

Zaman Serisi Ekonometrisi 2

NURCAN KURTOĞLU

Analizin Amacı

Bu çalışmada amaç, BOG ve BIST veri setlerinin temel istatistiksel özelliklerini karşılaştırmalı olarak inceleyerek serilerin yapısını anlamaktır. Bu kapsamda, her iki serinin ortalama, medyan ve standart sapma gibi temel ölçütleri analiz edilmiştir.

İstatistiksel incelemenin ardından, serilerin durağanlık özelliklerini test edebilmek amacıyla **birim kök testi** uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uygun düzeyde **VAR (Vektör Otoregresif) modeli** kurulmuş, böylece seriler arasındaki dinamik ilişkiler modellenmiştir.

Son aşamada ise, **Granger nedensellik testi** ile seriler arasında yönlü bir nedensellik ilişkisi olup olmadığı araştırılmıştır.

Genel olarak bu analiz, BOG ve BIST serileri arasındaki ilişkiyi hem tanımlayıcı hem de nedensel düzeyde ortaya koymayı hedeflemektedir.

Kullanılan Seriler

Bu analizde, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın (TCMB) Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) üzerinden temin edilen iki zaman serisi kullanılmıştır. Her iki seri de **2003 Ocak – 2025 Nisan** dönemine ait **aylık frekanslı düzey verilerdir**.

1. BIST 100 Endeksi (XU100), Kapanış Fiyatlarına Göre (Ocak 1986 = 0,01 Bazlı) – Düzey

Türkiye'nin en büyük ve en likit 100 şirketinin yer aldığı Borsa İstanbul 100 Endeksi'nin aylık kapanış fiyatlarını temsil eder. Ocak 1986 değeri 0,01 baz alınarak normalize edilmiştir. Bu endeks, sermaye piyasalarının genel yönünü ve yatırımcı güvenini ölçmekte kullanılır.

2. MBONCU_SUE – Bileşik Öncü Göstergeler Endeksi (Trend Kapsayan) – Düzey

TCMB tarafından yayımlanan bu bileşik endeks, sanayi üretimi, reel kur, tüketici güveni gibi öncü göstergelerin trend kapsayan birleşimidir. Ekonomideki genel yönü öngörmeyi amaçlayan bu gösterge, kısa ve orta vadeli ekonomik beklentiler hakkında bilgi verir. **Bu veri bir faiz oranı değildir**, ancak para politikası göstergeleriyle dolaylı ilişkiler kurmak mümkündür.

Veri Dönüştürme Yöntemi

Görelî Değişim Yaklaşımı

Bu çalışmada, kullanılan zaman serilerinin farklı baz yıllarına ve ölçüm ölçeklerine sahip olması nedeniyle doğrudan düzey değerleriyle karşılaştırmalı analiz yapılması uygun bulunmamıştır. Bu sebeple, seriler ortak bir karşılaştırma temeli oluşturmak amacıyla **görelî (yüzdesel) değişim oranlarına** dönüştürülmüştür.

Dönüştürme işlemi, her bir gözlem dönemindeki değerin bir önceki döneme göre ne kadar arttığını veya azaldığını yüzdesel olarak ifade etmeye dayanmaktadır. Bu yöntem, serilerin ortak bir ölçekte analiz edilmesini sağlayarak karşılaştırmalı değerlendirmelerde tutarlılık sunar.

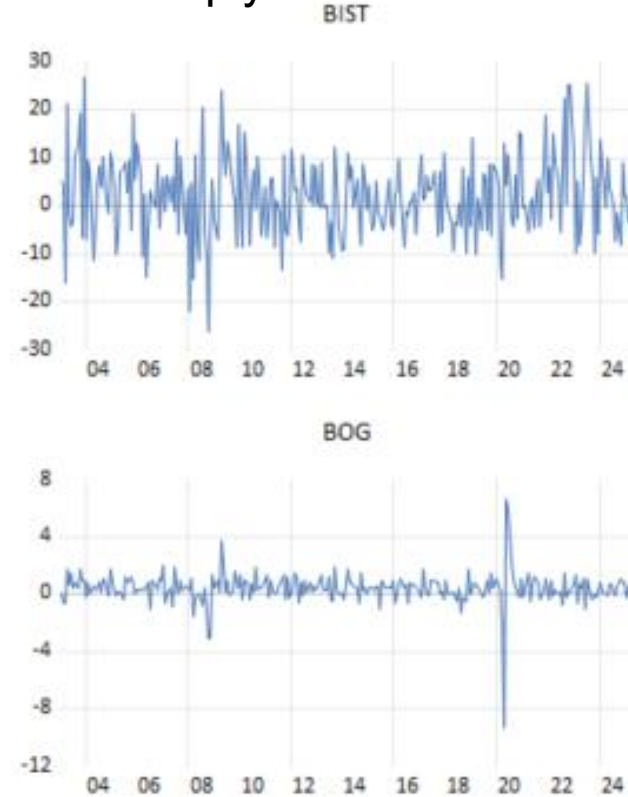
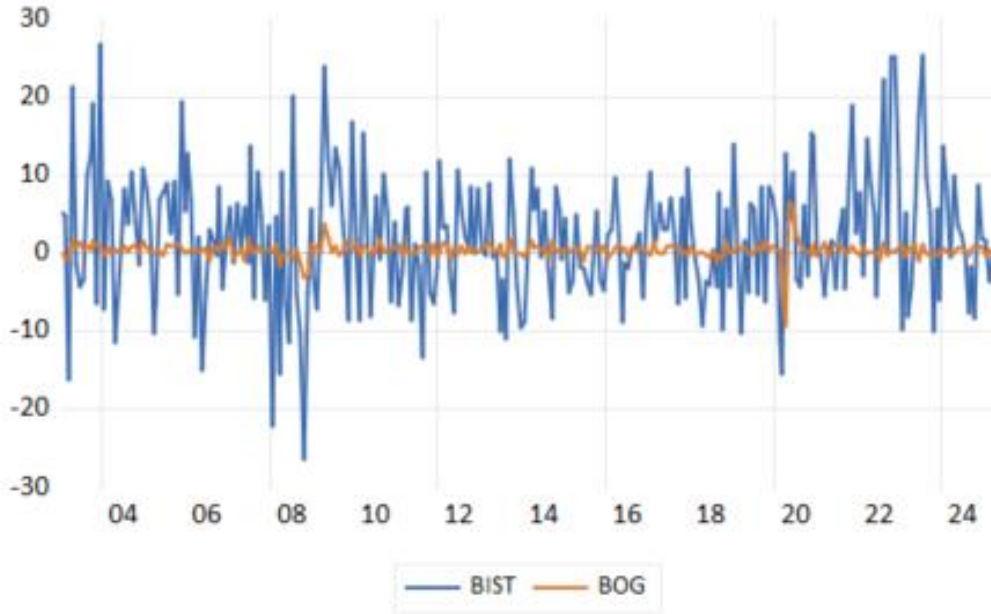
Bu yaklaşımla birlikte;

- Ölçek ve baz yılı farklılıkları ortadan kaldırılmış,
- Seriler arasında anlamlı bir karşılaştırma yapılabilmış,
- Zaman içerisindeki değişim dinamikleri daha görünür hale gelmiştir.

Ayrıca, bu yöntem sayesinde dönemsel ekonomik dalgalanmalar, politika değişimleri veya piyasa şokları gibi etkilerin her iki serideki yansıması daha net analiz edilebilmiş

Grafik İnceleme

- Grafiksel analiz, BIST serisinin yüksek oynaklığa sahip olduğunu, BOG serisinin ise daha durağan bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.
- Bu gözlemler, durağanlık testleri ve nedensellik analizleri öncesi seriler hakkında ön bilgi sunmakta; değişim oranları ile çalışmanın ampirik analiz için daha uygun olduğunu desteklemektedir.
- Ayrıca, serilerin farklı doğası, para politikası değişimlerinin hisse senedi piyasasına etkisinin asimetrik olabileceğini de ima etmektedir.



Tanımlayıcı İstatistikler

BIST ve BOG serilerinin hem dinamikleri hem de oynaklık düzeyleri bakımından belirgin şekilde farklı karakteristikler taşıdığını göstermektedir. BIST serisi yüksek getiri potansiyeliyle birlikte yüksek risk barındırırken, BOG serisi düşük oynaklığı ve daha istikrarlı seyri ile makroekonomik eğilimleri daha tutarlı şekilde yansıtmaktadır. Bu farklılık, ilerleyen analiz aşamalarında kullanılacak modellerin seçiminde dikkate alınması gereken önemli bir unsurdur.

	BIST	BOG
	BIST	BOG
Mean	2.028998	0.429231
Median	2.174807	0.403942
Maximum	26.78205	6.622285
Minimum	-26.27112	-9.249897
Std. Dev.	8.382755	1.087944
Skewness	0.176807	-1.643251
Kurtosis	3.545808	31.67638
Jarque-Bera	4.722932	9303.350
Probability	0.094282	0.000000
Sum	543.7715	115.0340
Sum Sq. Dev.	18762.25	316.0272
Observations	268	268

Korelasyon Analizi

Çalışmada kullanılan **BIST** ve **BOG** serileri arasındaki doğrusal ilişki, **Pearson korelasyon katsayısı** kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir:

- Korelasyon katsayısı (r) = 0.164405

- p-değeri = 0.0070

Bu sonuçlar, iki değişken arasında **zayıf ama istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif ilişki** olduğunu göstermektedir. p-değerinin %1 anlamlılık düzeyinden küçük olması, elde edilen korelasyonun **tesadüfi olmadığını**, yani anlamlı düzeyde bir ilişki bulunduğunu ifade eder.

BIST ve BOG serileri arasında gözlemlenen bu pozitif yönlü zayıf korelasyon, **BOG (Bileşik Öncü Göstergeler)** endeksindeki hareketlerin BIST endeksindeki getirileri kısmen etkileyebileceğine işaret etmektedir. Ancak ilişkinin düzeyi oldukça düşük olduğundan, **tek başına BOG serisinin, BIST üzerindeki etkisini açıklamada yetersiz olabileceği** değerlendirilmiştir.

Correlation Probability	BIST	BOG
BIST	1.000000 -----	
BOG	0.164405 0.0070	1.000000 -----

Birim Kök Testleri

Augmented Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi

Çalışmada yer alan her iki serinin zaman serisi analizine uygunluğunu test etmek amacıyla

Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi

uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre:

- BIST Serisi: Düzeyde durağandır.

- BOG Serisi: Düzeyde durağandır.

Bu sonuçlar, her iki serinin de **birim kök içermediğini** ve **seviye düzeyinde durağan ($I(0)$)** olduğunu göstermektedir. ADF testinde durağanlık, serinin ortalaması ve varyansının zaman içinde sabit kaldığını ve seride **otoregresif yapıların anlamlı olabileceğini** ifade eder.

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=15)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-15.85235	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.454719	
5% level	-2.872162	
10% level	-2.572503	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=15)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-12.97303	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.454812	
5% level	-2.872203	
10% level	-2.572525	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Birim Kök Testleri

Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi

Zaman serilerinin durağanlık durumunu daha sağlam şekilde değerlendirmek amacıyla hem **Augmented Dickey-Fuller (ADF)** hem de **Phillips-Perron (PP)** testleri uygulanmıştır. Her iki test, serilerin birim kök içerip içermediğini kontrol ederek, serilerin zaman içindeki davranışlarını analiz etmeye olanak tanır. Her iki testin de bulgularına göre, BIST ve BOG serileri düzeyde durağandır. Bu durum, serilerin **birim kök içermediği** ve **ortalama ve varyanslarının zaman içinde sabit kaldığı** anlamına gelir. PP testi, ADF testine göre hata terimlerinde otokorelasyon ve heteroskedastisiteye karşı daha dayanıklıdır. Dolayısıyla, her iki testin ortak sonucu, serilerin **I(0) yani seviyede durağan** olduğunu teyit etmektedir.

Phillips-Perron Unit Root Test on BIST

Null Hypothesis: BIST has a unit root
Exogenous: Constant
Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-15.87069	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.454719	
5% level	-2.872162	
10% level	-2.572503	

Phillips-Perron Unit Root Test on BOG

Null Hypothesis: BOG has a unit root
Exogenous: Constant
Bandwidth: 14 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-15.68309	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.454719	
5% level	-2.872162	
10% level	-2.572503	



Değerlendirme

Serilerin düzeyde durağan çıkması, hem **nedensellik analizi** hem de **VAR** modeli gibi zaman serisi modellerinin doğrudan düzey veriler üzerinden tahmin edilmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca, durağanlık ekonomik zaman serilerinde nadir görülen bir durum olduğundan, verilerin bu özelliği **doğrudan analiz** yapılmasını kolaylaştırıcı bir avantaj sağlamaktadır.

Dönemsel Analiz

En Küçük Kareler (EKK) ile Tahmin ve Kukla Değişken Oluşturma

Bileşik Öncü Göstergelerdeki (BOG) %1'lik bir değişim borsada %1.26'lık bir değişime sebep oluyor.

R-squared: 0.027 (oldukça düşük)

F-statistic: %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlıdır.
(Model anlamlı.)

Durbin-Watson stat: 2.0192

(Modelde otokorelasyon sorunu yoktur.)

Dependent Variable: BIST
Method: Least Squares
Date: 06/02/25 Time: 15:59
Sample: 2003M01 2025M04
Included observations: 268

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BOG	1.266760	0.466004	2.718348	0.0070
C	1.485265	0.544137	2.729579	0.0068
R-squared	0.027029	Mean dependent var	2.028998	
Adjusted R-squared	0.023371	S.D. dependent var	8.382755	
S.E. of regression	8.284219	Akaike info criterion	7.074017	
Sum squared resid	18255.12	Schwarz criterion	7.100815	
Log likelihood	-945.9182	Hannan-Quinn criter.	7.084780	
F-statistic	7.389417	Durbin-Watson stat	2.019214	
Prob(F-statistic)	0.006992			

Kukla Değişken

Quandt-Andrews unknown breakpoint test
Null Hypothesis: No breakpoints within 15% trimmed data
Varying regressors: All equation variables
Equation Sample: 2003M01 2025M04
Test Sample: 2006M06 2021M12
Number of breaks compared: 187

Statistic	Value	Prob.
Maximum LR F-statistic (2020M04)	12.88851	0.0001
Maximum Wald F-statistic (2020M04)	25.77701	0.0001
Exp LR F-statistic	4.226521	0.0004
Exp Wald F-statistic	9.093210	0.0003
Ave LR F-statistic	7.135004	0.0002
Ave Wald F-statistic	14.27001	0.0002

Note: probabilities calculated using Hansen's (1997) method

Çalışmamızda, zaman serisine ait yapısal kırılmaları tespit edebilmek amacıyla **Quandt-Andrews Breakpoint Testi** uygulanmıştır. Bu test, model parametrelerinde zaman içinde ani ve anlamlı bir değişim olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Test sonucunda, **2020 yılı Nisan ayı (2020M04)** en güçlü kırılma noktası olarak belirlenmiştir (Maximum F-statistic = 12.88, $p < 0.01$).

Bu sonuca dayanarak, modelin 2020 yılı Nisan ayından itibaren farklı bir yapısal dinamik kazandığı anlaşılmıştır. Bu kırılma, özellikle **COVID-19 pandemisinin ekonomik etkilerinin belirginleştiği dönemle çakışması** nedeniyle hem istatistiksel hem de ekonomik açıdan anlamlıdır.

Bu yapısal değişimi modele dahil edebilmek için, 2020M04 ve sonrasını temsil eden **bir kukla değişken** tanımlanmıştır. Bu değişken, kırılma tarihinden itibaren modelin yapısal parametrelerinde meydana gelen değişiklikleri kontrol etmeye yardımcı olur. Böylece modelin **durağan olmayan yapısal etkileri dikkate alınmış**, tahmin gücü ve yorumlanabilirliği artırılmıştır.

Diğer potansiyel kırılma noktaları (2008M11, 2013M05, 2018M09 gibi) ayrı ayrı Chow testi ile değerlendirilmiş olup, her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı çıksalar da, tümüne birden dummy değişken eklenmesi modelin aşırı parçalanmasına ve **overfitting (aşırı uyum)** riskine yol açacağından tercih edilmemiştir.

Sonuç olarak, en güçlü ve ekonomik olarak da anlamlandırılabilir tek bir kırılma için dummy değişken kullanılmış; modeldeki yapısal tutarlılık bu şekilde sağlanmıştır.

Kukla Değişkenli EKK (OLS) Sonuçları

Quandite-Andrews Testi sonucunda, 2020M04'te güçlü bir yapısal kırılma tespit edilmiştir.

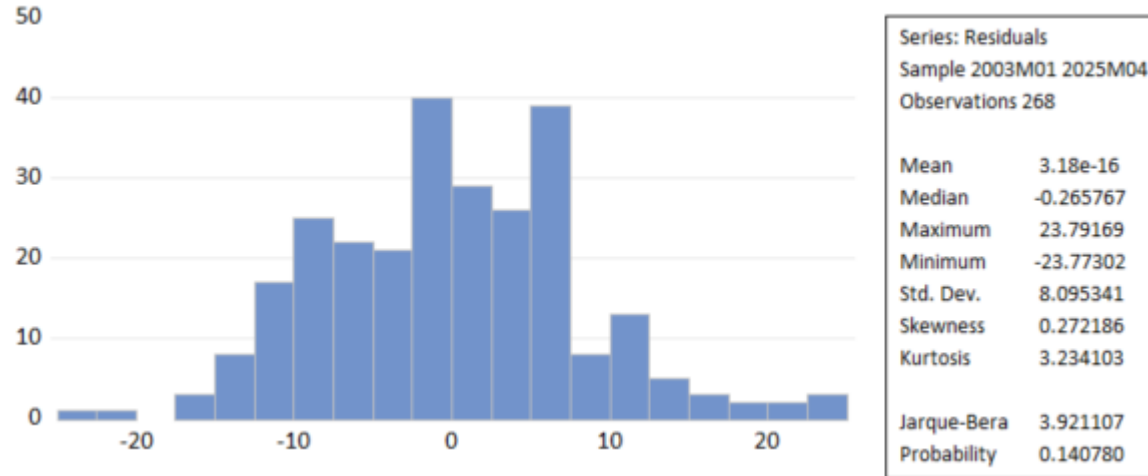
- Modele D_2020 adlı kukla değişken eklenmiştir.
- Bu değişkenin katsayısı **+32.89** olup, anlamlılığı $p < 0.01$ 'dir.
- Bu durum, COVID-19 sonrası dönemde **BIST endeksinde önemli bir seviye değişikliği** yaşandığını ortaya koymaktadır.
- Kukla değişkenin eklenmesiyle model:
 - Otokorelasyon sorununu taşıyor (**DW = 1.99**),
 - Anlamlılık düzeyi yükseliyor (**F = 9.57**, $p < 0.001$).

SONUÇ:Kukla değişken, sadece yapısal kırılmayı istatistiksel olarak kontrol etmekle kalmamış, aynı zamanda modelin açıklayıcılığını ve güvenilirliğini de artırmıştır. Bu durum, zaman serilerinde ekonomik olayların etkisini ayırt etmede dummy değişkenlerin ne kadar kritik olduğunu göstermektedir.

Dependent Variable: BIST
Method: Least Squares
Date: 06/02/25 Time: 17:30
Sample: 2003M01 2025M04
Included observations: 268

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BOG	2.274345	0.545381	4.170192	0.0000
D_2020	32.89802	9.713468	3.386846	0.0008
C	0.930024	0.558344	1.665683	0.0970
R-squared	0.067397	Mean dependent var	2.028998	
Adjusted R-squared	0.060359	S.D. dependent var	8.382755	
S.E. of regression	8.125832	Akaike info criterion	7.039104	
Sum squared resid	17497.72	Schwarz criterion	7.079302	
Log likelihood	-940.2400	Hannan-Quinn criter.	7.055249	
F-statistic	9.575510	Durbin-Watson stat	1.991700	
Prob(F-statistic)	0.000097			

Model Varsayımları-Normallik Sınaması



Jarque-Bera testi, hata terimlerinin normal dağılıma uyup uymadığını test eder.

Testin **sıfır hipotezi (H_0)**: “Hata terimleri normal dağılmıştır.”

Senin sonucunda:

- **p-değeri = 0.1407 > 0.05** olduğundan,
- **H_0 reddedilemez**, yani:

Modelin hata terimleri normal dağılım göstermektedir.

Bu sonuç, **EKK varsayımlarından biri olan normal dağılmış hata terimi varsayımının sağlandığını** gösterir. Bu da modelin tahminlerinin güvenilirliğini artırır.

Otokoresyon Sınaması- Breusch- Godfrey LM Test

Breusch-Godfrey LM testi sonucuna göre ($Obs \cdot R^2 = 2.0999$, $p = 0.3499$), artık terimlerde otokorelasyon bulunmamaktadır. Bu, modelin klasik EKK varsayımlarından biri olan bağımsız artıklar varsayımının sağlandığını göstermektedir.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	1.038517	Prob. F(2,263)	0.3554
Obs*R-squared	2.099938	Prob. Chi-Square(2)	0.3499

Değişen Varyans Breusch-Pagan- Godfrey

Bu testin sıfır hipotezi (H_0): Artık terimlerin varyansı sabittir (homoskedastiktir), yani değişen varyans yoktur.

H_0 reddedilemez

Breusch-Pagan-Godfrey testi sonucunda ($p > 0.05$), modelde artık terimlerin varyansının sabit olduğu, yani değişen varyans sorunu olmadığı tespit edilmiştir. Bu da modelin güvenilirliğini artıran önemli bir bulgudur.

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	0.241040	Prob. F(2,265)	0.7860
Obs*R-squared	0.486652	Prob. Chi-Square(2)	0.7840
Scaled explained SS	0.531513	Prob. Chi-Square(2)	0.7666

VAR Modeli

Model kurulumunda, bağımlı ve bağımsız değişkenler ilgili kutucuklara yazıldıktan sonra, modele otomatik olarak dahil edilen sabit terimin (**C**) yanına, yapısal kırılma noktasını temsil eden **kukla değişken (D_2020)** de eklenmiştir.

Bu adım sonucunda **Vector Autoregression (VAR) Estimates** çıktısına ulaşılmıştır.

Devamında, modelin dinamik yapısını doğru şekilde yansıtmak ve geçerli analizler elde edebilmek için, sistemdeki değişkenler arasındaki gecikmeli ilişkilerin optimum düzeyde temsil edilmesi amacıyla **uygun gecikme uzunluğu belirleme** aşamasına geçilmiştir.

VAR Specification

Basics VAR Restrictions

VAR type
Standard VAR

Endogenous variables
bist bog

Estimation sample
2003m01 2025m04

Lag Intervals for Endogenous:
1 2

Exogenous variables
c d_2020

Vector Autoregression Estimates		
Vector Autoregression Estimates Date: 06/02/25 Time: 18:03 Sample (adjusted): 2003M03 2025M04 Included observations: 266 after adjustments Standard errors in () & t-statistics in []		
	BIST	BOG
BIST(-1)	0.034763 (0.06283) [0.55332]	0.021670 (0.00661) [3.27647]
BIST(-2)	0.094291 (0.06413) [1.47033]	0.006100 (0.00675) [0.90350]
BOG(-1)	-0.025621 (0.49695) [-0.05156]	-0.053984 (0.05232) [-1.03189]
BOG(-2)	-0.186544 (0.48093) [-0.38788]	-0.153910 (0.05063) [-3.03998]
C	1.784737 (0.60337) [2.95796]	0.503308 (0.06352) [7.92387]
D_2020	12.58834 (8.61273) [1.46160]	-9.425020 (0.90668) [-10.3950]
R-squared	0.015967	0.350368
Adj. R-squared	-0.002957	0.337875
Sum sq. resid	18444.55	204.4082
S.E. equation	8.422624	0.886671
F-statistic	0.843749	28.04532
Log likelihood	-941.2284	-342.4085
Akaike AIC	7.122018	2.619613
Schwarz SC	7.202849	2.700443
Mean dependent	2.006332	0.434950
S.D. dependent	8.410199	1.089664

VAR Modeli

Model kurulumunda, bağımlı ve bağımsız değişkenler ilgili kutucuklara yazıldıktan sonra, modele otomatik olarak dahil edilen sabit terimin (C) yanına, yapısal kırılma noktasını temsil eden **kukla değişken (D_2020)** de eklenmiştir.

Bu adım sonucunda **Vector Autoregression (VAR)** **Estimates** çıktısına ulaşılmıştır.

Devamında, modelin dinamik yapısını doğru şekilde yansıtmak ve geçerli analizler elde edebilmek için, sistemdeki değişkenler arasındaki gecikmeli ilişkilerin optimum düzeyde temsil edilmesi amacıyla **uygun gecikme uzunluğu belirleme** aşamasına geçilmiştir.

VAR Specification

Basics VAR Restrictions

VAR type
Standard VAR

Endogenous variables
bist bog

Estimation sample
2003m01 2025m04

Lag Intervals for Endogenous:
1 2

Exogenous variables
c d_2020

	BIST	BOG
BIST(-1)	0.034763 (0.06283) [0.55332]	0.021670 (0.00661) [3.27647]
BIST(-2)	0.094291 (0.06413) [1.47033]	0.006100 (0.00675) [0.90350]
BOG(-1)	-0.025621 (0.49695) [-0.05156]	-0.053984 (0.05232) [-1.03189]
BOG(-2)	-0.186544 (0.48093) [-0.38788]	-0.153910 (0.05063) [-3.03998]
C	1.784737 (0.60337) [2.95796]	0.503308 (0.06352) [7.92387]
D_2020	12.58834 (8.61273) [1.46160]	-9.425020 (0.90668) [-10.3950]

VAR Modeli İçin Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi

VAR Lag Order Selection Criteria
Endogenous variables: BIST BOG
Exogenous variables: C D_2020
Date: 06/02/25 Time: 18:13
Sample: 2003M01 2025M04
Included observations: 260

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1255.765	NA	55.40934	9.690502	9.745281*	9.712524*
1	-1249.284	12.76394	54.36184	9.671412	9.780971	9.715456
2	-1243.192	11.90173*	53.49488*	9.655324*	9.819663	9.721390
3	-1240.257	5.689960	53.93602	9.663514	9.882633	9.751602
4	-1237.063	6.141232	54.27370	9.669718	9.943617	9.779829
5	-1234.527	4.837996	54.89138	9.680979	10.00966	9.813112
6	-1232.771	3.322824	55.85145	9.698241	10.08170	9.852396
7	-1229.219	6.667336	56.04990	9.701685	10.13992	9.877863
8	-1228.703	0.959906	57.58012	9.728488	10.22151	9.926687

* indicates lag order selected by the criterion
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
FPE: Final prediction error
AIC: Akaike information criterion
SC: Schwarz information criterion
HQ: Hannan-Quinn information criterion

VAR (Vector Autoregression) modeli, değişkenler arası dinamik ilişkileri analiz edebilmek için geçmiş (gecikmeli) değerlere dayanır. Bu nedenle, modele dahil edilecek uygun gecikme (lag) sayısının belirlenmesi büyük önem taşır. Gecikme sayısı yetersiz seçilirse model eksik bilgiyle kurulmuş olur; fazla seçilirse gereksiz parametreler modele girerek tahmin gücü zayıflayabilir.

AIC, FPE ve LR kriterleri gecikme sayısı olarak 2'yi önermiştir.

SC ve HQ kriterleri ise daha sade bir model lehine 1 gecikme önermiştir.

Akademik literatürde, modelin dinamik yapısını tam olarak yansıtabilmesi ve Granger nedensellik testinin sağlıklı yapılabilmesi için genellikle **AIC ve LR testlerine öncelik verilmektedir**. Ayrıca, **Granger nedensellik testi genellikle VAR modelinde seçilen gecikme sayısından bir eksik gecikmeyle yapılır**. Bu bağlamda, VAR modelinde gecikme sayısının **2 olarak belirlenmesi**, Granger testi için **lag = 1** kullanabilmemizi sağlamış ve analizin tutarlılığı açısından daha uygun bulunmuştur.

VAR MODELİ TAHMINİ

	BIST	BOG
BIST(-1)	0.034763 (0.06283) [0.55332]	0.021670 (0.00661) [3.27647]
BIST(-2)	0.094291 (0.06413) [1.47033]	0.006100 (0.00675) [0.90350]
BOG(-1)	-0.025621 (0.49695) [-0.05156]	-0.053984 (0.05232) [-1.03189]
BOG(-2)	-0.186544 (0.48093) [-0.38788]	-0.153910 (0.05063) [-3.03998]
C	1.784737 (0.60337) [2.95796]	0.503308 (0.06352) [7.92387]
D_2020	12.58834 (8.61273) [1.46160]	-9.425020 (0.90668) [-10.3950]

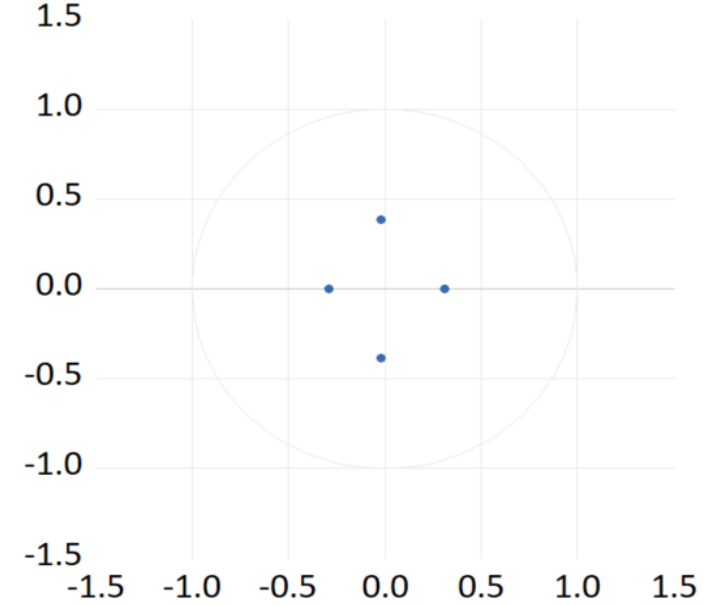
VAR Modeli Süreç Durağan mı?

Seçilen uygun gecikme uzunluğuna göre kurulan VAR modelinin **durağan bir süreç** üretip üretmediği, modelin geçerliliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu amaçla modelin **kararlılık (stability) koşullarını sağlayıp sağlamadığı** aşağıdaki iki yolla test edilmiştir:

- AR Roots Graph (Otoregresif köklerin grafiği)
- AR Roots Table (Otoregresif köklerin tablo gösterimi)

Her iki testin sonucuna göre tüm karakteristik köklerin mutlak değeri 1'den küçük çıkmış ve birim çemberin (unit circle) içinde yer aldığı görülmüştür. Bu da kurulan VAR modelinin **durağan (stable)** olduğunu ve analizlerin güvenilir bir zeminde gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Roots of Characteristic Polynomial
Endogenous variables: BIST BOG
Exogenous variables: C D_2020
Lag specification: 1 2
Date: 06/02/25 Time: 18:27

Root	Modulus
-0.019068 - 0.385357i	0.385828
-0.019068 + 0.385357i	0.385828
0.309347	0.309347
-0.290432	0.290432

No root lies outside the unit circle.
VAR satisfies the stability condition.

Model Geçerliliği Kapsamında Gecikme Uzunluğu ve Otokorelasyon Analizi

Lag kriterleri (AIC, LR, FPE) dikkate alındığında optimal gecikme uzunluğu **2** olarak belirlenmiştir. Bu gecikme uzunluğuyla oluşturulan VAR modelinin, **durağanlık koşulunu sağladığı** hem *AR Roots Graphs* hem de *AR Roots Table* ile doğrulanmıştır. Ancak, modele uygulanan **otokorelasyon testi sonucunda**, modelde **otokorelasyon problemi** olduğu tespit edilmiştir.

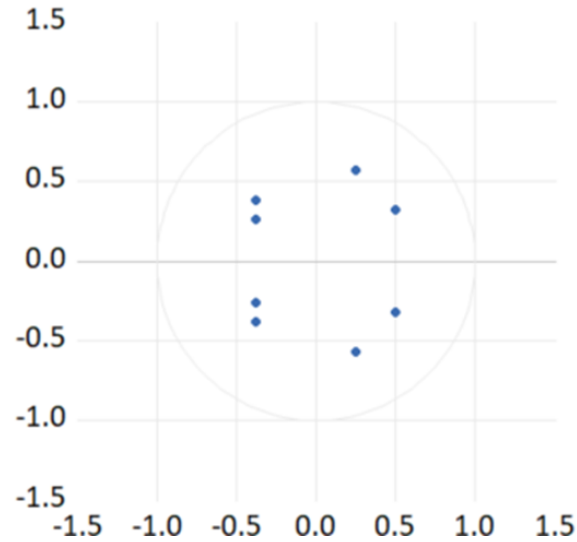
Bu nedenle, **gecikme uzunluğunun artırılması** yoluna gidilmiştir. Yapılan sınamalar sonucunda, gecikme uzunluğu **4** olarak belirlendiğinde otokorelasyon probleminin ortadan kalktığı görülmüştür. Bu durum, hem modelin varsayımlarına uygunluk hem de tahmin performansı açısından daha sağlıklı bir yapı sunmuştur.

Sonuç olarak, VAR modeli **4 gecikme** ile tahmin edilmiştir ve bu yaklaşım hem **teorik çerçeveye** hem de **tanısal test sonuçlarına** dayalı olarak şekillendirilmiştir.

Vector Autoregression Estimates		
	BIST	BOG
BIST(-1)	0.055037 (0.06253) [0.88022]	0.024541 (0.00663) [3.70065]
BIST(-2)	0.096409 (0.06346) [1.51909]	0.006828 (0.00673) [1.01446]
BIST(-3)	-0.038777 (0.06345) [-0.61111]	-0.010040 (0.00673) [-1.49193]
BIST(-4)	-0.087559 (0.06356) [-1.37765]	-0.005367 (0.00674) [-0.79615]
BOG(-1)	0.020651 (0.50103) [0.04122]	-0.071578 (0.05314) [-1.34700]
BOG(-2)	0.052280 (0.49326) [0.10599]	-0.133720 (0.05231) [-2.55607]
BOG(-3)	0.461736 (0.48984) [0.94263]	-0.060931 (0.05195) [-1.17284]
BOG(-4)	0.797111 (0.48110) [1.65686]	-0.044832 (0.05103) [-0.87862]
C	1.323417 (0.68067) [1.94428]	0.571784 (0.07219) [7.92033]

Ar Root Graphs ve Ar Root Table

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



VAR Stability Condition Check

Roots of Characteristic Polynomial
Endogenous variables: BIST BOG
Exogenous variables: C D_2020
Lag specification: 1 4
Date: 06/02/25 Time: 23:05

Root	Modulus
0.248788 - 0.566167i	0.618418
0.248788 + 0.566167i	0.618418
0.501732 - 0.323094i	0.596762
0.501732 + 0.323094i	0.596762
-0.381301 - 0.377967i	0.536889
-0.381301 + 0.377967i	0.536889
-0.377490 - 0.257788i	0.457114
-0.377490 + 0.257788i	0.457114

No root lies outside the unit circle.
VAR satisfies the stability condition.

Görüldüğü üzere, gecikme uzunluğu 4 olarak belirlendiğinde hem *AR Roots Graphs* hem de *AR Roots Table* analizleri sonucunda modelin durağanlık koşullarını sağladığı tespit edilmiştir.

Otokorelasyon Sınaması

Başlangıçta gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiş, ancak VAR modeline uygulanan **LM testi** sonucunda otokorelasyon problemi gözlemlenmiştir. Bu nedenle gecikme uzunluğu aşamalı olarak artırılmış ve **gecikme uzunluğu 4** olarak seçildiğinde modelin otokorelasyondan arınmış olduğu tespit edilmiştir.

LM testi sonuçlarına göre:

- İlk 2 gecikme düzeyinde (lag 1–2), test istatistikleri ve olasılık değerleri otokorelasyonun anlamlı olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).
- Ancak **lag 4 sonrası** elde edilen **p-değeri 0.1939 ve 0.4521** olarak bulunmuş, bu da otokorelasyon probleminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

Bu bulgular doğrultusunda:

Modelin sağlıklı çalışabilmesi, otokorelasyon problemi taşımaması ve VAR modeline ait diğer varsayımları sağlaması açısından, gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda analizler sürdürülmüştür.

Sample: 2003M01 2025M04
Included observations: 264

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	51.09025	4	0.0000	13.41703	(4, 502.0)	0.0000
2	36.74450	4	0.0000	9.511028	(4, 502.0)	0.0000
3	8.021745	4	0.0908	2.017494	(4, 502.0)	0.0908
4	6.070702	4	0.1939	1.523835	(4, 502.0)	0.1939
5	3.672843	4	0.4521	0.919739	(4, 502.0)	0.4521

Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	51.09025	4	0.0000	13.41703	(4, 502.0)	0.0000
2	78.16570	8	0.0000	10.51084	(8, 498.0)	0.0000
3	79.10508	12	0.0000	7.071787	(12, 494.0)	0.0000
4	80.72020	16	0.0000	5.400664	(16, 490.0)	0.0000
5	91.54384	20	0.0000	4.936368	(20, 486.0)	0.0000

*Edgeworth expansion corrected likelihood ratio statistic.

NOT:

VAR modelinin tahmin edilmesinden sonra modelin varsayımlarını test etmek amacıyla **otokorelasyon, normallik ve değişen varyans testleri** uygulanmıştır. **Otokorelasyon** sınaması sonucunda herhangi bir **otokorelasyon problemi tespit edilmemiş**, modelin bu açıdan geçerli olduğu anlaşılmıştır. Ancak, **normallik testi ve değişen varyans (heteroskedastisite) testi** olumsuz sonuçlanmıştır.

Bu durum literatürde yaygın biçimde tartışılan bir konudur. VAR modellerinde özellikle **tahmin ve nedensellik analizleri** açısından otokorelasyon problemi büyük önem taşımaktadır. Buna karşılık, **normallik ve sabit varyans varsayımlarının ihlali, VAR modeli sonuçlarının geçerliliğini doğrudan etkilememektedir** (Lütkepohl, 2005). Bu bağlamda, ilgili testler yapılmış olsa da, **VAR modellemesinin doğası gereği ve çalışmanın amacı doğrultusunda bu bulgular modele müdahale gerektirecek düzeyde görülmemiş**, analiz süreci otokorelasyon bulgusunun sağlanmasına dayanarak sürdürülmüştür.

Dolayısıyla, bu tür testlerin uygulanmış olması sürecin analitik doğruluğunu artırmakta; ancak elde edilen olumsuz sonuçların, **Granger nedensellik analizi ve yorumlar üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı** kanaatine varılmıştır.

Granger Nedensellik

Sample: 2003M01 2025M04
Included observations: 264

Dependent variable: BIST

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
BOG	3.762109	4	0.4392
All	3.762109	4	0.4392

Dependent variable: BOG

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
BIST	16.62295	4	0.0023
All	16.62295	4	0.0023

Granger nedensellik testi, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmek amacıyla kullanılmıştır. Analiz kapsamında 2003M01–2025M04 dönemine ait 264 gözlem kullanılmış ve VAR modeli 4 gecikme uzunluğu ile tahmin edilmiştir.

Test Sonuçları:

Bağımlı değişken: BIST

BOG'un nedenselliği (Granger sense):

Chi-Square = 3.7621

p-değeri = 0.4392

Sonuç: p-değerinin %5 anlamlılık düzeyinden büyük olması nedeniyle, **BOG değişkeninin BIST üzerinde Granger anlamında nedensel bir etkisi bulunmamaktadır.**

Bağımlı değişken: BOG

BIST'in nedenselliği (Granger sense):

Chi-Square = 16.6230

p-değeri = 0.0023

Sonuç: p-değerinin %5 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle, **BIST değişkeni BOG üzerinde Granger anlamında istatistiksel olarak anlamlı bir nedensel etkiye sahiptir.**

NOT: Kukla Değişken Kullanımına İlişkin Açıklama

Analiz sürecinde, modele dahil edilecek kriz yıllarına ilişkin kırılma noktalarını belirlemek amacıyla **grafiksel gözlem, ekonomik bağlam, ve istatistiksel test sonuçları** birlikte değerlendirilmiştir.

Özellikle grafiksel incelemelerde hem **2008 küresel finansal krizi** hem de **2020 COVID-19 pandemisi** dönemlerinde, **BIST** ve **BOG** serilerinde dikkat çekici yapısal değişimler gözlemlenmiştir. Ancak bu iki kriz yılı arasında uzun bir zaman aralığı olması ve regresyon modeline fazla sayıda kukla değişken eklemenin model üzerinde **aşırı kontrol etkisi** yaratma riski göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çerçevede, otomatik yapısal kırılma testlerinden **Quandt-Andrews testi** uygulanmış ve bu test yalnızca **2020 yılını istatistiksel olarak anlamlı bir kırılma noktası olarak tespit etmiştir**. Bu sonuç doğrultusunda analiz, öncelikle yalnızca **2020 krizini temsil eden bir kukla değişkenle** yürütülmüştür.

Ancak, yöntemin sağlamlığını test etmek amacıyla, alternatif olarak hem **2008 hem de 2020 kriz yıllarını temsil eden iki ayrı kukla değişkenle** aynı model yeniden tahmin edilmiş ve **VAR modeli** ile birlikte **Granger nedensellik analizleri** tekrar uygulanmıştır. Bu alternatif senaryoda da:

- **BOG → BIST yönünde tek yönlü nedensellik** bulgusu korunmuş,
- Modelin açıklayıcılığı az da olsa artmış, ancak **temel nedensellik yapısı değişmemiştir**.

Bu nedenle, analiz sürecinde **hem ekonomik hem istatistiksel hem de metodolojik açılardan yapılan değerlendirmeler sonucu**, sadece 2020 yılını içeren kukla değişkenle oluşturulan modelin **temsil gücü ve geçerliliği yeterli görülmüştür**. Bu yaklaşım, hem test sonuçlarına hem de görsel analiz ve model performansına dayanmakta olup, **farklı modelleme seçeneklerinin de değerlendirildiği sağlam bir yöntemsel kararın sonucudur**.

Bulgular

Çalışmada yer alan BIST ve BOG değişkenlerine ilişkin zaman serisi analizine, öncelikle serilerin durağanlık düzeylerinin tespiti ile başlanmıştır. Bu kapsamda **Augmented Dickey-Fuller (ADF)** ve **Phillips-Perron (PP)** testleri uygulanmış; her iki değişkenin de **düzeyde durağan** oldukları tespit edilmiştir. Seriler düzeyde durağan çıktığı için, seriler arasında uzun dönemli ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla **EKK (En Küçük Kareler) yöntemiyle regresyon analizi** gerçekleştirilmiştir.

Regresyon analizinde bağımlı değişken BIST olarak belirlenmiş, açıklayıcı değişken olarak BOG değişkeni kullanılmıştır. Ayrıca, grafiksel gözlem ve ekonomik bağlam dikkate alınarak, küresel kriz etkilerini kontrol altına alabilmek için **2020 yılına ait bir yapısal kırılmayı temsil eden kukla değişken** modele dahil edilmiştir. Kukla değişken belirlemesinde **Quandt-Andrews yapısal kırılma testi** uygulanmış ve sadece **2020 yılı** anlamlı bir kırılma noktası olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sağlamlık amacıyla **2008 ve 2020 krizlerini birlikte içeren alternatif bir model** de test edilmiş, sonuçların büyük ölçüde benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Kukla değişkenin dahil edilmesiyle oluşturulan modelde **otoregresif yapının belirlenmesi** amacıyla VAR modeli tahmin edilmiştir. **Gecikme uzunluğu seçimi** için kriterler başlangıçta 2 gecikmeyi önerse de, otokorelasyon problemi görülmesi nedeniyle 4 gecikmeli model tercih edilmiş ve bu düzeyde **otokorelasyon sorunu giderilmiştir**.

VAR modeli üzerinden yapılan **Granger nedensellik analizi** sonucunda ise, **BOG → BIST yönünde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi** tespit edilmiştir. Bu bulgu, BOG değişkenindeki değişimlerin BIST üzerinde açıklayıcı bir güce sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, modelin varsayımlarını büyük ölçüde sağlayan, alternatif kriz senaryolarıyla test edilmiş ve hem görsel hem de istatistiksel dayanaklara sahip sağlam bir modelleme süreci gerçekleştirilmiştir.



Sonuç

Yapılan analizler sonucunda, sermaye piyasalarının yalnızca ekonomik göstergeler tarafından belirlenmediğini, aksine bu göstergeler üzerinde de belirleyici olabildiğini ortaya koyarak, yatırımcı davranışlarının ekonomi politikaları üzerindeki etkilerine dikkat çekmektedir.