük ilk 100 şirketin fiyatlarının ağırlıklandırılmasıyla elde edilen endekstir.
DJI	<u>Dow Jones endeksi:</u> New York Borsası'nda işlem gören en büyük 30 sanayi şirketinin hisse senetlerinin fiyatlarının ağırlıklandırılmasıyla oluşturulan endekstir.
Eurobond	<u>Türkiye' nin 2030 vadeli gösterge Eurobond' unun fiyatı:</u> Türkiye' nin yurt dışından kaynak temini için ABD Doları cinsinden ihraç ettiği borçlanma senedinin fiyatıdır.
Libor	<u>Libor faiz oranı:</u> Londra bankalar arası para piyasasında kredibilitesi yüksek 60'dan fazla ülke bankasının birbirine ABD doları üzerinden borç verme işlemlerinde uyguladıkları faiz oranıdır.
VIX	<u>Volatilite endeksi:</u> Chicago Opsiyon borsası tarafından, S&P 500 hisse opsiyon fiyatları kullanılarak piyasanın beklenen volatilitisini ölçen endekstir.
Döviz Kuru	USD/TL ve EUR/TL kurlarının eşit oranda ağırlıklandırılmasıyla Türk Lirası'na etki eden döviz kurlarından oluşturulmuş bir döviz sepetini temsil etmektedir.

Bu bağlamda çalışmada Türkiye' nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin modellenmesinde ülke ve dünya ekonomisinin durumunu temsil etmesi amacıyla Bloomberg finansal veri sağlayıcı platformundan temin edilmiş ekonomik değişkenler Çizelge 6.4.' te sunulmuştur.

#### **6.4. Tasarlanan YSA Modelleri**

Çalışma kapsamında geliştirilen YSA modelleri MATLAB Neural Network yazılımında bulunan hazır fonksiyonlar yardımıyla kodlanmıştır. Deneme yanılma yöntemiyle oluşturulan 3 modelde de verilerin %80' lik kısmı eğitim, %20' lik kısmı test için kullanılmış ve ağların performans ölçütü olarak da HKO'dan yararlanılmıştır. Öngörüler için ise iteratif öngörü yöntemi benimsenmiştir.

##### Model 1

ÇKA ile tasarlanan bu ilk modelde iki farklı durum için sonuçlar elde edilmiştir. Birinci durumda Türkiye' nin 5 yıl vadeli aylık CDS primlerinin öngörüsü için girdi olarak sadece CDS primlerinin aylık gecikmeli değerleri yani tek değişkenli bir zaman serisi kullanılmıştır. İkinci durumda ise, Türkiye' nin 5 yıl vadeli günlük CDS primlerinin öngörüsü için girdi olarak 6 farklı değişkenin günlük değerleri yani çok değişkenli bir zaman serisi kullanılmıştır.

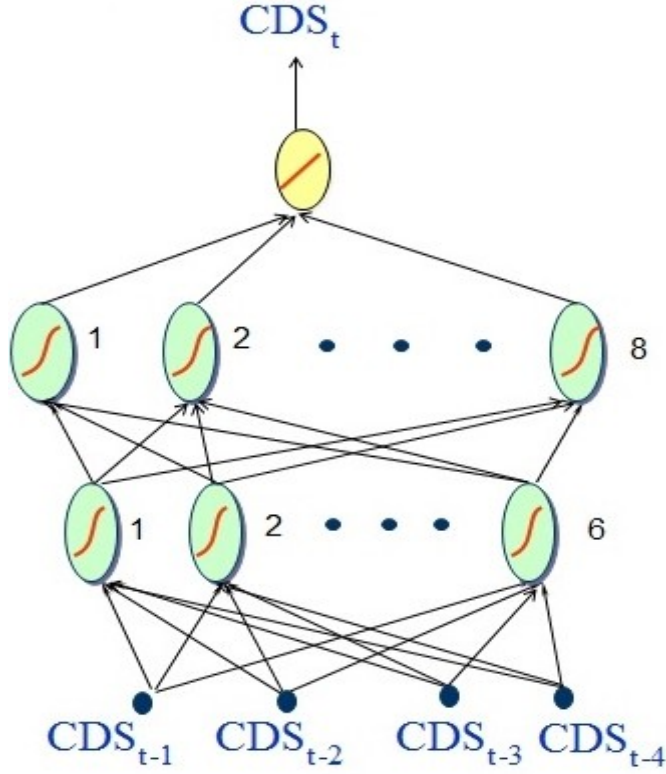
##### *Durum 1*

Birinci model kapsamındaki bu ilk durumda, Türkiye' nin 5 yıl vadeli aylık CDS primlerinin öngörüsü için 2000 yılının Kasım ayı ile 2012 yılının Kasım ayı arasındaki 145 ayı kapsayan CDS prim değerlerinin gecikmeli aylık değerleri kullanılmıştır. Böylece bir önceki ayda gerçekleşen CDS prim değerinin bir sonraki ayda gerçekleşecek CDS prim değerini açıklamadaki başarısı ölçülmüştür.

Gizli katmanlarda hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, çıktı katmanında da doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılarak bir ileri beslemeli ÇKA yapısı oluşturulmuştur. Modellemede hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanıldığı için veriler, analiz öncesi  $[-1,1]$  aralığına dönüştürülmüştür. Öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması tercih edilmiştir. Eğitim kümesi için ilk 116 veri ve test kümesi için de son 29 veri kullanılmıştır.

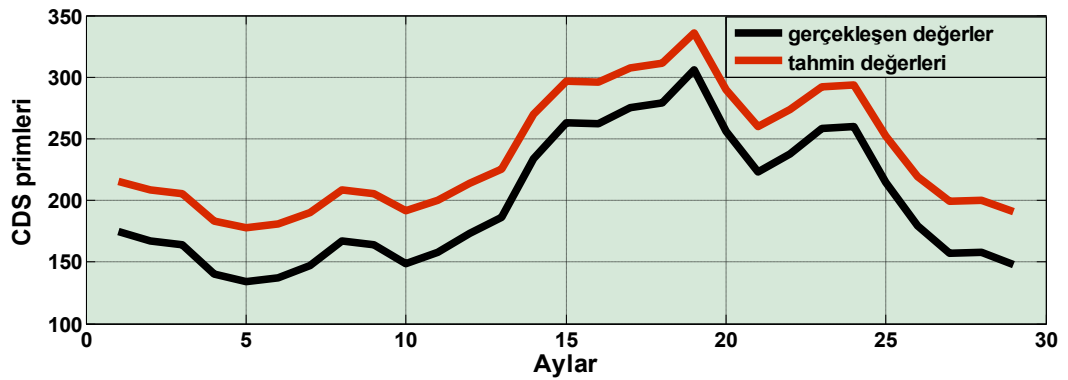
Zaman serilerinde, iki gizli katmanla yapılan öngörülerin daha iyi sonuç vermesinden dolayı iki gizli katmanın kullanıldığı, girdi ve gizli katmanındaki nöronların sayısının  $[1,13]$  aralığında değiştiği ve çıktı katmanında tek nöronun

bulunduğu 2197 farklı mimaride çözümler gerçekleştirilmiştir. Buna göre girdi tabakasında 4 nöronun, iki gizli tabaka ve bu tabakalarda sırasıyla 6 ve 8 nöronun, çıktı tabakasında da 1 nöronun bulunduğu '4-6-8-1' mimari yapısına sahip ağ, 0,0034 HKO değeriyle en iyi YSA mimarisi olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.4. Model 1'de Durum 1 için bulunan en iyi YSA mimarisi

Durum 1'in test kümesi için elde edilen tahmin değerleriyle gerçek CDS prim değerlerinin karşılaştırmalı grafiği Şekil 6.5.'te görülmektedir. Bu ağ yapısıyla 2012 Aralık ayında ortalama 125.81bp olan Türkiye 5 yıl vadeli aylık CDS primi, 161.76bp olarak öngörülmüştür.



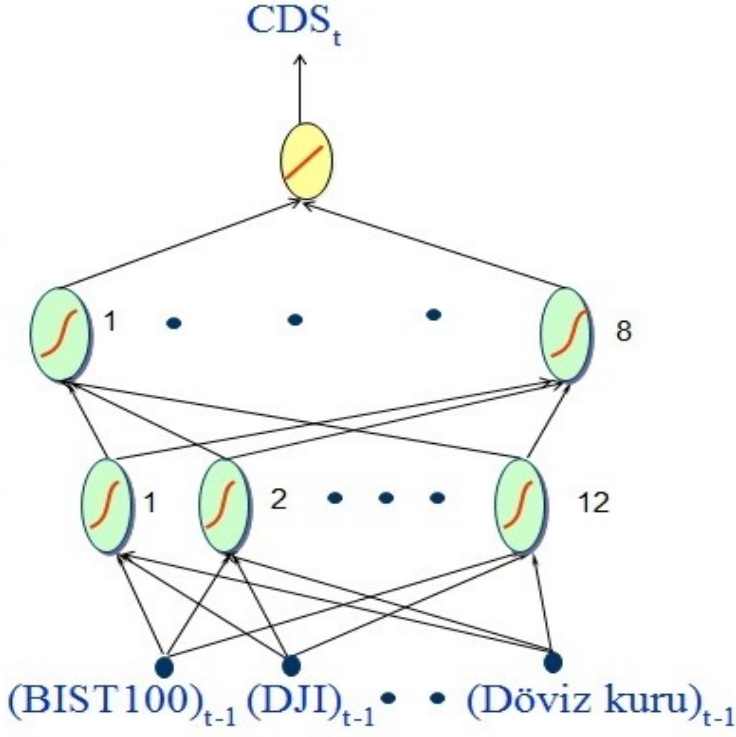
Şekil 6.5. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri

## *Durum 2*

Birinci model kapsamındaki bu ikinci durumda, 2000 yılı Kasım ayı ile 2012 yılı Kasım ayı arasındaki 2851 günü kapsayan Türkiye' nin 5 yıl vadeli günlük CDS prim değerlerini açıklamak için BIST100, DJI, eurobond, libor,, VIX ve döviz kuru değişkenlerinin günlük değerleri ÇKA ile tasarlanmış mimaride, girdi olarak kullanılmıştır. Analiz öncesi bu 6 değişkene, değişken seçim yöntemlerinden adimsal seçim yöntemi uygulanmış ve 6 değişkenin de önemli olduğu kanaatine varılmıştır. YSA modellemesi sırasında çıktı değişkeninin yani CDS prim değerlerinin t zamanındaki değerleri, girdi değişkenlerinin t-1 zamanındaki değerleri ile ilişkilendirilmiştir.

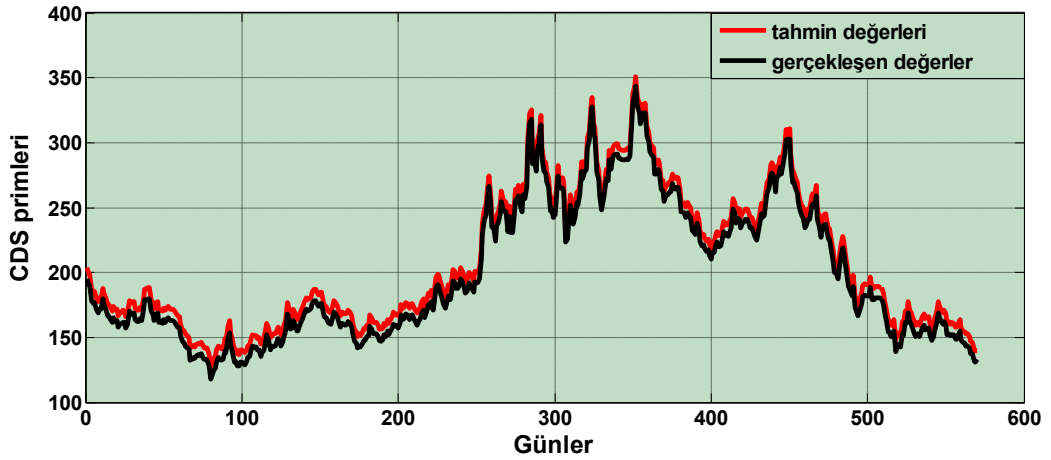
Gizli katmanlarda hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, çıktı katmanında da doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılarak ileri beslemeli ÇKA yapısı oluşturulmuştur. Aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanıldığı için analiz öncesi veriler [-1,1] aralığına dönüştürülmüştür. Öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması tercih edilmiştir. Eğitim kümesi için ilk 2281 veri ve test kümesi için de son 570 veri kullanılmıştır.

İki gizli katmanın bulunduğu, gizli katmandaki nöronların sayısının [1,13] aralığında değiştiği ve girdi katmanında 6, çıktı katmanında da tek nöronun bulunduğu 169 farklı mimaride çözümler gerçekleştirilmiştir. Buna göre girdi tabakasında 6 nöronun, iki gizli tabaka ve bu tabakalarda sırasıyla 12 ve 8 nöronun, çıktı tabakasında da 1 nöronun bulunduğu '6-12-8-1' mimari yapısına sahip ağ, 0,0019 HKO değeriyle en iyi YSA mimarisi olarak belirlenmiştir.

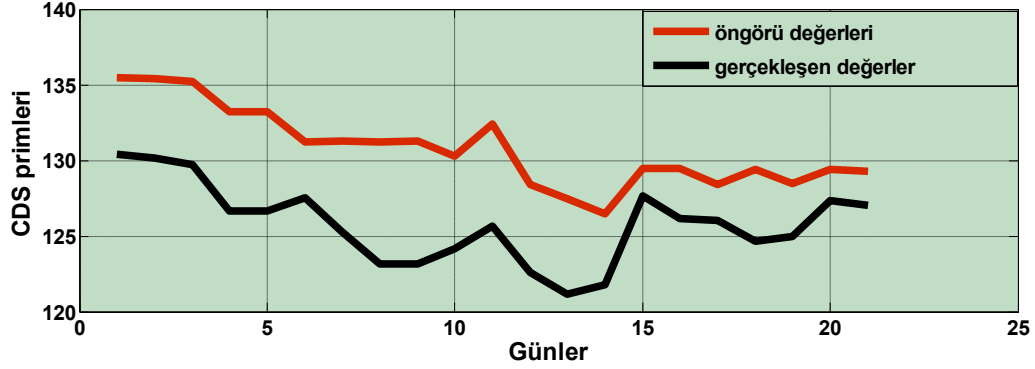


Şekil 6.6. Model 1’de Durum 2 için bulunan en iyi YSA mimarisi

Durum 2’nin test kümesi için elde edilen tahmin değerleriyle gerçekdeğerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 6.7.’de görülmektedir. Bu ağ yapısıyla 2012 Aralık ayında gerçekleşmiş 21 günlük CDS primleri öngörülmüş ve Şekil 6.8.’de elde edilen öngörü değerleriyle gerçekleşen CDS prim değerlerinin grafiğine yer verilmiştir.



Şekil 6.7. Türkiye’nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri



Şekil 6.8. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve gerçek değerleri

## Model 2

Türkiye' nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörüsü için radyal tabanlı fonksiyonların kullanıldığı bu ikinci modelde de Durum 2'de yer alan değişkenler ve aynı zaman dilimi kullanılmıştır.

Öncelikle ağ için RTFA'da en yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonu olan Gauss fonksiyonu seçilmiştir. RTFA' nın eğitimini etkileyen ve kullanıcı tarafından belirlenen Gauss fonksiyonu genişliğinin en doğru sonucu verecek biçimde ayarlanması amacıyla [1,5] aralığında değişen ve (1.1, 1.2, ..., 4.9, 5) şeklinde ilerleyen 41 farklı değerle denemeler yapılmış, en uygun genişlik parametre değeri bu değerler arasından 1.6 olarak bulunmuştur.

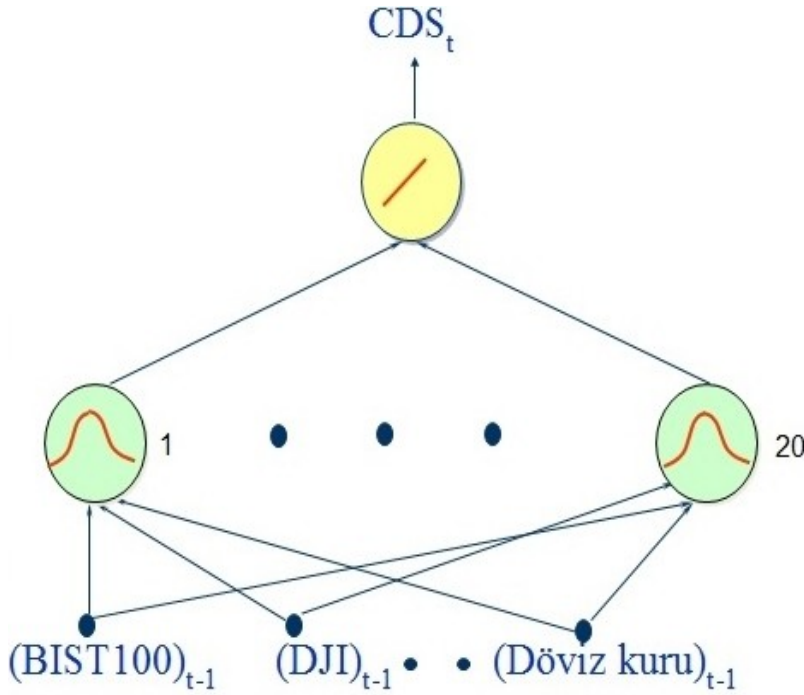
Bilindiği gibi HKO değeri, kullanıcı tarafından belirlenen amaca yakınlık değerine eşit ya da daha düşük oluncaya kadar ağın eğitimi devam eder. Ağ tasarlanırken RTFA'nın eğitiminin durdurulması için HKO değeri, 0.001 olarak seçilmiştir.

RTFA'nın eğitimini sonlandırmak için kullanılan diğer bir parametre ise, ağa dahiledilen nöron sayısıdır. Önceden belirlenen maksimum nöron sayısına ulaşıldığında da ağın eğitimi durdurulur. Bu çalışmada ağa ilave edilecek maksimum nöron sayısı 25 olarak seçilmiştir. Ayrıca eğitim kümesi için ilk 2281 veri ve test kümesi için de son 570 veri kullanılmıştır.

Buna göre Gauss fonksiyonu genişliğinin 1.6 olduğu, girdi tabakasında 6 nöronun, gizli tabakada 20 nöronun ve çıktı tabakasında da 1 nöronun bulunduğu '6-20-1'

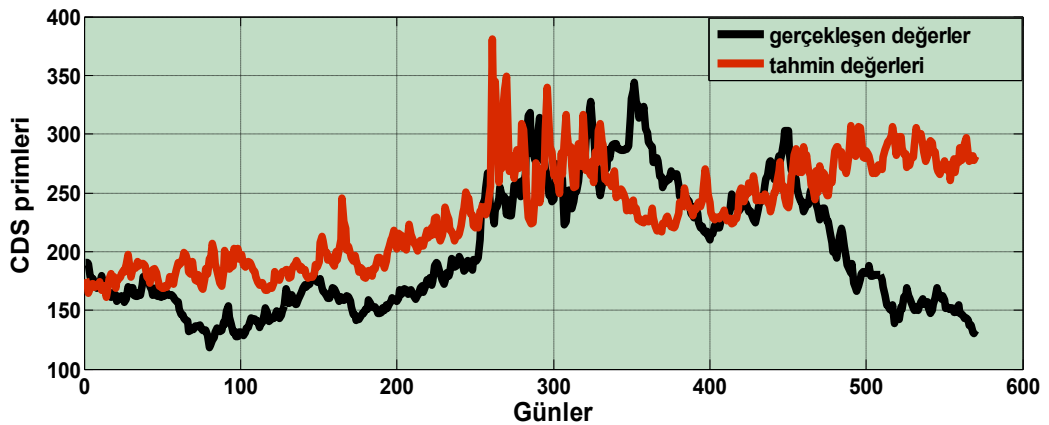


mimari yapısına sahip ağ, 0,0036 HKO değeriyle en iyi YSA mimarisi olarak belirlenmiştir.

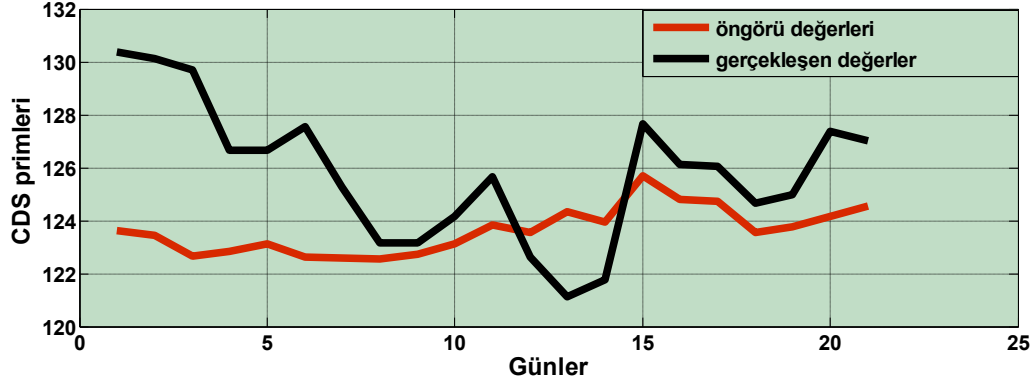


Şekil 6.9. Model 2 için bulunan en iyi YSA mimarisi

Model 3'ten elde edilen tahmin değerleriyle gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 6.9.'da görülmektedir. Bu ağ yapısıyla 2012 Aralık ayında gerçekleşmiş 21 günlük CDS primleri tahmin edilmiş ve Şekil 6.10'da elde edilen öngörü değerleriyle gerçek değerlere yer verilmiştir.



Şekil 6.10. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri



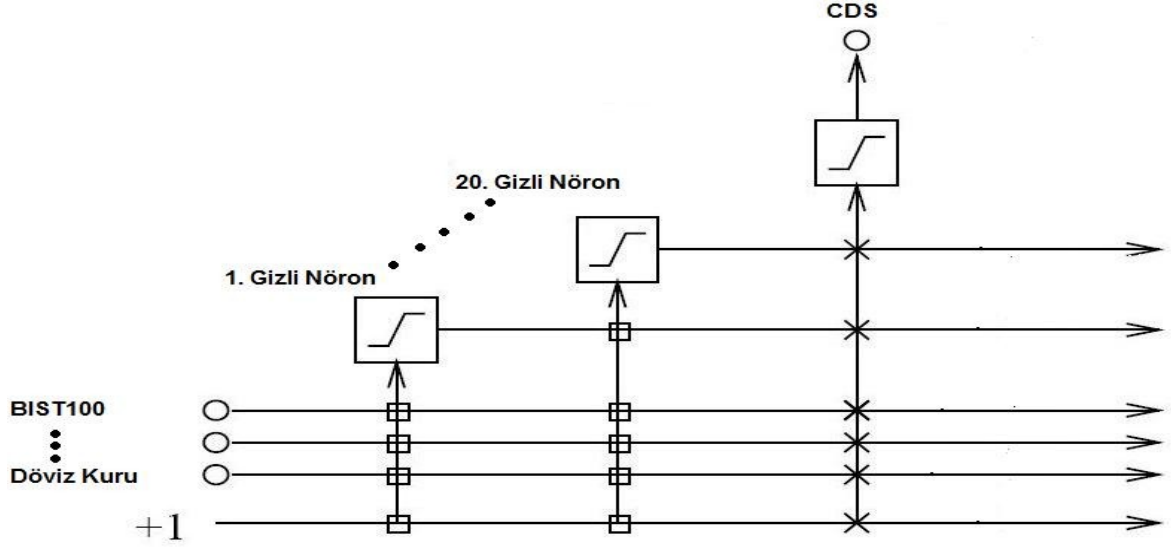
Şekil 6.11. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve gerçek değerleri

### Model 3

Türkiye' nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörüsü için kademeli korelasyon sınır ağlarının kullanıldığı bu üçüncü modelde de Durum 2' de yer alan değişkenler ve aynı zaman dilimi kullanılmıştır.

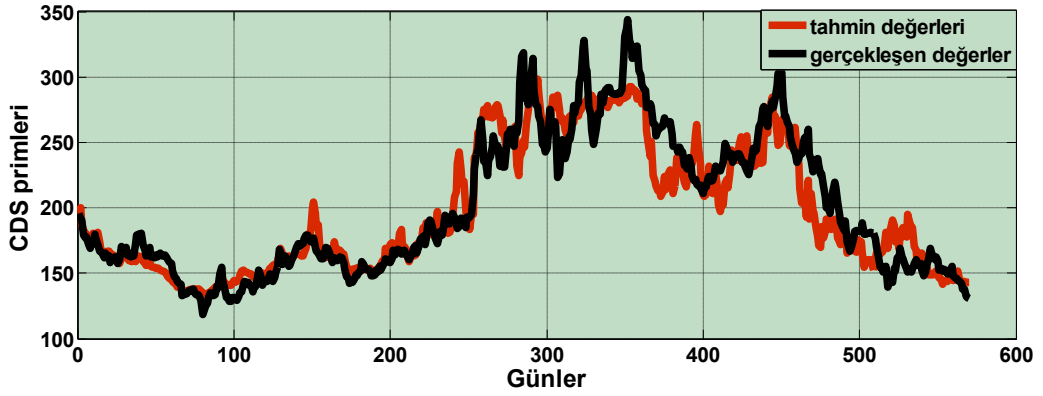
Öncelikle CCNN'de ağa eklenecek gizli nöronların bulunduğu aday havuzundaki nöronlar ile çıktı nöronunun aktivasyon fonksiyonu Sigmoid fonksiyonu olarak seçilmiştir. Sonrasında ağa eklenecek minimum nöron sayısı 0, maksimum nöron sayısı 50 olarak belirlenmiştir. Bağlantı ağırlıklarının belirlenmesi için de Hızlı Yayılım eğitim algoritması kullanılmıştır. Ayrıca eğitim kümesi için ilk 2281 veri ve test kümesi için son 570 veri kullanılmıştır.

Buna göre Şekil 6.11' de görülen girdi tabakasında 6 nöronun, gizli tabakada 20 nöronun ve çıktı tabakasında da 1 nöronun bulunduğu '6-20-1'mimari yapısına sahip ağ, 0,0011 HKO değeriyle en iyi model olarak belirlenmiştir.

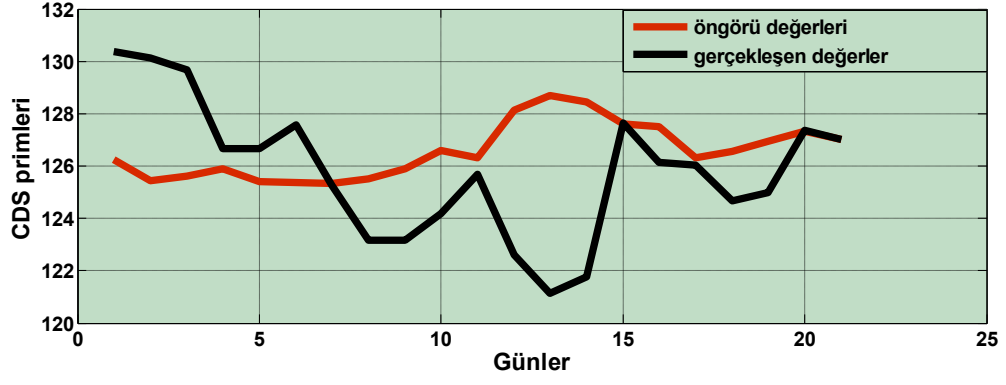


Şekil 6.12. Model 4 için en iyi YSA mimarisi

Model 4'ten elde edilen tahmin değerleriyle gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 6.12.'de görülmektedir. Bu ağ yapısıyla 2012 Aralık ayında gerçekleşmiş 21 günlük CDS primleri tahmin edilmiş ve Şekil 6.13'te elde edilen öngörü değerleriyle gerçek değerlere yer verilmiştir



Şekil 6.13. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin tahmin ve gerçek değerleri



Şekil 6.14. Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin öngörü ve tahmin değerleri

## 7. SONUÇ VE TARTIŞMA

ÇalışmakapsamındaCDS'lere dair genel bilgiler verildikten sonra, Türkiye' nin5 yıl vadeli CDS primlerini etkileyen ekonomik değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerden yararlanarak CDS primlerinin öngörülmesi için YSA tekniğinden yararlanılmıştır. Aynı zamanda uzun dönem bağımlı zaman serilerinin tahmininde kullanılan klasik bir yöntem olan ARFIMA ile de modelleme yapılmış ve bu iki tekniktenele edilen öngörü sonuçları sunulmuştur.

CDSserisindeki uzun dönem bağımlılık yapısı,çalışmada, geleneksel yaklaşımlara göre daha kullanışlı bir yöntemolan DFA ile ortaya çıkarılmıştır. DFA ile belirlenen kesirli fark parametresid ile ARFIMA modellemesi yapılmıştır.Aynı zamanda çalışmada,uzun dönem bağımlılık, ARFIMA, DFA veöngörü amaçlı YSA ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra, uygulamada kullanılan YSA modellerinin genel özelliklerinden ve tasarlanmaları sırasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan bahsedilmiştir.

Çalışmanın uygulama bölümünde, analizde kullanılan değişkenler ve oluşturulan modellerle ilgili bilgilere yer verilmiştir. Uygulama kapsamında toplamda 4 farklı model oluşturulmuş ve tüm modellerden elde edilen öngörülerin karşılaştırılmasında performans ölçütü olarak HKT ve MHOY kullanılmış ve buna göre de aşağıdaki çizelge elde edilmiştir.

**Çizelge 7.1.** Modellerden elde edilen öngörülerin hataları

Hata Ölçüt Kriteri	ARFIMA	Model 1 (Durum 1)	Model 1 (Durum 2)	Model 2	Model 3
HKT	106.02	1292.40	203.33	105.97	137.71
MHOY	%4.02	%28.57	%7.71	%4.01	%5.24

2851 günlük Türkiye'nin 5 ay vadeli CDS primlerinin uzun dönem bağımlılık yapısı DFA ile ortaya konmuş ve bu sayede kesirli fark parametresi 0.32 olan ARFIMA (7, 0.32, 7) modeli, en küçük Akaike bilgi kriterine sahip olması nedeniyle en uygun

model olarak belirlenmiştir. Bu modelden Aralık 2012'de gerçekleşen 21 günlük CDS primleri %4.02' lik bir hata ile tahmin edilmiştir.

Model 1'in birinci durumunda CDS serisinin aylık gecikmeli değerleri kullanılmıştır. Yapılan denemelerden sonra '4-6-8-1' mimari yapısına sahip çok katmanlı algılayıcı 0,0034 HKO değeri ile en iyi model olarak belirlenmiş ve bu modelle Aralık ayının ortalama CDS prim değeri %28.57' lik bir hata ile tahmin edilmiştir.

Model 1'in ikinci durumunda ise, literatürde yapılan çalışmalardan yararlanılarak CDS değerlerini etkileyebileceği düşünülen 6 adet ekonomik değişken ile (BIST100, DJI, eurobond, libor, VIX, döviz kuru) günlük CDS prim değerleri arasındaki ilişkiden yola çıkılarak birçok katmanlı algılayıcı oluşturulmuştur. Buna göre oluşturulan modellerden en iyi performansı 0,0019 HKO değeri ile '6-12-8-1' yapılı ağ mimarisi göstermiştir. Bu modelden Aralık 2012'de gerçekleşen 21 günlük CDS primleri de %7.71' lik bir hata ile tahmin edilmiştir.

Model 2' de, yine aynı değişkenlerle CDS primlerinin modellenmesi için radyal tabanlı fonksiyonlardan yararlanılarak bir YSA oluşturulmuş ve oluşturulan modeller arasında '6-20-1' ağ yapısı 0,0036 HKO değeriyle en iyi performansı göstermiştir. Model 2 ile Aralık 2012'de gerçekleşen 21 günlük CDS primleri de %4.01' lik bir hata ile tahmin edilmiştir.

Son olarak Model 3'te, kademeli korelasyon sinir ağları kullanılarak yine aynı değişkenlerle CDS arasındaki ilişki modellenmiştir. Buna göre '6-20-1' mimari yapısı 0,0011 HKO değeri ile en iyi model olarak belirlenmiştir. Bu modelle Aralık 2012'de gerçekleşen 21 günlük CDS primleri ise %5.24' lük bir hata ile tahmin edilmiştir.

Çizelge 7.1.' de görüldüğü üzere tek değişkenli bir klasik zaman serisi tekniği olan ARFIMA' da, CDS primlerinin gecikmeli değerlerinden elde edilen öngörülerin hata oranıyla, 6 adet açıklayıcı değişkenle oluşturulmuş radyal tabanlı ağın kullanıldığı Model 2'den elde edilen öngörülerin hata oranlarının hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Bu durum YSA tekniklerinin, doğru açıklayıcı değişkenlerle klasik zaman serisi modellerine yakın sonuçlar üretebileceğini göstermiştir. Sonraki çalışmalarda, bu açıklayıcı değişkenlere ek olarak CDS prim değerlerinin gecikmeli değerlerinin de dahil edildiği YSA modelleriyle daha doğru öngörüler elde edilebileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, YSA ile modelleme sırasında Model 1'in birinci durumundagünlük değerler yerine aylık değerler kullanımının hata payı yüksek öngörü sonuçlarının elde edilmesinde etkili olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, özellikle uzun dönem bağımlı bir yapıya sahip olan CDS gecikmeli değerlerinin, CDS primlerindeki değişimi tek başına açıklamada yeterli olmadığını da göstermiştir. Zaten çizelgede de, uzun dönem bağımlılık yapısının YSA ile oluşturulan modellerin birçoğunda elde edilen öngörülerde hata oranını yükselten bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Bu bulgular ışığında, ülke riskinin bir göstergesi olan CDS primlerinin modellenmesinde, YSA tekniğinin kullanılabileceği ancak serideki uzun dönem bağımlılık yapısının bu teknikten elde edilen öngörülerin hata payını yükseltebileceği ortaya konmuştur. Bu yüzden YSA ile modellemeler yapılırken serideki bağımlılık yapısının incelenmiş olmasının ve klasik bir yöntemle de modelleme yapılarak elde edilen sonuçların karşılaştırılmasının daha güvenilir öngörüler sunacağı söylenebilir.

Çalışma kapsamında, Türkiye'nin 5 yıl vadeli CDS primlerinin günlük değişimlerini etkileyen ekonomik değişkenleri Borsa İstanbul 100 endeksi, Dow Jones Endeksi, Türkiye'nin 2030 vadeli eurobondunun fiyatı, libor faiz oranı, Chicago Opsiyon Borsası tarafından oluşturulan VIX endeksi ve Euro/TL ile Amerikan Doları/TL döviz kurları olarak sıralamak mümkündür. Ayrıca, yurtiçi ve yurtdışı piyasa durumunu oldukça iyi yansıtan daha fazla ekonomik değişkenle performansı daha yüksek olan ağlar ve öngörüler elde edilebileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Tatlıdil H., Bursa, N., Kredi temerrüt takası ve risk yönetimi, *İktisat ve Toplum Dergisi*, 12, 58-65, **2011**.
- [2] Das,S., *Credit Derivative and Credit Linked Notes*, New York: John Wiley and Sons, **2000**.
- [3] Özyurt, G., Kredi türevleri, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, 31, 32-44, **2003**.
- [4] Bomfim, A., *Understanding Credit Derivatives and Related Instruments*, Academic Press, **2005**.
- [5] Çevik, F., *Kredi Türevleri Piyasası: Kredi Temerrüt Swapları, Türkiye ve Gelişmekte Olan Ülkelerle Karşılaştırmalı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, **2007**.
- [6] Liao,H., Chen, T., Chou, T., Multi-period corporate short-term credit risk assessment – a state-dependent stochastic liquidity balance model, **2005**, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=758245](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=758245)
- [7] Yeğınboy, Y., Kredi derecelendirme kuruluşları, **2012**, [www.deu.edu.tr/userweb/yasemin.yeginboy/krediderece.ppt](http://www.deu.edu.tr/userweb/yasemin.yeginboy/krediderece.ppt)
- [8] Kunt, A., *Kredi Temerrüt Swapları ve Türkiye' nin Kredi Temerrüt Swap Priminin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, **2008**.
- [9] Yılmaz, S., *Kredi Temerrüt Takası: Değerleme Teknikleri ve Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Piyasa Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, **2009**.
- [10] Tözüm, H., *Kredi Türevleri Uygulamada CDS' ler*, Ankara, **2009**.
- [11] Bolgün, K.E., Akçay, M.B., *Risk Yönetimi*, 2.Baskı, Scala Yayıncılık, İstanbul, **2005**.
- [12] Akçaoğlu, E., *Finansal Türev Ürünlerin Vergilendirilmesi*, Turhan Kitapevi, Ankara, **2002**.
- [13] Demirer, S., *Kredi Temerrüt Takasları*, Mezuniyet Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul, **2005**.
- [14] Işık, N., Tünen, T., Türev ürünlerin 2008 küresel finansal krizindeki rolü, *Avrasya Etüdüleri*, 39, 7-48, **2011**.
- [15] Aksel, K., Kredi risk yönetimi, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, 18, 1-22, **2001**.
- [16] Aydın, N., *Sermaye Piyasaları ve Finansal Kurumlar*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, **2004**.
- [17] Pollack, E.R., Assessing the usage and effect of credit derivatives, **2003**, <http://www.law.harvard.edu/programs/about/pifs/llm/sp33.pdf>



- [18] Gregoriou, G.N., Ali, P.U., *Credit Derivatives Handbook: Global Perspectives Innovations, and Market Drivers*, McGraw-Hill Finance & Investing, **2008**.
- [19] Kılıç, Ç., *Kredi Temerrüt Swap Primini Etkileyen Faktörler ve Türkiye Üzerine Uygulamalar, Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, **2009**.
- [20] Chan-Lau, A.J., *Anticipating credit events using credit default swaps with on application to sovereign debt crisis*, IMF Working Paper, **2003**.
- [21] Gümrah, Ü., *Kredi Türevleri ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Kredi Temerrüt Swapları Üzerine Bir Araştırma*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, **2009**.
- [22] Anson, M., Fabozzi, F., Choudhry, M.C., *Credit derivatives: instruments, applications and pricing*, **2004**, [http://gendocs.ru/docs/4/3483/conv\\_1/file1.pdf](http://gendocs.ru/docs/4/3483/conv_1/file1.pdf)
- [23] Effenberger, D., *Credit derivatives: effects on the stability of financial Markets*, **2004**, [http://www.dbresearch.com/PROD/DBR\\_INTERNET\\_EN-PROD/PROD0000000000081397.PDF](http://www.dbresearch.com/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD0000000000081397.PDF)
- [24] Banks, E., Glantz, M., Siegel, P., *Credit Derivatives: Techniques to Manage Credit Risk for Financial Professionals*, McGraw-Hill, **2006**.
- [25] Broll, U., Pausch, T., Welzel, P., *Credit risk and credit derivatives in banking*, **2002**, <http://www.wiwi.uni-augsburg.de/vwl/institut/paper/228.pdf>
- [26] Anonim, OCC's Quarterly Report on Bank Trading and Derivatives Activities Fourth Quarter 2012, <http://www.occ.gov/topics/capital-markets/financial-markets/trading/derivatives/dq412.pdf> (Mart, **2013**).
- [27] Brandon, I.K., Fernandez, A.F., *Financial innovation and risk management: an introduction to credit derivatives*, *Journal of Applied Finance*, 15, 1, 1-52, **2005**.
- [28] Beinstein, E., Scott, A., *Credit Derivatives Handbook*, **2006**, [http://www.einstitutional.com/geodesicweb/papers/JPMorgan\\_CDS.pdf](http://www.einstitutional.com/geodesicweb/papers/JPMorgan_CDS.pdf)
- [29] Longstaff, A.F., Mithal, S., Neis, E., *The credit default swap market: Is credit protection priced correctly?*, University of California Los Angeles Working Paper, **2003**.
- [30] Anonim, SDA Credit Event Definitions, <http://www.credit-deriv.com/isdadefinitions.htm> (Aralık, **2012**).
- [31] Wemmenhove, D., *Credit default swap spread model: descriptive and predictive*, **2009**, <http://essay.utwente.nl/60530/>
- [32] Karabıyık, L., Anbar, A., *Kredi Temerrüt Swapları ve Kredi Temerrüt Swaplarının Fiyatlandırılması*, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 31, 10-21, **2006**.
- [33] Weistroffer, C., *Credit default swaps – heading towards a more stable*

- system, **2009**, <http://ebookbrowse.com/credit-default-swaps-heading-towards-a-more-stable-system-pdf-d223198948>
- [34] Çevik, P., Şener, E., Ülütaş, S., Volatilite Yayılması-1: Vadeli Endeks Kontratları, Eurobond ve Kredi Temerrüt Takası, **2010**, <http://www.vob.org.tr/VOBPortalTur/docs/vobjektif05.pdf>
- [35] Winckelmann, D.A., Sørensen, L.A., Analysis of european sovereign CDS spreads before and after the financial crisis, Aarhus School of Business, Aarhus, **2011**.
- [36] Hull, H., White, H., Valuing Credit Default Swaps I: No Counterparty Default Risk, **2000**, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1295226](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1295226)
- [37] Ersan, İ., Günay, S., Kredi riski göstergesi olarak kredi temerrüt swapları ve kapatma davasının Türkiye riski üzerine etkisine dair bir uygulama, *Bankacılar Dergisi*, 71, 3-22, **2009**.
- [38] Merritt, R., Linnel, I., Grossman, R., Cottrell, M., Rosenthal, E., Global credit derivatives: risk management or risk, Fitch Ratings, **2003**.
- [39] Baily, M.N., Litan R.E., Johnsen, M.S., Origins of the financial crisis, **2008**, <http://www.brookings.edu/research/papers/2008/11/origins-crisis-baily-litan>
- [40] Engdahl, W., Credit default swaps the next crisis, **2008**, <http://www.financialsensearchive.com/editorials/engdahl/2008/0606.html>
- [41] Wilson, p., everything you wanted to know about credit default swaps – but were never told, **2009**, <http://www.aei.org/article/economics/financial-services/everything-you-wanted-to-know-about-credit-default-swaps--but-were-never-told/>
- [42] Can, E., CDS ülke-şirket bono sigortası, **2013**, <http://www.esyiad.org/cds.html>
- [43] Uçak, S., Dış borçlar, gelişmekte olan ülke deneyimleri ve Türkiye, **2006**, <http://www.universite-toplum.org/text.php3?id=291>
- [44] Yapraklı, S., Bener, G., Ülke riskinin hisse senedi fiyatlarına etkisi, **2007**, <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/930/11602.pdf>
- [45] Akdoğan, K., Chadwick, M.G., CDS-Bono farkı ve düzeltme hareketi, *Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Ekonomi Notları*, 1, 1-9, **2012**.
- [46] Remolona, E.M., Scatigna, M., Wu, E., Interpreting sovereign spreads, **2007**, [http://www.bis.org/repofficepubl/arpresearch/fs\\_200703.02.pdf](http://www.bis.org/repofficepubl/arpresearch/fs_200703.02.pdf)
- [47] Amadou, N., *Emerging Market Bond Spreads and Sovereign Credit Ratings: Reconciling Market Views with Economic Fundamentals*, IMF Working Paper, **2001**.
- [48] Skinner, F., Townend, T., An empirical analysis of credit default swaps, *International Review of Financial Analysis*, 11, 297-309, **2002**.

- [49] Houweling, P., Vorst, t., *An emprical comparison of default swap pricing models*, Erasmus University Working Paper, **2002**.
- [50] Hull, J., Predescu, M., White, A., The relationship between credit default swap spreads, bond yields, and credit rating announcements, *Journal of Banking and Finance*, 28, 2789-2810, **2004**.
- [51] Chan-Lau, J., Kim, Y., *Equity prices, credit default swaps, and bond spreads in emerging markets*, IMF Working Paper, **2004**.
- [52] Amato, D., Risk aversion and risk premia in the CDS market, BIS Quarterly Review, **2005**.
- [53] In, F., Kang, U., Kim, T., Sovereign credit default swaps, sovereign debt and volatility transmission across emerging markets, **2007**, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1090408](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1090408)
- [54] Chen, Y., Wang, K., Tu, A., Default Correlation at the Sovereign Level: Evidence From Latin American Markets, *15th Annual Conference On Pacific Basic Finance, Economics, Accounting and Management*, Vietnam, **2007**.
- [55] Aktuğ, E., Vasconcellos, G., Bae, Y., The dynamics of sovereign credit default swap and bond markets: emprical evidence from the 2001-2007 period, *Social Science Research Network*, **2008**.
- [56] Chan, K., Fung, H., Zhang, G., On the relationship between Asian credit default swap and equity markets, *Journal of Asian Business Studies*, 4, 1, 2-11, **2009**.
- [57] Ismailescu, I., Kazemi, H., The reaction of emerging market credit default swap spreads to sovereign credit rating changes, *Journal of Banking and Finance*, 34, 61-73, **2010**.
- [58] Fontana, A., Scheicher, M., *An analysis of Euro area sovereign CDS and their relation with government bonds*, ECB Working Paper, **2010**.
- [59] Liu, Y., Morley, B., Sovereign credit default swaps and the macroeconomy, *Applied Economic Letters*, 19, 129-132, **2012**.
- [60] Kalbaska, A., Gatkowski, M., Eurozone sovereign contagion: evidence from the CDS market (2005-2010), *Journal of Economic Behavior & Organization*, 83, 657-673, **2012**.
- [61] Eyssell, T., Fung, H., ve Zhang, G., Determinants and price discovery of China sovereign credit default swaps, *China Economic Review*, 24, 1-15, **2013**.
- [62] Bektaş, C., Dünya borsaları getiri ve mutlak getiri serilerinde uzun-dönemli bağımlılık analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **2007**.
- [63] Turgutlu, E., Fisher Hipotezinin Tutarlılığının Testi: Parçalı Durağanlık ve Parçalı Koentegrasyon Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari*

*Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19, 2, 55-74, **2004**.

- [64] Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç.H., Günay, S., Uzun dönem bağımlı zaman serilerinin yapay sinir ağları ile öngörülmesinde mimari seçim ölçütlerinin karşılaştırılması, *8. Türkiye ekonometri ve İstatistik Kongresi*, Malatya, **2007**.
- [65] Günay, S., Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç. H., *Tek Değişkenli Zaman Serileri Analizine Giriş*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, **2007**.
- [66] Kasman, A., Kırkulak, B., Türk Hisse Senedi Piyasası Etkin mi? Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testlerinin Uygulanması, *İktisat İşletme ve Finans*, 22, 253, 68-78, **2007**.
- [67] Qian, X., Gu, G., Zhou, W., Modified detrended fluctuation analysis based on empirical mode decomposition for the characterization of anti-persistent process, *Physica A*, 390, 4388-4395, **2011**.
- [68] Hu, K., Ivanov, P., Chen, Z., Carpena, P., Stanley, E., Effects of trends on detrended fluctuation analysis, *Physical Review*, 64, 1-19, **2001**.
- [69] Grech, D., Mazur, Z., On the scaling ranges of detrended fluctuation analysis for long-memory correlated short series of data, *Physica A*, 9, 392, 1-27, **2012**.
- [70] Bashan, A., Bartsch, R., Kantelhardt, J., Havlin, S., Comparison of detrending methods for fluctuation analysis, *Physica A*, 384, 5080-5090, **2008**.
- [71] Wang, Y., Wei, Y., Wu, C., Detrended fluctuation analysis on spot and futures markets of west texas intermediate crude oil, *Physica A*, 390, 864-875, **2011**.
- [72] Kurnaz, M., Detrended fluctuation analysis as a statistical tool to monitor the climate, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, **2004**.
- [73] Perakasis, P., Fractal Analysis of Cardiac Dynamics: The Application of Detrended Fluctuation Analysis on Short-term Heart Rate Variability, Ph.D.Thesis, Granada University, **2009**.
- [74] Rasekhi, S., Shahrazi, M., Econophysics from theory to application: a case study of Iran, *International Journal of Economics and Management Engineering*, 2, 4, 145-154, **2012**.
- [75] Leite, A., Rocha, A. P., Silva, M. E., Gouveia, S., Carvalho, J., Costa, O., Long-Range Dependence in Heart Rate Variability Data: ARFIMA Modelling vs Detrended Fluctuation Analysis, *Computers in Cardiology*, 34, 21-24, **2007**.
- [76] Aladağ, Ç.H., *Yapay Sinir Ağlarının Mimari Seçimi İçin Tabu Arama Algoritması*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2009**.
- [77] Şen, Z., *Yapay Sinir Ağları İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, **2004**.

- [78] Haykin, S., *Neural Networks and Learning Machines*, Pearson Prentice Hall, **2008**.
- [79] Hamzaçebi, Ç., *Yapay Sinir Ağları*, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa, **2011**.
- [80] Öztemel, E., *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, İstanbul, **2012**.
- [81] Kriesel, D., A brief introduction to neural networks lecture notes, **2007**, [http://www.dkriesel.com/en/science/neural\\_networks](http://www.dkriesel.com/en/science/neural_networks)
- [82] Elmas, Ç., *Yapay Zeka Uygulamaları*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, **2010**.
- [83] Gupta, M., Jin, I., Homma, N., *Static and Dynamic Neural Networks: From Fundamentals to Advanced Theory*, John Wiley & Sons, **2003**.
- [84] MacKay, D., *Information Theory, Inference and Learning Algorithms*, Cambridge University Press, **2003**.
- [85] Gonzalez, S., Neural Networks for macroeconomic forecasting: a complementar approach to linear regression models, Department of Finance, Canada, **2000**.
- [86] Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç.H., Günay, S., Yapay sinir ağları ve arıma modellerinin melez yaklaşımı ile zaman serilerinde öngörü, *7. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, İstanbul, **2005**.
- [87] Demuth, H., Beale, M., *Neural Network Toolbox for Use with Matlab User's Guide Version 4*, MathWorks, **2000**.
- [88] Broomhead, D.S., Lowe, D., Multivariate Functional Interpolation and Adaptive Networks, *Complex Systems*, 2, 321-355, **1988**.
- [89] Bullinaria, J., *Neural Computation*, The University of Birmingham, **2012**.
- [90] Topaloğlu, V., *Yapay Sinir Ağları ile Dalga Yüksekliği Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **2007**.
- [91] Akbilgiç, O., *Hibrit Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları ile Değişken Seçimi ve Tahminleme: Menkul Kıymet Yatırım Kararlarına İlişkin Bir Uygulama*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, **2011**.
- [92] Han, H., Chen, Q., Qiao, J., Research on an online self-organizing radial basis function neural network, *Neural Computing & Applications*, 19, 5, 667-676, **2010**.
- [93] Fahlman S., Lebiere, C., *The Cascade-Correlation Learning Architecture*, School of Computer Science, Pittsburgh, **1991**.
- [94] Diamantopoulou, M., Antonopoulos, V., Papamichail, D., Cascade correlatin artificial neural networks for estimating missing monthly values of water quality parametrs in rivers, *Water Resour Manage*, 21, 649-662, **2007**.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri:

Adı Soyadı : Nurbanu BURSA

Doğum Yeri : Nazilli

Doğum Yılı : 1988

Medeni Hali : Bekar

E-posta : nurbanubursa@hacettepe.edu.tr

Adresi: Hacettepe Üniversitesi İstatistik Bölümü 06800 Beytepe, ANKARA.

### Eğitim:

Lise : 2002 - 2006 Nazilli Anadolu Lisesi

Lisans : 2006 - 2010 Başkent Üniversitesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü

Yan Dal : 2008 - 2010 Başkent Üniversitesi Uluslararası Ticaret Bölümü

### Yabancı Dil ve Düzeyi:

İngilizce, İleri Seviye

### İş Deneyimi:

2011 - ... Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü

Araştırma Görevlisi

### Deneyim Alanları:

Ders Asistanlığı: İST377 Parametrik Olmayan İstatistiksel Yöntemler,

Güz, 2011-2013.

İST467 Çok Değişkenli Çözümleme, Güz, 2011-2013.

İST490 Ekonometri, Bahar, 2011-2013.

Öğrenci Danışmanlığı: 57 lisans öğrencisinin ders danışmanlığı, 2011-2013.

**Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi: -**

**Tezden Üretilmiş Yayınlar: -**

**Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu İle Katıldığı Toplantılar: -**