ASOS JOURNAL
The Journal of Academic Social Science

Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 4, Sayı: 35, Aralık 2016, s. 248-261

Yayın Geliş Tarihi / Article Arrival Date
10.11.2016

Yayınlanma Tarihi / The Publication Date
10.12.2016

Yrd. Doç. Dr. Nurdan DEĞİRMENCİ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fındıklı Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,
nurdan.degirmenci@erdogan.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Hakan PABUÇCU
Bayburt Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü,
hpabuccu@bayburt.edu.tr

BORSA İSTANBUL VE RİSK PRİMİ ARASINDAKİ ETKİLEŞİM: VAR VE NARX MODEL[1]

Öz

Bu çalışmada, risk primini temsil eden Kredi Temerrüt Riski (CDS) ile Borsa İstanbul (BIST) arasındaki etkileşim ve geleceğe dönük güçlü tahminler yapabilmek için uygun sinir ağı modelleri araştırılacaktır. Çalışma kapsamında Türkiye'ye ait 5 yıllık CDS primleri 2010–2015 dönemleri arasında günlük olarak alınmış ve aynı döneme ait menkul kıymet borsa endeksi kapanış değeri (BIST100) ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada yöntem olarak Vektör otoregresif (VAR) analizi, Granger Nedensellik analizi ve Yapay sinir ağı tabanlı, doğrusal olmayan otoregresif (NARX) modeller kullanılarak veriler analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada Granger nedensellik testi, hisse senedi fiyatları ve kredi temerrüt riski arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermiştir. NARX model ise $MSE_{Test} = 0{,}00059$ hata oranı ile çok güçlü bir tahmin modeli olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: CDS, BIST100, NARX, VAR, Granger
JEL Kodu: C22, C45

[1]Bu çalışma 17. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik kongresinde sözlü olarak sunulan bildirinin genişletilmiş ve gözden geçirilmiş şeklidir.

RELATIONSHIP BETWEEN ISTANBUL STOCK MARKET AND CREDIT DEFAULT SWAP: VAR AND NARX MODEL

Abstract

We aim in this study, to investigate the relationship between Credit Default Swap (CDS)-Borsa Istanbul (BIST) and Artificial Neural Network (ANN) models to make a strong forecast for the future. For this purpose, collect daily data belong to Turkey that are CDS and BIST100 index for 5 years from 2010 to 2015. To analyses the dataset used VAR, Granger causality and ANN (NARX) model. As a result investigate the double way granger causality relationship between CDS-BIST. After determined the VAR Granger causality way, estimated NARX model. NARX model estimated and determined the very strong model to forecast with $MSE_{Test} = 0{,}00059$.

Keywords: CDS, BIST100, NARX, VAR, Granger
JEL Classification: A12, C24

GİRİŞ

1973 yılında Bretton Woods sisteminin sona ermesiyle uluslararası alanda faaliyet gösteren bankalar ve finansal kuruluşlar, döviz kurlarının ve faiz oranlarının sürekli dalgalanmasıyla kur riski ile karşılaşarak büyük oranda sıkıntıya girmiştir. Ortaya çıkan bu dalgalanmaların azaltılması adına riskten korunmak için bazı finansal teknikler geliştirilmiştir. Risk yönetiminin yanı sıra spekülatif amaçlı olarak da kullanılan bu ürünler forward, futures, swap ve opsiyon piyasaları olarak bilinen türev ürünlerdir. Finans piyasalarında ilk defa 1990'lı yılların başında alınıp satılmaya başlayan kredi türev ürünler ilerleyen yıllarda yüksek miktarda işlem hacmine ulaşmıştır.

Kredi türev ürünler kullanıcılarını bazı dönemlerde önceden öngörülemeyen bir takım risklerle karşı karşıya bırakabilmektedir. Bu risklerden biri kredi türevlerinin kullanılması sırasında genellikle karşılaşılan en önemli risk olan kredi riskidir. Finansal bir işleme taraf olan her kişi ya da kurum bu riske maruz kalmaktadır. Kredi riski, borçlu bir kimsenin aldığı borcu veya banka kredisini önceden taahhüt ettiği şekilde geri ödeme konusunda temerrüde düşme olasılığıdır. Borçlu kişi aldığı kredinin taksiti veya ihraç ettiği tahvilin kupon ödemesi gibi bir takım temel finansal yükümlülüklerini yerine getirmez ise temerrüt durumu oluşur ve alacaklılar ciddi boyutlarda zarara katlanmak zorunda kalırlar. Kredi riski, tahvil ve benzeri borçlanma senedi ihraç eden veya bu ürünlere yatırım yapan tüm gerçek ve tüzel kişiler için önemli bir kavramdır. Bir şirket borcunu ödeme konusunda temerrüde düşerse, şirkete kredi açan bankalar ve bu şirketin tahviline para bağlayan yatırımcılar, kendilerine taahhüt edilen ödemeleri planlandığı gibi tahsil edememektedir (Neal, 1996: 15-27).

Kredi riskinin belli bir prim ödemesi ile değiş tokuş edildiği sözleşmelere kredi temerrüt riski denilmektedir. Çoğunlukla bir referans varlık baz alınarak ihraç edilen ve riskten koruma taahhüdü veren tarafa düzenli bir prim geliri sağlayan özel bir sözleşme türüdür. Kredi temerrüt riski sözleşmeleri, işleyişi oldukça basit olan ikincil bir finansal sözleşme niteliğindedirler. CDS sözleşmesi alarak kendine belli bir koruma sağlayan taraf, klasik sigorta poliçesinde olduğu

gibi, kredi olayı gerçekleşene veya sözleşmenin vadesi dolana kadar kendisine koruma satan tarafa belli dönemlerle prim ödemesi yapar. Kredinin geri ödenmediği, temerrüt halinin meydana geldiği durumlarda ise koruma alan tarafın kayıpları CDS sözleşmesini satan tarafça karşılanır. Koruma alan tarafa ödenecek tutar, sözleşmede yazan değer ile referans varlığın temerrüt sonrası oluşan piyasa değeri arasındaki fark olarak belirlenir.

Bu çalışmanın amacı, risk primini temsil eden CDS ile BIST arasındaki etkileşimi ve geleceğe yönelik daha güçlü tahminler yapabilmek için uygun sinir ağı modellerini araştırmaktır. Çalışma kapsamında Türkiye'ye ait 5 yıllık CDS primleri 2010–2015 dönemleri arasında günlük olarak kullanılmış ve BIST100 endeksi kapanış değeri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada yöntem olarak VAR analizi, Granger Nedensellik testi ve Yapay Sinir Ağı (NARX) modelleri kullanılarak veriler analiz edilmeye çalışılmıştır.

Bu doğrultuda çalışmada öncelikle literatür araştırması, ardından analizlerde kullanılan veri seti ve ekonometrik yöntem tanıtılarak analizler kapsamında edinilen bulgulara yer verilmiştir. Son olarak sonuç ve öneriler sıralanmıştır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın konusunu oluşturan CDS'ler ile finansal piyasalar arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için yapılan çalışmalar son zamanlarda önem kazanmaya başlamıştır. Bu doğrultuda yapılan çalışmaların sonuçlarının bir kısmı aşağıda belirtilmiştir.

CDS ve finansal piyasalar arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan biri Zhu (2006)'ya aittir. Zhu (2006), çalışmasında 1999-2002 dönemine ait tahvil piyasası ve hızla büyüyen CDS piyasasındaki kredi riskinin fiyatlandırılmasını koentegrasyon testi ile araştırmış ve iki kredi marjı arasındaki teorik parite ilişkisinin uzun vadeli bir denge durumu barındırdığını ortaya koymuştur.

Fung ve diğerleri (2008) ise çalışmalarında 2001-2007 döneminde, ABD borsası, Asya ülkeleri (Çin, Malezya, Kore, Tayland, Filipinler) borsası ve CDS arasındaki ilişkileri koentegrasyon testi ve VECH modelini kullanarak incelemişlerdir. Çalışmanın bulgularına bakıldığında 6 Asya ülkesi hisse senedi endeksi ve risk primleri arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki söz konusudur. Uzun dönem için ise Çin, Kore ve Tayland hisse senedi piyasası ile CDS arasında anlamlı ilişki bulunmuştur.

Norden ve Weber (2009) çalışmalarında 2000-2002 yılları arasındaki dönemde CDS, tahvil ve borsa piyasalarındaki ilişkiyi aylık, haftalık ve günlük ileri-geri ilişkileri ve eş-bütünleşmeden kaynaklanan piyasalar arası düzenlemeleri incelemişlerdir. Borsa getirilerinin CDS ve tahvil marj değişikliklerini yönlendirdiğini, CDS marj değişikliklerinin çok sayıda şirket için tahvil marj değişikliğine neden olduğunu, CDS piyasasının tahvil piyasasına oranla borsaya daha duyarlı olduğunu ve birlikte hareketin gücünün daha düşük kredi kalitesini ve tahvil ihracını artırdığını tespit etmişlerdir.

Balı ve Yılmaz (2012), 2002-2012 dönemine ait haftalık verileri kullanarak CDS marjları ile BIST 100 endeksi arasındaki ilişkiyi korelasyon ve regresyon analizi ile incelemişlerdir. Sonuç olarak BIST 100 endeksi ile CDS marjları arasında ters yönlü bir korelasyon bulunmuştur.

Vashkevich ve Lions (2013) ise 2007-2011 dönemi için gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Granger nedensellik ve VAR analizi kullanarak CDS ve borsalar arasındaki ilişkiyi araş-

tırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, Asya ülkeleri kredi temerrüt riski ile hisse senedi piyasaları arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Keten ve diğerleri (2013) ise, CDS ile makroekonomik ve finansal değişkenler arasındaki ilişkiyi VAR modeliyle tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda belirlenen değişkenler ile CDS primleri arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Hassan ve diğerleri (2013), doğrusal regresyon kullanarak ABD, Avrupa ve Asya–Pasifik piyasalarında CDS primlerinin belirleyicilerini incelemişlerdir. Çalışmaya göre, Amerika Birleşik Devletleri ve diğer ülkelerden elde edilen bulgular, CDS'nin gerçek piyasa değerlemesi ve temerrüt riskinin teorik belirleyicileri arasında var olan önemli ilişkiyi doğruladığını ortaya koymuşlardır.

Hancı (2014), 2008-2012 dönemine ait günlük getiri verilerini kullanarak ülkelere ait CDS baz puanları ile borsa arasındaki ilişkiyi GARCH modeli kapsamında incelemiştir. Çalışmanın sonucunda ortalamaya geri dönüşlerin çok dirençli olduğu ve ülkenin risk primini ortaya koyan CDS'ler ile borsaya kote olmuş şirketlerin hisse senetleri arasında ters yönlü bir ilişkinin varlığı ortaya koyulmuştur.

Yenice ve Hazar (2014), risk primini temsil eden Kredi Temerrüt Swap'ının (CDS) gelişmekte olan ülkelerin menkul kıymet borsaları ile etkileşimini regresyon eğrisi tahmini modelleri kullanılarak incelenmeye çalışılmaktadır. Çalışma kapsamında Türkiye, Arjantin, Brezilya, Endonezya, Malezya ve Çin olmak üzere 6 ülkeye ait 5 yıllık CDS primleri Nisan 2009 – Nisan 2014 dönemleri arasında günlük olarak temin edilmiş ve aynı döneme ait menkul kıymet borsa endeks kapanışları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda elde elden bulgulara göre, CDS primleri ile endeks kapanışları arasında 6 ülkeden 2'sinde önemsiz ilişkiye rastlanırken, diğer ülkelerde önemli kabul edilebilecek ilişkilerin olduğu belirlenmiştir.

Koy (2014), CDS ve Euro-tahvil primleri arasındaki ilişkinin Avrupa Borç Krizi'nin başlangıç dönemini de içine alan 2009-2012 döneminde ne şekilde gerçekleştiğini inceleyerek, bir öncü gösterge olarak hangisinin daha güçlü olduğunun ortaya konulmasını amaçlamıştır. Seçilmiş sekiz ülkeye ait (Almanya, İspanya, Fransa, Portekiz, İtalya, İrlanda, Yunanistan ve Türkiye) CDS primleri ile Euro-tahvil primleri arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik analizi ile incelemiştir. Bulunan sonuçlara göre, Fransa ve İtalya CDS primlerinin tahvil primlerine yön verdiği belirlenmiştir. Granger nedensellik testi sonuçlarına göre ise Fransa, İtalya ve Türkiye için CDS primlerindeki değişimin Euro-tahvil primlerindeki değişime yön verdiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Gün ve diğerleri (2016), 2013 yılında meydana gelen Gezi Parkı olaylarının, Türkiye CDS primleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olup olmadığı Johansen eş bütünleşme testi ve Granger nedensellik testi ile analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre Gezi Parkı olayları ile CDS spreadleri arasında anlamlı ilişkiler bulunmuş ve ayrıca CDS spreadleri ile Eurobond faizleri, BIST 100 endeksi, döviz sepet kuru ve tahvil faizi arasında da anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

Güzel ve diğerleri (2016), BIST-100 endeks getirisini yapay zekâ tekniklerinden YSA ve bulanık mantığın bir bileşimi olan uyarlanabilir bulanık sinirsel çıkarım sistemi (ANFIS) kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmaya konu olan bağımsız değişkenler altın ons fiyatı, sepet döviz kuru, mevduat faiz oranı, tüketici fiyat endeksi, Dow Jones Endeksi (DJI), cari açık ve gayri safi yurt içi hasıla makroekonomik göstergelerden oluşmaktadır. Yapılan analiz sonucunda endeks getirisi yüksek oranda tahmin edilebilmiştir. Ayrıca diğer bütün faktörler sabitken, veri setinin zaman unsurunun değişmesi sonucu, modelin tahmin başarısındaki değişimin gözlendiği belirlenmiştir.

Son ve diğerleri (2016)'da parametrik olmayan makine öğrenme modelleri kullanılarak CDS primleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Parametrik olmayan makine öğrenme modellerinin tahmin performansı test edilmiştir. Bu modeller geleneksel parametrik tahmin modelleri ile karşılaştırılmış ve birçok parametrik olmayan yöntemin daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

2. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmada CDS ile BIST100 arasındaki ilişki araştırılmıştır. 2010-2015 dönemine ilişkin günlük veri seti kullanılarak tüm değişkenler logaritmik dönüşüme tabi tutulmuştur. Çalışmada kullanılan serilere ilişkin açıklayıcı bilgi Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Veri Seti

Seri	Açıklama
BIST100	Borsa İstanbul fiyat endeksi
CDS	Kredi temerrüt riski

Çalışmada öncelikle genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılarak serilerin durağan olup olmadıkları belirlenmiştir. Dickey-Fuller (1979) yaklaşımında hata terimlerinin istatistiksel olarak bağımsız ve homojen olmaları varsayımı geçerlidir. Phillips-Perron (1988) yaklaşımında ise hata terimlerinin zayıf bağımlı ve heterojen oldukları varsayılmaktadır.

ADF ve PP testi için aşağıdaki (1), (2), (3) ve (4) numaralı sabitli ve sabitli-trendli modeller kullanılmıştır. ADF denklemlerinde olası otokorelasyonun önlenmesi amacıyla bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri denklemin sağ tarafına açıklayıcı değişken olarak ilave edilmektedir. ADF denklemlerinde bağımlı değişkenin gecikme uzunluklarının belirlenmesi için Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılmıştır.

$$\Delta y_t = \beta + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi_i \Delta y_{t-i} + v_t$$

(1)

$$\Delta y_t = \beta + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \phi_i \Delta y_{t-i} + \gamma trend + v_t$$

(2)

(1) ve (2) numaralı denklemlerde y, durağan olup olmadığı incelenen seriyi; β, δ, φ ve γ katsayıları; v, hata terimini ve ρ ise optimal gecikme uzunluğunu göstermektedir. δ katsayısının *t* istatistiği MacKinnon tablo kritik değeriyle karşılaştırılarak serinin durağan olup olmadığı belirlenir. Eğer *t* istatistiğinin mutlak değeri MacKinnon tablo kritik değerinin mutlak değerinden büyükse seri seviyesinde durağandır.

PP testinde ise bağımlı değişken gecikmeleri söz konusu değildir. Çünkü PP testinde Newey-West bağımlı değişken gecikmelerini tespit eden bir kriter değil, bir uyarlama tahmincisidir. PP testi için aşağıdaki (3) ve (4) numaralı denklemler kullanılmıştır.

$$\Delta y_t = \beta + \delta y_{t-1} + \mu_t \quad (3)$$

$$\Delta y_t = \beta + \delta y_{t-1} + \gamma(trend - T/2) + \mu_t \quad (4)$$

(3) ve (4) numaralı denklemlerde y, durağanlığı incelenen değişkeni β, δ ve γ, katsayıları; μ, hata terimini; T ise gözlem sayısını ifade etmektedir. δ katsayısının *t* istatistiği MacKinnon tablo kritik değeriyle karşılaştırılarak serinin durağan olup olmadığına karar verilir.

$$z_t = \alpha_0 + \alpha_1 t \sum_{i=1}^{p} \phi_i z_{t-i} + \psi W_t + \mu_t$$

(5)

Seriler arasındaki dinamik ilişkileri belirleyebilmek için VAR modeli kapsamında varyans ayrıştırma, etki tepki ve Granger nedensellik analizleri gerçekleştirilmiştir. VAR modeli (5) numaralı denklemdeki gibi ifade edilmektedir. Varyans ayrıştırma analizi her bir içsel değişkenin n adım ileri tahmin hatasının varyansının her bir değişkene ilişkin şoklar tarafından ne düzeyde açıklandığını göstermektedir. Etki-tepki analizi, CDS ve hisse senedi fiyatlarında meydana gelen 1 standart sapmalık şokun içsel değişkenler üzerinde yarattığı etkiyi göstermektedir. Etki-tepki fonksiyonları için istatistiksel anlamlılık testi Monte Carlo simülasyonu ile elde edilen %95'lik güven aralıkları yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Granger nedensellik testi ile VAR analizi kapsamında incelenmiştir.

Değişkenler için uygun gecikme sayısının ve nedensellik ilişkisinin belirlenmesinden sonra, hem ilişkilerin teyiti için hem de güçlü bir tahmin modeli oluşturmak için YSA-(NARX) modeli oluşturulmuştur. YSA modelleri iktisadi tahminler (Kaastra ve Boyd, 1996), iflas tahmini (López Iturriaga ve Sanz, 2015), risk modellemesi ve tahmini (Zhu, Xie, Sun, Wang, ve Yan, 2016) ve zaman serisi çözümlemeleri (Kardakos et al., 2013) gibi sosyal bilimlerin birçok alanında yüksek başarıyla uygulanmaktadır. Sinir ağı biyolojik sinir hücresinden esinlenerek oluşturulan, sinir hücresi (nöron) olarak isimlendirilen ve birbirleriyle bağlantılı birçok bileşenden oluşan yapılardır (Ardalani-Farsa & Zolfaghari, 2010). YSA modelleri ile zaman serisi çözümlemeleri yapmak mümkün olmakla birlikte NARX gibi özel modeller de zaman serisi çözümlemeleri için başarıyla uygulanmaktadır. NARX zaman serisi çözümlemelerinde otoregresif model üzerine inşa edilmiş geri dönüşümlü bir ağ modelidir. NARX matematiksel yapısı eşitlik (6)-(7)'de ifade edilmiştir (Babuška ve Verbruggen, 2003):

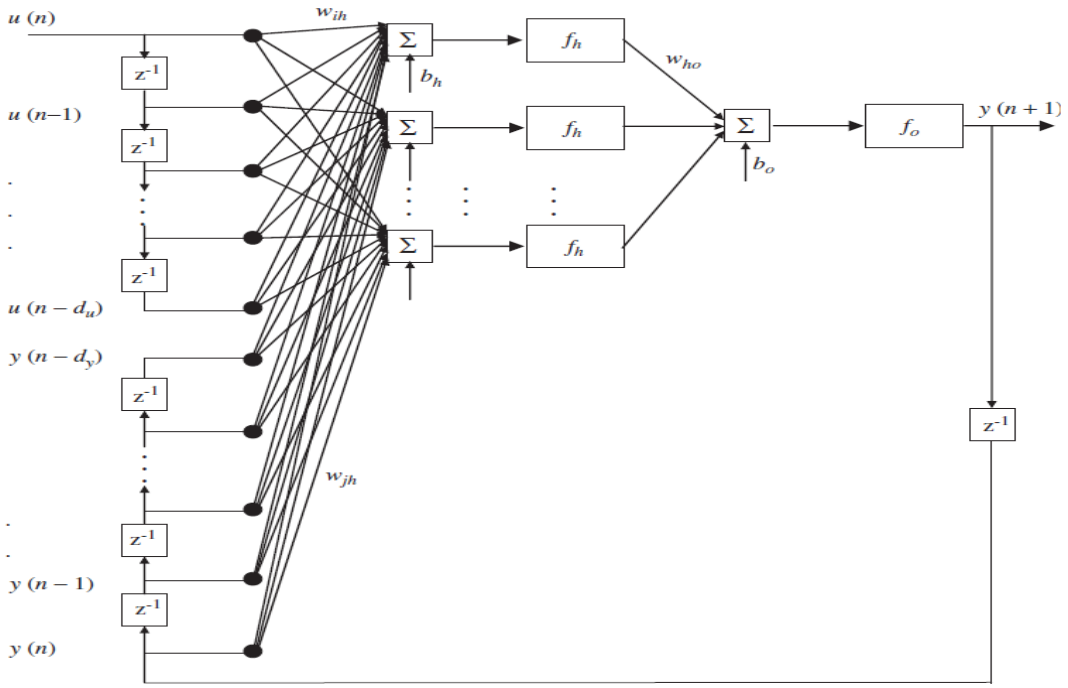
$$y(k+1) = f(x(k))$$

(6)

$$y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n_y), u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n_u)$$

(7)

NARX model değişkenlere ait uygun gecikmeleri sisteme dâhil etme yeteneği olduğu için dinamik modeller tasarlamaya imkân sağlamaktadır. Durağan olmayan zaman serileri söz konusu olduğunda veya doğrusal olmayan çözümlemeler gerektiği durumlarda uygulanmaktadırlar (Chaudhuri ve Ghosh, 2016). Şekil 1'de NARX mimarisi görülmektedir.



Şekil 1: NARX Mimarisi

3. BULGULAR

Tablo 2'de serilere ilişkin ADF ve PP birim kök testi bulgularına yer verilmiştir. Her iki durağanlık sınamasına göre serilerin tamamının birinci devresel farklarında durağan olduğunu, birim kök içermediğini göstermektedir.

Tablo 2: ADF ve PP Birim Kök Testleri

Seriler	ADF		PP	
	Sabitli	Sabitli Trendli	Sabitli	Sabitli Trendli
LBIST	-36.20763[a]	-36.19328[a]	-36.20763[a]	-36.19328[a]
LCDS	-31.62184[a]	-31.60942[a]	-31.42210[a]	-31.40747[a]
L; serinin logaritmasının, D ise birinci farkının alındığını göstermektedir. a, b ve c sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesinde serinin durağan olduğunu ifade etmektedir.				

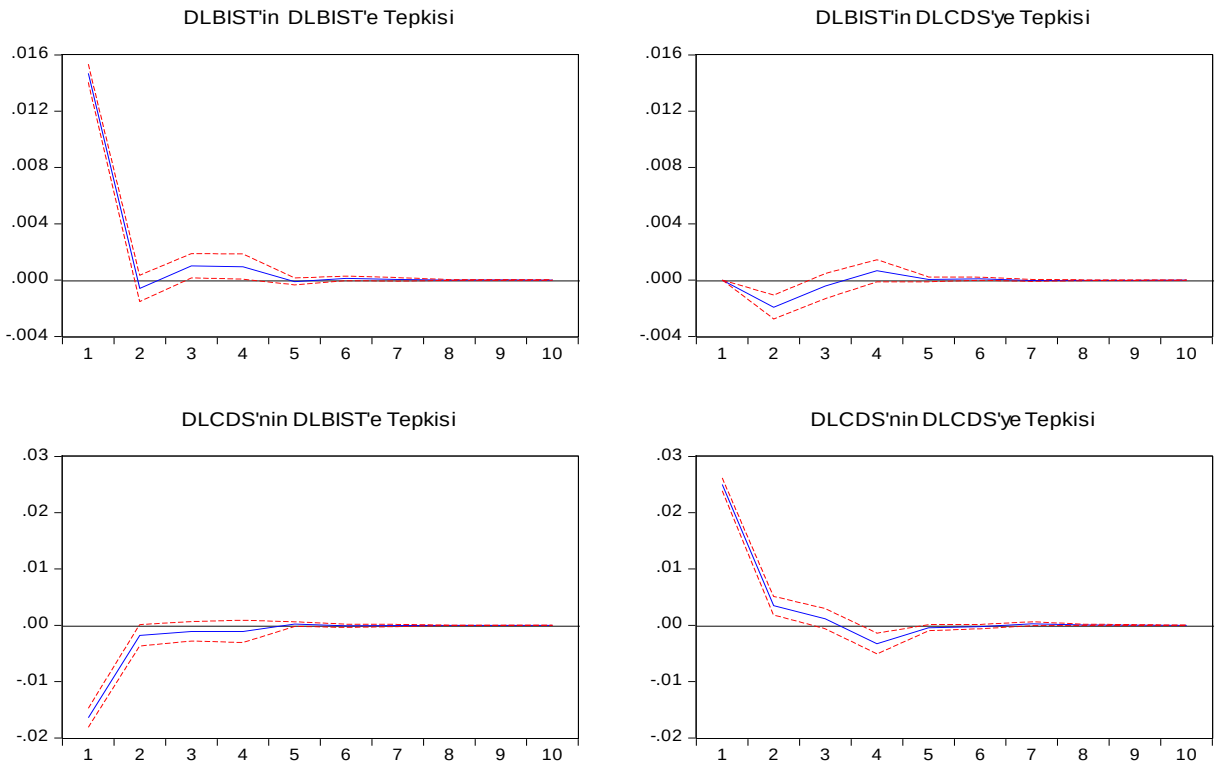
Durağanlık testinden sonra seriler arasındaki dinamik ilişkilerin ortaya konulması amacıyla VAR analizi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle tahmin edilen VAR modelinden yararlanarak varyans ayrıştırma analizi yapılmıştır. Varyans ayrıştırma bulguları Tablo 3'de yer almaktadır. Hisse senedi fiyatları ve CDS şoklarının hisse senedi fiyatlarındaki ve kredi temerrüt riskindeki değişimi ne kadar açıkladığı tablodan görülmektedir.

Tablo 3: Varyans Ayrıştırma Analizi 1

	ε^{BIST}	ε^{CDS}
BIST	98.05287 (0.77811)	1.947131 (0.77811)
CDS	29.73375 (2.21763)	70.26625 (2.21763)

10 gün sonra hisse senedi fiyatları ve kredi temerrüt riski şoklarının hisse senedi fiyatlarındaki değişimin sırasıyla %98'i ve %1'ini açıkladığı tablodan izlenmektedir. Hisse senedi fiyatlarındaki değişimin büyük bir oranının kendi şokları tarafından açıklandığı görülmektedir. Hisse senedi fiyatları ve kredi temerrüt riski şoklarının kredi temerrüt riskindeki değişimin ise sırasıyla %29'u ve %70'ini açıkladığı tablodan izlenmektedir. Varyans ayrıştırma bulguları değerlendirildiğinde herhangi bir değişkendeki değişimin çok büyük bir kısmının o değişkene ilişkin şok tarafından açıklandığı görülmektedir.

Grafik 1: Etki-Tepki Analizi 1



Bir değişkende meydana gelen 1 standart sapmalık şoka karşı diğer değişkenlerin verdiği tepkinin incelenebilmesi amacıyla etki-tepki analizi gerçekleştirilerek bulgular Grafik1'de sunulmuştur. Buna göre, hisse senedi fiyatlarının kredi temerrüt riskine verdiği tepki 1. ve 4. dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatiftir. Kredi temerrüt riskinin hisse senedi fiyatlarına verdiği tepki ise yine 6. döneme kadar istatistiksel olarak anlamlı ve negatiftir.

Tablo 4: Granger Nedensellik Testi

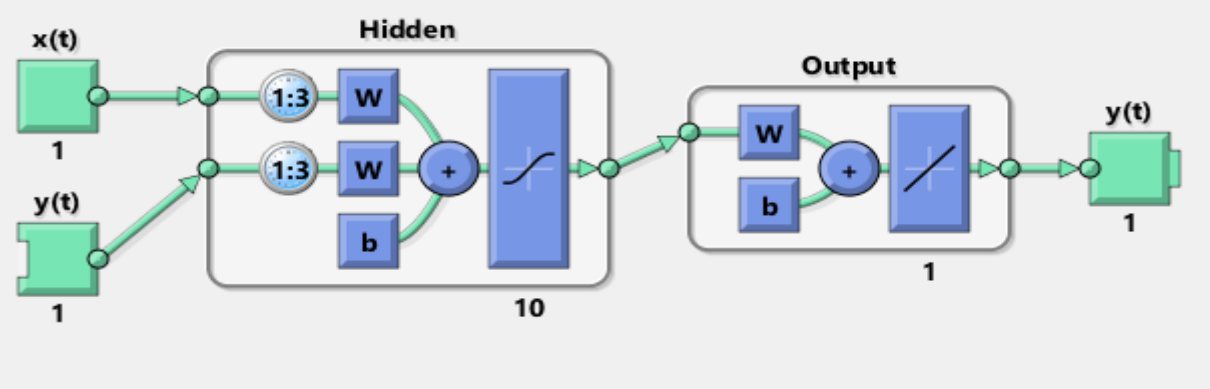
	Ki-kare	Prob.	Karar
BIST→CDS	23.66678	0.0000	BIST↔CDS
CDS→BIST	9.589977	0.0224	CDS↔BIST

Tablo 4'te VAR sistemine dayalı Granger nedensellik testi bulguları sunulmuştur. Bulgulara göre, hisse senedi fiyatları ve kredi temerrüt riski ile kredi temerrüt riski ve hisse senedi fiyatları arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur.

BIST100 endeksi ile CDS primleri arasında tespit edilen nedensellik ilişkisinden hareketle bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Değişkenler arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Sinir ağı modeli oluşturulurken daha güçlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu BIST→CDS modeli tercih edilmiştir. BIST100 bağımlı değişken olmak üzere, BIST100- CDS

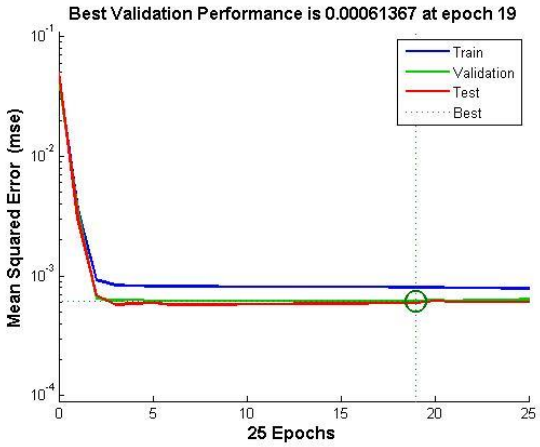
gecikmeli değerleri kullanılarak NARX (Nonlinear Autoregressive with Exogenois Variable) zaman serisi modeli için denemeler yapılmış ve en uygun yapı belirlenmiştir. NARX model de zaman serisi tabanlı bir model olduğu için uygun gecikme uzunluklarının belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Uygun gecikme uzunluğu belirlenirken AIC, SC, HQ gibi bilgi kriterlerini kullanmanın yanı sıra deneme yanılma yolu ile de en uygun modeli belirlemek mümkündür. Bu çalışmada VAR model tahmin edilerek gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiştir. Farklı NARX modelleri de denenmiş en düşük hata oranı ile tahmin edilen modelin gecikme uzunluğu 3 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca NARX model için veriler [0-1] aralığında normalleştirilerek analize sokulmuştur.

NARX sinir ağı modeli otoregresif bir model olduğu için bağımlı değişken gecikmeleri modelde yer almaktadır. BIST100 bağımlı değişken ve CDS primleri bağımsız değişken olarak kullanılmış ve her iki değişken için 3 gecikme alınarak modele dâhil edilmiştir. Tahmin edilen NARX modeli Şekil 2'de sunulmaktadır.



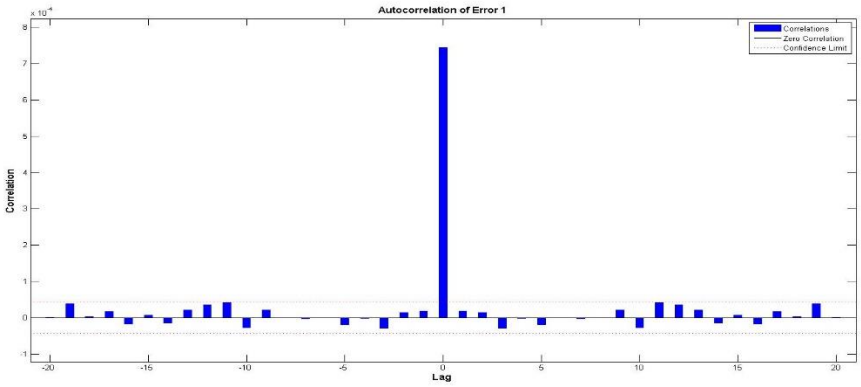
Şekil 2. NARX model mimarisi

Sinir ağı modelleri örnekler üzerinden değişkenler arasındaki ilişkiyi öğrenen ve genelleme yapabilen modellerdir. Ağın öğrenebilmesi için veri seti iki veya üç parçaya bölünerek eğitimi gerçekleştirilir. Bu çalışma için veri seti eğitim %70, doğrulama %15 ve test %15 olmak üzere üç parçaya bölünmüştür. Tahmin edilen NARX model iki temel girdi değişken, bir çıktı değişken, gizli katmanda tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonlu 10 nöron ve çıktı katmanında doğrusal aktivasyon fonksiyonlu bir mimaridir. Ağın eğitim süresince hata oranının değişimi Şekil 3'te sunulmaktadır.



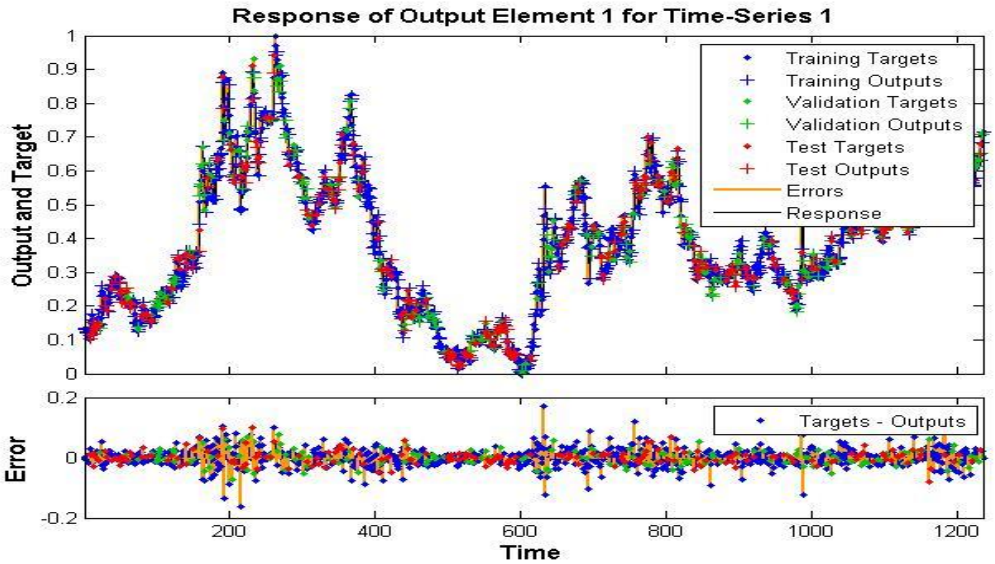
Şekil 3: Eğitim hata grafiği

NARX model için 25 iterasyon sonucunda algoritmayı sonlandırma kriterleri sağlandığından dolayı eğitim süreci sonlandırılmıştır. NARX model için hatalar arasındaki otokorelasyon grafiği Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4: Hataların otokorelasyonu

Hata otokorelasyon grafiği incelenirse 0. gecikme hariç hiçbir gecikme için otokorelasyon olmadığı tüm değerlerin güven sınırları içinde yer aldığı görülmektedir. Bu veri hataların otokorelasyonsuz (White noise) olduğunu ve modelin tahmin için uygun olduğunun göstergesidir. Modelden elde edilen çıktılar ile gerçek değerlerin karşılaştırıldığı grafik Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5: NARX çıktı ve gerçek değerlerin karşılaştırılması

Şekil 5 incelenerek gerçek değerlerle ağ çıktılarının ne düzeyde örtüştüğü görülebilir. Ayrıca hata düzeyinin düşük olması da bu başarılı performansın bir göstergesidir. Tahmin edilen NARX modelin mimari ve parametrelere ait özet bilgileri Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: NARX Model Mimari ve Parametreler

Ağın türü	NARX
Ağdaki Katman sayısı	3
Gizli katman sayısı	1
Gizli katman nöron sayısı	10
Çıktı katman nöron sayısı	1
Girdi aktivasyon fonksiyonu	Tanjant sigmoid
Çıktı aktivasyon fonksiyonu	Doğrusal
İterasyon sayısı	25
Gecikme sayısı	3
MSE (Eğitim)	0,0008
MSE (Doğrulama)	0,00061
MSE (Test)	0,00059
R^2	0,9913

SONUÇ

Bu çalışmada aşamalı olarak CDS primleri ile BIST100 endeksi arasındaki etkileşimden hareketle yapay sinir ağları temelli bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Burada Granger nedensellik analizi, varyans ayrıştırma ve etki-tepki analiz sonuçlarını ayrı ayrı yorumlamak mümkündür. Ayrıca Granger nedensellik analizi sonuçları ışığında tahmin edilen NARX model geleceğe dönük tahminler yapma noktasında çok güçlü bir tahmin edici olarak belirlenmiştir. NARX model yapısı gereği değişkenler arasındaki doğrusal ilişkilerden ziyade doğrusal olmayan ilişkilerin tespitinde kullanılan ve otoregresif bir model olma özelliği ile değişkenlerin gecikmeli değerlerini de sisteme dâhil edip dinamik sistemler oluşturabilmeye imkan sağlayan modellerden bir tanesidir. Hata terimleri arasındaki otokorelasyonları da dikkate alan bir model olması nedeniyle de sıradan YSA modellerinden ayrılmakta ve zaman serisi çözümlemelerine çok güçlü bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmada Granger nedensellik analizi sonuçları ışığında oluşturulan modelin açıklayıcılık oranı $R^2: 0{,}9913$ olarak hesaplanmıştır. Ancak model performansını değerlendirme açısından bakıldığında yeterli bir istatistik değildir. Bu nedenle eğitim sürecinde hesaplanan hata istatistikleri model performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Literatürde birçok çalışmada eğitim seti için hesaplanan hata istatistiği %1 düzeyinin altına düştüğünde eğitimin sonlandırılabileceği vurgulanmaktadır. Bu nedenle hesaplanan istatistikler modelin oldukça iyi bir performansa sahip olduğunu göstermektedir. NARX model ve diğer YSA modelleri değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkiler, iktisadi veya istatistiki yorumlar sunma noktasında ekonometrik modeller kadar başarılı değillerdir. Bu sebeple çalışmada hem kapsamlı yorumlar yapabilme hem de çok güçlü tahminler üretebilmek için aşamalı bir tahmin yöntemi araştırılmış ve iki yöntemin de güçlü yönleri kullanılmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın bulgularında CDS primleri ile BIST100 endeksi arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkisinden hareketle iki değişkenin karşılıklı olarak birbirini etkilediği görülmektedir. Bu

noktada tahmin edilen model vasıtasıyla yatırımcılar veya politika yapıcılar için CDS primlerindeki herhangi bir değişimin sonuçlarının borsaya nasıl yansıyacağı gecikmeli değerlerin de kullanılmasıyla önceden tahmin edilebilir duruma gelmektedir. Aynı şekilde tahmin edilecek olan diğer yönlü bir model ile farklı sebeplerden dolayı BIST100 endeksindeki değişimlerin CDS primlerine nasıl yansıyacağı önceden tespit edilip her iki durum için de gerekli önlemler alınabilir. Bu anlamda modellerin bir erken uyarı mekanizması olarak kullanılmaları mümkündür.

KAYNAKLAR

Ardalani-Farsa, Muhammad; Zolfaghari, Saeed (2010), "Chaotic Time Series Prediction with Residual Analysis Method Using Hybrid Elman-NARX Neural Networks", Neurocomputing, 73, s. 2540–2553.

Babuška, Robert; Verbruggen, Henk (2003), "Neuro-Fuzzy Methods For Nonlinear System Identification. Annual Reviews in Control", 27/1, s. 73–85".

Balı, Selçuk; Yılmaz, Züleyha (2012), "Kredi Temerrüt Takası Marjları ile BIST100 Endeksi Arasındaki İlişki", 16. Finans Sempozyumu, 10-13 Ekim 2012, Atatürk Üniversitesi, s. 83-104.

Chaudhuri, Tamal Datta; Ghosh, Indranil (2016), "Artificial Neural Network and Time Series Modeling Based Approach to Forecasting the Exchange Rate in a Multivariate Framework", Journal of Insurance and Financial Management, 1/5, s. 92–123.

Fung, Hung-Gay; Sierra, Gregory E.; Yau, Jot; Zhang, Gaiyan (2008), "Are The US Stock Market and Credit Default Swap Market Related? Evidence From The CDX Indices", The Journal of Alternative Investments, 11/1, s. 43-61.

Güzel, Fatih; Acar, Melek; Avcı, Derya (2016), "Bulanık Sinir Ağı Yapısı ile Borsa Endeks Getirisi Tahmini: Borsa İstanbul (BIST) 100 Örneği", Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4/29, s.452-465.

Hassan, M. Kabir; Ngow, Thiti. S.; Yu, Jung-Suk; Hassan, Abul (2013), "Determinants of Credit Default Swaps Spreads in European and Asian Markets", Journal of Derivatives & Hedge Funds, 19/4, s. 295- 310.

Iturriaga, Felix López; Sanz, Ivan Pastor (2015), " Bankruptcy Visualization and Prediction Using Neural Networks: A Study Of U.S. Commercial Banks", Expert Systems with Applications, 42, s. 2857–2869.

Kaastra, Iebeling; Boyd, Milton (1996), "Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series", Neurocomputing, 10, s. 215–236.

Karabıyık, Lale; Anbar, Adem (2006), "Kredi Temerrüt Swapları ve Kredi Temerrüt Swaplarının Fiyatlandırılması", Muhasebe ve Finansman Dergisi, 31, s. 49-60.

Kardakos, Evaggelos. G.; Alexiadis, Minas; Vagropoulos, Stylianos; Simoglou, Christos; Biskas, Pandelis; Bakirtzis, Anastasious (2013), "Application of Time Series and Artificial Neural Network Models in Short-Term Forecasting of PV Power Generation", In Power Engineering Conference (UPEC), s, 1–6.

Keten, Murat; Başarır, Çağatay; Kılıç, Yunus (2013), "Kredi Temerrüt Takası ile Makroekonomik ve Finansal Değişkenler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi", 17. Finans Sempozyumu, 23-26 Ekim 2013, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, s. 377-386.

Kunt, Abdullah Selim; Taş, Oktay (2009), "Kredi Temerrüt Swapları ve Türkiye'nin CDS Priminin Tahmin Edilmesine Yönelik Bir Uygulama", İTÜ Dergisi, 5/1, s. 78-89.

Neal, Robert (1996), "Credit Derivatives: New Financial Instruments for Controlling Credit Risk", Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review, Second Quarter, s. 15-27.

Norden, Lars ; Weber, Martin (2004), "Informational Efficiency of Credit Default Swap and Stock Markets: The Impact of Credit Rating Announcements", Journal of Banking & Finance, 28/11, s. 2813-2843.

Yenice, Sedat; Hazar, Adalet (2014), "Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Risk Primleri ile Menkul Kıymet Borsalarının Etkileşiminin İncelenmesi", 18. Finans Sempozyumu, 15-18 Ekim 2014, Pamukkale Üniversitesi, s. 531-544.

Zhu, Haibin (2006), "An Empirical Comparison of Credit Spreads Between the Bond Market and The Credit Default Swap Market", Journal of Financial Services Research, 29/3, s. 211-235.

Zhu, You; Xie, Chi; Sun, Bo; Wang, Gang-Jin; Yan, Xin-Guo (2016), "Predicting China's SME Credit Risk in Supply Chain Financing by Logistic Regression", Artificial Neural Network and Hybrid Models, Sustainability, 8/5, s. 1–17.