



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**KRİZ DÖNEMİNDE, SEÇİLMİŞ MAKROEKONOMİK
GÖSTERGELER ARASINDAKİ KARŞILIKLI
NEDENSELLİK İLİŞKİLERİNİN KOŞULLU VE
KISMİ GRANGER NEDENSELLİĞİ
YAKLAŞIMIYLA ANALİZİ**

ERDOĞAN CEVHER

**İŞLETME ANABİLİM DALI
GENEL İŞLETME BİLİM DALI**

MART 2020



**KRİZ DÖNEMİNDE, SEÇİLMİŞ MAKROEKONOMİK GÖSTERGELER
ARASINDAKİ KARŞILIKLI NEDENSELLİK İLİŞKİLERİNİN KOŞULLU VE
KISMİ GRANGER NEDENSELLİĞİ YAKLAŞIMIYLA ANALİZİ**

Erdoğan CEVHER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI
GENEL İŞLETME BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

MART 2020

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Erdoğan CEVHER

03.03.2020

KRİZ DÖNEMİNDE, SEÇİLMİŞ MAKROEKONOMİK GÖSTERGELER
ARASINDAKİ KARŞILIKLI NEDENSELLİK İLİŞKİLERİNİN KOŞULLU VE KİSMİ
GRANGER NEDENSELLİĞİ YAKLAŞIMIYLA ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Erdoğan CEVHER
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Mart 2020

ÖZET

Krizler ve müdahaleler, ekonomi değişkenlerinde çoklu yapısal kırılmalara yol açmaktadır. Bu tezde, “çoklu yapısal kırılmalı değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin koşullu ve kısmi Granger nedenselliği yaklaşımı kullanılarak matematiksel olarak doğru biçimde belirlenmesi” amaçlanmıştır. 2008 Küresel Finans Krizi başta olmak üzere birçok krizi ve piyasa müdahalelerini içeren 2007 Ocak – 2020 Ocak döneminde, “BIST100 endeksi, mevduat faizi, TRY/1USD döviz kuru, enflasyon (TÜFE) ve GSYİH” değişkenleri arasındaki karşılıklı nedensellik ilişkilerinin, kriz ve müdahale bilgileri de modelleme kalıbına katılarak koşullu ve kısmi Granger nedenselliğiyle belirlenmesiyle bu amaca ulaşılan yol somut bir örnek eşliğinde gösterilmiştir. Koşullu ve kısmi G-nedensellik sınamaları hakkında temel teorik bilgiler verilmiştir. Daha sonra, bu nedensellik sınamaları, veriye R yazılım programıyla uygulanmıştır. 2007.01-2020.01 aylık verileri kullanıldığında, “BIST100, faiz, kur, enflasyon” arasındaki kısmi G-nedensellik ilişkileri, “kurdan enflasyona pozitif (doğru orantılı); kurdan faize pozitif” yönlü olarak, 2007.1Ç-2018.4Ç çeyreklik verileri kullanıldığında, “BIST100, faiz, kur, enflasyon, GSYİH” arasındaki koşullu G-nedensellik ilişkileri, “kurdan enflasyona pozitif; enflasyondan BIST100’e negatif (ters orantılı)” yönlü etki olarak bulunmuştur (varlığı belirlenmiş G-nedensellik ilişkilerinin bu pozitif/negatif yönleri, sadece, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde geçerlidir). Birden fazla yapısal kırılmanın ele alındığı yetkin incelemelerde, durağandışılığın Narayan-Popp sınaması ile eşbütünleşimin Johansen-Mosconi-Nielsen karar değerleri ile sınanması gerektiği öğretici bir şekilde yansıtılmıştır. R programında, birden fazla yapısal kırılma altında eşbütünleşim incelemesi yapılması için, urca paketindeki ca.jo işlevi genişletilmiş ve böylelikle kısıtlı vektör hata düzeltme kalıbı üzerinde koşullu G-nedenselliği sınamaları yapılabilmektedir. Ayrıca, etki-tepki işlevlerinde çoklu yapısal kırılmalardan kaynaklı olarak ortaya çıkan sorunların Frisch Waugh teoremiyle nasıl çözülebileceği gösterilmiştir.

Bilim Kodu : 110603 - Uygulamalı Makro Ekonometri
Anahtar : Yapısal Kırılma, BIST100, Döviz Kuru, Koşullu Granger
Kelimeler : Nedensellik, Kısmi Granger Nedensellik, R, causfinder
Sayfa Adedi : 141
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet AKSOY
Öğrenci ORCID ID : 0000-0002-6138-0372

THE ANALYSIS OF THE CAUSALITY RELATIONSHIPS AMONG THE
SELECTED MACROECONOMIC INDICATORS VIA CONDITIONAL AND
PARTIAL GRANGER CAUSALITY APPROACH IN A CRISIS PERIOD

(M.S. Thesis)

Erdoğan CEVHER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES

March 2020

ABSTRACT

Crises and interventions cause multiple structural breaks in economic variables. We aimed to correctly determine the causal relationships among variables having multiple structural breaks by using conditional and partial Granger causality approach. The causality relations among BIST100 index, deposit interest rate, TRY/1USD exchange rate, inflation (CPI) and GDP in the period 01.2007 - 01.2020, which includes many crises and market interventions, especially the 2008 Global Finance Crisis, were revealed by conditional and partial G-causality that employed the info of crises and interventions in the models; thereby, we illuminated the path to reach our aim with concrete examples. First, theoretical information on conditional and partial G-causality tests is given. Later, these causality tests were applied to the data with the R software program. With monthly data of 2007.01-2020.01, the partial G-causality relations among “BIST100, deposit interest, exchange rate, inflation” were revealed as “from exchange rate to inflation positively; from exchange rate to deposit rate positively” effects; with quarterly data of 2007.Q1-2018.Q4, the conditional G-causality relations among “BIST100, deposit interest, exchange rate, inflation and GDP” were revealed as “from exchange rate to inflation positively; from inflation to BIST100 negatively” effects (these positive/negative signs of the existing G-causality relationships are valid only within a very short period of time at the beginning of the forecast horizon). The dataset used in the research reflected instructively that since the economic time series are more likely prone to be affected from the crises and interventions, the non-stationarity must be tested with Narayan-Popp test and the cointegration must be tested with the critical values of Johansen-Mosconi-Nielsen in competent studies handling multiple structural breaks. In the R programming language, the `ca.jo` function in the `urca` package was extended in order to carry out the cointegration analysis under more than one structural breaks, and in this way the conditional G-causality tests on a restricted vector error correction model have been able to be performed. We have also shown how to solve problems arising from multiple structural breaks in impulse-response functions by using Frisch Waugh's theorem.

Science Code : 110603 - Applied Macro Econometry

Key Words : Structural Break, BIST100, Exchange Rate, Conditional
Granger Causality, Partial Granger Causality, R, causfinder

Page Number : 141

Supervisor : Prof. Ahmet AKSOY

Student ORCID ID : 0000-0002-6138-0372

TEŞEKKÜR

Eğitim sürecimde matematiksel mantığımın gelişmesini sağlayan, üniversite öncesi matematik öğretmenlerim Faik KÖSE, Ergün ÇOBAN, Hatice BAŞEĞMEZ, Mustafa Kemal EVLİYAOĞLU ve Ali Kemal EVLİYAOĞLU'na, Boğaziçi Üniversitesi'ndeki değerli hocalarım, Prof. Dr. Alp EDEN, Prof. Dr. Ahmet FEYZİOĞLU, Prof. Dr. Haluk ORAL, Prof. Dr. Ayşe SOYSAL, Prof. Dr. Rahmi GÜVEN, Prof. Dr. Betül TANBAY, Prof. Dr. Nilgün IŞIK, Prof. Dr. Talin BUDAK ve Prof. Dr. Yılmaz AKYILDIZ'a, Doğu Üniversitesi'nde asistanlığını yaptığım Prof. Dr. Cemal KOÇ'a sonsuz minnettarım.

Ekonomi teorisi ve matematik arasında çift yönlü etkileşime bakılarak modelleme yapılmasını vurgulayan ve beni yeni araştırmalara yönlendirerek yeni şeyler öğrenmemi ve keşfetmemi sağlayan tez danışmanım Prof. Dr. Ahmet AKSOY ile Prof. Dr. Cihan TANRIÖVER, Dr. Öğr. Üyesi Zeki YANIK ve Prof. Dr. Funda YURDAKUL'a "Gazi Üniv." teşekkürü bir borç bilirim.

Almanya'nın para talebi işlevinin modellenmesini sağlayan ve eşbütünleşimde yapısal kırılmaların tanıtılışına oldukça açıklayıcı olan veri kümesini benimle paylaştığı için Prof. Dr. Katerina JUSELIUS "Kopenhag Üniv. (Danimarka)" ve Prof. Dr. Roselyne JOYEUX'a "Macquarie Üniv. (Avustralya)", R'da koşullu ve kısmi G-nedenselliğinin hesaplanışını düzen (sistem) çapına genişleten kodları yazarken oldukça faydalandığım, durum bazında ilgili R kodlarını yazan Bjorn ROELSTRAETE'ye "Avrupa Komisyonu", R'da ortak örnek genişliğini de dikkate alan GDF (genişletilmiş Dickey-Fuller) sınavasının kodunu yazdığım esnada, tıkanıp nokta, sorunu devingen programlamayla çözen böylelikle devingen programlamayı öğrenmemi ve bu tez çalışması sırasında binlerce kez kullanmamı sağlayan Dr. Fabian SCHEIPL'e "Ludwig Maximilians Üniv. (Almanya)" ve kodlamalarda tıkanıp noktalarda Stackoverflow'da bana yardımcı olan tüm R ailesine ne kadar teşekkür etsem azdır.

Manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan anne ve babama (Refika/Lütfi), eşim Uzm. Dr. Şimal KÖKSAL CEVHER'e ve tez çalışması sırasında bana gösterdikleri sabır için kızım Berrak ve oğlum Atahan'a da sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

**GSYİH, ENFLASYON ORANI, BIST100 ENDEKSİ, MEVDUAT FAİZİ
ORANI İLE KUR DEĞİŞKENİ VE BU DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ
İLİŞKİLER**

1.1. Gayrı Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)	7
1.2. Enflasyon (Fiyatların Genel Düzeyindeki Değişim)	14
1.3. Mevduat Faizi Oranı	19
1.4. Döviz Kuru	20
1.5. BIST100 Endeksi	22
1.6. Değişkenler Arası İlişkiler	23

2. BÖLÜM

KOŞULLU VE KISMİ GRANGER NEDENSELLİK KAVRAMI

2.1. Granger Nedenselliği (“G-nedenselliği”, “G-nedensellik”, “GN”)	29
2.2. İki Değişkenli Klasik G-Nedenselliği Sınaması	30
2.3. Toda-Yamamoto G-Nedensizlik Sınaması	33

2.4. İki'den Fazla Değişkenli Bir Düzende, Değişkenler Arasındaki Granger Nedensellikleri Sınanırken Çifterli (Pairwise) ve Çok-değişirli (Multi-variate) İnceleme Durumları	34
2.5. Çifterli GN İncelemesi.....	37
2.6. Çok-Değişirli GN İncelemesi.....	42
2.7. Koşullu G-Nedenselliği (KoGN)	46
2.8. Kısmi G-Nedenselliği (KıGN).....	50
2.9. Etki Tepki İşlevleri.....	52
2.9.1. İki Değişkenli Bir Düzende Etki Tepki (Impulse-Response) İşlevleri	52
2.10. Tahmin Hatasının Değişirliğinin Ayrışmaları	52

3. BÖLÜM

ÇOKLU YAPISAL KIRILMALI DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ NEDENSELLİK İLİŞKİLERİNİN KOŞULLU VE KISMİ GRANGER NEDENSELLİĞİYLE BULUNMASI ÖRNEĞİ

3.1. Kalıp, Veriler ve Uygulanan Yöntem.....	55
3.2. Yapısal Kırılmaları Ele Alıp İşleyen Kukla Dizeylerin Tanımlanması ve Değişkenlerin Durağanlık Doğalarının İncelemesi	65
3.3. VÖB'ün En İyi (Optimal) En Küçük Gecikme Düzeyi	77
3.4. VÖB'ün Kararlılığı.....	81
3.5. VÖB'ün Kalıntılarının Özilintisizliği.....	82
3.6. VÖB'ün Kalıntılarının Normallliği	85
3.7. VÖB Kalıntılarının Aynıyayılabilirliği.....	88
3.8. Koşullu ve Kısmi Granger Nedensellik İlişkileri ve Nedenselliklerin Yansıtıldığı Ağ Topolojileri.....	89
3.9. VÖB Düzenindeki Değişkenler Arasındaki Etki-Tepki İşlevleri	107
3.10. VÖB Düzenindeki Değişkenlerin Gelecekteki Değerlerinin Öngörüsü	114
3.11. Aralarında Koşullu Granger Nedenselliği İlişkisi Olan Değişkenler Arasındaki Granger Nedenselliği İlişkilerinin Aynı Yönlülük Veya Zıt Yönlülük (Ters Orantılının) Seyrinin Bulunuşu	116
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	131
KAYNAKLAR.....	137
ÖZGEÇMİŞ.....	143

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Makroekonimik değişkenler arası ilişkileri inceleyen çalışmalar	28
Çizelge 2.1. Sahte Granger nedenselliğini yoketmekte kullanılan sınamalar	46
Çizelge 3.1. Uygulamadaki verilerin açıklaması ve bu verilerin kaynakları	56
Çizelge 3.2. Değişkenlerin Narayan-Popp sınaması sonuçları ve yapısal kırılmalarının anları (gözlemdeki numarası ve tarihi)	70
Çizelge 3.3. VÖB'ün kalıntılarının Jarque-Bera normallik sınamasının sonuçları	88
Çizelge 3.4. Düzendeki değişkenlerin en dışsaldan en içsele sırasının bulunması	106

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. İki sektörlü çevrimsel akış modeli	13
Şekil 1.2. Baz faiz oranının artırılmasının enflasyonu düşürmesi	25
Şekil 1.3. Baz faiz oranının düşürülmesinin enflasyonu artırması	25
Şekil 2.1. İki değişkenli Granger nedenselliği	32
Şekil 2.2. İkidenden fazla değişkenli bir düzende, değişken nitelikleri	36
Şekil 2.3. İki değişkenli Granger nedenselliği, koşullu Granger nedenselliği ve kısmi Granger nedenselliği sınamaları	37
Şekil 2.4. Çifterli Granger nedenselliği incelemesine örnek olarak verilebilecek bazı durumlar	38
Şekil 2.5. Çifterli GN incelemesinin 20 farklı olası örnek durumu	41
Şekil 2.6. Çifterli Granger nedenselliği incelemesinin 14. örnek durumunu yansıtan küme çizimi	41
Şekil 2.7. Çok-değişirli (multi-variate) Granger nedenselliği incelemesine örnek olarak verilebilecek bazı durumlar	42
Şekil 2.8. Çok-değişirli GN incelemesinin 12 farklı olası örnek durumu	43
Şekil 2.9. Çok-değişirli Granger nedenselliği incelemesinin 11. örnek durumunu yansıtan küme çizimi	43
Şekil 2.10. Ağdaki her bir kenarın komşu değişkenler arasında bir Granger nedenselliği ilişkisi olduğu Granger nedenselliği çizimleri (Gerçekte Granger nedenselliği yokken sahte Granger nedenselliği bulunabildiği durumlar)	45
Şekil 2.11. İlinti ve nedensellik ilişkisi: ilinti, nedenselliği vermez; yani, nedenselliğin bir “yeter şart”ı değildir	45
Şekil 2.12. Koşullu Granger nedenselliğinin yorumu (sadece dolaylı etkinin var olduğu, tamamen diğer değişkenlerin aracılığındaki durum)	48
Şekil 2.13. Koşullu Granger nedenselliğinin yorumu (dolaylı etkinin yanı sıra doğrudan etkinin de olduğu, yani hem dolaylı hem de doğrudan etkinin birlikte olduğu durum)	49
Şekil 2.14. Koşullu GN; tanım, indirgenmiş (kısıtlı) ve tam (kısıtsız) kalıp	49

Şekil 2.15. Kısmi GN; tanım; indirgenmiş (kısıtlı) ve tam (kısıtsız) kalıp	51
Şekil 3.1. Breusch-Godfrey Lagrange Çarpanı (BG LÇ) χ^2 sınaması	83
Şekil 3.2. Edgerton-Shukur (ES) F sınaması	83
Şekil 3.3. VÖB'ün kalıntılarının özilinti işlevi çizimleri	85
Şekil 3.4. VÖB'ün kalıntılarının Jarque-Bera normallik sınaması	86
Şekil 3.5. VÖB'ün kalıntılarının çok-değişirli (multi-variate) özbağlanımlı koşullu farklıyılım (ARCH)	88
Şekil 3.6. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri)	92
Şekil 3.7. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedensellikleri (F istatistikleri)	93
Şekil 3.8. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedensellikleri (p değerleri)	95
Şekil 3.9. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri)	96
Şekil 3.10. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedenselliklerinin p değerleri kullanılarak elde edilen ağ topolojisi	97
Şekil 3.11. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli kısmi Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri)	99
Şekil 3.12. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli kısmi Granger nedensellikleri (F istatistikleri)	100
Şekil 3.13. 5 değişkenden oluşan düzenin çiftlerli kısmi Granger nedensellikleri (p değerleri)	101
Şekil 3.14. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli kısmi Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri)	102
Şekil 3.15. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli kısmi Granger nedenselliklerinin p değerleriyle ağ topolojisi	103
Şekil 3.16. Değişken sıralamasının etki-tepki işlevleri için değiştirilmesi	108
Şekil 3.17. bist100 değişkeninin mfaizi1f'ye tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)	110
Şekil 3.18. bist100 değişkeninin kur'a tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)	111

Şekil 3.19. bist100 değişkeninin enflasyon'a tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen).....	112
Şekil 3.20. bist100 değişkeninin gsyih'e tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen).....	113
Şekil 3.21. enflasyon değişkeninin kur'a tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen).....	114
Şekil 3.22. Kukla değişkenlerin mevcut son değerlerini kullanarak kuklaların gelecekteki öngörülerinin bulunması	114
Şekil 3.23. VÖB düzenindeki 5 değişkenin tahmin ufkundaki öngörülerini	115
Şekil 3.24. VÖB düzenindeki 5 değişkenin gelecek değerlerine ait öngörülerin üfleme çizimleri	116
Şekil 3.25. VÖB'ün kalıntılarının ilintilerinin düzeyi	120
Şekil 3.26. VÖB'ün bağlanımlarının kalıntıları arasındaki ilintiler (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen).....	120
Şekil 3.27. Dört değişkenli düzendeki koşullu Granger nedensellikleri (p değerleri)	124
Şekil 3.28. Dört değişkenli düzendeki kısmi Granger nedensellikleri (p değerleri)	125
Şekil 3.29. Dört değişkenli düzendeki koşullu Granger nedensellikleri (p değerleri)	125
Şekil 3.30. Dört değişkenli düzendeki kısmi Granger nedensellikleri (p değerleri)	126
Şekil 3.31. Değişkenlerin gelecek döneme ilişkin üfleme çizimi (fanchart)	127
Şekil 3.32. VÖB'ün bağlanımlarının kalıntıları arasındaki ilintiler (157 aylık gözlemlili 4 değişkenli düzen)	127
Şekil 3.33. mfaizi değişkeninin kur'a tepki işlevi (157 aylık gözlemlili 4 değişkenli düzen)	129
Şekil 3.34. enflasyon değişkeninin kur'a tepki işlevi (157 aylık gözlemlili 4 değişkenli düzen)	129

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. BIST100, mevduat faiz oranı, TRY/1USD döviz kuru, enflasyon (TÜFE) ve GSYİH değişkenlerinin çizimi	59
Resim 3.2. Özgün GSYİH ve mevsimsellikten arındırılmış (mevsimselliği düzeltilmiş) GSYİH	62
Resim 3.3. GSYİH, enflasyon, mevduat faizi, döviz kuru ve BIST100	63
Resim 3.4. Verinin başlangıçtaki (2007 başı) ve sondaki (2018) gözlemleri.....	67
Resim 3.5. bist100 değişkenine Narayan-Popp sınaması uygulanmasının sonucu	688
Resim 3.6. mfaizi değişkenine Narayan-Popp sınaması uygulanmasının sonucu	68
Resim 3.7. kur değişkenine Narayan-Popp sınaması uygulanmasının sonucu	69
Resim 3.8. enflasyon değişkenine Narayan-Popp sınaması uygulanmasının sonucu	70
Resim 3.9. gsyih değişkenine Narayan-Popp sınaması uygulanmasının sonucu	71
Resim 3.10. Serilerin yapısal kırılmaları dikkate alınmadığı durumda serilerin causfinder::adfcstable ile durağandıılık sınamaları	72
Resim 3.11. VÖB'ün en iyi en küçük gecikme düzeyinin bulunması	77
Resim 3.12. “İki davranışdeğişimi kırılmasına uyan, bu iki yapısal kırılmalara eşlik eden doğaçlama ışıkları ve gecikmelerinden ve doğaçsız ışıklardan oluşan kukla düzey”	80
Resim 3.13. R'da işlev sonuçlarının devrik alınarak görsellenişinin değiştirilmesi	81
Resim 3.14. En küçük kareler (EKK)-BirikimliToplam (OLS-CUSUM) çizimi	82
Resim 4.1. G-nedensellik ilişkileri (5-değişkenli düzende koşullu GN ile; 4-değişkenlidüzende kısmi GN ile)	134

SİMGELER, KISALTMALAR

Tezdeki kısaltmalar, açıklamalarıyla birlikte aşağıdadır.

Simgeler

Açıklamalar

<	küçük işareti
>	büyük işareti
≈	yaklaşık olarak işareti
≡	tanım işareti

Kısaltmalar

Açıklamalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AIC	Akaike bilgi ölçütü
BG LÇ	Breusch-Godfrey Lagrange çarpanı
BIST100	Borsa İstanbul 100 endeksi
ES	Edgerton-Shukur
EUR	Euro
G-Nedenselliği	Granger nedenselliği
GN	Granger nedenselliği
JMN	Johansen-Mosconi-Nielsen (karar değerleri)
kd	karar değeri
NP	Narayan-Popp sınaması
OL	Osterwald-Lenum (karar değerleri)
ÖB	özbağlanım
SC	Schwarz (Bayesian) bilgi ölçütü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USD	ABD Doları
VAR	vector autoregression model
VHD	vektör hata düzeltme kalıbı
VÖB	vektör özbağlanım kalıbı

GİRİŞ

Bir olayın var olmasına ya da ortaya çıkmasına yol açan olgu olan “neden” kavramı, günlük yaşantıda çok farklı durumlarda sıkça kullanılmaktadır. Bir değişkende meydana gelen bir değişme, başka bir değişkende de değişmeye neden oluyorsa ve bu durum süreklilik gösteriyorsa, bu değişkenlerden ilki neden, diğeri ise sonuç olarak nitelendirilerek nedensel ilişki içinde oldukları varsayılır.

Bir ülke ekonomisinde dalgalanmalar varolmasına rağmen bu dalgalanmalar hemen hemen kontrol edilebiliyorsa, gerçekleşen büyüme düzeyi, öngörülen büyüme düzeyiyle hemen hemen aynıysa, ekonomide durgunluklar sadece kısa süreliyse ve olası durgunluk ve enflasyon durumlarında da ekonomi kendi kendine ya da bazı küçük müdahalelerle bu durumdan kurtulabiliyor ise o ülke ekonomisi uzun dönemde istikrarlı ve öngörülebilirdir, yani, sağlıklıdır. Bir “ekonomik kriz”, mal, hizmet, üretim süreçleri ve döviz fiyatlarının normalin ötesinde (kabul edilemez düzeyde) dalgalanmasıdır. Bir “makroekonomik değişken”, ekonomideki mevcut eğilimleri gösteren bir göstergedir. Dünyanın devingen seyri içerisinde makroekonomik değişkenleri etkileyen birçok kriz ortaya çıkmakta, ayrıca piyasa oyuncuları, bu değişkenleri etkileyecek oldukça farklı müdahalelerde bulunmaktadır. 2008 Küresel Finans Krizi, 2009 Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) indirimi, 2015 Temmuz darbe girişimi, 2019 koronavirüs salgını vb. olaylar, bu kriz ve müdahalelerin örnekleri olarak sayılabilir.

Küresel ekonomik krizlerin ortaya çıkmasına neden olabilecek birçok etmen vardır. Bu etmenlerin sonucunda bir kriz ortaya çıktığında da, bu kriz, dalga dalga ülke ekonomilerine yayılabilmektedir. Sınır ötesi sermaye akımlarının serbestliği olarak nitelenen “finansal açıklık” unsuru ve dış ticarete, kota, tarife, döviz ve lisans kontrolleri gibi engellerin olmaması olarak tanımlanagelen “ticari açıklık” unsurundan oluşan “dışa açıklık”ın, dış ekonomilerdeki veya küresel ekonomideki bir krizin etkisini, ülke ekonomisine daha kolay taşıyabilen değişgelerden (parametre) biri olduğu kolaylıkla söylenebilir.

Gerek finansal, sosyal veya diğ er saiklerle ortaya çıkan krizler gerekse piyasa oyuncularının piyasalara yapt ı müdahaleler, zaman serilerinde, serilerin sonraki değerlerine kalıcı etkisi olan yapısal kırılmalara neden olabilmektedirler. Bir zaman serisinde birden fazla yapısal kırılma görüldüğünde, bu zaman serisi, “ oklu yapısal kırılmalı” olarak ifade edilmektedir.

Bu tezde, “ oklu yapısal kırılmalı değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin koşullu ve kısmi Granger nedenselliği yaklaşımıyla matematiksel olarak doğru biçimde belirlenmesi” amaçlanmıştır. Koşullu ve kısmi Granger nedenselliği (G-nedensellik; GN) yöntemi, ikiden fazla değişkenin olduğu incelemelerde, çoklu yapısal kırılmalı değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini bulmak için en güncel yaklaşımlardan biri olduğundan bu yöntem tezde ayrıntılı olarak işlenmiştir.

Tezde, geliştirdiğimiz yöntemi basitçe sunabilmek ve kolayca anlaşılmasını sağlamak üzere, makroekonomik incelemelerde sıklıkla yeralan, BIST100 (Borsa İstanbul) endeksi, mevduat faizi oranı, döviz kuru (TRY/1USD; 1 USD’ye karşılık gelen TL), enflasyon oranı (Tüketiciler Fiyatları Endeksi; TÜFE) ve GSY H (gayri safi yurtiçi hasıla) değişkenleri kullanılmıştır. Bu değişkenlerin seçiminde başkaca hiçbir özel neden yoktur.

2008 yılındaki Küresel Finans Krizi başta olmak üzere birçok krizi ve piyasa müdahalelerini içeren 2007 Ocak – 2020 Ocak döneminde, “BIST100, mevduat faizi, kur, enflasyon ve GSY H” değişkenleri arasındaki karşılıklı nedensellik ilişkilerinin, kriz ve müdahale bilgilerinin de modelleme kalıbına katılarak koşullu ve kısmi Granger nedenselliği yöntemiyle belirlenmesiyle tezin amacına erişmesini sağlayan yol somut bir örnek eşliğinde gösterilmiştir.

Tezin içeriğini bir parça daha ayrıntılamak gerekirse; tezde, önce, koşullu ve kısmi G-nedensellik sınamaları hakkında doyurucu teorik bilgiler verilmeye çalışılmıştır. Daha sonra, bu nedensellik sınamaları, veriye R yazılımı programıyla uygulanmıştır. Birden fazla yapısal kırılmanın ele alındığı yetkin incelemelerde, durağandışılığın Narayan-Popp sınaması yöntemi ile, eşbütünleşimin ise Johansen-Mosconi-Nielsen karar değerleriyle sınanması gerektiği açıklanmıştır. Tez  alışması esnasında, R programında, birden fazla yapısal kırılma altında eşbütünleşim incelemesi yapılması

için, urca paketindeki ca.jo işlevi genişletilmiş ve böylelikle kısıtlı vektör hata düzeltme kalıbı üzerinde koşullu G-nedenselliği sınamalarının yapılabilmesi sağlanmıştır. Etki-tepki işlevlerinde çoklu yapısal kırılmalardan kaynaklı olarak ortaya çıkan sorunların, Frisch Waugh teoremiyle çözülüşü somutlaştırılmıştır.

İleri G-nedenselliği sınamaları (koşullu, kısmi, global, kanonik, bileşensel vb.), iki değişkenli klasik G-nedenselliği ve Toda-Yamamoto sınamalarından farklı olarak, sahte G-nedenselliklerini de belirleyebildiğinden, sonuçta, incelenen değişkenler arasındaki, G-nedenselliği bağlamındaki doğru nedensellik ilişkileri bulunacaktır. Tezde, ikiden fazla değişkenli bir düzende (sistemde), en genel durumlardan biri olan, hem serilerde çoklu yapısal kırılmaların gözlenmesi hem de serilerin eşbütünleşik olması durumunda, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin nasıl doğru biçimde bulunabileceği de gösterilmiştir. Tezin kuramsal çerçevesi, belli başlı ekonometri yöntemlerini içermektedir. Bunlar: yapısal kırılmaların kukla dizeylerle (matris) kalıplanması, yapısal kırılma altında durağanlık sınaması, vektör özbağlanım kalıbı (VÖB; vektör otoregresyon modeli), yapısal kırılma altında eşbütünleşim sınaması, vektör hata düzeltme kalıbı (VHD), koşullu ve kısmi Granger nedensellik sınamaları, nedensellik ağ topolojilerinin çizimi, etki-tepki işlevleri ve değişirlik (varyans) ayrıştırmasıdır.

Tezde, ele alınan makroekonomik değişkenler, Giriş kısmını izleyen ilk bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerine yönelik olarak literatürden örnekler verilmiştir. Sonrasında, koşullu ve kısmi Granger nedensellik teorisi, araştırma için gerek duyulan ekonometri altyapısı bağlamında işlenmiştir. Tez çalışması esnasında yapılan konuya ilişkin yazılımlarımız ve yayınlarımız (kitap, makale, ders notu, poster vb.) tezin sonundaki özgeçmişte yer almaktadır.

“BIST100 endeksi, mevduat faizi oranı, kur, enflasyon oranı ve GSYİH” değişkenlerinin verisi, ikincil veri kaynakları kullanılarak toplanmıştır; BIST100 verisi, tr.investing.com sitesinden, diğer değişkenlere ait veriler, TCMB – EVDS’den elde edilmiştir. Verilerle ilgili olarak ayrıntılı bilgi tezin uygulama kısmında yer almaktadır.

Klasik G-nedenselliği, Clive Granger tarafından 1969 yılında tanımlanmıştır. Koşullu G-nedenselliği, John Geweke tarafından 1982 yılında, kısmi G-nedenselliği ise Shuixia Guo tarafından 2008 yılında tanımlanmıştır. Kısmi G-nedenselliği ve koşullu G-nedenselliği, sahte nedensellikleri belirleyebilirken, klasik G-nedenselliğinde bu söz konusu değildir. Klasik G-nedenselliğinin ikiden fazla değişkenli düzenlerde kullanımı yanlış sonuçlar (sahte G-nedenselliği vb.) üretmektedir. Dolayısıyla, ikiden fazla değişkeni içeren bir düzende, kesinlikle ileri G-nedenselliği sınamaları (koşullu, kısmi, global, bileşensel, kanonik vb.) kullanılmalıdır.

R, dünyanın en gelişmiş istatistik/ekonometri programlama altyapısına sahip açık kaynaklı bilgisayar programıdır. Resmi R paketleri, https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_date.html web sitesinde bulunmaktadır ve ücretsiz olarak indirilebilmektedir. Resmi R paketlerinin dışında Github vb. platformlarda birçok R paketi de vardır. Tezde kullandığımız causfinder R paketi 2011 - 2013 yılları arasında tarafımızca yazılmış olup R'da “koşullu ve kısmi Granger nedenselliğini düzen çapında hesaplayabilen” ilk ve halihazırda da tek pakettir. Düzen çapında hesaplama kastedilen, düzende yer alan tüm değişkenlerin birbirleri arasındaki nedensellik ilişkilerinin tek seferde bulunmasıdır.

Tez üç bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünün ardından, ilk bölümde ele alınan değişkenler açıklanmıştır. Tezde, temel ekonometri bilgisine yer verilmemiştir. Bununla birlikte, istenildiğinde, bu amaçla hazırladığımız kitapçığa (Cevher, 2020) bakılması yararlı olabilecektir. İkinci bölümde, teoriye yönelik olarak, koşullu ve kısmi Granger nedensellik sınamaları hakkında özet bilgiler verilmiştir. Üçüncü ve son bölümde ise, koşullu ve kısmi Granger nedenselliği yöntemlerinin kullanıldığı bir uygulama yapılarak “BIST100 endeksi, mevduat faizi oranı, döviz kuru, enflasyon oranı ve GSYİH” değişkenlerinin birbirleri arasındaki karşılıklı koşullu/kısmi G-nedensellik ilişkilerinin incelenmesinin sonuçları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tez çalışması esnasında karşılaşılan en önemli kısıtlardan biri, GSYİH verilerinin çeyrek yıllık sürelerden daha sık bir bazda açıklanmamış olmasıdır:

Vektör özbağlanım kalıpları, VÖB gecikme sayıları arttığında, serbestlik derecesi hızlıca düştüğünden çok fazla veriye ihtiyaç duymaktadır. Yetersiz GSYİH verisi

sorununun üstesinden gelebilmek için, her ne kadar “BIST100 endeksi, mevduat faizi oranı, döviz kuru, enflasyon oranı” değişkenlerinin 2007.01 – 2020.01 dönemine ait aylık verileri varolsa da, GSYİH değişkeninin de içerildiği 5-değişkenli düzenle çalışabilmek ve GSYİH’in de G-nedensellik ilişkilerini bulabilmek adına, 2007.1Ç – 2018.4Ç dönemine ait çeyrek yıllık veriler ile çalışılmıştır. Diğer dört değişkenin oldukça yeterli olan aylık verilerinin heba edilmemesi için, “BIST100 endeksi, mevduat faizi oranı, döviz kuru, enflasyon oranı” değişkenleri için, ayrıca, 2007.01 – 2020.01 dönemine ait aylık verilerle farklı bir koşullu/kısmi G-nedenselliği incelemesi daha yapılmıştır.





1. BÖLÜM

GSYİH, ENFLASYON ORANI, BIST100 ENDEKSİ, MEVDUAT FAİZİ ORANI İLE KUR DEĞİŞKENİ VE BU DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Bu bölümde, GSYİH, enflasyon oranı, BIST100 endeksi, mevduat faizi oranı ve döviz kuru değişkenleri kısaca açıklanmaktadır. Bunun yanı sıra, bu değişkenler arasındaki ilişkiler de kısaca verilmiştir.

1.1. Gayrı Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)

GSYİH, bir ülkenin ulusal sınırları içinde belirli bir zaman süresi içerisinde üretilmiş olan nihai mal ve hizmetlerin tümünün belirli bir para birimi cinsinden piyasa değeridir. GSYİH, ülke ekonomilerinin güçlerinin birbirlerine karşı büyüklüklerini karşılaştırırken sıklıkla kullanılan bir ölçüttür. GSYİH'in hesaplanmasında kullanılan zaman aralığı, 1 ay, 3 ay ya da 1 yıl olabilir.

Bir GSYİH verisi, nihai mal ve hizmetlere harcanan paraya odaklı olan, “GSYİH = hane halkının (özel) tüketim harcamaları + iş dünyasının (özel) brüt yurt içi yatırım harcamaları + devlet harcamaları + yabancı ülke ekonomileri ile etkileşimden kaynaklanan net kâr (dışsatım (ihracat) – dışalım (ithalat)) harcamaları” formülüyle bulunur. Bu formül, kısaca, $GSYİH = T + Y + D + (S - A)$ biçiminde ifade edilir. Formülde yer alan “ $D_s - D_a$ ”, net dışsatım (ihracat) olarak düşünülebilir. Eşitlikte yer alan özel tüketim harcaması (T) ve özel yatırım harcaması (Y), nihai mal ve hizmetlerin satın alımı ve üretimi için yapılan harcamalardır. GSYİH'in, nihai mal ve hizmetlere yapılan toplam harcamaların, satın alıcıların ödediği fiyatla ortaya çıkan piyasa değerini yansıtan bu formülle hesaplanması, GSYİH'in “harcama yöntemi” ile ölçülmesidir. Dolayısıyla, “harcama yöntemi ile GSYİH ölçümü”, yurtiçi yerleşiklerin nihai mal ve hizmetlere “para harcama gücü”nü ifade etmektedir. Yurt içi üretim, ülke dışında tüketildiğinde (ihracat), bu tüketim için ülke

içerisinde herhangi bir tüketim harcaması olmamaktadır; bu tüketim harcamasını yapanlar ülke dışındaki yabancılar olup bunlar, yaptıkları tüketim harcaması ile, yurtdışına transfer edilen mal ve hizmetlerin değeri için dolaylı olarak bir değer de belirlemiş olmaktadır. Yurt dışında üretilmiş bir mal veya hizmet, ülkeye ithal edilerek ülke içerisinde tüketildiğinde, bu mal veya hizmetin üretimi için hiçbir üretim harcaması yapılmamaktadır; benzer şekilde, ülke içerisinde bu tüketim harcamasını yapanlar, yaptıkları tüketim harcaması ile, yurt içine getirilen mal ve hizmetlerin değeri için dolaylı olarak değer belirlemektedirler.

Verimliliğin de bir ölçütü olan GSYİH'in her bir bileşeni ayrı ayrı kapsamlı olarak incelendiğinde, GSYİH hakkında daha iyi bir fikir sahibi olunabilir:

Tüketim (T), bir ülke ekonomisinde, normalde, GSYİH'in bileşenleri içinde en büyük aslan payına sahip bileşen olup ülke ekonomisindeki özel harcamalardan, yani, hane halkının nihai tüketim harcamalarından oluşmaktadır. Kişisel özel harcamalar; dayanıklı tüketim malları, dayanıksız mallar ve hizmetler olmak üzere üç sınıftan herhangi biri içerisinde yer alabilir. Hane halkının, gıda harcamaları, kira ödemeleri, sağlık harcamaları, mücevherat harcamaları, yakıt harcamaları vb. harcamalar, özel tüketim harcamalarıdır. Ancak, yeni bir ev satın alımı, tüketim bileşeni içerisinde yer almamaktadır.

Yatırım (Y) bileşeni, iş dünyasının, yeni bir maden inşası, fabrika binası kurulması, yazılım satın alımı ve makine, alet ve donanım alımı gibi işle ilgili harcamalarını içermektedir. Ancak, bu bileşen, böylesi donanımların iş insanları arasındaki takasını içermemektedir. Hane halkının yeni bir ev satın alırken yapmış olduğu harcama da, GSYİH'in "yatırım" bileşeni içerisinde yer almaktadır. Diğer yandan, yatırım bileşeni, finansal ürünlerin satın alınmasını kapsamamaktadır. Zira, finansal ürünlerin satın alımı, makroekonomide "yatırım" değil, "tasarruf" olarak adlandırılır; ekonomi açısından böylesi

harcamalar bir yer değiştirme olup reel ekonominin ya da GSYİH eşitliğinin bir parçası değildir.

Hükümet harcamaları (D), bir ülkedeki hükümetin mal ve hizmetler için yapmış olduğu toplam harcamadır. Bu bileşen, kamu çalışanlarının ücretleri ve ordu için askeri silahların satın alımının yanı sıra hükümetin eğitim, sağlık vb. alanlarda yapmış olduğu yatırım harcamalarını da kapsamaktadır. Hükümetin, daha adil bir gelir dağılımı yaratmak amacıyla ve sosyal amaçlı olarak, işsizlere, geçim darlığı yaşıyanlara (yeşil kart imkânı sunumu vb.), emeklilere, yaşlılara, engellilere, savaş gazilerine, öğrencilere kısaca yardıma, korunmaya veya desteklenmeye ihtiyaç duyan vatandaşlarına destek ödemeleri (sübvansiyonlar) ve sosyal yardım ödemeleri gibi karşılıksız yardım harcamaları ve hükümetin faiz ödemeleri, “transfer ödemeleri” başlığı altında yer alır ve bu ödemeler, hükümet harcamaları bileşenini içerisinde yer almaz. Gerçekten de bu tür ödemeler, hükümet tarafından yapılmış olan bir satın alma değil, daha ziyade, bir taraftan diğer tarafa “gelir nakli”dir. Hükümetten transfer ödemelerini alan kimseler, bu transfer ödemelerini harcadıklarında, bu harcama, GSYİH’in tüketim (T) bileşenini içerisinde yer alır. Devlet harcamalarının GSYİH’in tamamı içerisindeki oransal büyüklüğü, devletin özel sektörle karşılaştırıldığında o ülke ekonomisindeki görece ağırlılığının da bir işaretidir.

Dışsatım (ihracat) (S), brüt dışsatımı göstermekte olup bir ülkenin başka ülkelerin tüketimi için üretmiş olduğu mal ve hizmetlerin parasal miktarı olduğundan, GSYİH eşitliğinde, toplam katkısı sunup GSYİH ifadesine pozitif katkı yapar.

Dışalım (ithalat) (A), brüt dışalımını göstermektedir. Dışalım; dış ülkelere satın alınan mallar, hâlihazırda “T”, “Y” ya da “D” bileşenlerinin içerisinde zaten katılmış olduğundan, yabancı tedarikin yanlışlıkla yurtiçi tedarik olarak sayılmasının önüne geçmek için, GSYİH eşitliğinde, çıkartma etkisi sunup GSYİH ifadesine negatif etki yapar.

İşletmelerin, bir muhasebe yılı içerisinde, diğer mal ve hizmetleri üretmek için kullandığı mal ve hizmetler, “ara mallar ve ara hizmetler”dir. GSYİH hesabında, tüketim (T), yatırım (Y) ve devlet (D) harcamaları, tüm nihai mal ve hizmetlere yapılan harcamalardır; ara mallar, yarı ürünler, ara hizmetler, finansal işlemler, transfer ödemeleri, kayıt dışı ticari faaliyetler, GSYİH hesabına katılmayıp dikkate alınmazlar.

“Safi yurt içi hasıla” (SYİH), GSYİH’ten sermaye amortismanının (sermayenin aşınma ve eskime payı) çıkartılmasıyla elde edilen ve sermaye stoğunu gösteren bir değerdir.

GSYİH’in ülkeler arasında ekonomik ve sosyal gelişimi belirleyen bir karşılaştırma ölçütü olarak kullanılmasına yönelik birçok eleştiri yapılmıştır:

GSYİH, para dışı ekonomiyi ve harcanan paranın kaydının tutulmadığı (çocuk bakıcılığı, ev temizlikçiliği vb.) karaborsayı hesaba katmamaktadır.

GSYİH’in ülke nüfusuna bölünmesiyle elde edilen kişi başına GSYİH, bir ülke ekonomisindeki yaşam standardının göstergesi olarak kullanılmakla birlikte, özellikle monarşik veya totaliter yönetimle yönetilen ülkelerde zenginliğin çok dar bir kitleye yığılması nedeniyle, “kişi başına GSYİH” değişgesinin, böylesi bir gösterge olarak kullanılamayacağına ilişkin birçok eleştiri yapılmıştır. Bir ülkedeki yaşam standardının göstergesi olarak “kişi başına GSYİH” yerine, Pakistan’lı ekonomici Mahbub ul Haq ve Hindistan’lı ekonomici Amartya Sen tarafından geliştirilen, “Birleşmiş Milletler’in İnsani Gelişme Endeksi” önerilmektedir. İnsani Gelişme Endeksi, bir ülkedeki insanların “uzun ve sağlıklı bir yaşam” gelişimini, ortalama yaşam süresi vekil değişkeniyle ölçmekte; “bilgi düzeyi” gelişimini, okur yazar oranını (2/3 çarpanıyla) ve ilköğretim, lise ve üniversite kayıtları yüzdesini (1/3 çarpanıyla) ağırlıklandırarak ölçmekte; “makul yaşam standardı” gelişimini ise ABD \$’ı cinsinden kişi başına düşen gelir ve alım gücü vekil değişkeniyle ölçmektedir. Az önce belirtilen bu üç gelişim doğrultusunda hazırlanmış olan bu endeks, insani gelişme

düzeyinin ölçümü için 2010 yılı sonrasında yeni bir hesaplama yöntemine geçmiştir.

Doğal afet veya savaş gibi olaylardan sonra zararların giderilmesini ve hasarların onarılmasını sağlamak adına yeniden yapılanmaya yönelik faaliyetler, üretimde net değişim olmadığı durumda bile ülke ekonomisinde oldukça büyük bir etkinlik oluştururlar ve GSYİH’te hormonlu bir sıçramaya neden olurlar. Böylesi kötü olaylar yüzünden ekonomik ve sosyal bir gelişme olmamasına rağmen GSYİH’in artmış olması, GSYİH’in, tek başına, ekonomik ve sosyal gelişimi belirleyen bir ölçüt olarak kullanılmasının sağlıklı olduğunu göstermektedir.

Uluslararası şirketlerin vergilerden kaçınmak amacıyla mal ve hizmet alım satımlarının bir kısmını ticari faaliyetlerinin kayıtlanmasının avantajlı olduğu yabancı bir ülkede gerçekleştirmesi, ticari işlemleri kayıtladıkları ülkelerin GSYİH değerini yükseltmektedir.

Tasarruf yapma eğilimli vatandaşları olan bir ülkenin GSYİH’i düşme eğilimi, parası olmamasına rağmen borç alarak harcamalar yapmaya eğilimli vatandaşları olan bir ülkenin GSYİH’i artma eğilimi gösterebilir. Birikmiş tasarrufların ya da borçların, GSYİH hesabında dikkate alınmaması, GSYİH’in, tek başına, bir ülke ekonomisinin gücünü belirleyen bir ölçüt olarak kullanılamayacağının diğer bir delili olmaktadır.

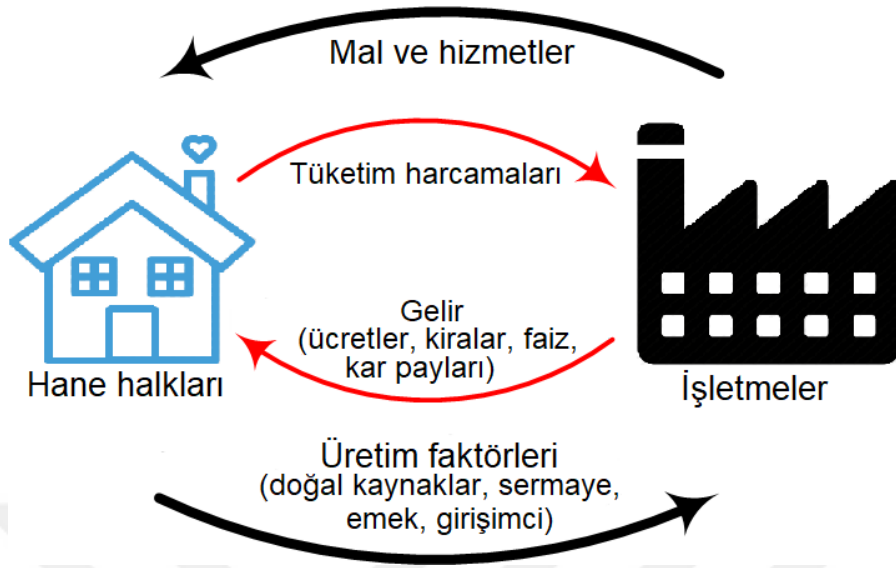
GSYİH’in “gelir yöntemi” ile hesaplanması, ülkedeki yerleşiklere odaklı olarak, üretim faktörlerinin belirli bir zaman süresi içinde üretimden elde ettikleri tüm gelirlerin toplamının bulunmasıdır.

Bir GSYİH verisi, “gelir yöntemi” ile, üretim faktörlerinin üretim sürecinden elde ettikleri gelirlere odaklı olarak, “GSYİH = çalışanların ücretleri (işverence ödenen işsizlik, sağlık ve emeklilik yardımlarını da içeren çalışanların yan ücret hakları dahil) + kendisi adına tek başına çalışanların gelirleri + yerleşiklere

ödenen net faiz + yerleşiklerin elde ettiği kira gelirleri ve lisans/telif/patent hakkı vb. rant gelirleri + işletmelerin yerleşiklere ödediği kâr payları + [hükümet tarafından işletmelerin mal ve hizmet satışlarına konan satış vergilerinden oluşmuş dolaylı vergiler – destek ödemeleri (sübvansiyonlar)] + sermaye mallarının zarar görmesi vb. nedenlerle elden çıkmasına karşı ayrılmış olan ve mevcut ekonomik üretim düzeyinin korunması için harcanması gereken para miktarı olan amortisman + yabancıların net geliri” formülüyle bulunabilir. Bu formüldeki ifadeler biraz daha açılabilir: Hükümetin işletmelerin yaptığı satışlara uyguladığı satış vergileri, işletmelerin üretim maliyetlerini artırır ve bu yüzden mal ve hizmetlerin nihai fiyatlarını da artırır. Amortisman, duran bir varlığın değerinde aşınma ve eskime nedeniyle oluşan düşüştür. Yabancıların net geliri; (GSYİH’i hesaplanacak ülke olarak Türkiye seçildiğinde), yabancıların, Türkiye sınırları içerisinde mal üreterek elde ettiği gelirden Türklerin yurtdışında elde ettiği gelirin çıkartılmasıyla ulaşılan değerdir.

Bir GSYİH verisi, “üretim (katma değer) yöntemi” ile, ülkedeki belirli bir zaman süresi içinde üretilen ve fiyatları o yılın piyasalarından elde edilmiş olan tüm nihai mal ve hizmetlerin katma değerlerinin parasal değerlerine odaklı olarak, “GSYİH = Σ (mal veya hizmetin güncel piyasa fiyatı (cari fiyatı)) x (mal veya hizmet miktarı)” çarpımların toplamı formülüyle bulunabilir. Katma değer, bir işletmenin net çıktısı olup işletmenin satışlarından üretim süreci boyunca ödemiş olduğu mal ve hizmet alımları düşülerek hesaplanır. Dolayısıyla, formül, “GSYİH = çıktıların brüt değeri – ara tüketim değeri” olarak da ifade edilebilir. Üretim yöntemi, işletmelerin üretim sürecinde oluşturduğu katma değerlerin toplamı olarak da görülebilir.

GSYİH’in “harcama yöntemi”, “gelir yöntemi” ve “üretim yöntemi” ile hesabı aynı sonucu verir (Şekil 1.1). Örneğin, fabrikada çalışan bir teknisyen ele alınsın.



Şekil 1.1. İki sektörlü çevrimsel akış modeli

Harcama yönteminde; teknisyen, maaşını almasının sonrasında, alış-verişe gider ve çeşitli mal ve hizmetleri satın almak için gelirini harcar. Tüm gelirini tüketim harcamalarına harcadığı varsayıldığında, “kazanılan gelir = harcanan gelir”dir. Bir ülkede yerleşik olan tüm vatandaşlar tıpkı bu teknisyen gibi harcamalar yapar; GSYİH, tüm bu harcamaların toplamıdır. Gelir yönteminde; fabrika, ürünler üretir. Teknisyen, fabrikadaki hizmetine karşılık olarak maaşını alır. GSYİH, veri bir yılda, tıpkı bu teknisyen gibi, ülkede yerleşik olan tüm vatandaşların kazanılmış gelirlerinin toplamıdır. Tüm gelirin harcandığı varsayımı altında, “harcama yöntemi” ve “gelir yöntemi” ile GSYİH’in değeri aynı olmaktadır. GSYİH’in “harcama yöntemi” ile hesaplanması, GSYİH’in en yaygın hesaplama yöntemidir.

Makroekonomik incelemelerde “gelir”in yerine, değişik vekil değişkenler (sanayi üretim endeksi (SÜE) vb.) de kullanılabilir. SÜE verileri, Uluslararası Para Fonu’nun (IMF) yayınladığı Uluslararası Finans İstatistik (IFS) yayınladığı yer almaktadır. GSYİH verilerinin çeyreklik veriler olması, SÜE verilerinin aylık veriler olması nedeniyle, araştırmalarda, GSYİH için SÜE vekil değişkeni kullanılabilir.

1.2. Enflasyon (Fiyatların Genel Düzeyindeki Değişim)

Fiyatların genel düzeyi, ekonominin işleyişinde öne çıkan seçilmiş belirli mal ve hizmetlerin oluşturduğu bir sepetin parasal karşılığıdır. Fiyatlar genel düzeyindeki sürekli ve hissedilir artışlar “enflasyon”, sürekli düşüşler ise “deflasyon” olarak adlandırılrsa da, enflasyonun negatif değerler alabileceği düşünülerek her iki kavram da “enflasyon” kavramı ile ifade edilebilmektedir.

Fiyatlar genel düzeyi arttığında, bir birim para birimi, önceki duruma göre daha az mal ve hizmet satın alabilmekte, sonuçta da, bir birim paranın satın alma gücü düşmekte ve paranın gerçek değeri azalmaktadır. Böylelikle, nominal (görünen) milli gelir, nominal gelire satın alınabilen mal miktarı olan gerçek milli gelirden daha büyük bir değer alır.

Enflasyon, sıklıkla, fiyatlar genel düzeyi endeksinde zamanla oluşan yıllık yüzde değişim olan “enflasyon oranı” ölçüsüyle hesaplanır. Fiyatlar genel düzeyi endeksinin vekil değişkeni olarak, yani, bu endeksi ifade etmek üzere, genellikle, tüketici fiyatları endeksi (TÜFE) kullanılmaktadır.

Mal ve hizmetlerin fiyatlarını oluşturan en önemli etken, “mal ve hizmetler” ile “ekonomide dolaşımda olan para miktarı” arasındaki dengedir. Mal ve hizmet miktarındaki artışa paralel olarak para miktarı dengeli bir şekilde artarsa, fiyatların genel düzeyi değişmez. Piyasadaki “mal ve hizmet miktarı” ve “para miktarı” arasında bir dengesizlik oluştuğunda, bunlardan diğerine göre daha az olanı, diğerinden daha kıymetli hale gelir.

Paranın mal ve hizmetlere göre aşırı derecede çok olması, yüksek enflasyon oranına neden olur, parayı değersizleştirir. Halk arasında böylesi bir durum için, “paranın pul olması” tabiri kullanılır. Mal ve hizmetlere olan aşırı talep ile üretim maliyetlerindeki artış, yüksek enflasyon oranına neden olan diğer etmenlerdir.

Mal ve hizmetlerin fiyatlarının düzeyindeki genel düşüş olan negatif enflasyona neden olan etmenler olarak; artan verimlilik ve teknolojinin gelişmesi nedeniyle veya paranın satın alma gücünün daha da artması nedeniyle mal arzının bu mallara olan talepten daha yüksek olması, para arzındaki daralma ve kredi arzındaki daralma öne çıkmaktadır. Paranın satın alma gücünün artması, para arzındaki azalıştan kaynaklanabileceği gibi tüketici harcamalarına olumsuz etkisi olan kredi arzındaki azalıştan da kaynaklanabilir. Negatif enflasyonda, insanlar, gelecekte şimdi satın alabileceklerinden daha fazla ürün satın alabileceğinden negatif enflasyon insanları para biriktirmeye özendirilmektedir; bu ise, ekonominin durgunluktan (resesyon) daha ağır bir gerileme olan ve ekonomik faaliyetlerin uzun süreli ve kalıcı olarak gerilediği bir bunalıma (depresyon) girmesine neden olabilecek olumsuz döngülere yol açabilmektedir.

Enflasyonun bir ülke ekonomisi üzerine olumlu ve olumsuz çok çeşitli etkileri vardır; bazen, belirli bir konuda, enflasyon, hem olumlu hem de olumsuz etkilere sahiptir. Böylesi konular, aynı maddeler altında işlendiğinde, enflasyonun ülke ekonomileri üzerine etkileri aşağıda sıralanmaktadır:

(1) İşsizliği azaltır: çalışanların ücretleri, nominal değerleri esnek olmadığından yapışkan olma eğilimindedir; ücretler, ekonomideki değişimlere tepki olarak yavaş değişir ve pek fazla artmaz. İşverenin işçilere ödediği toplam reel ücret düşer. Bu da, işsizliği azaltarak işgücü piyasalarının daha iyi çalışabilmesini sağlar. %5 enflasyona sahip bir ekonomide %2,9'luk bir ücret artışı, gerçekte, "%0 enflasyonun yaşandığı bir ekonomide %2'lik bir ücret kesintisine eşittir; ancak, çalışanlar, gerçekte bir ücret kesintisine tabi tutuldukları halde, bunu böyle görmezler: %2'lik ücret kesintisi, bir hakeret olarak algılanabilirken, %2,9'luk sanal bir ücret artışı, ne olursa olsun, hâlâ bir ücret artışı olarak görülebilmektedir (Mankiw, 2015:125). Enflasyonlu bir ekonomide, çalışanların nominal ücretleri nadiren düşmektedir. 0 enflasyonlu veya negatif enflasyonlu bir ekonomide, işçiler maaş kesintilerine itiraz edip direnebilmekte ve sonuçta da işten çıkarılmaktadır, bu da, işsizliği artırmaktadır. Pozitif enflasyonlu bir

ekonomide, enflasyon belli bir orana ulaştığında, çalışanların ücretlerinin yukarı yönlü yapışkanlığı, işverenlerin işgücü maliyetlerini gerçeğe düşürmekte ve işverenler daha fazla işçi istihdam edebilmektedirler.

(2) Merkez bankalarının kontrolünde olan para politikası; üretim ve enflasyon üzerinde belirleyici olan, para arzı, kısa vadeli faiz oranları ve döviz kurları gibi değişkenlerin kontrol edilmesine dayanan bir stratejiler bütünüdür. Enflasyon sayesinde, merkez bankaları, para politikasını yürütürken daha serbest hareket edebilmektedirler.

(3) (Pozitif) enflasyon, negatif enflasyonla ilgili verimsizlikleri önler.

(4) Enflasyon, negatif reel faiz oranlarına zorlayarak insanları para biriktirme yerine kredi kullanmaya, harcama yapmaya ve yatırım yapmaya özendirir. Para biriktirilip elde tutulduğunda, enflasyon yüzünden erimekte, hatta mevduat faizi olarak değerlendirilmeye çalışıldığında bile piyasadaki mal ve hizmetlerin artan fiyatları yüzünden eldeki paranın alım gücü önceki duruma göre daha zayıf kalabilmektedir.

Enflasyon, daha büyük bir enflasyonu tetikler: “Enflasyon yüzünden madem ki param eriyor, paramı harcayım, yatırım yapayım” düşüncesi, enflasyonu daha da artırabilmekte ve yıkıcı bir kısır döngü oluşturabilmektedir. Hane halkı ve işletmeler, sürekli değer kaybeden paralarını ellerinde tutma süresini azaltmak için paralarını daha hızlı harcarlar. Ülke ekonomisi, hiç kimsenin elinde tutmak istemediği nakit paralarla çalkalanır. Para arzı, para talebini aşar ve para biriminin satın alma gücü (paranın fiyatı) her zamankinden daha hızlı bir oranda düşer. İşler iyice çığrından çıktığında, insanlar, nakit paraya “vebalı” muamelesi yapar ve nakit parayı elde tutmak yerine, ihtiyaç duyduklarının da ötesinde hammadde ve ev eşyası biriktirirler. Elleri tuttuğu parayı bir an önce harcamak isteyen insanlar, maaş günleri çatıp paralarını çektiklerinde, ellerindeki parayı, yerli yersiz her şeye hızlıca harcarlar. Elleri tuttukları

para, daha da değersiz hale gelmeyinceye kadar, bu böylece sürüp gider. Böyle bir ekonomi senaryosu da olası bir durumdur.

(5) Enflasyon, borçlanma maliyetini düşürür: Ekonomi sisteminde bir merkez bankası olmadığında ya da merkez bankası yetkilileri bağımsız olmayıp, ülkeyi yöneten politikacıların talimatları doğrultusunda hareket ediyorsa, enflasyon, genellikle, borçlanma maliyetlerini düşürür. Yıllık %10 faiz oranıyla 20.000 TL borç alındığında; enflasyon oranı %20 ise, alınan borcun gerçek değeri, borcun anaparası ve ödenecek faizin toplamının gerçek değerinden daha hızlı azalır. Ülkedeki hane halkının borç düzeyleri yüksekse, politikacılar, seçimleri kazanabilmek adına, merkez bankasına para bastırıp enflasyonu artırabilir ve böylelikle seçmenlerin, kredi veren ekonomi birimlerine olan yükümlülüklerini hafifletirler.

Enflasyon, borçlanma maliyetini artırır (Floyd, 2019): Devletler, para politikası kullanarak enflasyonu yönetmek ve fiyat artışlarını kontrol altında tutmak isterler. Merkez bankası, enflasyonu, para politikasıyla kontrol altında tutmak için, enflasyon ve faiz oranları arasındaki ilişkiden yararlanır. Faiz oranı, para borçlanmanın maliyetidir. Faiz oranları düşükse, borçlanma maliyeti de düşük olduğundan, bireyler ve işletmeler, ihtiyaç duydukları şeyler için ucuz bir şekilde borç alabilirler. Yani, düşük faiz oranları, harcamalar yapmayı ve yatırımı özendirir. Bu ise, enflasyonu artırır. Diğer taraftan, yüksek faiz oranları, işletmelerin ve tüketicilerin mal ve hizmet satın alımlarını ve yatırım yapmalarını engeller; bu ise, ters etki yaratarak enflasyonu düşürür. Denge noktasında, düşük enflasyonda, faizler, yani, borçlanma maliyeti de yüksek olmuş olur.

(6) Enflasyon, ekonomik büyümeyi artırır: Enflasyon, mevduat faiz oranlarını yükseltmek için tetikte bekleyen bir merkez bankası olmadığında, ekonomi birimlerinin bankaya yatırdıkları mevduatların satın alma gücü zamanla eridiğinden, insanların tasarruf yapma eğilimlerini törpülemektedir. Satın alma gücünün bu erime olasılığı, tüketicileri ve işletmeleri, paralarını harcamaya

veya yatırım yapmaya teşvik etmektedir. Dolayısıyla, enflasyon, en azından kısa vadede, harcama ve yatırımlarda artış sağlayarak ekonominin büyümesine katkıda bulunmaktadır. Aynı şekilde, enflasyon ve işsizlik arasındaki negatif ilinti, istihdamı ve ekonomik büyümeyi artırabilmektedir.

Enflasyon, istihdamı ve ekonomik büyümeyi düşürür: Enflasyon, kabaca, fiyatlar genel düzeyinin artması demektir. Mal ve hizmetlerin fiyatlarının yüksek oluşu, bunlara olan talebi azaltır. Düşük talep, daha az üretimle sonuçlanır. Daha az üretim ise, daha az ürün üretilmesini gerektirir, bu da, nihayetinde, ihtiyaç duyulan çalışan sayısını azaltır.

(7) Enflasyon, paranın satın alma gücünü eritir.

(8) Gelecekte oluşması beklenen enflasyon değerinin belirsizliği, yatırım ve tararruf yapma şevkini kırar.

Enflasyonun olumlu ve olumsuz etkilerini listeledikten sonra, bahsedeceğ diğer bir nokta, stagflasyondur. Durgunluk (resesyon), ekonomide reel GSYİH'in iki veya daha çok çeyrek yıl periyoduyla arka arkaya negatif büyümesidir. Stagflasyon (durgunluk içinde enflasyon) ise, durgunluk ve enflasyonun aynı anda görülmesidir. Normalde, enflasyon oranı ve işsizlik oranı, birbirleriyle ters ilintilidir; yani, biri düşerken diğeri yükselir. Stagflasyonun hâkim olduğu bir ortamda ise hem enflasyon hem de işsizlik aynı anda yükselmektedir. Sanayileşmiş bir ülkede, ekonomi, tam istihdamın altındaysa, toplam talepteki artış, istihdamı artırır, bu da arzı artırır ve fiyatlar genel düzeyi dengelenir. Ekonomi tam istihdamdaysa (tam istihdam, ekonomideki tüm üretim faktörlerinin tam olarak kullanılmasıdır, ancak, tam istihdam, genellikle, emek üzerinden tanımlanır. Tam istihdam, toplam işgücünün hepsinin istihdam edilmesi, yani, “çalışmak isteyen herkesin iş bulması” demek değildir), tüm iş gücü olanakları halihazırda kullanılmakta olduğundan istihdamda daha fazla artış sağlanamayacağı için arz arttırılamaz. Böylesi bir durumda, talepteki artış, enflasyonu artmaya zorlayacaktır.

Enflasyonun bir diğer etkisi olarak, para birimini güçlendirmesinden veya zayıflatmasından, bir başka deyişle, döviz kurunu artırması veya düşürmesinden söz edilebilir:

Yüksek enflasyon, sıklıkla, düşük döviz kuru ile ilişkilidir, ancak bu ilişki, genellikle, zayıf para biriminin enflasyona sebep olması şeklinde olup, yüksek enflasyonun para birimini zayıflatması şeklinde değildir. Önemli miktarlarda mal ve hizmeti, yabancı ülkelere ithal eden bir ülke ekonomisinde, para biriminin değeri, ticaret yaptığı ülke ile karşılaştırıldığında düştüğünde, yapmış olduğu ithalat için yerel para birimi cinsinden daha fazla ödeme yapmak zorundadır. Örneğin, Türk lirası, ABD doları karşısında %10 değer kaybederse, ABD, Türkiye'ye sattığı ürünlerin fiyatını, bu ürünleri Türkiye'ye satarken ülkemize %10 daha fazla bir maliyete neden olacak ölçüde artırmak zorunda değildir; döviz kurunun zayıflaması, bu nötrleştirme etkisini tek başına yapabilir. Bu da, Türk ekonomisinde, enflasyonla sonuçlanır.

1.3. Mevduat Faizi Oranı

“Mevduat” sözcüğü, etimolojik olarak “emanet edilmiş şeyler” anlamına gelmekle birlikte, ekonomi dilinde, istenildiği an ya da belli bir vade ya da ihbar süresi sonunda çekilmek üzere bankalara veya benzeri kredi kurumlarına faiz getirisi elde etmek amacıyla yatırılan parayı ifade etmektedir.

“Nominal faiz oranı”, enflasyonu dikkate almayan faiz oranıdır. “Reel faiz oranı”, yaklaşık olarak, nominal faiz oranından beklenen enflasyon oranının çıkartılmasıyla elde edilen, yani, nominal faiz oranı üzerinden enflasyonun etkilerini ortadan kaldırarak elde edilen faiz oranıdır. Reel faiz oranı (r), nominal faiz oranı (i) ve beklenen enflasyon oranı (f) arasında,

$$1 + r_{t+1} = \frac{1 + i_t}{1 + f_{t+1}} \quad (1.1)$$

ilişkisi vardır. Bir yatırımcı, faiz oranı i_t iken t anında 1 TL’lik tahvil satın aldığı anda, $t + 1$ anındaki paraya çevirme vaktinde, $1 + i_t$ TL alır. Ancak, $t + 1$ anındaki enflasyon oranının f_{t+1} olması bekleniyorsa, tahvilden elde edilen getirinin şimdiki değeri $\frac{1+i_t}{1+f_{t+1}}$ olur; bu ise, $t + 1$ anındaki gerçek getiri olan $1 + r_{t+1}$ ye eşittir. Fisher etkisi olarak adlandırılan bu eşitlik, enflasyon ile hem reel hem de nominal faiz oranları arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Bu değişkenler arasındaki $(1 + i_t) = (1 + r_{t+1})(1 + f_{t+1})$ ilişkisi nedeniyle, küçük değişimler için, $r_{t+1} \approx i_t - f_{t+1}$ yaklaşıklığı geçerlidir. Bu yüzden, nominal faiz oranları enflasyon oranıyla aynı oranda artmadığı sürece, enflasyon oranı artarken reel faiz oranları düşer.

1.4. Döviz Kuru

“Döviz”, etimolojik olarak, üzerinde kraliyet arması bulunan banknottur. “Döviz kuru”, bir ülkenin para biriminin yabancı para birimi karşısındaki değeridir.

Döviz kuru hareketleri, tüketicilerin yurt içinde mal ve hizmetlere ödediği fiyatlara etkimektedir. Döviz kurları ile yurtiçi enflasyon arasındaki ilişkiyi anlamak için dışalımçı (ithalatçı) ve dışsatımçı (ihracatçı) ülkeler arasındaki ikili döviz kurlarının ötesine de bakılmalıdır: dışalımçı ülkenin para birimi ile malların faturalandığı para birimi arasındaki döviz kuru hareketi, gözönüne alınması gereken çok önemli bir faktördür.

Döviz kurları, marketlerde alış-veriş esnasında ödenilen fiyatlar için önemlidir, bu yüzden TL, bir yabancı para birimine göre değer kaybederse, Türkiye’ye ithal edilen yabancı mallar daha pahalı hale gelir ve bu, marketlerde mallar için ödediğimiz fiyatları artırır.

Döviz kurlarının yurtiçi enflasyonunu nasıl etkilediğini anlamak için, sıklıkla, ithalatçı ülke (Türkiye diyelim) ve Türkiye’ye mal ihraç eden ülkenin para birimi arasındaki ikili döviz kuruna bakılmaktadır. Ancak, Türkiye’ye mal ihraç eden

ülke, mallarını kendi para birimi cinsinden veya TL cinsinden değil de, üçüncü bir para birimi cinsinden faturalayabilmektedir. Örneğin, Çin’li bir işletme, Türkiye’ye mal ihraç ederken, Renminbi yerine ABD doları cinsinden faturalandırma yapabilmektedir. Böylesi bir durumun Türkiye’deki enflasyona etkisinin hesabında, Çin-Türkiye arasındaki ikili döviz kuru değil, TL ve ithal edilen malların faturalandırmasında kullanılan para birimi arasındaki döviz kuru öne çıkar. Malların faturalandırıldığı para biriminin etkisinin incelendiği bir çalışmada, Sterlin’in diğer para birimlerine göre değiştiği üç ana olay olan

■ Kasım 2008 - Ocak 2009 arasındaki Büyük Durgunluk dönemi

[Sterlin, ABD doları karşısında %19,4, ortalamada %12,9, Euro karşısında %12,3 değer kaybetmiştir],

■ Ocak-Mart 2015 arasındaki AB kamu/devlet borç krizi

[Sterlin, ABD doları karşısında %4,7 değer kaybetmiş, ortalamada %2,6 değer kazanmış, Euro karşısında %6,2 değer kazanmıştır],

■ 23.06.2016’daki Brexit oylamasını izleyen dönem

[Sterlin, Mart-Mayıs 2016 çeyreğiyle karşılaştırıldığında, Haziran-Ağustos 2016’da, Euro karşısında %7,6, ülkelere ve bölgelere göre ticaret ağırlıklı bazda ortalama %7,0, ABD doları karşısında %6,3 değer kaybetmiştir]

olaylarına odaklanılmıştır. Şematik olarak, basitçe verildiğinde;

Büyük Durgunluk dönemi | AB kamu/devlet borç krizi | Brexit oylaması sonrası
\$: -%19; Ort: -%13; € : -%12 | \$: -%5; Ort: %3; € : %6 | € : -%8; Ort: -%7; \$: -%6.

Yukarıdaki üç olay birlikte değerlendirildiğinde; Sterlin’in, ticaret ağırlıklı bazda değişimine göre şekillenmesi beklenen enflasyon, son tahlilde, Sterlin’in, dolar karşısındaki pozisyonu ince ayarından etkilenmektedir. Enflasyon, malların faturalandırıldığı para birimi dikkate alındığında, Büyük Durgunluk esnasında ve Brexit oylamasını izleyen süreçte, Sterlin, dolara göre zayıf kaldığından, beklenenden çok artmıştır. Özellikle de Büyük Durgunluk esnasında, Sterlin, dolara göre büyük oranda değer kaybetmiştir; bunun, İngiltere’nin ithal ettiği,

dolar cinsinden fiyatlandırılmış olan malların fiyatlarına büyük bir etkisi olmuştur; böylelikle, İngiltere'deki enflasyon beklenenden çok artmıştır. Enflasyon, malların faturalandırıldığı para birimi dikkate alındığında, AB kamu/devlet borç krizi esnasında; enflasyonda, ticaret ağırlıklı bazda Sterlin'in %3 değer kazanmasına orantılı bir düşme beklendiği halde, Sterlin, dolara göre zayıf kaldığından, enflasyon, beklenenden daha az düşmüştür. Bu sonuçlar, merkez bankaları için önemlidir: politika yapıcılar, döviz kurlarının tüketici fiyatları enflasyonuna etkisini değerlendirmek istediklerinde, ithal edilen malların faturalandırıldığı para birimini dikkate almalı ve böylelikle bazı döviz kurlarının enflasyonu açıklamak için diğerlerinden daha önemli olduğunun farkında olmalıdırlar (Chen, 2019).

1.5. BIST100 Endeksi

"BIST100 endeksi", Borsa İstanbul hisse senedi piyasasında işlem gören, en yüksek piyasa değeri ve işlem hacmine sahip 100 hisse senedinin performansını ölçen bir göstergedir. BIST100,

$$BIST100_t \equiv \frac{\sum_{i=1}^n (F_{it}/D_t)(N_{it}H_{it})K_{it}}{B_t} \quad (1.2)$$

formülüyle hesaplanmaktadır (Borsa İstanbul, 2020:7). Bu formülde; $BIST100_t$: BIST100'ün t anındaki değeri; n : BIST100'e dahil olan pay (şirket) sayısı; F_{it} : i. payın t anındaki fiyatı; D_t : BIST100'ün döviz kurunun t anındaki değeri, N_{it} : i. payın t anındaki toplam sayısı; H_{it} : i. payın, t anında, BIST100 hesabında kullanılan fiili dolaşımda bulunan kısmının toplam pay sayısına oranı; K_{it} : i. payın t anındaki katsayısı; B_t : t anında, önceden belirlenen bir tarihteki, baz BIST100 değeri bölenidir. Piyasa değeri yüksek bir işletmenin hisse senedi fiyatındaki değişimlerin BIST100'ü çok fazla etkilemesinin önüne geçmek için, hisse senetlerinin BIST100'deki ağırlığı %10 ile sınırlandırılmıştır.

BIST 100 endeksi, aksi belirtilmediği sürece bir fiyat endeksidir. BIST100'ü getiri endeksi olarak hesaplamak da mümkündür.

1.6. Değişkenler Arası İlişkiler

Bu kısımda, GSYİH, enflasyon oranı, BIST100 endeksi, mevduat faizi oranı ve döviz kuru değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişkiler açıklanmaktadır. İkışerli olarak karşılıklı ilişkiler ele alındığında, incelenmesi gereken $\binom{5}{2} = 10$ durum varolduğundan, tüm bu durumların ayrıntılı olarak incelenmesi tezin kapsamı dışındadır. Ülke ekonomisinin ticari ve finansal açıdan dışa açıklığının oranı, kısmi rezerv bankacılığı düzeninin uygulanma düzeyi gibi birçok etmen, bu değişkenler arasındaki ilişkileri etkilemektedir. “Kısmi rezerv bankacılığı düzeni”, müşterilerin yatırmış oldukları paraların sadece küçük bir kısmının çekilmeye hazır biçimde gerçek nakit para olarak tutulması, geriye kalan büyük kısmının kredi olarak verilmesi yoluyla bankaların kâr etmesini sağlayan bankacılık düzenidir.

Faiz oranları; ekonomik büyüme, istihdam yaratma ve enflasyon üzerinde derin bir etkiye sahip olduğundan, faiz oranlarını etkilemek bir merkez bankasının yaptığı en önemli işlerden biridir.

Bir merkez bankası, ülke ekonomisinde istikrar sağlamak ve bankaların ihtiyaç duyduğu likiditeyi sağlamak için bankalara verdiği kısa vadeli borçların ve bankalardaki fazla likiditeyi çekmek amacıyla bankalardan yaptığı borçlanmanın faiz oranlarını kendisi belirler.

Merkez bankaları, enflasyonu para arzı aracılığıyla kontrol edebilir. Para miktarı, ülke ekonomisinden daha hızlı büyürse, para değersizleşir ve enflasyon oluşur. Bir merkez bankası, genellikle, basit bir yasal emirle konut kredileri, taşıt kredileri veya bireysel krediler gibi krediler için doğrudan kendi başına faiz oranlarını ayarlayamaz. Ancak, merkez bankaları, bir yandan

bireylerin tasarruflarını çekip tutan diğer yandan müşterilerine kredi kullandıran ticari bankaların, “baz (politika) faiz oranı” olarak adlandırılan merkez bankasından borçlanma oranı ile piyasadaki faiz oranlarını istediği düzeylere yönlendirebilmektedir.

“Baz faiz oranı”, bir merkez bankasının ticari bankalara borç verirken bankalara yüklediği faiz oranıdır. Merkez bankası, para politikası gereği, baz faiz oranını artırırsa, ticari bankaların merkez bankasından borçlanma maliyeti artar. Bu, bankaların da kendilerini düşünüp, kendi kredi faiz oranlarını ve mevduat faizi oranlarını artırmalarına neden olur. Mevduat faiz oranı arttığından, (Türkiye için) TL’ye talep artar. İşletmeler ve tüketiciler, bankalardan borçlanmayı daha pahalı bulur. İşletmelerin ve tüketicilerin, harcamaları ve yatırımları azalır, tasarruf yapma eğilimleri artar; ekonominin büyümesi yavaşlar. Bireyler, faiz kazanmak isteğiyle ticari bankalara para yatırır; bu da, banka hesaplarında mevduat faizi için daha fazla nakit para tutulmasına yol açar. Doların değeri ve TRY/1USD kuru düşer; sıcak para girişi artar. Daha az para harcanmaya başlandığında, para arzı daralır ve mallara olan talep düşer. Mallara olan talebin ve tüketimin düşmesi, üretimi olumsuz etkiler, malları ucuzlatır ve enflasyon oranını düşürür (Şekil 1.2); işsizlik artar. Ekonomi sisteminde yeterli para bolluğu olmadığında, dolaşımdaki para kıtlaşır. Bu para kıtlığı, paranın değerini artırır. Ancak, merkez bankaları, kendi ülkelerinin paralarının (daha açıkçası, kurun) daha değerli olmasını genellikle istemez; zira, bir merkez bankası için, negatif enflasyon, neredeyse aşırı enflasyon gibi tehlikeli bir durumdur. Bu yüzden, merkez bankası, enflasyonu hedeflediği orana yakın tutmak için, eğer simetrik enflasyon oranı hedeflemesi yapmışsa, her iki yönden de, yani enflasyonun beklenenden az veya fazla olmasını önlemek için, faiz oranlarını kontrol eder. Dünyadaki ekonomilere bakıldığında, merkez bankaları, tam bir genelleme yapmak doğru olmasa da, genellikle, gelişmiş ekonomilerde %2, gelişmekte olan ülkelerde ise genellikle yaklaşık olarak %3 - %4 oranında bir enflasyon hedeflemesi yapmaktadırlar.



Şekil 1.2. Baz faiz oranının artırılmasının enflasyonu düşürmesi

Bir merkez bankası, hükümetin mali politikası ve merkez bankasına baskısının bir sonucu olarak, baz faiz oranını düşürürse; ticari bankaların merkez bankasından borçlanma maliyeti azalır. Bu, bankaların da kendilerini düşünüp kendi kredi faiz oranlarını ve mevduat faizi oranlarını düşürmelerine neden olur. İşletmeler ve tüketiciler, bankalardan borçlanmayı daha ucuz bulur. İşletmelerin ve tüketicilerin, harcamaları ve yatırımları artar, tasarruf yapma eğilimleri azalır. Daha çok para harcanmaya başlandığında, “dolaşımdaki para miktarı”, yani, para arzı artar ve mallara olan talep artar. Toplam talep ve tüketimdeki artış, üretimi olumlu etkiler, ekonomi büyür; enflasyon artar, işsizlik azalır (Şekil 1.3). Özetle, baz faiz oranı düşürüldüğünde, enflasyon artar. Mevduat faiz oranı azaldığından, (Türkiye için) TL'ye talep azalır; doların değeri ve TRY/1USD kuru artar; sıcak para girişi azalır. Üretim yapma maliyeti artar; cari açık artmaya başlar.



Şekil 1.3. Baz faiz oranının düşürülmesinin enflasyonu artırması

Uzun vadede, para politikası sadece fiyatlar genel düzeyi üzerinde etkiliyken kısa vadede, para politikası, fiyatların ve ücretlerin hızlı ayarlanamamasından ötürü hem enflasyonu hem de üretim düzeyini etkileyebilir. Örneğin, ekonominin durgun olduğu bir dönemde, genişletici para politikası üretim düzeyini olumlu etkileyebilmekte, ancak para arzındaki artış aynı zamanda fiyatlar genel düzeyinin artmasına neden olabilmektedir. Bu yüzden, bir merkez bankası, para politikasını uygularken, kısa vadede enflasyon ve üretim düzeylerine ilişkin hedefleri arasında bir denge gözetir.

Merkez bankası, açık piyasa işlemleriyle devlet tahvillerini alıp satarak da dolaşımdaki para miktarını etkileyebilir. Merkez bankası, bankalardan ve işletmelerden devlet menkul kıymeti (tahvil) satın alarak, bankaların varlıklarının serbest kalmasını ve kredi kullandırtmak için daha fazla paraya sahip olmalarını sağlayarak, dolaşımdaki para miktarını artırır. Genişletici bir para politikasının bir parçası olan dolaşımdaki para miktarını böylesi bir artırma uygulaması, ekonomideki faiz oranını düşürür. Merkez bankası, elinde tuttuğu devlet menkul kıymetini ekonomi birimlerine satarak, bankaların varlıklarının blokelenmesine ve kredi kullandırtmak için daha az paraya sahip olmalarına yol açarak, dolaşımdaki para miktarını azaltır. Daraltıcı bir para politikasının bir parçası olan dolaşımdaki para miktarının böylesi bir azaltımı, ekonomideki faiz oranını yükseltir. Bu yüzden, para arzı ve ekonomi faiz oranı ters orantılıdır. Daraltıcı bir para politikası izlenerek ulaşılan yüksek faiz oranları, enflasyon oranının düşmesini sağlar.

Açık piyasa işlemleri; esnek, kullanımı kolay ve etkili oldukları için merkez bankalarınca sıklıkla kullanılan bir araçtır.

Özetle, bir merkez bankası, ülke ekonomisini sağlıklı bir şekilde ayakta tutmaya çalışır. Merkez bankasının, ekonomide dolaşan para miktarını kontrol etmesi, ekonomiyi ayakta tutmasının yollarından birisidir. Bir merkez bankası, ekonomide dolaşan para miktarını;

- ticari bankaların müşterilerine kullandıttıkları kredi faiz oranlarını etkileyerek,
- bankaların merkez bankasında tutmak zorunda olduğu rezervlerin düzeyini değiştirerek, ve
- açık piyasa operasyon işlemleri yaparak,

kontrol edebilir. Sağlıklı ve sürdürülebilir bir ekonomi için dolaşımda doğru miktarda para varolmalıdır.

Tez çalışmasında kullanılan değişkenler hakkında yukarıdaki gibi genel bir bilgi verdikten sonra, çalışmamızla ilgili olarak, kısaca, literatüre de bakılması faydalı olacaktır.

Literatürde; “BIST100, mevduat faizi, döviz kuru, enflasyon ve GSYİH” değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişkileri inceleyen birçok çalışma vardır. Çalışmamız, Türkiye ekonomisi üzerinden bu değişkenler arasındaki ilişkileri incelediği için, literatürden, benzer çalışmaların yine Türkiye ekonomisi üzerine olacak biçimde seçilmesi, bir karşılaştırma yapılabilmesi için daha uygun olacaktır. Çizelge 1.1’de bu çalışmalara yer verilmektedir:

Çizelge 1.1. Makroekonimik değişkenler arası ilişkileri inceleyen çalışmalar

Çalışma	Yöntem; Veri; Değişkenler	Sonuç
(Kılıcı, 2019)	Fourier Granger Causality Test Değişkenler: merkez bankası faiz oranları (gecelik repo oranları) ve enflasyon (TÜFE) oranı Dönem: 2005-2017	gecelik repo oranları → TÜFE oranı.
(Binici, 2012)	(Dickey-Fuller birim kök sınaması, Johansen eşbütünleşme incelemesi) Vektör hata düzeltme kalıbına (VHD) dayalı Granger nedensellik sınaması Değişkenler: enflasyon oranı, sanayi üretim endeksi, yabancı portföy yatırımları, İMKB-sınai endeksi, altın fiyatı, petrol fiyatı, dış ticaret dengesi, faiz oranları Dönem: 1997- 2011 aylık verileri	altın fiyatı → İMKB sınai endeksi; petrol fiyatı → İMKB sınai endeksi (kısa dönemli etki); İMKB sınai endeksi → dış ticaret dengesi; İMKB sınai endeksi → faiz oranı; İMKB sınai endeksi → petrol fiyatı (uzun dönemde etki)
(Tatar, 2015)	Granger Nedensellik sınaması Değişkenler: BIST100 endeksi, sanayi üretim endeksi, faiz oranı, para arzı Dönem: 01.2009-12.2013 aylık verileri	faiz oranı ↔ BIST100 endeksi; sanayi üretim endeksi → faiz oranı (uzun dönemli ilişki)
(Baydaş, 2017)	Granger Nedensellik sınaması Değişkenler: BIST100 endeksi, altın fiyatı, faiz oranı, döviz kuru, enflasyon oranı (TÜFE), sanayi üretim endeksi, para arzı (M1) Dönem: 01.2006-03.2016 aylık verileri	faiz oranı (-) → BIST100 endeksi; kur (-) → BIST100 endeksi.

Çizelgedeki “(-) →” gösterimi, ilgili yönde bir etkileme olmakla birlikte, bu etkilemenin zıt yönlü yani, ters orantılı olduğunu belirtmektedir.

Yapılan çalışmalarda, her ne kadar Granger nedensellik sınaması kullanılmış olsa da, kullanılan sınanmanın 1969 yılında Granger tarafından geliştirilen özgün sınama olduğu görülmektedir. Bizim çalışmamızda ise, Geweke’nin 1982 yılında geliştirdiği koşullu Granger nedensellik sınaması ve Guo’nun 2008’de geliştirdiği kısmi Granger nedensellik sınaması kullanılmıştır. Böylelikle, ikiden fazla değişkenli düzende, iki değişken arasındaki nedensellik ilişkileri, diğer değişkenlerin olası etki karışımı etkilerinden arındırılmış olarak, yani, sahte Granger nedensellikleri elenmiş olarak bulunmuştur.

2. BÖLÜM

KOŞULLU VE KISMİ GRANGER NEDENSELLİK KAVRAMI

2.1. Granger Nedenselliği (“G-nedenselliği”, “G-nedensellik”, “GN”)

Granger nedenselliği kavramı, Wiener’in 1956 yılındaki çalışmalarındaki düşüncelerine dayanılarak ortaya konmuş bir kavramdır (Wiener, 2013). G-nedenselliği kavramı, 1969 yılında doğrusal vektör özbağlanım kalıplarının (VÖB) kullanılması sayesinde daha anlaşılır biçimde tanımlanarak bugünkü bilinen anlamdaki son şeklini almıştır (Bressler, 2011:323). G-nedensellik sınamasında, V_0 temel varsayımı, sınanan seriler arasında G-nedenselliğinin varolmaması üzerine kurgulandığı için ve istatistiksel sınamaları temel varsayıma (V_0) dayanarak adlandırmak olağan bir uygulama olduğu için, yazında, iki zaman serisi arasında “G-nedensizliği” (“G-nedenselliğinin yokluğu”) (G-noncausality) ifadeleri sıklıkla yeralmaktadır. Bir düzende ele alınan iki zaman serisi arasında G-nedenselliği sınanarak, bu zaman serilerinden birinin diğerinin tahmininde kullanılıp kullanılamayacağı bulunabilir.

İlinti, nedenselliği göstermez, yani, iki değişken ilintili olup, bu değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisi var olmayabilir; ilinti, nedensellik için bir yeter koşul değildir. İlk bakışta, değişkenlerin birbirleri üzerindeki öngörülebilirlik yetkinliklerini ölçebilmemizi sağlayan bağlanımlardan (regresyon) yansıyanın sadece bağlanım kalıntılarındaki ilintiler (korelasyon) olduğunu düşünebiliriz; ancak, ilintilerin yanı sıra, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi de, bağlanımlar kullanılarak oluşturulan özel sınamalarla bulunabilir.

x_t ve y_t iki zaman serisi olsun. y_t yalnızca kendi (y nin) geçmiş değerleriyle tahmin edilmesine (kısıtlı kalıp) kıyasla, hem y nin hem de x in geçmiş değerleri kullanılarak (kısıtsız kalıp) daha iyi tahmin edilebiliyorsa, x , y nin “G nedeni”dir (Granger, 1969:424). Başka bir deyişle, x serisinin y serisine nedensel etkisinin varlığı, y serisi tahmin edilirken, y nin kendi geçmiş bilgisine ek olarak x in de bilgisi eklendiğinde y nin daha iyi tahmin edilışinden (tahmin hatasının azalışından) anlaşılır (Roelstraete, 2011). Dolayısıyla GN, tasarım ve amacı açısından bir nedensel etki

ölçüsüdür; yani, tahmin hatasında, nedensel etkileşim hesaba katıldığında nedensel etkileşimin görmezden gelinmesine kıyasla gerçekleşen azalmadır (Barrett, 2013:1).

Bir velinin çocuğunun öğrenim hayatı boyunca çocuğu için yapacağı dersane masrafları, özel okul harcı vb. eğitim harcamalarındaki artışların, çocuğunun, eğitim hayatında daha başarılı sonuçlar elde edeceği iddiası düşünüldüğünde; eğitim harcamalarının çocuğunun eğitim sonucuna ilintisi pozitiftir, yani, daha fazla eğitim harcaması yapan velilerin çocukları daha başarılı sonuçlar almaktadır. Herhangi bir veri anda, etki karıştırıcı değişkenler (gelir vb.) kontrol edildiğinde, açıklayıcı değişkendir (eğitim harcamaları) her ani değişimin, ani değişim sonrasında, sonuç değişkeninde (eğitim başarısı), ani değişimin olmadığı anlarla karşılaştırıldığında bu ani değişimlere uyan artışlara sebep oluyorsa, açıklayıcı değişken (eğitim harcamaları), sonuç değişkeninin (eğitim başarısı) G-nedenidir.

Esas itibarıyla, Granger nedenselliği sınaması, “post hoc ergo propter hoc (A olayı oldu, daha sonra B olayı oldu; demek ki, B’nin sebebi A idi), (bundan sonra; bu yüzden, bu sebeple)” yanılgısını dışlamadığından, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini (matematiksel soyut mantık bağlamında) tam anlamıyla sınamak için uygun bir sınama değildir. Ekonometrideki sözde “nedensellik sınaması” olarak adlandırılan her sınama için bu doğrudur (Pfaff, 2007:14). Ancak, ekonometri “nedensellik sınamaları”, hayattaki varolan gerçekleri oldukça iyi yansıtmaktadırlar ve ekonomi, finans, doğa bilimleri, tıp gibi çok farklı alanlarda sıklıkla kullanılmaktadırlar.

2.2. İki Değişkenli Klasik G-Nedenselliği Sınaması

Kavramların daha kolay anlaşılmasını sağlayacağı için, ikiden fazla değişken içeren bir düzendeki değişkenler arasındaki G-nedenselliğinin incelenmesine geçmeden önce, iki değişkenli bir düzende G-nedenselliğinin bulunuşu incelenmelidir. İkiden fazla değişken içeren bir düzende etki karışımı ve etkileşim etkileri G-nedenselliğinin doğasını tamamen değiştirdiğinden, bu kısımda verilen bilgi, daha ziyade, G-nedenselliği kavramına ve G-nedenselliğinin iki değişkenli basit bir düzende nasıl belirlendiğine yöneliktir.

x_t ve y_t nin birleşik olarak durağan (yani, x_t ve y_t nin ortak olasılık dağılımı, zamanda kaydırıldığında değişmeyen) zaman serileri olduğu varsayalım. x ve y , kendi gecikmelerine bağlı olarak ayrı ayrı özbağlanım (ÖB) gösterimiyle yazılabilir:

$$\begin{aligned} x_t &= \sum_{i=1}^{\infty} a_{1i} x_{t-i} + \varepsilon_{1t} \\ y_t &= \sum_{i=1}^{\infty} b_{1i} y_{t-i} + \varepsilon_{2t}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

(ε_{1t} : x_t sürecinin hata terimi; ε_{2t} : y_t sürecinin hata terimi). Bu durumda, hem x_t hem de y_t nin geçmiş bilgisi içeren vektör özbağlanım (VÖB) gösterimi aşağıdadır:

$$\begin{aligned} x_t &= \sum_{i=1}^{\infty} a_{2i} x_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} c_{2i} y_{t-i} + \varepsilon_{3t} \\ y_t &= \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} d_{2i} x_{t-i} + \varepsilon_{4t} \end{aligned} \quad (2.2)$$

(ε_{3t} : y_t nin geçmişini de içeren x_t birleşik ÖB sürecinin hata terimi; ε_{4t} : x_t nin geçmişini de içeren y_t birleşik ÖB sürecinin hata terimi; ε_{3t} ve ε_{4t} zaman içinde ilintisizdir).

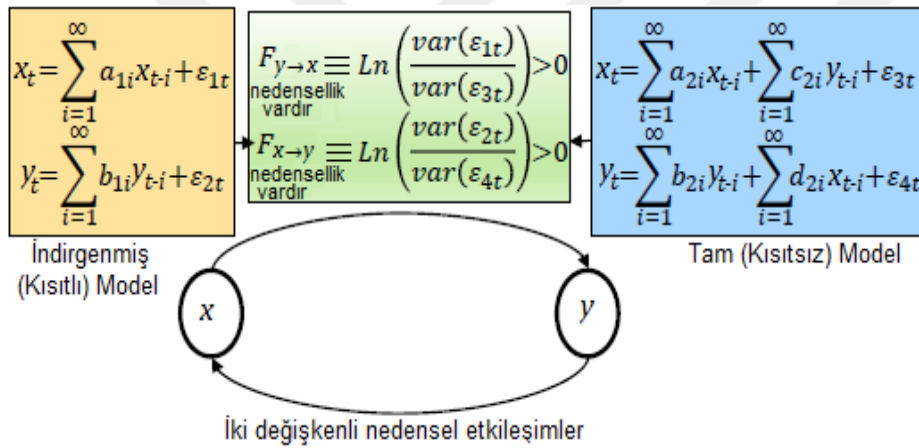
y nin x in öngörülebilmesine bir etkisi varsa, $\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2$ nin $\sigma_{\varepsilon_{1t}}^2$ den anlamlı olarak daha küçük olmasını, bir başka deyişle, $\sigma_{\varepsilon_{1t}}^2$ nin $\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2$ den anlamlı olarak daha büyük olmasını bekleriz. “ y den x e doğru nedensel etki”,

$$F_{y \rightarrow x} \equiv \ln \left(\frac{\sigma_{\varepsilon_{1t}}^2}{\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2} \right) \quad (2.3)$$

olarak tanımlanır. y den x e doğru nedensel etki yokken, $\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2$ ve $\sigma_{\varepsilon_{1t}}^2$ hemen hemen eşit ($\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2 \approx \sigma_{\varepsilon_{1t}}^2$) olup $F_{y \rightarrow x} = \ln 1 = 0$ dır. y , x in G-nedeni olduğunda, $\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2 < \sigma_{\varepsilon_{1t}}^2$ olup $\sigma_{\varepsilon_{1t}}^2 / \sigma_{\varepsilon_{3t}}^2 > 1$ olacağından, $F_{y \rightarrow x} > 0$ dır. x ten y ye doğru nedensel etki,

$$F_{x \rightarrow y} \equiv \ln \left(\frac{\sigma_{\varepsilon_{2t}}^2}{\sigma_{\varepsilon_{4t}}^2} \right) \quad (2.4)$$

olarak tanımlanır. Az önceki mantıkla, x in y nin öngörülebilmesine bir etkisi varsa, $\sigma_{\varepsilon_{4t}}^2 < \sigma_{\varepsilon_{2t}}^2$ olmasını bekleriz. x ten y ye doğru nedensel etki yokken, $\sigma_{\varepsilon_{4t}}^2$ ve $\sigma_{\varepsilon_{2t}}^2$ hemen hemen eşit ($\sigma_{\varepsilon_{4t}}^2 \approx \sigma_{\varepsilon_{2t}}^2$) olup $F_{x \rightarrow y} = \ln 1 = 0$ dır. x, y nin G-nedeni olduğunda, $\sigma_{\varepsilon_{4t}}^2 < \sigma_{\varepsilon_{2t}}^2$ olup $\sigma_{\varepsilon_{2t}}^2 / \sigma_{\varepsilon_{4t}}^2 > 1$ olacağından, $F_{x \rightarrow y} > 0$ dır. x in y nin G-nedeni olup olmadığı sınıandıktan sonra, bu nedensellik ilişkisinin doğru olduğu görülürse, bu ilişki $x \rightarrow y$ şeklinde gösterilir; ilişkinin yanlış olduğu (yani x in y nin G-nedeni olmadığı) görülürse, ilişki $x \nrightarrow y$ şeklinde gösterilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. İki değişkenli Granger nedenselliği
Kaynak: (Youssofzadeh, 2013)

“İki değişkenli klasik GN sınaması” istatistiği, düzende sadece iki değişken yer alması nedeniyle düzende üzerine koşullanılacak değişkenler olmadığından ve bu yüzden düzendeki iki değişkenin birbirlerine olan GN’nin araştırmasına hiçbir etki karışamayacağından koşulsuz bir GN istatistiğidir.

İki değişkenli ve değişkenlerin her ikisinin de durağan olduğu bir düzende değişkenler arasındaki nedensellik incelemesi klasik G-nedensizlik sınamasıyla (Granger, 1969:424-38) yapılır. İki değişkenli bir düzende, (değişkenlerin her ikisi de durağandıysa ve) değişkenler eşbütünleşikse, değişkenlerin farklanmasıyla durağanlaştırılmış değişkenlerle VÖB oluşturulmaz (eşbütünleşik durağandıysa

değişkenlerin G-nedensellik incelemesinde kısıtlı VÖB olan vektör hata düzeltme modeli (VHD) oluşturulur) ve G-nedensizlik sınamaları, t/F sınamalarıyla (klasik G-nedensizlik sınaması) yapılmaz (Enders, 2014:309); zira eşbütünleşik durağandışı seriler durumunda, t/F sınamalarının karar (kritik) değerleri de değişmektedir ve böylesi eşbütünleşik durağandışı seriler durumlarına özgü olarak, t/F sınamaları karar değerleri üretilmiştir. Serilerin eşbütünleşik olmadığı iki değişkenli bir sistemde, sistemdeki değişkenlerden en az biri durağandışıyken, F istatistikleri kullanılarak G-nedenselliğinin sınanması (klasik G-nedensizlik sınaması), sahte G-nedenselliğiyle sonuçlanabildiğinden (He, 2001:307-13), değişkenlerden en az birinin durağandışı olduğu iki değişkenli bir düzende, değişkenler arasındaki G-nedenselliği Toda-Yamamoto G-nedensizlik sınamasıyla (Toda, 1995) belirlenir.

2.3. Toda-Yamamoto G-Nedensizlik Sınaması

İki değişkenli ve “değişkenlerden en az birinin durağandışı olduğu” bir düzende değişkenler arasındaki G-nedenselliği, Toda-Yamamoto G-nedensizliği sınamasıyla belirlenir. Değişkenlerden en az birinin durağandışı olduğu iki değişkenli düzende, durağandışı değişkenlerin farklamayla durağanlaştırıldıktan sonra klasik G-nedenselliği sınamasının yapılması, durağandışılığın birçok istatistiğin istatistiksel yanaşıklığını (asymptotic convergence) çarpıtması sebebiyle sakıncalıdır.

Toda-Yamamoto (TY) G-nedensizliği sınamasının (Toda, 1995:225-50) ana fikri şudur: iki değişkenli bir düzendeki değişkenlerden en azından birinin durağandışı olduğu, doğru biçimde belirtilmiş VÖB’e ek gecikmeler eklenirse, VÖB’ün değişimleri yanaşık olarak χ^2 dağılımını izler. “V0: değişken, diğer değişkenin G-nedeni değildir” temel varsayımının Wald sınamasında, $p > \alpha = 0,05$ ise V0 korunur; $p < \alpha = 0,05$ ise V0 reddedilir ve G-nedenselliğinin var olduğuna karar verilir. Toda-Yamamoto sınamasının adımları aşağıdadır:

1. Zaman serilerinin bütünleşim düzeyleri (yapısal kırılmalar dikkate alınarak) bulunur. Enbüyük bütünleşim düzeyi (m) belirlenir. Örneğin, düzendeki iki zaman serisinden biri B(1) diğeri B(2) ise, $m = 2$ dir; biri B(0) diğeri B(1) ise, $m = 1$ dir vb. Zaman serilerinden hiçbirinin bütünleşim düzeyi 0’dan büyük değilse (seriler

durağansa), iki değişkenli klasik G-nedensizlik sınaması (Granger, 1969:424-38) yapılır; düzeylerli yani serilerde herhangi bir farklamanın olmadığı değişkenlerin kullanıldığı VÖB kestirilip, ilgili katsayılar Wald sınaması uygulanır.

2. VÖB, düzendeki serilerin bütünleşim düzeyleri ne olursa olsun, yine de düzendeki değişkenlerin düzeyleriyle oluşturulur (zaman serileri farklanmaz): Düzene bazı seriler doğal logaritmaları alınmış halde tanımlarıyla girmişlerse, bu serilerin yine düzeyde olduğu kabul edilir.

3. VÖB'ün gecikme uzunluğu (p) belirlenir. Bu gecikme uzunluğu dikkate alınarak, üzerinde çalışılan VÖB yazıldığında, artık, eldeki VÖB, $VÖB(p)$ 'dir.

4. VÖB için yanlış belirtim sınamaları (özellikle VÖB'ün kalıntılarının özilintisizliğinin kontrolü) yapılır.

5. Enbüyük bütünleşim düzeyi, VÖB'ün gecikme sayısına eklenerek genişletilmiş VÖB ($VÖB(p + m)$) elde edilir.

6. Sadece ilk p gecikme değişkeni için Wald sınaması yapılır. VÖB kalıbında ek gecikme kullanıp, bu ek gecikme için belirtim sınamalarının (kararlılık, özilintisizlik vb.) yapılmaması, Toda-Yamamoto yönteminin püf noktasıdır.

Eşbütünleşim sınamasıyla da, elde edilen Toda-Yamamoto G-nedensizlik sınamasının sonucunun bir sağlaması (çapraz kontrolü) yapılabilir. İki veya daha çok zaman serisi eşbütünleşikse, bu seriler arasında kesinlikle (bir yönde veya her iki yönde) G-nedenselliği vardır; bunun tersi doğru değildir. Zaman serileri eşbütünleşik değilse, Toda-Yamamoto G-nedensizlik sınamasının sonucunun sağlaması yapılamaz. Bununla birlikte, Toda-Yamamoto yönteminde, eşbütünleşim sınaması zorunlu olmadığından, önsınama sapması söz konusu değildir (Toda, 1995).

2.4. İkiden Fazla Değişkenli Bir Düzende, Değişkenler Arasındaki Granger Nedensellikleri Sınanırken Çifterli (Pairwise) ve Çok-değişirli (Multi-variate) İnceleme Durumları

İki değişkenli klasik G-nedensizlik sınaması ve Toda-Yamamoto G-nedensizlik sınaması, sadece iki değişkenden oluşan düzeylerde değişkenlerin birbirleri arasındaki nedensellik ilişkisini bulmak üzere tasarlandığından, sadece iki değişkenli bir düzende kullanılırlar; ikiden fazla değişkenli bir düzende kullanıldığında, sahte G-nedensellikleriyle gerçek G-nedenselliklerini ayırt edemediklerinden, yanıltıcı sonuçlar üretebilirler. Bu yüzden, ikiden fazla değişkenli bir düzende, değişkenler arasındaki G-nedensellikleri, iki değişkenli klasik G-nedensizlik sınaması veya Toda-Yamamoto G-nedensizlik sınaması ile bulunmaz. Yani, ikiden fazla değişkenli bir düzende, değişkenleri ikili ikili ele alıp, iki değişkenli klasik veya Toda-Yamamoto G-nedensizlik sınamaları uygulanarak bu ikiden fazla değişkenli düzende, değişkenler arasındaki G-nedenselliklerini bulmak (G-nedenselliklerini bulma problemini indirgeme yaklaşımı), hatalı bir yoldur. İkiden fazla değişkenin birbirleri arasındaki G-nedensellik ilişkisi; koşullu G-nedensellik sınaması, kısmi G-nedensellik sınaması, global G-nedensellik sınaması vb. gelişmiş G-nedensellik sınamalarıyla bulunabilir. Bu sınamaları daha iyi anlamak için, öncelikle, “etkikarışımı” ve “etkileşim” gibi temel kavramların açıklanarak konunun işlenişine başlanması gerekmektedir (Şekil 2.2):

Etkikarışımı (confounding): x , $e_1, \dots, e_n$ değişkenleri (covariate) üzerinden z nin kestirildiği düzende,

$$z = \beta_0 + \beta_{11}x + v_1 \quad (2.5)$$

ve

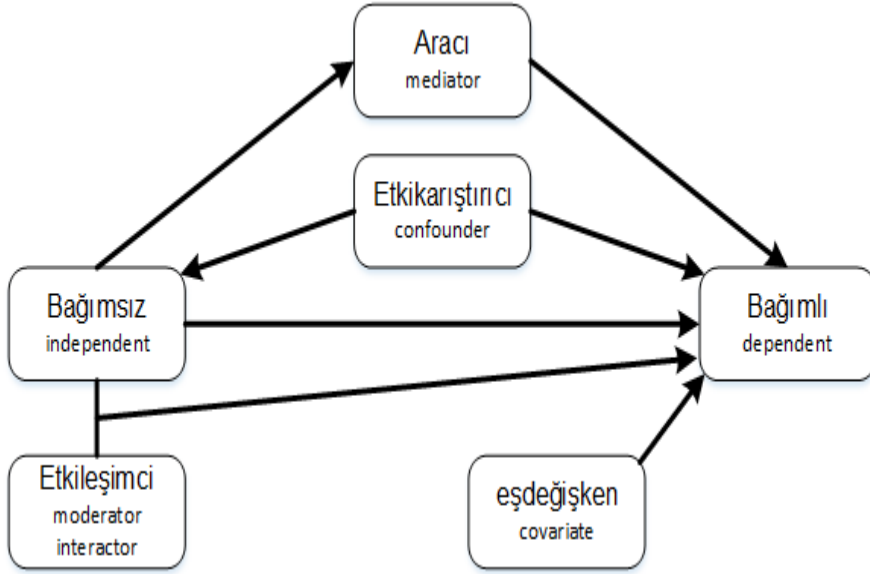
$$z = \beta_0 + \beta_{12}x + \alpha_1 e_1 + \dots + \alpha_n e_n + v_2 \quad (2.6)$$

bağlanımları ele alınsın. β_{11} ve β_{12} anlamlı bir şekilde birbirinden farklıysa, $e_1, \dots, e_n$ nin z nin öngörülmesine “etkikarışımı” vardır, $e_1, \dots, e_n$ etkikarıştırıcı (confounder) değişkenlerdir.

Etkileşim (interaction/moderation):

$$z = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3(xy) + v \quad (2.7)$$

modelinde, $\beta_3 = 0$ iken x ve y nin etkileşimi yoktur ve x in z ye etkisi β_1 dir. x ve y etkileşimdeyken ($\beta_3 \neq 0$), x in z ye etkisi $\beta_1 + \beta_3 y$ dir.

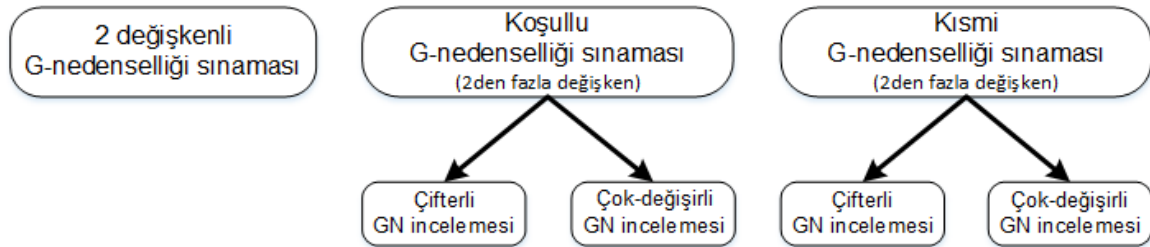


Şekil 2.2. İkiden fazla değişkenli bir düzende, değişken nitelikleri
Kaynak: (Kelson, 2014)

İkiden fazla değişkenli düzenin G-nedenselliği incelemesinde; etkikarışımı etkileri (örneğin dış çevresel girdiler ve gizli değişkenler (Youssofzadeh, 2014)) ve etkileşim etkileri, G-nedenselliğinin varlığını/yokluğunu, boyutunu ve yönünü değiştirebilir. Herhangi bir G-nedenselliği incelemesinde, değişkenler, “bağımsızlar” ve “bağımlılar” olarak önceden belirlenmezler; GN incelemesi, bağımsız ve bağımlı değişken olarak ele alınabilecek değişkenleri ortaya çıkarır. Değişkenlerin, bağımsızlar ve bağımlılar (ve üzerine koşullanılanlar) kümelerine “geçici olarak” konması, bu değişkenlerin, GN incelemesinin amacı için, içlerine kondukları kümelerin özelliklerine sahip olup olmadıklarını anlamak, yani, değişkenlerin bu şekilde bağımlı veya bağımsız olmadıklarını bulmak, kısaca, ilgilenilen yönde GN ilişkilerini bulmak içindir; bu gerçeklik, hiçbir zaman akıldan çıkarılmamalıdır. İkiden fazla değişkenli düzende, bağımsız ve bağımlı değişkenlerin yanı sıra bir de “üzerine koşullanılan değişkenler” vardır. İkiden fazla değişkenli düzende, değişkenler arasındaki G-nedenselliklerini bulurken “üzerine koşullanılan”

değişkenlerin sayısı, matematiksel hesaplamaların ve yazılım kodlamalarının karmaşıklığını etkilemez; ancak, bağımsız değişkenler kümesi veya bağımlı değişkenler kümesinden birinde birden fazla değişken olması, hesaplamaları ve kodlamaları zorlaştırır. Bu zorlaşma yüzünden, bu iki ayrı durum, şu şekilde adlandırılır: “1 bağımsız değişken, 1 bağımlı değişken, üzerine koşullanılanlar”ın olduğu duruma “çiftlerli” (pairwise) GN incelemesi, “bağımsız veya bağımlı değişkenler kümelerinin en az birinin “birden fazla değişken içerdiği, üzerine koşullanılanların yine olduğu” duruma “çok-değişirli” (multivariate) GN incelemesi denir. Çiftlerli ve çok-değişirli GN incelemesi bir sonraki kısımda küme çizimlerine de yer verilerek daha ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Çiftlerli GN ve çokdeğişirli GN incelemesinin her ikisinde de, düzende “üzerine koşullanılan değişkenler” vardır ve bu değişkenlerin etkileri, G-nedensellik ilişkileri bulunurken hesaba katılır. Çiftlerli GN incelemesi ve çokdeğişirli GN incelemesi, ayrı GN sınamaları değildir; bu incelemeler, sonraki kısımlarda işlenecek olan koşullu Granger nedenselliği (KoGN) ve kısmi Granger nedenselliği (KıGN) sınamalarının ikisinde de olan tamamen farklı iki durumdur (Şekil 2.3).



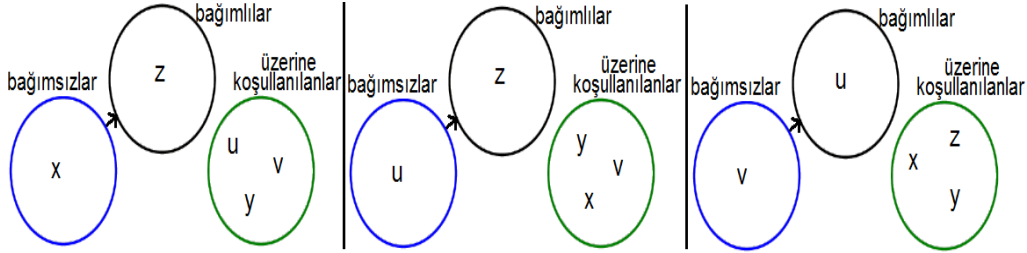
Şekil 2.3. İki değişkenli Granger nedenselliği, koşullu Granger nedenselliği ve kısmi Granger nedenselliği sınamaları

Koşullu G-nedenselliği ve kısmi G-nedenselliğinde, çiftlerli ve çok-değişirli incelemelerin dışında başka bir inceleme de yoktur. Çiftlerli ve çok-değişirli GN incelemesinin daha ayrıntılı olarak açıklanması yararlı olacaktır:

2.5. Çiftlerli GN İncelemesi

Çiftlerli GN incelemesi, ikiden fazla değişkenli düzende, değişken çiftleri arasındaki GN ilişkileri bulunurken, hem bağımlı hem de bağımsız değişkenler kümesinde

sadece 1 değişkenin olduğu, üzerine koşullanan diğer değişkenlerin etkilerinin hesaba katıldığı (yani, diğer değişkenlerin bu etkilerinin arındırıldığı) GN incelemesidir. 5 değişkenli {x, y, z, u, v} düzeninde, çifterli GN incelemesindeki bazı durumlar Şekil 2.4’de verilmiştir.



Şekil 2.4. Çifterli Granger nedenselliği incelemesine örnek olarak verilebilecek bazı durumlar

Toplamda, 20 farklı olası durum vardır (bağımsız değişkenler kümesine ve bağımlı değişkenler kümesine yerleştirilebilecek değişkenlerin kombinasyonları düşünülerek “20” sayısı kolayca hesaplanabilir):

Olası durumların sayısı

$$= \underbrace{\binom{\text{değişken sayısı}}{\text{bağımsızların sayısı}}}_{\text{bağımsız blokların sayısı}} \underbrace{\binom{\text{değişken sayısı} - \text{bağımsızların sayısı}}{\text{bağımlıların sayısı}}}_{\substack{\text{bağımsızların,bağımlıların kombinasyonları} \\ \text{tüketilirkenki sallanma (oyalanma,patina j) sayısı}}} \\ = \binom{5}{1} \binom{5-1}{1} = 5 \cdot 4 = 20$$

ile bulunur. İncelemedeki bu 20 farklı olası durum, R programında causfinder paketindeki causalitycombinations işleviyle bulunabilir. İşlevin kodu aşağıda verilmektedir [kodlarda yer alan değişken adlarını, işlev adlarını, yorumları vb. başlangıçta Türkçe kullanarak kodladık; R yazılımının takma adlama (aliasing) özelliğini kullanarak, bir işlevin kodunun aynı anda hem Türkçe hem de İngilizce olmasını planladık; zamanla, uluslararası dergilere ve konferanslara İngilizce makaleler, posterler göndermeye başladığımızda, R’ın takma adlama özelliğinin, şimdilik, sadece işlev adlarına özgü olması, işlevin bağımsız değişkenlerine ve işlev içinde tanımlanan değişkenlere bir çözüm getirmemesi nedeniyle, yaptığımız tüm

kodlamayı hem Türkçe hem de İngilizce için ayrı ayrı yapmak durumunda kaldık; kodlamada sadece Türkçe kodlama yapmak sakıncalı bir duruma dönüştü; bu yüzden, değişken adları ve işlev adlarını İngilizce seçtik]:

```
# değişken sayısı, bağımsız sayısı, bağımlı sayısı
causalitycombinations <- function (nvars, ncausers, ndependents)
{
  independents <- combn(nvars, ncausers) # bağımsızlar
  # bağımsızların, bağımlıların kombinasyonları tükettirilirkenki sallanma sayısı
  swingnumber <- dim(combn(nvars - ncausers, ndependents))[[2]]
  # tüm kombinasyonların sayısı (bağımsız blokların sayısı x sallanma sayısı)
  numberofallcombinations <- dim(combn(nvars, ncausers))[[2]] * swingnumber
  # bağımlılar ... baş
  dependents <- matrix(, nrow = dim(combn(nvars, ncausers))[[2]] * swingnumber,
    ncol=ndependents)

  for (i in as.integer(1:dim(combn(nvars, ncausers))[[2]])) {
    dependents[(swingnumber * (i - 1) + 1):(swingnumber * i), ] <-
      t(combn(setdiff(seq(1:nvars), independents[,i]), ndependents))
  }
  # bağımlılar ... son
  # sallanmış bağımsızlar ... baş
  swungindependents <- matrix(, nrow = dim(combn(nvars, ncausers))[[2]] *
    swingnumber, ncol = ncausers)

  for (i in as.integer(1:dim(combn(nvars, ncausers))[[2]])) {
    for (j in as.integer(1:swingnumber)) {
      swungindependents[(i - 1) * swingnumber + j, ] <- independents[,i]
    }
  }
  # sallanmış bağımsızlar ... son
  independentsdependents <- cbind(swungindependents, dependents)
```

```

# diğerleri ... baş
  others <- matrix(, nrow = dim(combn(nvars, ncausers))[[2]] * swingnumber,
  ncol = nvars - ncausers - ndependents)
  for (i in as.integer(1:(dim(combn(nvars, ncausers))[[2]] * swingnumber))) {
    others[i, ] <- setdiff(seq(1:nvars), independentsdependents[i, ])
  }
# diğerleri ... son

      # bağımsızlar, bağımlılar, üzerine koşullananlar
  causalitiestemplate <- cbind(independentsdependents, others)
  causalitiestemplate
}

```

causalitycombinations işlevinde beş değişkenli düzende, bağımsızlarda 1 değişken, bağımlılarda 1 değişken olacağı belirtilmesi yeterlidir: $5 - 1 - 1 = 3$ değişken, otomatik olarak üzerine koşullananlardadır. Üzerine koşullananların sayısı (3), işlevde ayrıca belirtilmez.

Düzendeki değişkenler, sayılarla simgelandiğinde, örneğin, 1=x, 2=y 3=z, 4=u, 5=v ataması yapıp bu atama GN incelemesi boyunca sabitlenip korunduğunda, incelenecek 20 farklı çifterli GN olası durumunu (Şekil 2.5) (5=düzendeki değişken sayısı; 1=bağımsızların sayısı; 1=bağımlıların sayısı) veren kod ve çıktısı Şekil 2.5'te verilmektedir.

Çıktıda, [,1] sütununda, duruma ait bağımsız değişken; [,2] sütununda, duruma ait, bağımlı değişken, [,3:5] sütunlarında, üzerine koşullanan değişkenler bulunmaktadır. “1=x, 2=y 3=z, 4=u, 5=v” ataması altında, 14. durum ([14,]) olarak yer alan “4 2 1 3 5” durumu, atama korunduğundan, “4=u, 2=y, 1=x, 3=z, 5=v” durumunu göstermekte olup, 14. durumun çizimi Şekil 2.6'dadır.

`causalitycombinations(5,1,1)` $5-1-1=3$

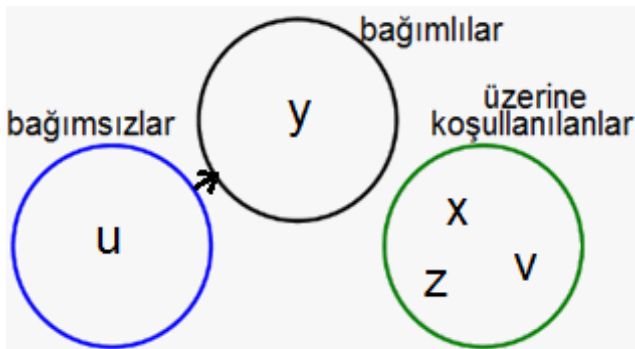
##	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	
##	[1,]	1	2	3	4	5
##	[2,]	1	3	2	4	5
##	[3,]	1	4	2	3	5
##	[4,]	1	5	2	3	4
##	[5,]	2	1	3	4	5
##	[6,]	2	3	1	4	5
##	[7,]	2	4	1	3	5
##	[8,]	2	5	1	3	4
##	[9,]	3	1	2	4	5
##	[10,]	3	2	1	4	5
##	[11,]	3	4	1	2	5
##	[12,]	3	5	1	2	4
##	[13,]	4	1	2	3	5
##	[14,]	4	2	1	3	5
##	[15,]	4	3	1	2	5
##	[16,]	4	5	1	2	3
##	[17,]	5	1	2	3	4
##	[18,]	5	2	1	3	4
##	[19,]	5	3	1	2	4
##	[20,]	5	4	1	2	3

bağımsızlardaki 1'den 2'ye geçilirken $\binom{5-1}{1}=4$
sallanma var.

bağımsızlar sütunu bağımlılar sütunu üzerine koşullananlar sütunu

Şekil 2.5. Çifterli GN incelemesinin 20 farklı olası örnek durumu

Örneğin, 14.durum, “x, z, v” ye koşullu olarak (x, z, v nin etkisi hesaba katıldığında; yani, bu x, z, v nin etkilerinden arındırılmış olarak), u nun, y nin Granger nedeni olup olmadığının araştırılması durumudur.

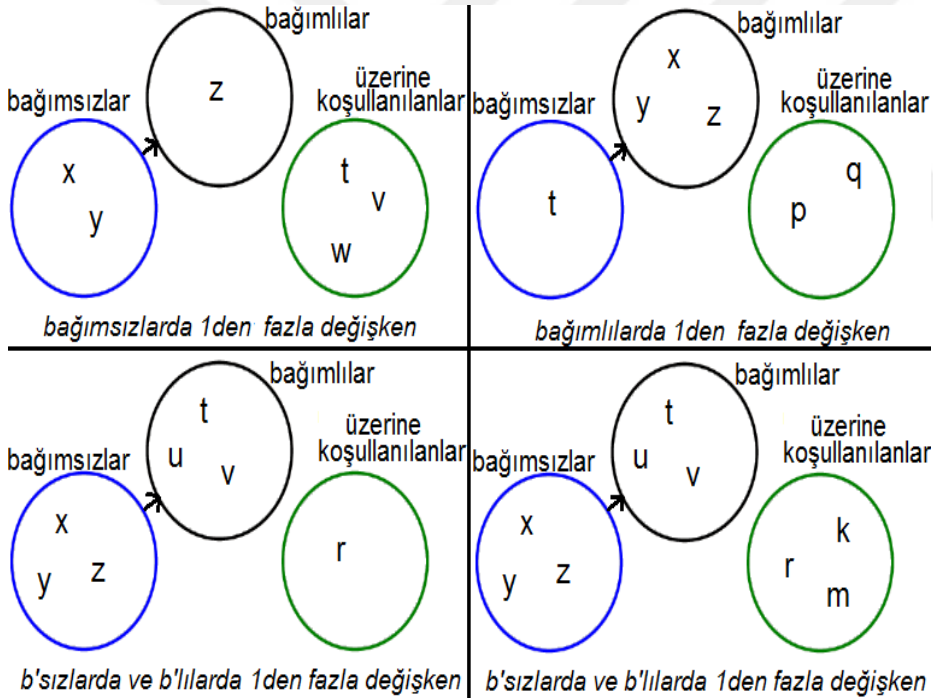


Şekil 2.6. Çifterli Granger nedenselliği incelemesinin 14. örnek durumunu yansıtan küme çizimi

2.6. Çok-Değişirli GN İncelemesi

Çok-değişirli GN incelemesi, ikiden fazla değişkenli düzende, değişken çiftleri arasındaki GN ilişkileri bulunurken, bağımlı veya bağımsız değişkenler kümesinde birden fazla değişkenin olduğu, üzerine koşullanan diğer değişkenlerin etkilerinin hesaba katıldığı (yani, diğer değişkenlerin bu etkilerinin arındırıldığı) GN incelemesidir (Barrett, 2010).

“Çok-değişirli” ifadesi, “düzendeki değişken sayısının ikiden fazla olması” anlamında değildir; “çok-değişirli” ifadesi ile, bağımlı veya bağımsız değişkenler kümesinde birden fazla değişkenin olması kastedilmektedir (Şekil 2.7):



Şekil 2.7. Çok-değişirli (multi-variate) Granger nedenselliği incelemesine örnek olarak verilebilecek bazı durumlar

Dört değişkenli {x, y, z, u} düzeninde, bağımsızlarda 2, bağımlılarla 1 değişken (üzerine koşullananlarda $4 - 2 - 1 = 1$ değişken) olduğu durumda, olası durumların sayısı 12'dir (Şekil 2.8):

$$= \frac{\binom{\text{değişken sayısı}}{\text{bağımsızların sayısı}}}{\text{bağımsız blokların sayısı}} \frac{\binom{\text{değişken sayısı} - \text{bağımsızların sayısı}}{\text{bağımlıların sayısı}}}{\text{bağımsızların,bağımlıların kombinasyonları tükettilirkenki sallanma (oyalanma,patinaj)sayısı}}$$

$$= \binom{4}{2} \binom{4-2}{1} = 6 \cdot 2 = 12.$$

causalitycombinations(4,2,1)

4-2-1=1

##	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
##	[1,]	1	2	3
##	[2,]	1	2	4
##	[3,]	1	3	2
##	[4,]	1	3	4
##	[5,]	1	4	2
##	[6,]	1	4	3
##	[7,]	2	3	1
##	[8,]	2	3	4
##	[9,]	2	4	1
##	[10,]	2	4	3
##	[11,]	3	4	1
##	[12,]	3	4	2

bağımsızlar sütunu bağımlılar sütunu üzerine koşullananlar sütunu

bağımsızlardaki "1,2"den "1,3"e geçilirken $\binom{4-2}{1}=2$ sallanma var

Şekil 2.8. Çok-değişirli GN incelemesinin 12 farklı olası örnek durumu

Çıktıda, [,1:2] sütunlarında, duruma ait bağımsız değişkenler; [,3] sütununda, duruma ait bağımlı değişken, [,4] sütununda, üzerine koşullanan değişkenler bulunmaktadır. "1=x, 2=y 3=z, 4=u" ataması altında, 11. durum ([11,]) olarak yer alan "3 4 1 2" durumu, atama korunduğundan, "3=z, 4=u, 1=x, 2=y" durumunu göstermekte olup, 11. durumun çizimi Şekil 2.9'dadır.



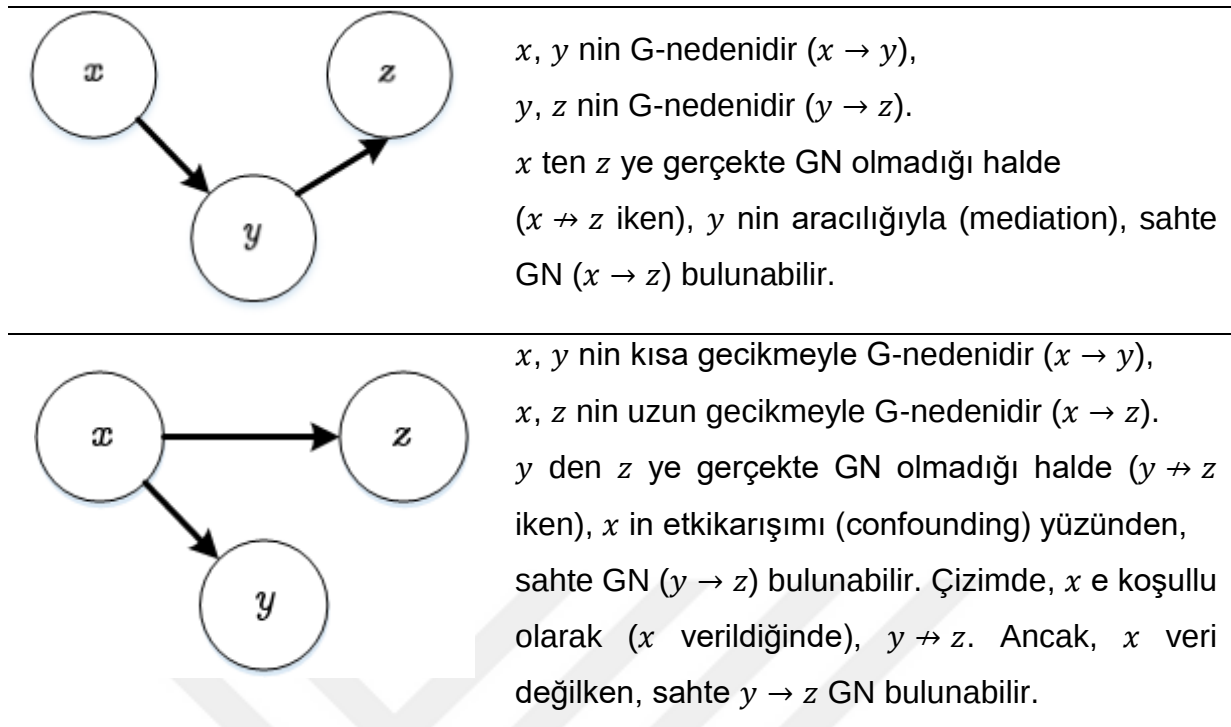
Şekil 2.9. Çok-değişirli Granger nedenselliği incelemesinin 11. örnek durumunu yansıtan küme çizimi

Örneğin, 11. durum, y ye koşullu olarak (y nin etkisi hesaba katıldığında; yani, y nin etkisinden arındırılmış olarak), z ve u nun birlikte, x in Granger nedeni olup olmadığının araştırılması durumudur.

Bir düzende ikiden fazla değişken (zaman serisi) olduğunda, değişkenler çiftler halinde alınarak “iki değişkenli GN sınaması” ile düzendeki tüm değişkenlerin birbirleri arasındaki (çiftlerli) G-nedensellikleri bulunamaz; çünkü, iki değişkenli GN sınaması, söz konusu değişkenler arasındaki G-nedenselliğini bulurken geriye kalan değişkenlerin etkilerini göz ardı eder.

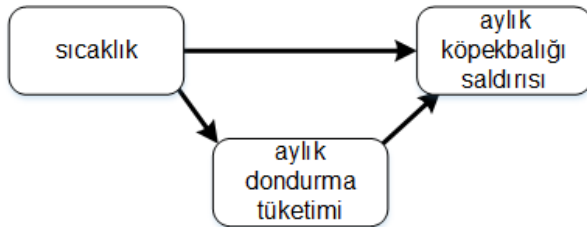
$\{x, y, z, u\}$ düzeninde, x ve y arasındaki G-nedenselliği ilişkisi, iki değişkenli GN sınamasıyla bulunurken, z ve u nun x ve y arasındaki G-nedenselliği ilişkisine etkisi hesaba katılmaz. İki değişkenli GN sınamasıyla yapılan G-nedensellik incelemesi, sahte G-nedenselliklerine yol açabilir; çünkü, iki zaman serisi arasındaki etkileşim dolaylı olabilir; yani başka bir zaman serisi aracılığıyla gerçekleşebilir, gerçekte GN olmadığı halde GN'nin var olduğu bulunabilir. Öte yandan, gerçekte GN olmasına karşın GN'nin var olmadığı da bulunabilir. Her iki durum da sahte GN durumlarıdır (Ding, 2006) (Şekil 2.10).

Herhangi bir G-nedenselliği incelemesinde, “geçişme” özelliğinin olmadığı gerçeğinin vurgulanmasında yarar vardır. Örneğin, Şekil 2.10'daki ilk şekilde, x , y nin G-nedenidir ($x \rightarrow y$), y , z nin G-nedenidir ($y \rightarrow z$). Bu iki G-nedenselliğinin varlığı, bizi, doğrudan, bir $x \rightarrow z$ G-nedenselliğinin varolmasına götürmez.



Şekil 2.10. Ağdaki her bir kenarın komşu değişkenler arasında bir Granger nedenselliği ilişkisi olduğu Granger nedenselliği çizimleri (Gerçekte Granger nedenselliği yokken sahte Granger nedenselliği bulunabildiği durumlar)

Kaynak: (Tang, 2012)



Şekil 2.11. İlinti ve nedensellik ilişkisi: ilinti, nedenselliği vermez; yani, nedenselliğin bir “yeter şart”ı değildir

Sıcaklıklar arttıkça, aylık dondurma tüketimi de artmaktadır. Ayrıca, sıcaklık arttıkça, aylık köpekbalığı saldırısı artmaktadır. Dondurma tüketiminin arttığı dönemlerde, köpekbalığı saldırıları da artmaktadır. Bununla beraber, Şekil 2.11’e bakarak, “köpekbalıkları dondurma düşkünü insanları yemekten hoşlanıyor” denilemez. Dondurma tüketimiyle köpekbalığı saldırısı sayısı arasındaki sahte GN ilişkisinin sebebi hem dondurma tüketimini hem de köpekbalığı saldırısını artıran, bu iki değişkenin *ortak bağımlı* olduğu “sıcaklık” etkikarıştırıcısıdır. İnsanlar, sıcak aylarda, daha fazla dondurma yerler ve daha fazla okyanusa girerler (Grace-Martin, 2016).

Değişkenler arasındaki G-nedenselliği incelenirken, (yukarıdaki “sıcaklık” değişkeni gibi) ortak bağımlı olunan değişkenler düzendeki değişkenler arasındaysalar, bu ortak bağımlı olunan değişkenlerin etkileri, [koşullu GN (KoGN) veya kısmi GN (KıGN) ile] yok edilerek sahte G-nedensellikleri yok edilebilir. Ancak, aralarındaki GN ilişkisi incelenen değişkenler, bilinmeyen (dışsal) veya kaydedilmemiş (gizli) değişkenlere bağımlıysalar, bilinmeyen/gizli değişkenlerin nedensel çıkarsamaya olası bozucu etkisi genellikle tamamen ortadan kaldırılamayabilir. Bununla birlikte, bilinmeyen/gizli değişkenlerin nedensel çıkarsamaya olası bozucu etkisini azaltan, kısmi G-nedenselliği (KıGN), global G-nedenselliği (GGN) vb. sınamalar geliştirilmiştir (Barnett, 2014:53; Guo, 2008:79; Roelstraete, 2011) (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Sahte Granger nedenselliğini yoketmekte kullanılan sınamalar

Ortak bağımlı olunan, etkikarıştırıcı değişken	Sahte GN'yi giderici sınama (giderme derecesi, küçükten büyüğe sıralanmak üzere)
düzendeki değişkenler arasında	koşullu GN, kısmi GN, global GN
düzendeki değişkenler arasında değil	kısmi GN, global GN

2.7. Koşullu G-Nedenselliği (KoGN)

Değişkenlere ait verilerin aynı anda kaydedildiği ikiden fazla değişkenli düzenlerde, düzendeki zaman serilerinden herhangi ikisi arasındaki nedensel ilişki, (a) doğrudan, (b) dolaylı (üçüncü bir değişken aracılığıyla) ve (c) hem doğrudan hem dolaylının bir birleşimi olabilir (Liao, 2011:2684). Koşullu G-nedenselliği, doğrudan işlevsel bağlantılılığın ölçülerinden biridir.

$n > 2$ değişkenli bir düzende G-nedenselliği incelemesi, basitlik adına, $n = 3$ değişkenle açıklanacaktır. $n > 3$ değişkenli bir düzende değişkenler arasındaki G-nedenselliklerini bulma işlemlerinin mantığı, $n = 3$ değişkenli düzende değişkenler arasındaki G-nedenselliklerini bulma işlemleriyle tamamen aynıdır. G-nedenselliklerini bulmak için VÖB kullanılabilir.

z ye koşullu olarak y den x e koşullu GN ($F_{y \rightarrow x|z}$) tanımının altyapısı şöyle verilebilir; x_t , y_t ve z_t üç zaman serisi olsun. x_t ve z_t için birleşik VÖB gösterimi şu şekilde yazılabilir:

$$\begin{aligned} x_t &= \sum_{i=1}^{\infty} a_{1i} x_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} c_{1i} z_{t-i} + \varepsilon_{1t} \\ z_t &= \sum_{i=1}^{\infty} b_{1i} z_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} d_{1i} x_{t-i} + \varepsilon_{2t} \end{aligned} \quad (2.8)$$

y nin z ye koşullu olarak (z nin etkisini hesaba katarak; yani, z nin etkisini arındırarak) x in G-nedeni olup olmadığını bulmak için, yukarıdaki VÖB kalıbı,

$$\begin{aligned} x_t &= \sum_{i=1}^{\infty} a_{2i} x_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} c_{2i} z_{t-i} + \varepsilon_{3t} \\ z_t &= \sum_{i=1}^{\infty} g_{2i} x_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} h_{2i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} k_{2i} z_{t-i} + \varepsilon_{5t} \\ y_t &= \sum_{i=1}^{\infty} d_{2i} x_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} e_{2i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{\infty} f_{2i} z_{t-i} + \varepsilon_{4t} \end{aligned} \quad (2.9)$$

kısaca,

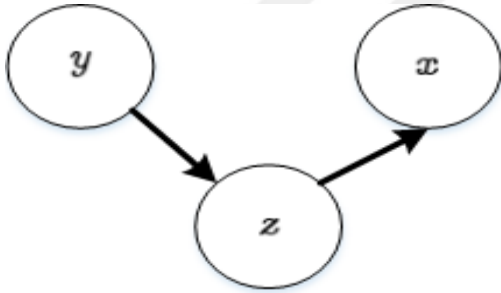
$$\begin{aligned} x_t &= A(L)x_t + B(L)y_t + C(L)z_t + \varepsilon_{3t} \\ z_t &= G(L)x_t + H(L)y_t + K(L)z_t + \varepsilon_{5t} \\ y_t &= D(L)x_t + E(L)y_t + F(L)z_t + \varepsilon_{4t} \end{aligned}$$

şeklinde genişletilir (ε_{it} , $i = 1, \dots, 5$, ilintisiz, sabit beklenen ve sabit değişirlikli hata terimleri). Durağanlık için değişge dizeyinin özgeç denkleminin kökleri $(-1, +1)$ aralığı dışında (karmaşık uzayda, birim çember dışında) olmalıdır. VÖB'ün uygun p gecikme sayısı, Schwarz-Bayesian Ölçütü'yle (SBÖ) belirlendikten sonra, kalıp değişgeleri En Küçük Kareler (EKK) yöntemiyle kestirilir. “ z ye koşullu olarak y den x e koşullu GN”:

$$F_{y \rightarrow x|z} \equiv \ln \left(\frac{\sigma_{\varepsilon_{1t}}^2}{\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2} \right) \quad (2.10)$$

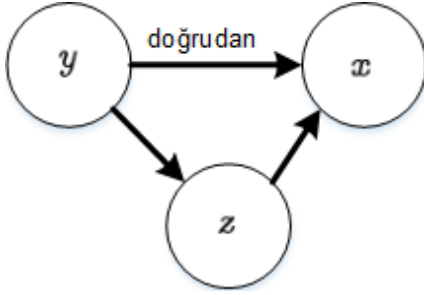
istatistiğiyle tanımlanır. $y \rightarrow x|z$ yazımında; hem kısıtlı (indiegenmiş) hem de kısıtsız (tam) kalıpta (x, z) olacak, y ise sadece daha geniş olan kısıtsız (tam) kalıpta peydahlanacaktır. y nin kısıtlı (indirgenmiş) kalıpta olmayıp kısıtsız (tam) kalıpta olması nedeniyle de y nin x e etkisi ortaya çıkacaktır.

Eş. 2.9'da, y den x e G-nedensel etki tamamen z kaynaklıysa (z aracılığıyla) (Şekil 2.12), $b_{2t} \equiv 0$ ve $\sigma_{\varepsilon_{1t}}^2 = \sigma_{\varepsilon_{3t}}^2$ olur; bu yüzden, $F_{y \rightarrow x|z} = \ln 1 = 0$, yani, y nin geçmiş değerleri, z ye koşullu olarak (z nin etkisi hesaba katıldığında) x in şimdiki değerinin öngörüsünü iyileştiremez; y , z ye koşullu olarak x in G-nedeni değildir. Bir kez daha yinelemek gerekirse; G-nedenselliğinde, tıpkı diğer önemli nedensellik kavramlarında olduğu gibi, "geçişme" özelliği yoktur.

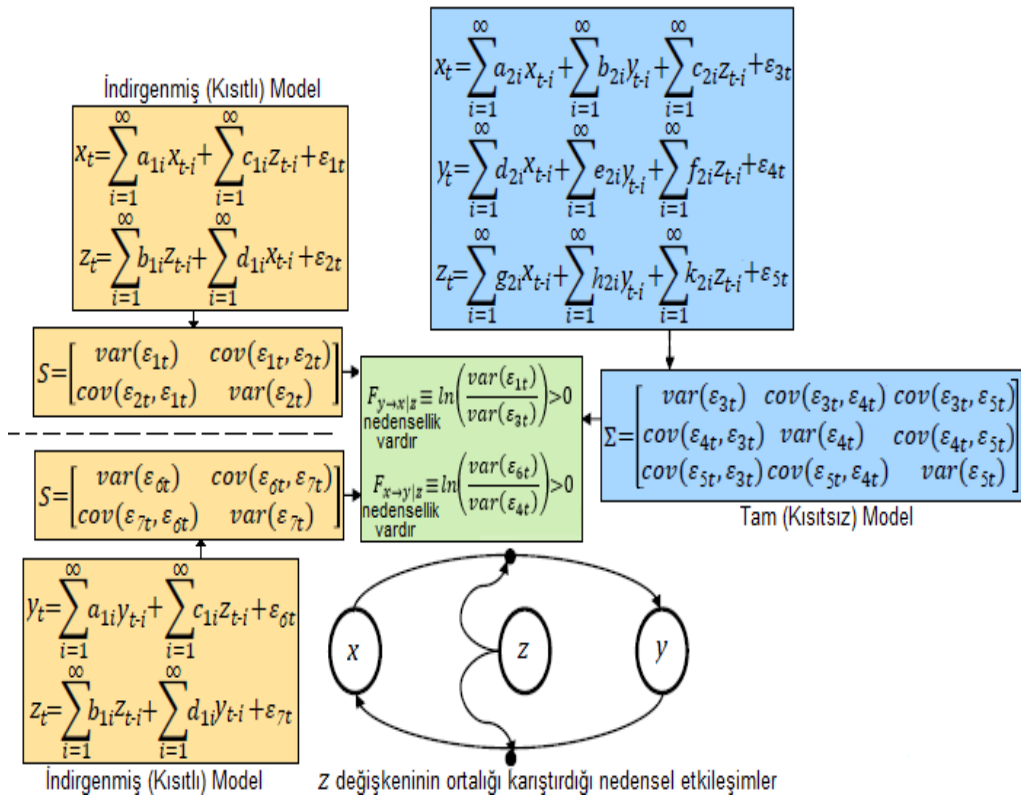


Şekil 2.12. Koşullu Granger nedenselliğinin yorumu (sadece dolaylı etkinin varolduğu, tamamen diğer değişkenlerin aracılığındaki durum)

Eş. 2.9'da, y den x e, z aracılığıyla bir G-nedensel etkinin yanı sıra tamamen y nin doğrudan kendinden kaynaklanan bir G-nedensellik etkisi de varsa (Şekil 2.13), x in şimdiki değerinin öngörülmesinde, x in ve z nin geçmiş değerlerine ek olarak, y nin geçmiş değerlerinin de katılması x in şimdiki değerinin öngörüsünü iyileştirir; bu yüzden, $\sigma_{\varepsilon_{3t}}^2 < \sigma_{\varepsilon_{1t}}^2$ ve $F_{y \rightarrow x|z} = \ln("> 1") > 0$ olur; $F_{y \rightarrow x|z} > 0$ olur; bu yüzden, y , z ye koşullu olarak x in G-nedenidir (Şekil 2.14).



Şekil 2.13. Koşullu Granger nedenselliğinin yorumu (dolaylı etkinin yanı sıra doğrudan etkinin de olduğu, yani hem dolaylı hem de doğrudan etkinin birlikte olduğu durum)



Şekil 2.14. Koşullu GN; tanım, indirgenmiş (kısıtlı) ve tam (kısıtsız) kalıp

Kaynak: (Youssofzadeh, 2013)

“V0: y , x in G-nedeni değildir” (V0: $y \nrightarrow x$; V0: $\forall i \ b_i = 0$) varsayımı, x in bağımlı değişken olduğu eşitlikte, y ye ilişkin değişgelerin birlikte 0 olmasını gerektirir. “V0: y , x in G-nedeni değildir” temel varsayımının sınanmasında, uygulamada, F , Olabilirlik Oranı, Wald sınaması gibi sınamalar kullanılmaktadır. F sınaması sonucunda, V0 reddedilirse, $B(L)$ değişgeleri istatistiksel olarak 0 dan farklıdır; $y \rightarrow x$ elde edilir.

“V0: x, y nin G-nedeni değildir” ($V0: x \nrightarrow y$; $V0: \forall i d_i = 0$) varsayımı, y nin bağımlı değişken olduğu eşitlikte, x ye ilişkin değişgelerin birlikte 0 olmasını gerektirir. F sınaması sonucunda, $V1$ (karşıt varsayım) korunursa ($V0$ reddedilirse), $D(L)$ değişgeleri istatistiksel olarak 0 dan farklıdır; $x \rightarrow y$ elde edilir.

$V0: x \nrightarrow y$, $V0: y \nrightarrow x$, $V0: x \nrightarrow z$, $V0: z \nrightarrow x$, $V0: y \nrightarrow z$, $V0: z \nrightarrow y$ varsayımlarının F sınamasıyla sınanmasında, $p < \underbrace{\alpha = 0,05}_{\text{anlamlılık sınırı}}$ çıkarsa, $V1$ (nedensellik vardır) karşıt

varsayımları korunur [korunan $V1$ lere karşılık gelen $V0$ (nedensellik yoktur) temel varsayımları reddedilir].

2.8. Kısmi G-Nedenselliği (KıGN)

Düzendeki değişkenleri etkileyen gözlemlenmemiş (ve bu yüzden de veri kümesinde olmayan) ortak girdiler varsa, koşullu GN (KoGN) ile düzendeki değişkenler arasındaki G-nedenselliği sağlıklı biçimde bulunamaz (Zou, 2010); yani, KoGN, sadece, düzende (ağda) ilgili tüm değişkenler gözlenmiş (ve bu yüzden de veri kümesinde yer alıyorlarken) etkilidir. Bu ise, hem çevresel girdiler hem de ölçülmemiş gizli değişkenler, doğru nedensel bağlantıları gizleyebildiğinden pratikte imkânsızdır (Wu, 2012).

Bilinmeyen/gizli değişkenlerin nedensel çıkarsamaya bozucu etkisi sorununu çözmek için, doğrudan (yani, başka bir değişkenin aracılığı olmadan) işlevsel bağlantılılığın başka bir ölçüsü olan, kısmi GN (KıGN) tanımlanmıştır (Guo, 2008:79); KoGN ve KıGN'nin simgesini birbirinden ayırmak için KıGN sınamasının istatistiği F' olarak gösterilir. (Zaman/frekans alanındaki) kısmi GN, dışsal çevresel girdiler ve ölçülmemiş gizli değişkenlerin etkikarışımı (confounding) etkilerini azaltır.

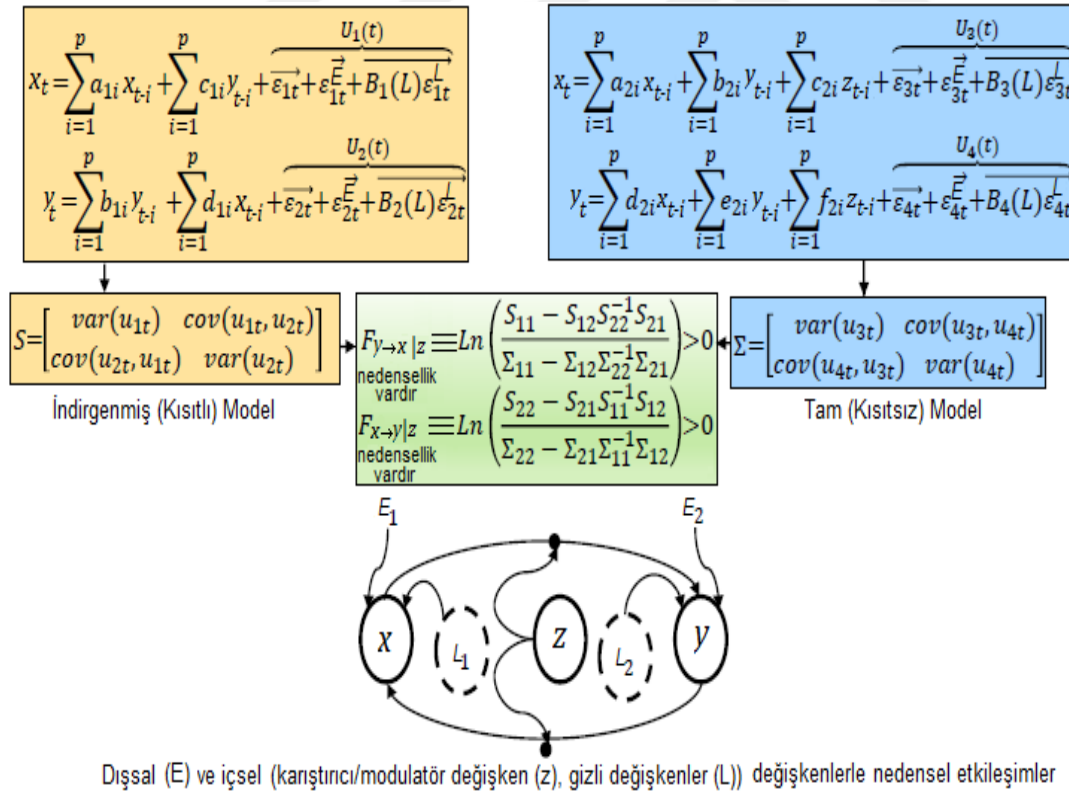
Global Granger nedenselliği (GGN), etkikarışımı etkilerini, dış etkilerin farklı büyüklüklerde olabileceğini hesaba kattığından, kısmi G-nedenselliğinin etkikarışımı etkilerini azalttığından daha çok azaltır. GGN, bu tezin kapsamı dışında olduğundan, tanımı verilmemiş olup burada da yapıldığı gibi, kısmi GN ile arasındaki farka kısaca değinilmiştir.

Kısmi G-nedenselliği, koşullu GN ölçüsünden, öngörülen (bağımlı) ve üzerine koşullanan değişkenler arasındaki hataların ilintilerine bağlı olan terimlerin kalıba eklenmesi nedeniyle farklıdır (Guo, 2008:79; Youssofzadeh, 2014). Yani, kısmi G-nedenselliği, kısıtsız VÖB'ün hatalarının karşılıklıdeğişirlik (kovaryans) dizeyi (Σ) ve kısıtlı VÖB'ün hatalarının karşılıklıdeğişirlik dizeyinden (ρ) faydalanır (Şekil 2.15). Kısmi G-nedenselliği sınavasının temeli,

$$F'_{x_2 \rightarrow x_1 | x_3} \equiv \frac{\rho_{11} - \rho_{12}\rho_{22}^{-1}\rho_{21}}{\Sigma_{11} - \Sigma_{13}\Sigma_{33}^{-1}\Sigma_{31}}. \quad (2.11)$$

oranıdır.

Kısmi GN, koşullu GN ile karşılaştırıldığında, bir VÖB'ün hataları ilintili değilse, kısmi GN ve koşullu GN aynı sonucu verir (Papana, 2013:2638).



Şekil 2.15. Kısmi GN; tanım; indirgenmiş (kısıtlı) ve tam (kısıtsız) kalıp
Kaynak: (Youssofzadeh, 2013)

“Kısmi GN” ifadesinde her ne kadar “koşullu” sözcüğü geçmese de, kısmi GN de, tıpkı koşullu GN gibi, ikiden fazla değişkenli düzende, değişkenler arasındaki G-nedensellik ilişkilerini diğer değişkenlere koşullu olarak, yani diğer değişkenlerin etkilerini dikkate alıp onların bu etkisinden arındırılmış olarak bulur.

2.9. Etki Tepki İşlevleri

VHD ve VÖB kestirildikten sonra, VHD ve VÖB’den, değişkenler arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkileri sonuçlarının dışında başka sonuçlar da elde edilebilir. Düzendeki değişkenlerden birine bir şok etkirse, bu şokun düzendeki değişkenlerin yoluna etkisi de VHD ve VÖB kestirimlerinden bulunabilir.

Düzene etkiyen şoklar karşısında, düzendeki değişkenlerin artma azalma durumu ve bu artış/azalış değişmesi durumunun miktarı, izleyeceği değişim yolu, etki tepki işlevleri ve tahmin hatasının değişirliğinin ayrışımı (THDA) ile incelenir. Etki tepki işlevleri, şokların, değişkenlerin yeniden dengeye gelmeleri için kendilerini düzenleme yoluna etkilerini gösterir.

2.9.1. İki Değişkenli Bir Düzende Etki Tepki (Impulse-Response) İşlevleri

Bir etki tepki işlevi, düzendeki değişkenlerden birinde aniden ortaya çıkan bir şokun etkisi karşısında düzendeki diğer değişkenin bu şoka verdiği tepkiyi gösteren işlevdir.

Etki tepki işlevleri, şokun etkisinin büyüklüğünün yanısıra şokun yayılım hızını (oranını) da göstererek, karşılıklı bağımlılıklara olanak sağladığı için, sadece VÖB katsayılarını incelemeye elde edilen bilgiye kıyasla daha fazla bilgi edinilmesini sağlarlar (Hill, 2011:507).

2.10. Tahmin Hatasının Değişirliğinin Ayrışimleri

“Tahmin hatasının değişirliğinin ayrışımı” (THDA) yöntemi, birden çok değişkene sahip bir düzende, veriye bir vektör özbağlanım kalıbı (VÖB) yakıştırıldıktan sonra, bu VÖB’ün yorumlanmasına yardımcı olmak için kullanılan bir araçtır. Tahmin

hatasının değişirliğinin ayrışımı, VÖB'ün eşitliklerinde, değişkenlerin diğer değişkenlere katkıda bulunduğu bilgi miktarını ortaya çıkarmaktadır.

THDA sayesinde, değişkenlerden her birinin tahmin hatasının değişirliğinin ne ölçüde diğer değişkenlerin maruz kaldığı dışsal şoklar tarafından açıklanabileceği belirlenebilmektedir. Bağımlı, bağımsız ve üzerine koşullanılan değişkenlere yapılan her bir şok türünün tahmin hatasının değişirliğine olan katkısı da böylelikle ortaya konabilmektedir.





3. BÖLÜM

ÇOKLU YAPISAL KIRILMALI DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ NEDENSELLİK İLİŞKİLERİNİN KOŞULLU VE KISMİ GRANGER NEDENSELLİĞİYLE BULUNMASI ÖRNEĞİ

Krizler ve müdahaleler yüzünden, bir düzende yer alan değişkenlerin bazıları veya hepsi çoklu yapısal kırılmalı olabilmektedir. Bu bölümde, çoklu yapısal kırılmalı değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin koşullu ve kısmi Granger nedenselliği ile bulunması basit bir örnek yardımıyla açıklanacaktır.

3.1. Kalıp, Veriler ve Uygulanan Yöntem

Bu kısımda araştırmada kullanılan araştırma verisi açıklanacaktır. Tezde yer alan verikümesi, beş önemli makroekonomik değişkenin (1. gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), 2. enflasyon (fiyatların genel düzeyindeki değişim), 3. mevduat faizi oranı, 4. döviz kuru (TRY/1USD), 5. BIST100 borsa endeksi) verilerinden oluşmaktadır. Yazılım açısından daha kolay çalışabilmek adına, bu değişkenler sırasıyla, gsyih, enflasyon, mfaizi, kur, bist100 olarak kodlanmıştır (Çizelge 3.1). GSYİH'e ait veriler, veri yayıncıları tarafından çeyrek yıllık dönemlerle yayınlanmaktadır ve bu verileri herhangi bir enterpolasyon veya doğrusal yaklaşım yöntemi izleyerek aylık verilere dönüştürmek analizleri sakatlayabileceği için, gsyih verisi, olduğu haliyle, yani, çeyreklik veriler olarak bırakılmıştır. 51 gözlemlilik gsyih zaman serisi verisi, 2007.1Ç – 2019.3Ç dönemine ait çeyreklik gözlemlerden oluşmaktadır. enflasyon, mfaizi, kur ve bist100 değişkenlerinin verisi ise, 2007.01 – 2020.01 dönemine ait aylık gözlemlerden oluşmakta olup her bir zaman serisi için 157 gözlem vardır.

Her birinin aylık verisine sahip olunan “enflasyon, mfaizi, kur, bist100” kümesindeki değişkenlerin birbirleri aralarındaki ilişki bulunurken, $4 \times 157 = 628$ gözlem değeri üzerinden incelemeler gerçekleştirilmiştir. Verilerin gözlem sıklığı olarak “ay”ların seçimi, “günlük veya haftalık verinin, aylık veriye göre daha çok dalgalanma eğiliminde olmasına ve daha fazla kalıntı (gürültü) içermesi” (Brufatto, 2017) gerçeğine dayanmaktadır. Ayrıca, bir eşbütünleşim incelemesinde, sonuçların

tutarlılığı arttırılmak istendiğinde, gözlem döneminin uzunluğunun genişletilmesi, verinin gözlem sıklığını arttırmaya yeğlenir (Hakkio ve Rush (1991)).

“gsyih, enflasyon, mfaizi, kur, bist100” kümesindeki değişkenlerin birbirleri aralarındaki Granger nedenselliği ilişkisi bulunurken, “enflasyon, mfaizi, kur, bist100” değişkenlerinin her bir çeyrek sonundaki verisi alınmış ve diğer gözlemleri atılmış, böylelikle, verilerin hepsi çeyreklik veri haline getirilmiş ve $5 \times 51 = 255$ gözlem değeri üzerinden incelemeler gerçekleştirilmiştir.

“enflasyon, mfaizi, kur, bist100” kümesindeki değişkenler arasındaki ilişki, hem sadece bu 4 değişkenin oluşturduğu düzen üzerinden bulunmuş hem de gsyih’in de katıldığı 5 değişkenli “gsyih, enflasyon, mfaizi, kur, bist100” düzeni üzerinden bulunmuştur; böylelikle, gsyih’in değişkenler düzenine dahil edilmesinin, 4 değişkenin birbirleri arasındaki nedensellik ilişkilerine etkisi de gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.1. Uygulamadaki verilerin açıklaması ve bu verilerin kaynakları

değişken	açıklama	veri kaynağı
gsyih	Gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH)	TCMB – EVDS
enflasyon	Aylık enflasyon oranı değişkeninin vekil değişkeni olarak tüketici fiyat endeksi (TÜFE) (2003=100) kullanılmıştır.	TCMB – EVDS
mfaizi	mevduat faizi oranı	TCMB – EVDS
kur	döviz satış kuru. (TRY/1USD)	TCMB – EVDS
bist100	BIST100 endeksi. Borsa İstanbul Pay Piyasası’nın temel endeksi olup Borsa İstanbul’da işlem gören, piyasa değeri ve işlem hacmi en yüksek 100 payın ortak performansdır.	tr.investing.com

Çalışmanın yinelenabilir araştırma (reproducible research) olması arzu edildiğinden, veriler zenodo’ya yüklenmiş (<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3695227>; DOI: 10.5281/zenodo.3695227), böylelikle tüm araştırmacıların, uygulamayı aynen tekrarlayabilmesinin imkânı sağlanmıştır.

GSYİH hariç, diğer değişkenlerin verisine, “mevsimsel düzeltme” uygulanmamıştır.

Değişkenlerin nominal (görünür) değerleri arasındaki nedensellik ilişkilerini bulmak istediğimiz için, herhangi bir reelleştirme işlemi yapılmamıştır. Bununla birlikte,

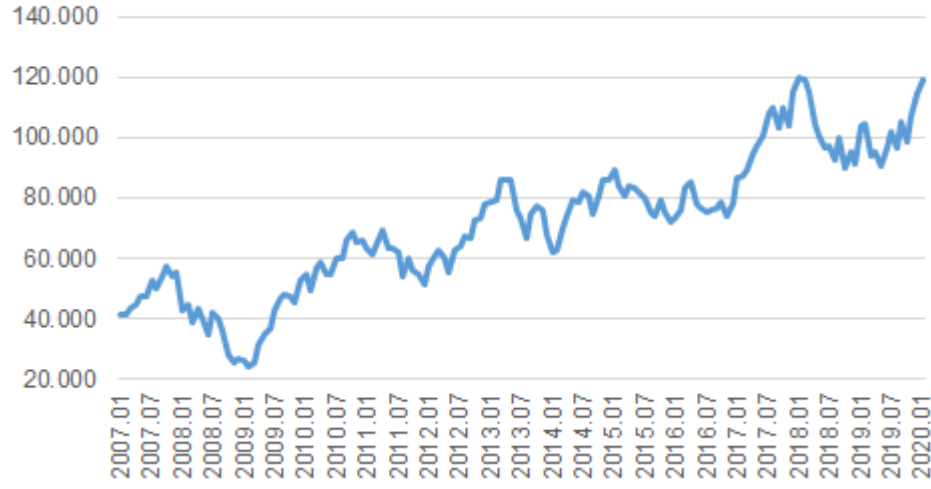
değişkenlerin reel değerleri arasındaki ilişkileri bulmak isteyen bir araştırmacı, tüketici fiyat endeksi (TÜFE) verilerini dikkate alarak, verileri reelleteştirebilir. Örneğin, bist100'ün 2019.12 anındaki 114.424,96 nominal değeri reelleteştirmek istendiğinde, $114.424,96 \times (2020.01 \text{ anındaki TÜFE değeri} / 2019.12 \text{ anındaki TÜFE değeri})$ işlemiyle; bist100'ün 2019.11 anındaki 106.903,68 nominal değeri reelleteştirmek istendiğinde, $106.903,68 \times (2020.01 \text{ anındaki TÜFE değeri} / 2019.11 \text{ anındaki TÜFE değeri})$ işlemiyle reelleteştirme yapılır. Bu şekilde devam edilerek, bist100'ün tüm nominal değerleri reelleteştirilebilir. Bu işlemlerdeki mantık, nominal değerlere endeksi etkitip doğru orantıyı kullanarak reel değerlere ulaşmaktır:

$$\begin{array}{rcl} \text{bist100 (2019.12)}=114.424,96 & \text{TÜFE(2019.12)}=440,50 & \\ \underline{\quad \quad \quad \times \quad \quad \quad} & \text{TÜFE(2020.01)}=446,45 & \\ x = \text{bist100 (2019.12)} * [\text{TÜFE(2020.01)} / \text{TÜFE(2019.12)}]. & & \end{array}$$

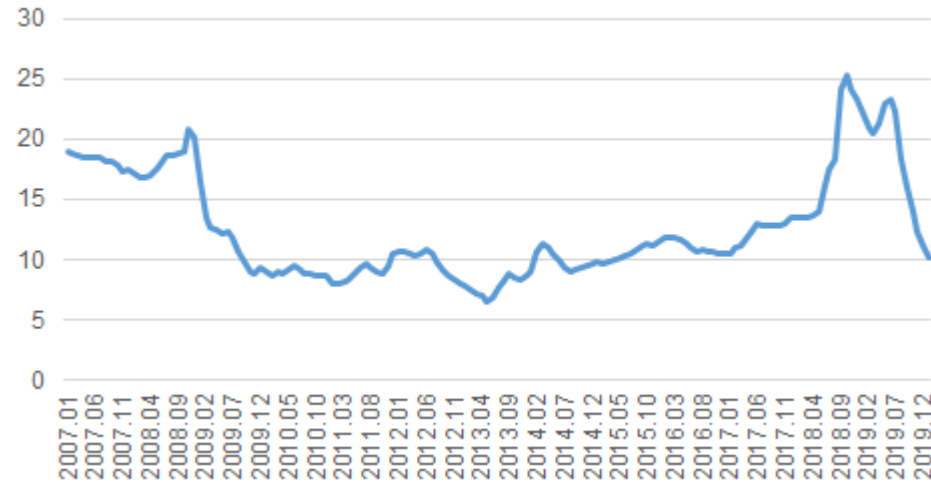
Zaman serileri incelenirken, oran ve yüzde olmayan tüm değişkenlerin logaritmalarının alınması, farklı değişirlik (farklıyayılım, heterosedastisite) sorununa çare olabilmektedir. Araştırmadaki değişkenlerden “yüzde veya oran olan” değişkenlerin (enflasyon, mfaizi, kur) sabit bir değer etrafında değişmesi beklendiğinden bu değişkenler olduğu gibi bırakılmıştır. “Yüzde ve oran olmayan” değişkenlerin (gsyih, bist100) de logaritmaları alınmamıştır. Zira, son dönem araştırmalarda, logaritmaların alınması sonrasında, istatistiksel sınamalarda sorun olabileceğine dair vurgulamalar yapılmaktadır. Logaritma dönüşümü yapılmış veriler üzerinde gerçekleştirilen standart istatistik sınamalarının sonuçları, genellikle, özgün, yani, dönüştürülmemiş veriler için geçerli değildir (Feng, 2014; Curran-Everett, 2018). Bu hususa, yeri geldiğinde, daha ayrıntılı bir şekilde değinilecektir.

Serilerin çizimleri aşağıda verilmektedir (Resim 3.1).

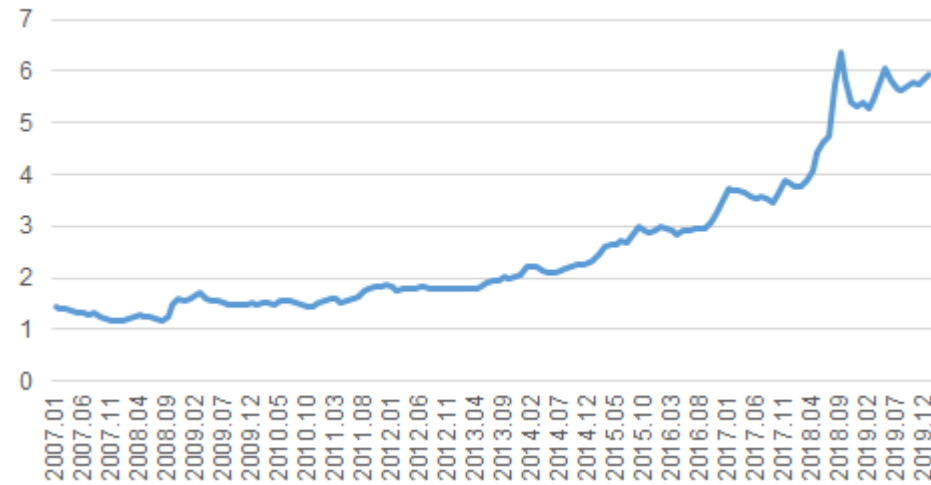
BIST100

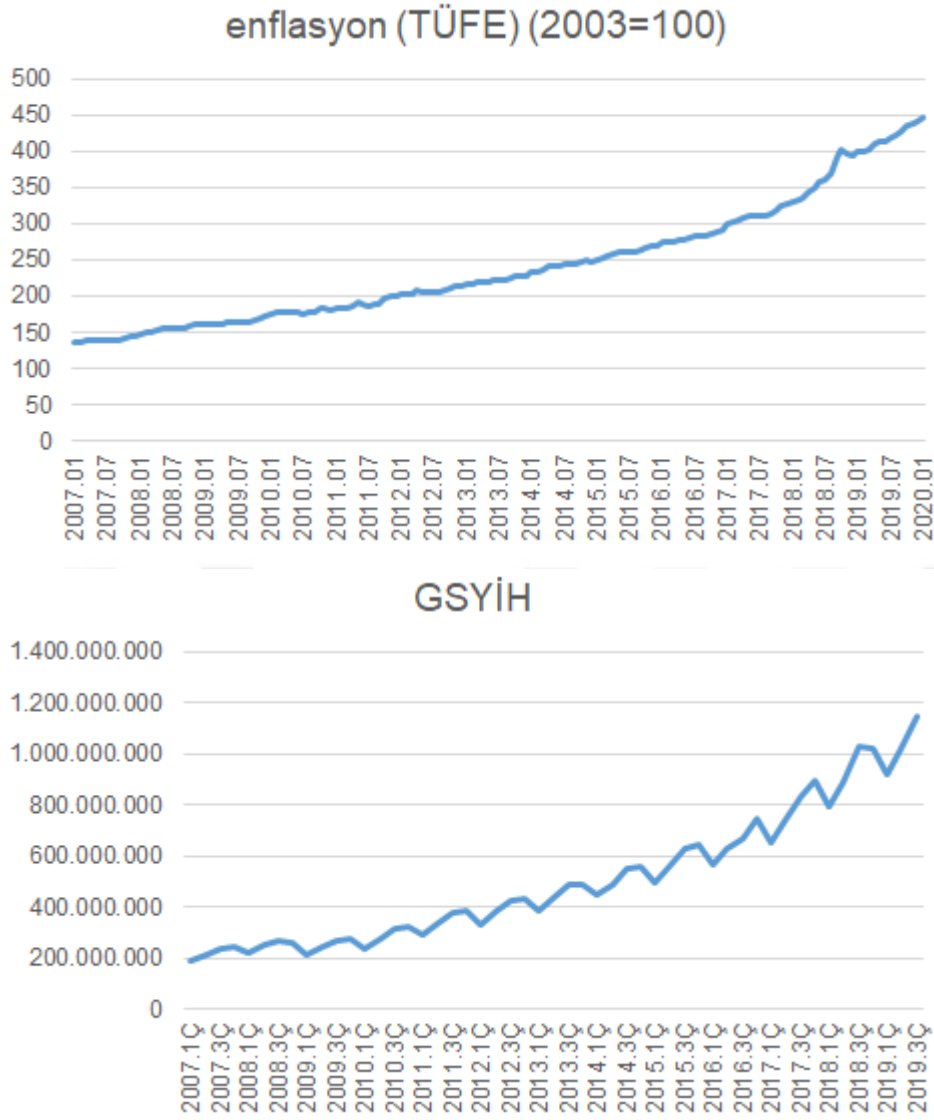


mevduat faiz oranı



TRY/1USD döviz kuru





Resim 3.1. BIST100, mevduat faiz oranı, TRY/1USD döviz kuru, enflasyon (TÜFE) ve GSYİH değişkenlerinin çizimi

GSYİH verisi, mevsimsellik gösterdiğinden, mevsimsellikten arındırılarak mevsimsizleştirilmiş veriler üzerinden incelemelerin yapılması daha sağlıklı olacaktır. Bunun için önce, çeyreklik verilerden oluşan bir seriyi, mevsimsellikten arındırıcı bir Cmevsimsizleştir işlevinin kodunu yazmak gerekmektedir:

```
##### Cmevsimsizleştir: çeyreklik veriyi mevsimsellikten arındır #####
# https://www.youtube.com/watch?v=Jr_2nj6M7L8 den esinle kod oluşturulabilir
# 4 ün katı sayıda çeyreklik gözlemlere sahip bir zaman serini mevsimsellikten
# arındıran kod:
```

```

Cmevsimsizlestir <- function (x){
x <- ts(x)
# 1.adım: Merkezi hareketli ortalamalar: özgün x zaman serisiyle aynı uzunluğa sahip
# mho zaman serisi oluştur. mho serisinin, her iki ucunda da 2 NA vardır.
mho <- filter(x, filter = c(1/8, 1/4, 1/4, 1/4, 1/8), sides=2)

#2.adım: Oranlar = Özgün zaman serisi / merkezi hareketli ortalamalar
oran <- x/mho

#3.adım: Düzeltilmemiş 4 mevsimsel endeks
duzeltilmemis4me <- ts(1:4)
# floor((length(x)-4)/4) #" -4", her iki uçtaki 4 NA'dır; aşağıdaki "-1",
# çarpımda, "0:"dan başlama nedeniyledir.

duzeltilmemis4me[1] <- mean(oran[3+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))])
duzeltilmemis4me[2] <- mean(oran[4+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))])
duzeltilmemis4me[3] <- mean(oran[5+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))])
duzeltilmemis4me[4] <- mean(oran[6+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))])

#4.adım: Düzeltilmiş 4 mevsimsel endeks
duzeltilmis4me <- ts(1:4)
duzeltilmis4me[1] <- duzeltilmemis4me[1]/mean(c(duzeltilmemis4me[1],
duzeltilmemis4me[2], duzeltilmemis4me[3], duzeltilmemis4me[4]))
duzeltilmis4me[2] <- duzeltilmemis4me[2]/mean(c(duzeltilmemis4me[1],
duzeltilmemis4me[2], duzeltilmemis4me[3], duzeltilmemis4me[4]))
duzeltilmis4me[3] <- duzeltilmemis4me[3]/mean(c(duzeltilmemis4me[1],
duzeltilmemis4me[2], duzeltilmemis4me[3], duzeltilmemis4me[4]))
duzeltilmis4me[4] <- duzeltilmemis4me[4]/mean(c(duzeltilmemis4me[1],
duzeltilmemis4me[2], duzeltilmemis4me[3], duzeltilmemis4me[4]))

#5.adım: Yayılmış düzeltilmiş mevsimsel endeksler
YayDuzME <- ts(1:length(x))

```

```

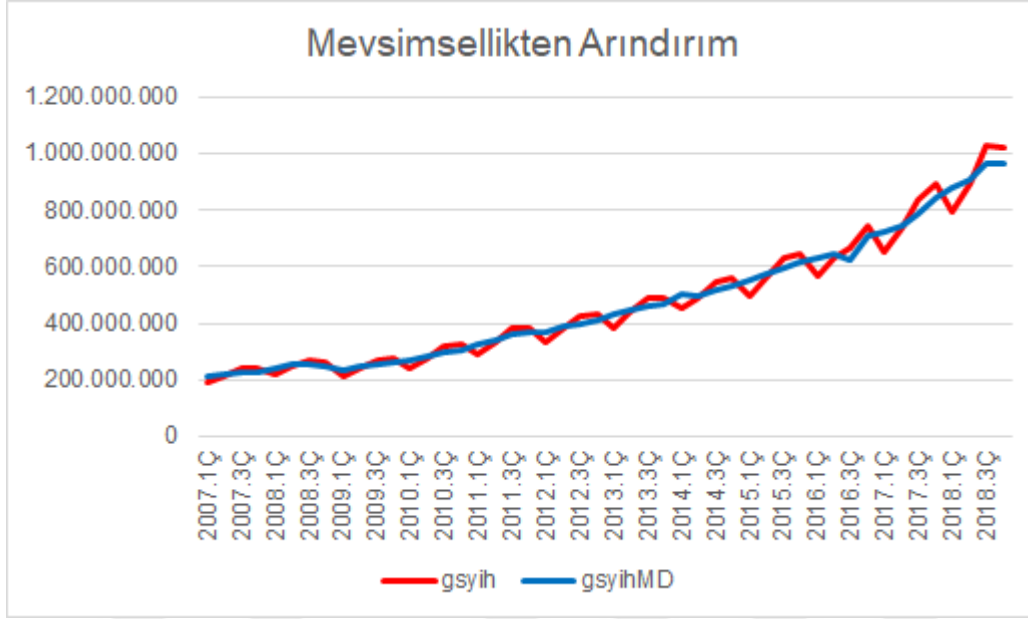
YayDuzME[3+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))] <- duzeltilmis4me[1]
YayDuzME[4+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))] <- duzeltilmis4me[2]
YayDuzME[5+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))] <- duzeltilmis4me[3]
YayDuzME[6+4*(0:(floor((length(x)-4)/4) - 1))] <- duzeltilmis4me[4]

YayDuzME[1] <- duzeltilmis4me[3]
YayDuzME[2] <- duzeltilmis4me[4]
YayDuzME[length(x)-1] <- duzeltilmis4me[1]
YayDuzME[length(x)] <- duzeltilmis4me[2]

#6.adım: Mevsimsizleştirilmiş değerler
out <- x/YayDuzME # mevsimsizleştirilmiş = x/YayDuzME
out}

```

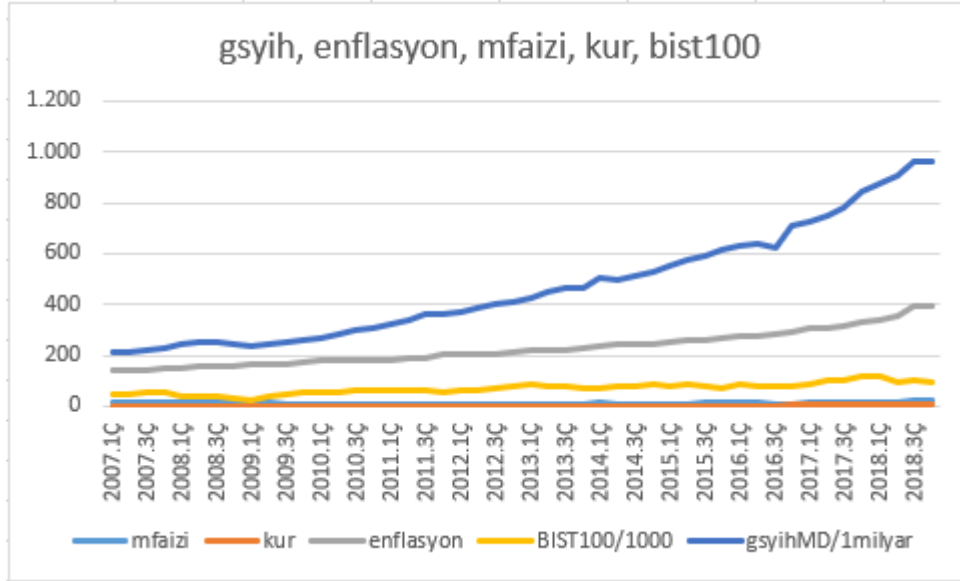
Yukarıda sunulan kod, 4'ün katı sayıda çeyreklik gözlem içeren zaman serileri için geçerli olduğundan, 2007.1Ç – 2019.3Ç dönemindeki “gsyih, enflasyon, mfaizi, kur, bist100” 51 gözlemlili veri kümesinin son 3 gözlemi atılarak, 5 değişkenden oluşan bu veri kümesinde, 2007.1Ç – 2018.4Ç dönemi üzerinde çalışılır. İlk 48 gözlem alındığında, gsyih serisinin özgün hali ve mevsimsellikten arındırılmış çizimleri Resim 3.2’de verilmiştir.



Resim 3.2. Özgün GSYİH ve mevsimsellikten arındırılmış (mevsimselliği düzeltilmiş) GSYİH

```
library(readxl) # paketi yükle
veri <- read_excel("D://t//makale//2020 02 Tez//veriHam v2 yalitimis ceyreklik.xlsx")
veri <- as.data.frame(veri) # tbl_df, tbl, data.frame den sadece data.frame sınıfını tut
gsyih <- veri[,6]
gsyihMD <- Cmevsimsizlestir(gsyih)
gsyihMDgsyihOZGUN <- cbind(gsyihMD, gsyih)
plot(gsyihMDgsyihOZGUN, plot.type="single", main="Mevsimsellikten Arindirim",
xlab="an", ylab="gsyih", col=c("blue", "red"), lty=1:2)
legend(10, 1e+09, legend=c("gsyihMD", "gsyih"), col=c("blue", "red"), lty=1:2)
```

“gsyih, enflasyon, mfaizi, kur, bist100” değişkenlerini aynı çizimde daha etkin gösterebilmek adına, BIST100 endeksi verileri 1000 ile bölündüğünde, mevsimsellikten arındırılmış gsyih verileri ise, 1 milyara bölündüğünde, bu 5 değişken Resim 3.3’deki gibi çizimlenmektedir:



Resim 3.3. GSYİH, enflasyon, mevduat faizi, döviz kuru ve BIST100

Resim 3.3'ten bir bakışta gözlemlenen husus, Türkiye ekonomisinin “enflasyon içinde büyüme” yaşamını sürdürdüğüdür.

Vektör özbağlanım (VÖB) kalıbında farklı birimli seriler bileşen seriler olarak kullanılabilir. Zaman serilerinin her biri tek bir vektör olarak düşünüldüğünde, (gecikmeler düşünülmediğinde) zaman serisi sayısı kadar boyutlu bir uzayda, bir modelleme, serilerin birbirleri cinsinden ifade edilmesi olarak ele alındığında, seriler birbirinden bağımsız olduklarından eksenlerin farklı birimlerde olması doğaldır.

Sabit bir yüzde ile büyüyen bir $y = f(e^{st})$ değişkeninin logaritması, zamanın doğrusal işlevi ($\ln y = st + c$) olduğundan logaritma dönüşümü böylesi değişkenler için ilk bakışta mantıklı gibi görünmektedir. Bir y değişkeni, sabit bir s yüzde artış oranı ile büyüdüğünde,

$$\frac{dy}{dt} = s y \quad (3.1)$$

dir. Terimler düzenlenip eşitliğin her iki tarafının integrali alındığında;

$$\int \frac{dy}{y} = \int s dt \quad (3.2)$$

$$\ln y = st + c$$

(c : integral sabiti) elde edilir. Eş. 3.2’de, logaritma dönüşümü sonrasında elde edilen yeni değişkenin zamanın doğrusal işlevi olduğu görülmektedir. Çok yakın zamanlara kadar, logaritma dönüşümü, araştırmacılar tarafından, farklı değişirlik (heteroskedastisite) sorunlarını çözmek [halihazırda zaten oran ve yüzde biçimde tanımlı değişkenlere, bu değişkenler fazla değişmeyen değişkenler olduğundan logaritma dönüşümü uygulanmıyordu], normal dağılımlı olmayan ekonomi zaman serilerinde klasik doğrusal kalıp varsayımlarını daha iyi karşılatmak ve veri kümesindeki çıkıntı (outlier) değerlerin etkisini azaltmak (Wooldridge, 2002) için kullanılmaktaydı. Logaritma dönüşümü yapılarak bir modelleme yapıldığında, değişkenlerin düzeyleri hakkında yorum yapabilmek için, ters dönüşümler düşünülerek, yapılmış olan logaritma dönüşümünün etkisi giderilmekteydi. Robin John Hyndman gibi bazı araştırmacılar tarafından, zaman serisinin zamana karşı çiziminin yapılması ve serideki değişimin serinin düzey (özgün) değerlerindeki artışa paralel olarak artması durumunda, seriye logaritma dönüşümü yapılması; eğer, böylesi bir paralel artış gözlemlenmiyorsa, özgün verilerle modelleme yapılması salık verilmektedir (<https://stats.stackexchange.com/questions/6330/when-to-log-transform-a-time-series-before-fitting-an-arima-model>). Feng ise, daha önce de belirtildiği gibi, logaritma dönüşümünün verilerin değişkenliğini azaltabileceğine ve verilerin normal dağılıma daha yakın hale gelebileceğine dair yaygın inanca rağmen, bunun genellikle böyle olmadığını; ayrıca, logaritma dönüşümü yapılmış veriler üzerinde yapılan standart istatistik sınamalarının sonuçlarının orijinal (dönüştürülmemiş) veriler için genellikle hiçbir şey ifade etmeyip geçerli olmayabileceğini; bu yüzden, araştırmacıların, çarpık verilerle uğraşmak için, çoğu durumda, geleneksel logaritma alma yaklaşımını kullanmaması gerektiğini önermektedir (Feng, 2014). Yüksek değerli değişkenlerde, değerlerin ölçeklenmesi, logaritma dönüşümü kullanmadan, değerlerin bine/milyona/milyara (daha genel olarak 10’un herhangi bir üssüne) bölünerek yapılabilir. Tüm bu değerlendirmeler ışığında, “gsyih, enflasyon, mfaizi, kur, bist100” değişkenler kümesinde, “enflasyon, mfaizi, kur” değişkenlerinin, yüzde ve oran olduklarından logaritması alınmamıştır. “gsyih ve bist100” değişkenleri için de, değerler, “gsyih/1 milyar” ve “bist100/bin” biçiminde ölçeklenerek bu değişkenler yeniden tanımlanmıştır; böylelikle, bu değişkenlerin de logaritmaları alınmamıştır.

Araştırmada, yöntem olarak, öncelikle, yapısal kırılmaları işleyen kukla dizeyler tanımlanarak değişkenler, durağanlık bakımından incelenmiştir. Sonra, VÖB kalıplamasına geçilerek, VÖB'ün en iyi (optimal) en küçük gecikme düzeyi bulunmuştur. VÖB'ün kararlılığı incelenmiştir. VÖB kalıntılarının özilintisizliği, normalliği ve aynıyayılmlılığı (sabit değişirlik, sabit varyans, homosedastisite) araştırılmış ve böylelikle, verilerden elde edilen VÖB'ün sağlamlık (robustness) ölçütlerini iyi bir şekilde karşıladığı gösterilmiştir. Sonrasında, her ne kadar üzerinde çalıştığımız veri kümesi için, farklı bütünleşme düzeylerinden ötürü eşbütünleşik olma ihtimalleri olmamasına rağmen ve bu yüzden eşbütünleşim incelemesine gerek olmamasına rağmen, eşbütünleşim makroekonomik seriler için karşılaşılabileceği olası bir durum olduğundan, yapısal kırılmalı serilerin eşbütünleşim incelemesinin nasıl yapılması gerektiği kısaca anlatılarak eşbütünleşik değişkenlere sahip verikümelerinde de koşullu GN ve kısmi GN'nin doğru bir şekilde yapılabilmesinin ayrıntıları verilmiştir. Ardından, koşullu GN ve kısmi GN sınamaları kullanarak, değişkenler arasındaki koşullu ve kısmi GN ilişkileri incelenmiştir. Nedensellik ağ topolojileri çizilmiştir. VÖB'deki 5 değişkenin gelecek değerlerinin üflenmesi (fanchart) çizilmiştir. VÖB kalıntılarının ilintilerinin görsel düzeyi ve VÖB kestirimlerinin sonuçlarından, aralarında G-nedenselliği ilişkisi olan değişkenler arasındaki G-nedenselliği ilişkilerinin aynı/zıt yönlülüğünün seyri bulunmuştur. Son olarak, araştırma bulguları raporlanmıştır.

Durağandışı değişkenler arasında sahte bağlanım olabileceğinden, düzendeki değişkenlerin durağanlık incelemesi kesinlikle gereklidir. Gerçekten de, durağanlık incelemesi yapılmadan, çok-değişkenli bağlanımlarla gerçekleştirilen bir araştırmanın sonuçları, bilimsel açıdan geçersizdir. Bir zaman serisindeki krizler, müdahaleler vb. nedenlerle ortaya çıkan yapısal kırılmaların dikkate alınması, durağanlık sınamalarında karar değerlerini etkilediğinden, yapısal kırılmalı serilerin durağanlık incelemesi yapılırken, sınamalarda kırılmalar dikkate alınmalıdır.

3.2. Yapısal Kırılmaları Ele Alıp İşleyen Kukla Dizeylerin Tanımlanması ve Değişkenlerin Durağanlık Doğalarının İncelenmesi

Beş değişkenin durağandışılık (birim kök) sınamaları, Narayan-Popp (NP) sınaması ile yapılmıştır.

Veri dönemi (2007.1Ç – 2018.4Ç), hem 2008 küresel krizini, hem 2013 krizini hem de 2016 darbe girişimi gibi birçok olayı içerdiğinden, değişkenlerde iki yapısal kırılmalı olma olasılıkları altında durağandırlık incelenmiştir. “mfaizi, kur, enflasyon” düzey değerleriyle incelemede yer almış, bist100 için, BIST100/1000 ölçeklemesi, mevsimsellikten arındırılmış gsyih (gsyihMD) için, “gsyihMD/1 milyar” ölçeklemesi yapılmış, böyle tanımlanan, bist100 ve gsyih ile incelemeler gerçekleştirilmiştir.

```
library(readxl) # Excel'den veriçerçevesi oluşturan paketi yükle
veri <- read_excel("D://t//makale//2020 02 Tez//vericeyreklik.xlsx")
veri <- as.data.frame(veri) # Veriyi, veriçerçevesi türüne getir
veri <- veri[c("tarih", "bist100_1000", "mfaizi", "kur", "enflasyon", "gsyihMD_1milyar")]
# veriçerçevesinin sütun adlarını ayarla
names(veri) <- c("tarih", "bist100", "mfaizi", "kur", "enflasyon", "gsyih")

library(lubridate); library(zoo)
row.names(veri) <- as.yearqtr(seq(ymd('2007-01-01'), by = '1 quarter',
length.out=(48)))

veriT <- veri # Tarih sütunlu haliyle veriyi ayrı bir değişkende sakla
(veri <- veri[,-1]) # Tarih sütununu, veri veriçerçevesinden ayır
library(lubridate); library(zoo); library(ggplot2)
```

Verinin, başlangıç ve son kısımdaki gözlemleri aşağıda verilmektedir (Resim 3.4):

```
head(veri); tail(veri)
```

		bist100	mfaizi	kur	enflasyon	gsyih
2007	Q1	43.66112	18.5940	1.409632	137.67	211.0911
2007	Q2	47.09367	18.4220	1.321548	139.69	215.9931
2007	Q3	54.04422	18.2075	1.267385	140.13	223.1913
2007	Q4	55.53813	17.4350	1.178626	145.77	228.5483
2008	Q1	39.01544	16.8600	1.238333	150.27	242.6610
2008	Q2	35.08953	18.1975	1.233724	154.51	253.5059

		bist100	mfaizi	kur	enflasyon	gsyih
2017	Q3	102.90773	12.7920	3.474295	313.88	783.9427
2017	Q4	115.33301	13.4420	3.854624	327.41	846.3319
2018	Q1	114.93022	13.5260	3.887855	336.48	879.7026
2018	Q2	96.52007	16.1000	4.636550	357.44	904.7935
2018	Q3	99.95690	24.1425	6.378340	390.84	965.3681
2018	Q4	91.27048	23.2225	5.315690	393.88	964.8655

Resim 3.4. Verinin başlangıçtaki (2007 başı) ve sondaki (2018) gözlemleri
Değişkenlerin iki yapısal kırılma altında Narayan-Popp durağanlılık sınamaları
yapılmış olup sınamaların sonuçları aşağıdadır (her bir sınamadaki sayısal
inceleme sonuçları, görsel sonuçların sonunda topluca verilmiştir).

bist100 değişkeni gözlem tarihlerinin sütunu çıkartılmış veride birinci sütundur.
bist100 değişkeninin Narayan-Popp sınamasının kodu aşağıdadır:

```
# NarayanPopp2010RKodu.R dosyasından narayanpopp işlevini yükle
narayanpopp(veri[,1]) # bist100'ün NP sınaması
```

Sınamanın sonucundaki çıktının görsel kısmı Resim 3.5'tedir.

mfaizi değişkeni gözlem tarihlerinin sütunu çıkartılmış veride ikinci sütundur. mfaizi
değişkeninin Narayan-Popp sınamasının kodu aşağıdadır:

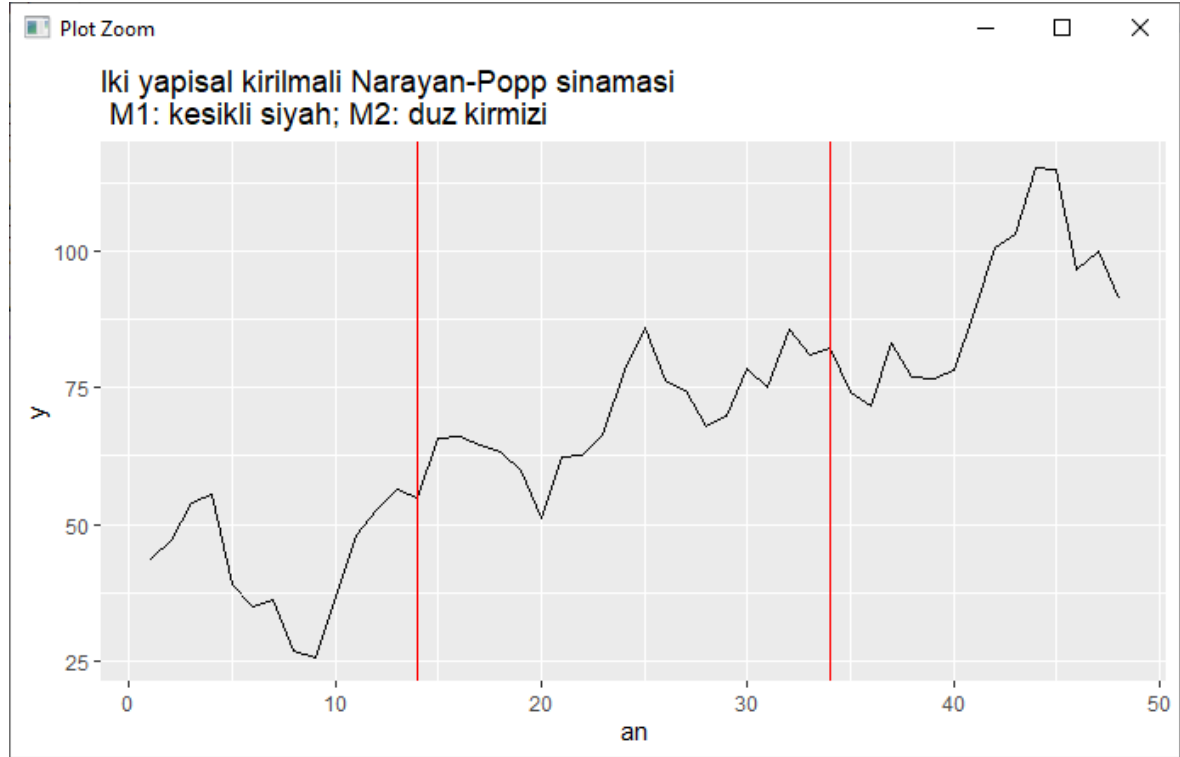
```
narayanpopp(veri[,2]) # mfaizi'nin NP sınaması
```

Sınamanın sonucundaki çıktının görsel kısmı Resim 3.6'dadır.

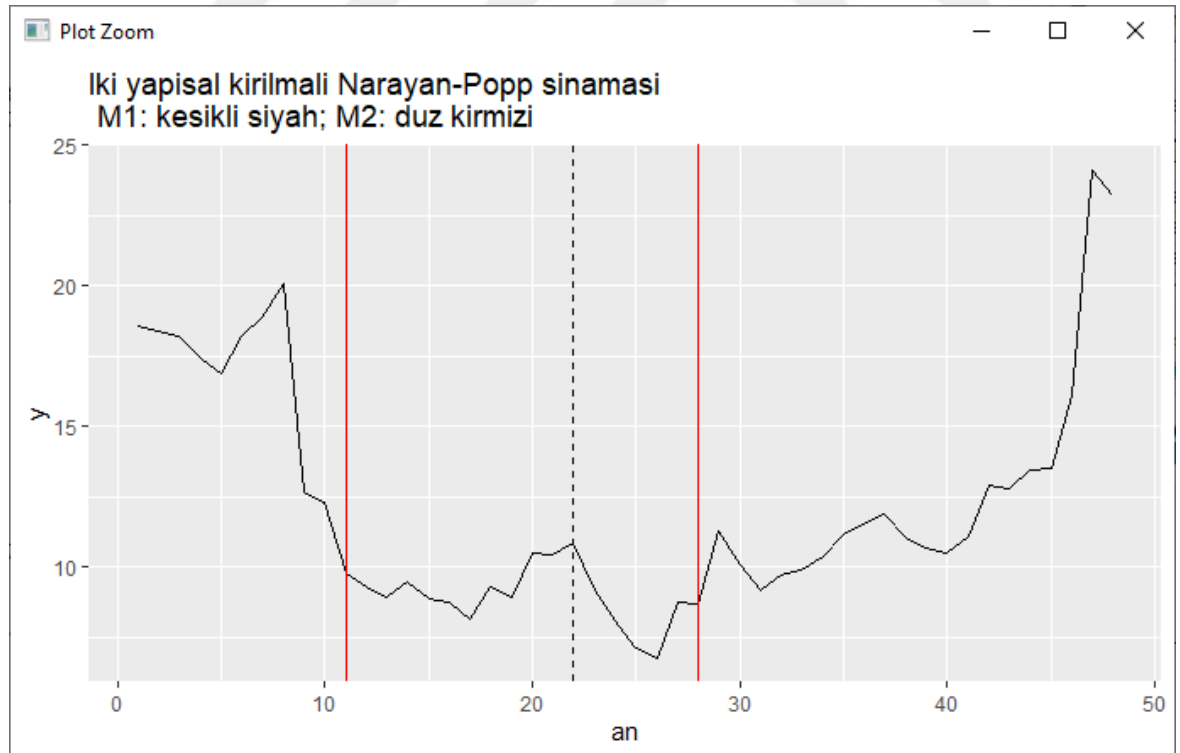
kur değişkeni gözlem tarihlerinin sütunu çıkartılmış veride üçüncü sütundur. kur
değişkeninin Narayan-Popp sınamasının kodu aşağıdadır:

```
narayanpopp(veri[,3]) # kur'un NP sınaması
```

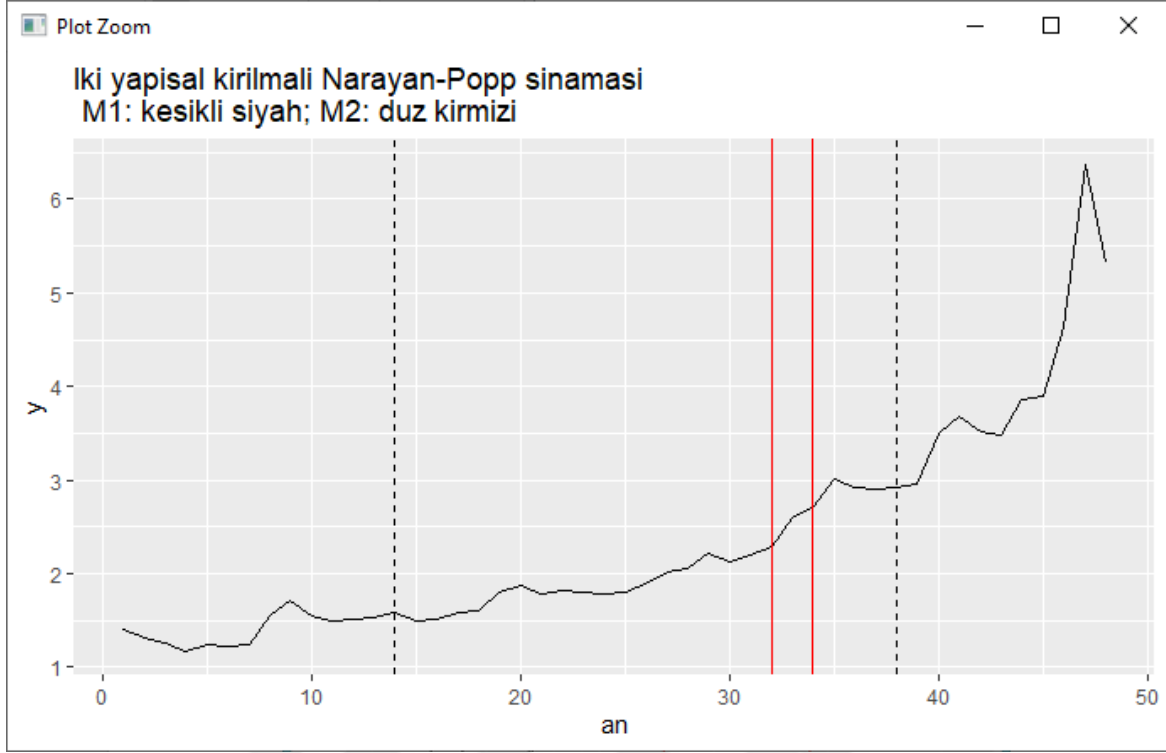
Sınamanın sonucundaki çıktının görsel kısmı Resim 3.7'dedir.



Resim 3.5. *bist100* değişkenine Narayan-Popp sinamasi uygulanmasının sonucu



Resim 3.6. *mfaizi* değişkenine Narayan-Popp sinamasi uygulanmasının sonucu

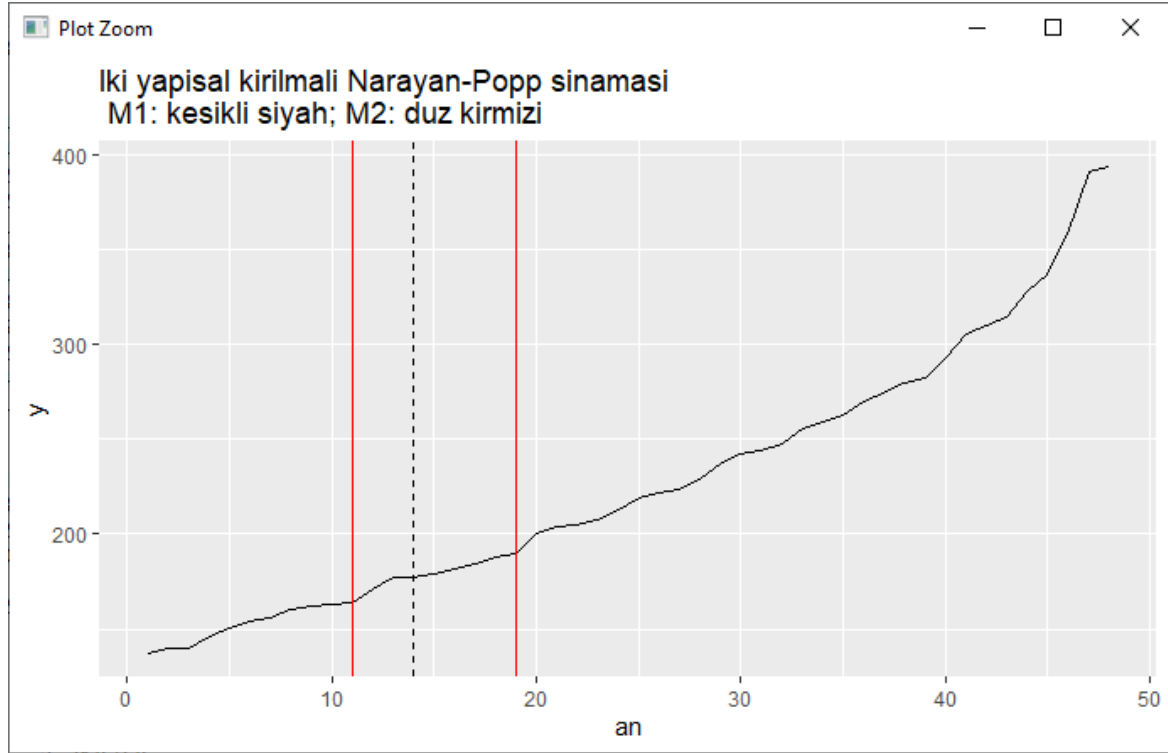


Resim 3.7. kur değişkenine Narayan-Popp sinamasi uygulanmasının sonucu

enflasyon değişkeni gözlem tarihlerinin sütunu çıkartılmış veride dördüncü sütundur. enflasyon değişkeninin Narayan-Popp sinamasi kodu aşağıdadır:

```
narayanpopp(veri[,4]) # enflasyon'un NP sinamasi
```

Sinamanın sonucundaki çıktının görsel kısmı Resim 3.8'de verilmektedir.



Resim 3.8. enflasyon değişkenine Narayan-Popp sinamasi uygulanmasının sonucu

gsyih değişkeni gözlem tarihlerinin sütunu çıkartılmış veride beşinci sütundur. gsyih değişkeninin Narayan-Popp sinamasının kodu aşağıdadır:

```
narayanpopp(veri[,5]) # gsyih'in NP sinamasi
```

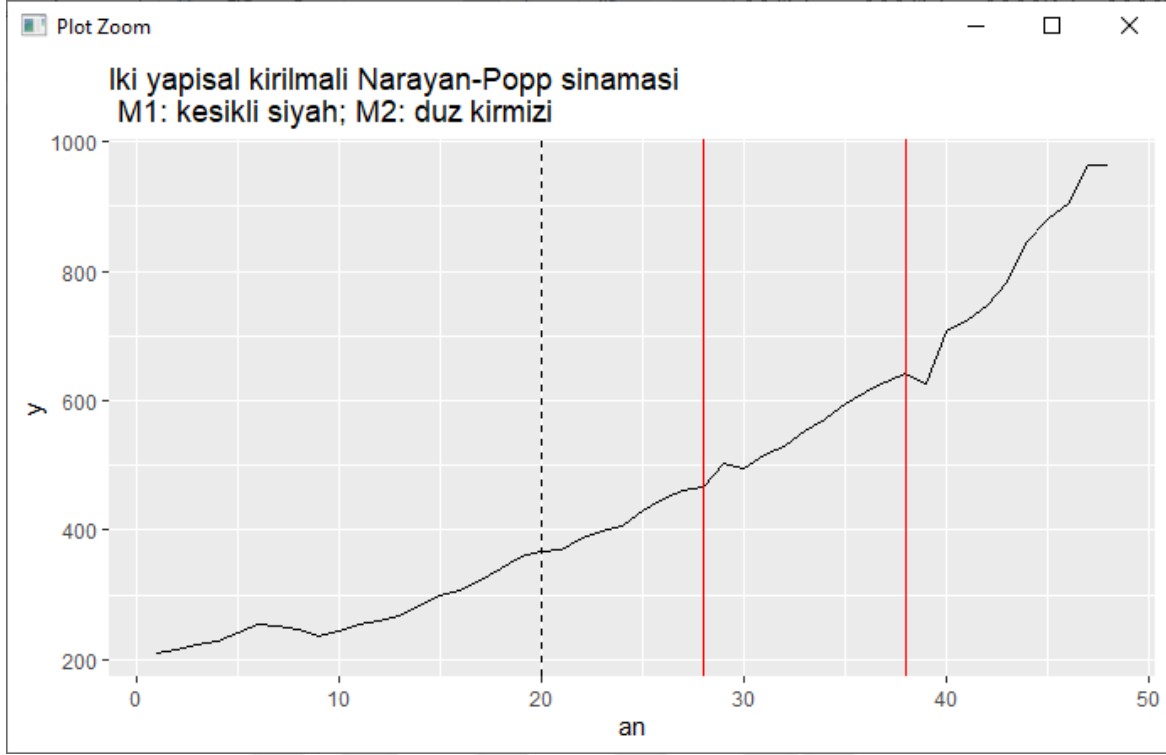
Sınamanın sonucundaki çıktının görsel kısmı Resim 3.9'dadır.

Her bir sınamadaki sayısal inceleme sonuçları, aşağıdaki Çizelge 3.2'de birleştirilmiştir:

Çizelge 3.2. Değişkenlerin Narayan-Popp sinamasi sonuçları ve yapısal kırılmalarının anları (gözlemdeki numarası ve tarihi)

değişken	t istatistiği	k (en iyi gecikme sayısı)	1. yapısal kırılma anı	2. yapısal kırılma anı
bist100	-5,272	3	14: 2010.2Ç	34: 2015.2Ç
mfaizi	-2,465	0	11: 2009.3Ç	28: 2013.4Ç
kur	-1,291	0	32: 2014.4Ç	34: 2015.2Ç
enflasyon	5,142	4	11: 2009.3Ç	19: 2011.3Ç
gsyih	-3,620	1	28: 2013.4Ç	38: 2016.2Ç

(Karar değerleri (%1; %5; %10): -5,949; -5,181; -4,789)



Resim 3.9. gsyih değişkenine Narayan-Popp sınaması uygulanmasının sonucu

Çizelge 3.2 incelendiğinde, iki yapısal kırılma altında, %5 anlamlılık düzeyinde bist100 değişkenine ait sinama istatistiğinin değeri (-5,272), karar değerinden (-5,181) küçük olduğu için, V0 temel varsayımı (seri, iki yapısal kırılmayla durağandışı) reddedilir; V1 karşıt varsayımı (seri, iki yapısal kırılmayla durağan) korunur. Yani, bist100 değişkeni durağandır. Gerçekten de, bist100 değişkeninin NP sınaması sonucu ortaya çıkan çizimi de, bist100'ün iki yapısal kırılma altında durağan olduğunu açıkça göstermektedir. $-2,465 > -5,181$ olduğundan mfaizi değişkenin durağandışıdır. $-1,291 > -5,181$ olduğundan kur değişkeni durağandışıdır. $5,142 > -5,181$ olduğundan enflasyon değişkeni durağandışıdır. $-3,620 > -5,181$ olduğundan gsyih değişkeni durağandışıdır. Yani, bist100 dışındaki diğer dört değişken durağandışıdır. Serilerdeki yapısal kırılmalar dikkate alınmasaydı, tüm seriler durağandışı çıkacaktı (Resim 3.10):

```
library(causfinder)
adfcs.table(veri)
```

	var	type	inc	levelt	Pc	c	Pt	t	prob	omlo	type	inc	1stDiff	Pc	c	Pt	t	prob	omlo	intorder	
1	bist100	dt	-0.415	-3.091	0.002	s	0.029	s	0.123	0	dt	-1.056	-6.152	0.347	0.592	0.000	0				
2	bist100	d	-0.145	-2.175	0.022	s		x	x	0.218	0	d	-1.048	-6.191	0.331		x	x	0.000	0	I(1)
3	bist100	-	0.011	0.666		x	x		x	0.856	0	-	-1.011	-6.129		x	x	x	0.000	0	
4	mfaizi	dt	-0.091	-0.816	0.882		0.019	s	0.955	0	dt	-1.058	-6.096	0.259	0.056	0.000	0				
5	mfaizi	d	0.073	0.764	0.644			x	x	0.992	0	d	-0.909	-5.584	0.238		x	x	0.000	0	I(1)
6	mfaizi	-	0.030	1.216		x	x		x	0.940	0	-	-0.872	-5.422		x	x	x	0.000	0	
7	kur	dt	0.494	2.406	0.005	s	0.742	1.000			5	dt	-1.533	-0.983	0.126	0.055	0.936			6	
8	kur	d	0.433	4.965	0.002	s		x	x	1.000	5	d	0.919	0.909	0.984		x	x	0.995	6	variableoi
9	kur	-	0.157	3.966		x	x		x	1.000	5	-	0.936	1.570		x	x	x	0.970	6	
10	enflasyon	dt	0.526	3.691	0.001	s	0.004	s	1.000	4	dt	-0.895	-5.052	0.632	0.021	s	0.001			0	
11	enflasyon	d	0.057	3.840	0.043	s		x	x	1.000	0	d	1.108	2.153	0.19		x	x	1.000	5	variableoi
12	enflasyon	-	0.027	7.482		x	x		x	1.000	0	-	0.461	2.524		x	x	x	0.997	5	
13	gsyih	dt	0.067	0.955	0.737		0.939	1.000			1	dt	-1.420	-8.499	0.176	0.001	s	0.000		0	
14	gsyih	d	0.062	3.971	0.646			x	x	1.000	1	d	-0.401	-1.444	0.089		x	x	0.551	3	variableoi
15	gsyih	-	0.056	6.980		x	x		x	1.000	1	-	0.023	0.162		x	x	x	0.728	3	

Sütunların açıklaması; değişkenler: *bist100*, *mfaizi*, *kur*, *enflasyon*, *gsyih*. GDF bağlanımında, sınamalar sonuçları “kaymalı ve belirlenimci zamanyönsemeli (dt)”, “kaymalı ama belirlenimci zamanyönsemesiz (d)” ve “kaymasız ve belirlenimci zamanyönsemesiz (-)” sırasıyla. Değişkenlerin düzeylerinin ve 1. farklarının GDF istatistiklerinin değeri sırasıyla *levelt* ve *1stdiff* sütunlarındadır. GDF bağlanımlarındaki kesme (“c”) ve zamanyönsemesi (“t”) katsayılarının anlamlı olup olmadığı, p değerlerinden sonra “s” (significant) ile belirtilir; katsayılar anlamlıysa ($Pr(>|t|) < 0.05$) ilgili hücreye “s” girilir, katsayılar anlamsızsa hiçbir şey girilmez. Pc, GDF sınamasında kesme teriminin olasılığıdır; Pt, GDF sınamasında belirlenimci zamanyönsemesi teriminin olasılığıdır. GDF sınaması istatistiğinin olasılık değeri, “prob” sütunundadır. “omlo”, eniyi enküçük gecikme düzeyidir. “intorder”, VÖB düzenindeki değişkenlerin bütünleşim düzeyidir. *variableoi*, bütünleşim düzeyinin, 0 veya 1 den farklı bir değer olduğu, bunu bulmak için, *variableoi* işlevinin kullanılması gerektiğini gösterir.

Resim 3.10. Serilerin yapısal kırılmaları dikkate alınmadığı durumda serilerin `causfinder::adfcstable` ile durağandışılık sınamaları

Resim 3.10'daki çıktıda, *bist100* ~ B(1), *mfaizi* ~ B(1) olduğu, *kur*, *enflasyon* ve *gsyih*'in bütünleşim düzeyinin 1'den büyük olduğu ve bu bütünleşim düzeylerini bulmak için *variableoi* işlevinin kullanılması gerektiği söylenmektedir. Bu işlev kullanıldığında;

```
variableoi(veri[,3]); variableoi(veri[,4]); variableoi(veri[,5]) # B(2); B(2); B(2)
```

Böylelikle, zaman serilerin durağanlığı sınanırken, (krizler, müdahaleler vb. nedenlerle ortaya çıkan) yapısal kırılmaların dikkate alınmasının ne denli önemli olduğu görülmektedir.

“Yapısal kırılmaları dikkate almayan” ortak örnek genişliğini dikkate alan genişletilmiş Dickey-Fuller sınaması, her ne kadar değişkenlerin durağanlık doğasını yanlış belirlese de, durağandışı değişkenlerin bütünleşim düzeylerinin birden büyük olup olmadığı araştırılırken bir fikir verici olarak kullanılabilir.

Yukarıdaki sınama sonuçlarına göre, olası yapısal kırılmalar da dikkate alındığında, değişkenlerin bütünleşim düzeyleri, $bist100 \sim B(0)$, $mfaizi \sim B(1)$, $kur \sim B(2)$, enflasyon $\sim B(2)$, $gsyih \sim B(2)$ dir.

Bir vektör özbağlanım kalıbında (VÖB), değişkenler önceden bağımsız değişken ve bağımlı değişken olarak ayrıştırılmaz ve değişkenlere eşit yaklaşılr; her bir değişkenin, VÖB düzeninde, kendisinin, eşitliğin solunda bağımlı değişken olarak yer aldığı kendine özgü bir bağlanım eşitliği vardır. Ancak, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini bulurken, tüm değişkenlere eşit önem verip, beş serinin 1. yapısal kırılma anlarının ortalamasını ve beş serinin 2. yapısal kırılma anlarının ortalamasını alıp, değişkenler düzeni için 1. ve 2. ortak yapısal kırılma anları bulmaya çalışmak ve böylesi bir yapı üzerinden değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini bulmaya çalışmak sakıncalı olabilir. Zira, düzene ait ortak yapısal kırılma anları, düzendeki tek bir değişken için bir anlam ifade etmeyebilir; yani, kendisinin G-nedeni olan değişkenleri bulmaya çalışırken, kendi yapısal kırılma anlarıyla hiçbir yakınlığı/ilgisi olmayan düzenin ortak yapısal kırılma anlarını dikkate almak, bunlar üzerinden işlemler yapmak, hatalı G-nedensellik ilişkilerinin bulunmasıyla sonuçlanabilir. Somutlaştırsak, elde $\{x, y, z, u, v\}$ değişkenleri varsa, x değişkenine G-nedeni olan değişkenler bulunmaya çalışılırken $(? \rightarrow x)$, x in G-nedeni olan değişkenler VÖB’de, x e özgü eşitlikte, eşitliğin sağında kalacaktır ve x değişkeninin G-nedeni olan değişkenleri bulurken anlamlı bir modelleme için, düzenin ortak yapısal kırılma anları değil, x değişkeninin yapısal kırılma anları dikkate alınmalıdır. Benzer şekilde, y değişkenine G-nedeni olan değişkenler bulunmaya çalışılırken $(? \rightarrow y)$, y nin G-nedeni olan değişkenler VÖB’de, y ye özgü eşitlikte, eşitliğin sağında kalacaktır ve y değişkeninin G-nedeni olan değişkenleri bulurken anlamlı bir modelleme için, düzenin ortak yapısal kırılma anları değil, y değişkeninin yapısal kırılma anları dikkate alınmalıdır. z, u, v değişkenleri için de bu aynen böyledir.

İncelenen düzende değişkenlerin grafiklerine bakıldığında, $bist100$ ve $mfaizi$ değişkenlerinde yapısal kırılmalar daha belirgin olduğundan bu değişkenlerin G-nedeni olan değişkenleri, yapısal kırılmalı VÖB ile bulmak yararlı olacaktır. kur , enflasyon ve $gsyih$ değişkenlerinde ise belirgin yapısal kırılmalar olmadığından bunların G-nedeni olan değişkenler, yapısal kırılmasız VÖB ile bulunabilir.

(1) bist100 değişkeninin G-nedeni olan değişkenlerin bulunuşu:

bist100 değişkeninin yapısal kırılmaları, 14: 2010.2Ç ve 34: 2015.2Ç dir. İki yapısal kırılmalı (14: 2010.2Ç ve 34: 2015.2Ç) kukla dizey aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

```
library(data.table)
```

```
VeriTablosu <- data.table(veriT, keep.rownames=FALSE)
```

```
VeriTablosu
```

	tarih	bist100	mfaizi	kur	enflasyon	gsyih
1:	2007.1Ç	43.66112	18.5940	1.409632	137.67	211.0911
2:	2007.2Ç	47.09367	18.4220	1.321548	139.69	215.9931
3:	2007.3Ç	54.04422	18.2075	1.267385	140.13	223.1913
4:	2007.4Ç	55.53813	17.4350	1.178626	145.77	228.5483
5:	2008.1Ç	39.01544	16.8600	1.238333	150.27	242.6610
...	...	...	...	...	...	...
44:	2017.4Ç	115.33301	13.4420	3.854624	327.41	846.3319
45:	2018.1Ç	114.93022	13.5260	3.887855	336.48	879.7026
46:	2018.2Ç	96.52007	16.1000	4.636550	357.44	904.7935
47:	2018.3Ç	99.95690	24.1425	6.378340	390.84	965.3681
48:	2018.4Ç	91.27048	23.2225	5.315690	393.88	964.8655

Yapısal kırılmaları yansıtan *davranışdeğişimleri* aşağıda tanımlanmaktadır:

```
Dt <- cbind("bir"=1,
```

```
"D2t" = as.numeric(ifelse( VeriTablosu[,c("tarih"), with=FALSE] >= "2010.2Ç" &
```

```
VeriTablosu[,c("tarih"), with=FALSE] <= "2015.1Ç", 1 , 0)),
```

```
"D3t" = as.numeric(ifelse( VeriTablosu[,c("tarih"), with=FALSE] >= "2015.2Ç" &
```

```
VeriTablosu[,c("tarih"), with=FALSE] <= "2018.4Ç", 1 , 0)))
```

```
Dt
```

	bir	D2t	D3t
[1,]	1	0	0
[2,]	1	0	0
[3,]	1	0	0
...	...	...	...
[13,]	1	0	0
[14,]	1	1	0
[15,]	1	1	0
[16,]	1	1	0
...	...	...	...
[32,]	1	1	0
[33,]	1	1	0
[34,]	1	0	1
[35,]	1	0	1
[36,]	1	0	1
...	...	...	...
[47,]	1	0	1
[48,]	1	0	1

Davranışdeğişimlerine eşlik eden *doğaçlama ışıklar* aşağıda tanımlanmaktadır:

```
IsiklarDogac <- cbind(
  "I2t" = as.numeric(VeriTablosu[, c("tarih"), with=FALSE] == "2010.2Ç"),
  "I3t" = as.numeric(VeriTablosu[, c("tarih"), with=FALSE] == "2015.2Ç"))
IsiklarDogac
```

	I2t	I3t
[1,]	0	0
[2,]	0	0
[3,]	0	0
[12,]	0	0
[13,]	0	0
[14,]	1	0
[15,]	0	0
[16,]	0	0
[32,]	0	0
[33,]	0	0
[34,]	0	1
[35,]	0	0
[36,]	0	0
[47,]	0	0
[48,]	0	0

2009.3Ç'de Türkiye'de hükümetin geçici otomobil Özel Tüketim Vergisi kesintileri, 2013.2Ç'te Türkiye'nin IMF'ye borcunu tamamen bitirmesinin piyasalara aşladığı geçici psikolojik etki ve 2016.3Ç'deki başarıyla hemen sonuçsuz bırakılan darbe girişimi, düzene doğaçsız (adım davranışdeğişimleriyle bağlantılı olmayan) ışık değişkenler olarak tanımlanabilir:

Doğaçsız ışıklar aşağıda tanımlanmaktadır:

```
IsiklarDogacsiz <- cbind(
  "I4t" = as.numeric(VeriTablosu[, c("tarih"), with = FALSE] == "2009.3Ç"),
  "I5t" = as.numeric(VeriTablosu[, c("tarih"), with = FALSE] == "2013.2Ç"),
  "I6t" = as.numeric(VeriTablosu[, c("tarih"), with = FALSE] == "2016.3Ç"))
IsiklarDogacsiz
```

	I4t	I5t	I6t
[1,]	0	0	0
[2,]	0	0	0
[3,]	0	0	0
[9,]	0	0	0
[10,]	0	0	0
[11,]	1	0	0
[12,]	0	0	0
[13,]	0	0	0
[24,]	0	0	0
[25,]	0	0	0
[26,]	0	1	0
[27,]	0	0	0
[28,]	0	0	0
[37,]	0	0	0
[38,]	0	0	0
[39,]	0	0	1
[40,]	0	0	0
[41,]	0	0	0
[47,]	0	0	0
[48,]	0	0	0

Zaman yönsemesi değişkeni (zyonsemem) ve zyDt değişkeni aşağıda tanımlanmaktadır:

```
zyonsemem <- as.matrix(cbind("zyonseme"=as.numeric(1:nrow(Dt))))
zyonsemem
```

	zyonseme
[1,]	1
[2,]	2
[3,]	3
[46,]	46
[47,]	47
[48,]	48

```
zyDt <- Dt * as.vector(zyonsemem) # ZyonsemeDavranisDegisimleri
colnames(zyDt) <- paste(colnames(zyonsemem), colnames(Dt), sep="*")
zyDt
```

Sonuçtaki ZyDt değişkenler çarpımı aşağıda verilmektedir:

	zyonseme*bir	zyonseme*D2t	zyonseme*D3t
[1,]	1	0	0
[2,]	2	0	0
[3,]	3	0	0
[12,]	12	0	0
[13,]	13	0	0
[14,]	14	14	0
[15,]	15	15	0
[16,]	16	16	0
[32,]	32	32	0
[33,]	33	33	0
[34,]	34	0	34
[35,]	35	0	35
[36,]	36	0	36
[46,]	46	0	46
[47,]	47	0	47
[48,]	48	0	48

3.3. VÖB'ün En İyi (Optimal) En Küçük Gecikme Düzeyi

VÖB'ün başlangıçta gecikmesi belli olmadığından, kukla değişkenlerin gecikmeleri alınmaz. Gösterimsel amaca yönelik olarak düzende yer alan değişkenlerin eşbütünleşik olduğu varsayıldığından, VÖB'ün en iyi en küçük gecikme düzeyi seçilirken, durağanlaştırılmış değişkenlere sahip bir veriçerçevesi kullanılmamıştır. VÖB'ün en iyi en küçük gecikme düzeyinin bulunduğu kod aşağıda, çıktısı Resim 3.11'dedir:

```
library(vars)
VARselect(veri, lag.max=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE], Dt[drop=FALSE],
IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz))
```

```
$selection
AIC(n)   HQ(n)   SC(n)   FPE(n)
      5       5       5       4

$criteria
          1          2          3          4          5
AIC(n)   8.865347   8.169412   7.508579   5.763418   4.099394
HQ(n)   10.224716   9.906383   9.623153   8.255594   6.969172
SC(n)   12.551580  12.879598   13.242719  12.521511  11.881441
FPE(n)  9314.155595 6569.459522 6438.814652 3750.860386 9771.649986
```

Resim 3.11. VÖB'ün en iyi en küçük gecikme düzeyinin bulunması

Örnek genişliği olan 48 sayısı, örnek genişlikleri için görece küçük bir sayı olduğundan Akaike bilgi ölçütü kullanıldığında (Lütkepohl 2005), VÖB'ün en iyi en küçük gecikme düzeyi olarak K=5 alınabilir (R, Eviews'a göre, AIC ve SC bilgi ölçütleri değerlerini " $1 + \ln(2\pi) \approx 2,837877$ " daha düşük hesaplar).

Davranışdeğişimi değişkenlerini ve doğaçlamayla gelen ışıkları geciktirici işlev aşağıdaki gibi tanımlanır:

```
gecikmedizeyi <- function(x, ebgecikme){
  x <- as.matrix(x)
  if(is.null(colnames(x)) == TRUE){ colnames(x) <- "VarCol0" }
  DondurulenDizey <- embed(c(rep(NA, ebgecikme), x), ebgecikme+1)
  dimnames(DondurulenDizey)[[2]] <- c(colnames(x)[1, drop = FALSE],
  paste(colnames(x)[1, drop = FALSE], ".", 1:ebgecikme, "g", sep = ""))
  return(DondurulenDizey)
}
```

```
VOBgecikme <- 5 # VÖB'ün en iyi en küçük gecikme sayısı
```

```
Altörnekler <- 3 # Altörnek sayısı ≡ yapısal kırılma sayısı +1
```

Değişkenler arasındaki G-nedensellik ilişkilerini bulma sürecinde bir sonraki aşamada, tüm gecikmeli kukla değişkenleri içeren dizey oluşturulmalıdır. Davranışdeğişimi ve gösterge kuklalarının kombinasyonu sorunlara yol açar. Bu sorunları çözmek için, Eş. 3.3'e göre kukla dizeyi oluşturulur (Joyeux, 2007: Eş. 13):

$$\begin{aligned}
(\Delta Y)_{t \times p \times 1} &= \alpha_{p \times r} \begin{pmatrix} \beta_{p \times r} \\ \gamma_{q \times r} \end{pmatrix}'_{r \times (p+q)} \begin{pmatrix} Y_{t-1 \times p \times 1} \\ tD_{t-k \times q \times 1} \end{pmatrix}_{(p+q) \times 1} \\
&\quad \text{Y}_t \text{deki değişkenlerde} \\
&\quad \text{potansiyel doğrusal} \\
&\quad \text{zamanyönsemesi kaynağı} \\
&+ \overbrace{\mu_{p \times q} D_{t-k \times q \times 1}} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_{i \times p \times p} (\Delta Y)_{t-i \times p \times 1} \\
&+ \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=2}^q \kappa_{j, i \times p \times 1} I_{j, t+1-(1+i) \times 1 \times 1} + \varepsilon_{t \times p \times 1}
\end{aligned} \tag{3.3}$$

Eş. 3.3, üzerinde çalıştığımız örneğe uygulandığında,

$$\begin{aligned}
 (\Delta Y)_{t \times 1} = & \alpha \begin{pmatrix} \beta \\ \gamma \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} Y_{t-1 \times 1} \\ tD_{t-k} \end{pmatrix} + \mu_{p \times q} D_{t-k} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i (\Delta Y)_{t-i} \\
 & + \sum_{i=0}^{k-1} \left(\kappa_{2,i \times 1} \underbrace{I_{2,t-i}}_{\substack{\text{doğaçlamayla} \\ \text{gelen ışık değişken}}} + \kappa_{3,i \times 1} \underbrace{I_{3,t-i}}_{\substack{\text{doğaçlamayla} \\ \text{gelen ışık değişken}}} \right) \\
 & + \underbrace{I_{4,t} + I_{5,t} + I_{6,t}}_{\substack{\text{doğaçsız ışık değişkenler}}} + \varepsilon_{t \times 1}
 \end{aligned} \quad (3.4)$$

eşitliği elde edilir. Eş. 3.4'e bağlı olarak, iki yapısal kırılmalı kukladizey2YK dizeyi oluşturulur:

```

kukladizey2YK <- matrix(NA,VeriTablosu[,.N], 10)
kukladizey2YK <- cbind(zyonsemem,
gecikmedizeyi(zyDt[,c("zyonseme*D2t"), drop=FALSE],
ebgecikme=VOBgecikme)[,1+VOBgecikme, drop=FALSE],
gecikmedizeyi(zyDt[,c("zyonseme*D3t"), drop=FALSE],
ebgecikme=VOBgecikme)[,1+VOBgecikme, drop=FALSE],
gecikmedizeyi(Dt[,c("D2t"), drop=FALSE], ebgecikme=VOBgecikme)[,1+VOBgecikme,
drop=FALSE],
gecikmedizeyi(Dt[,c("D3t"), drop=FALSE], ebgecikme=VOBgecikme)[,1+VOBgecikme,
drop=FALSE],
gecikmedizeyi(IsiklarDogac[,c("I2t"), drop=FALSE], ebgecikme=VOBgecikme-1),
gecikmedizeyi(IsiklarDogac[,c("I3t"), drop=FALSE], ebgecikme=VOBgecikme-1),
IsiklarDogacsiz)

kukladizey2YK[is.na(kukladizey2YK)] <- 0 # NA ları 0 la değiştir
kukladizey2YK

```

Bu kodla elde edilen, iki davranışdeğişimi kırılmasına uyan $tD_{t-K} = t(1, D_{2,t-K}, D_{3,t-K})$, $D_{t-K} = (1, D_{2,t-K}, D_{3,t-K})$, bu iki yapısal kırılmalara eşlik eden

doğaçlama ışıkları ve gecikmeleri ($I_{2,t}, I_{2,t-1}, I_{3,t}, I_{3,t-1}$) ve doğaçsız ışıklardan ($I_{4,t}, I_{5,t}, I_{6,t}$) oluşan kukladizyey2YK kukla dizeyi aşağıdadır (Resim 3.12):

	zyonseme	zyonseme*D2t.5g	zyonseme*D3t.5g	D2t.5g	D3t.5g	I2t	I2t.1g	I2t.2g	I2t.3g	I2t.4g	I3t	I3t.1g	I3t.2g	I3t.3g	I3t.4g	I4t	I5t	I6t
[1,]	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,] 2009.3Ç	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
[12,]	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[13,]	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[14,] 2010.2Ç	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[15,]	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[16,]	16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[17,]	17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[18,]	18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[19,]	19	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[20,]	20	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[25,]	25	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[26,] 2013.2Ç	26	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
[27,]	27	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[28,]	28	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[33,]	33	28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[34,] 2015.2Ç	34	29	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
[35,]	35	30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
[36,]	36	31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
[37,]	37	32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
[38,]	38	33	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[39,] 2016.3Ç	39	0	34	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
[40,]	40	0	35	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[41,]	41	0	36	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[47,]	47	0	42	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[48,]	48	0	43	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Resim 3.12. İki davranışdeğişimi kırılmasına uyan, bu iki yapısal kırılmalara eşlik eden doğaçlama ışıkları ve gecikmelerinden ve doğaçsız ışıklardan oluşan kukla dizey

dim(kukladizyey2YK) # 48x18: Zyonseme, zyonseme*D2t.5g, zyonseme*D3t.5g, D2t.5g, # D3t.5g, I2t, I2t.1g, I2t.2g, I2t.3g, I2t.4g, I3t, I3t.1g, I3t.2g, I3t.3g, I3t.4g, I4t, I5t, I6t

İşlev sonuçlarının gösterimi de, matematiksel ilişkilere uygun olarak değiştirilebilir. Örneğin, devrik (transpoz) kullanıldığında, farklı bir gösterim elde edilebilir. Bu tür gösterimler, bazı durumlarda, teoride ortaya çıkan eşitlikleri kodda birebir aynen gösterebilmek adına oldukça yararlıdır (Resim 3.13):

```
t(VARselect(veri, lag.max=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE], Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)))$criteria)
```

	AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
1	8.865347	10.224716	12.55158	9314.156
2	8.169412	9.906383	12.87960	6569.460
3	7.508579	9.623153	13.24272	6438.815
4	5.763418	8.255594	12.52151	3750.860
5	<u>4.099394</u>	6.969172	11.88144	9771.650

Resim 3.13. R’da işlev sonuçlarının devrik alınarak görsellenişinin değiştirilmesi

Akaike bilgi ölçütüne göre, enbüyük gecikme $k = 5$ dir. Yukarıdaki bilgi ölçütlerinden ve konunun işleyişinde sonra verilen Edgerton-Shukur F özilinti sınamasından, enbüyük gecikme olarak $k = 5$ seçilmiştir.

3.4. VÖB’ün Kararlılığı

VÖB’ün kararlı olması için, ÖB özgeç çokterimlisinin ters kökleri birim çember içinde olmalıdır. VAR(5) in ÖB özgeç çokterimlisinin tüm “p (VÖB’ün düzeyi) x değişken sayısı = 5 x 5 =25” ters kökünün mutlak değerlerini veren kod aşağıdadır:

```
print(roots(VAR(veri, p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE], Dt[drop=FALSE],
IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), modulus=TRUE))
# 1,31 1,31 1,27 1,27 1,06 0,99 0,99 0,98 0,98 0,93 0,93 0,90 0,90
# 0,87 0,87 0,81 0,81 0,79 0,79 0,78 0,78 0,70 0,49 0,49 0,34
```

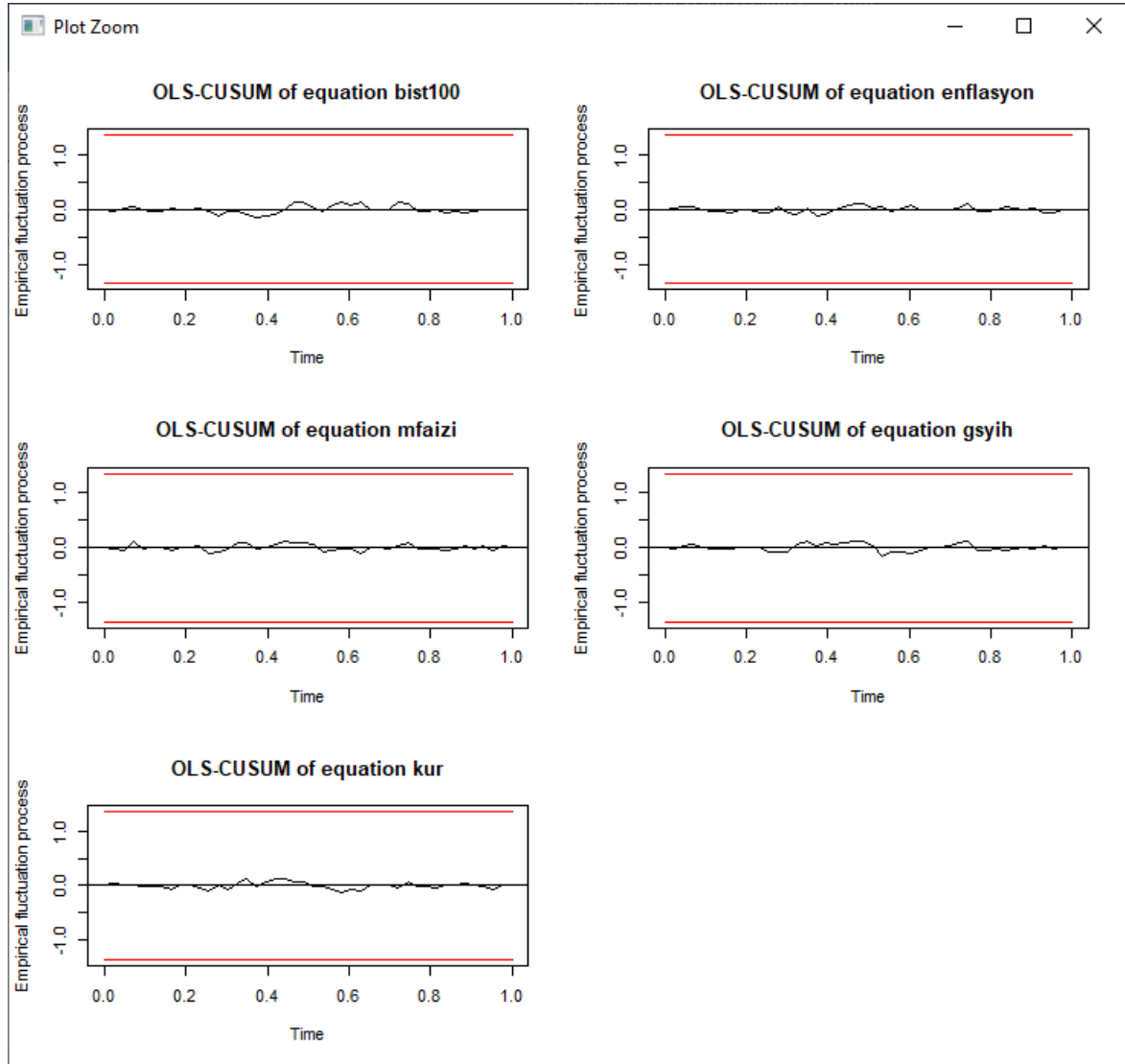
```
print(max(roots(VAR(veri, p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), modulus=TRUE))) # 1,31
```

∴ Kökler arasında değeri 1’den küçük olmayan kökler varolduğundan VÖB kararlı değildir. Hem 1,31’in 1’den çok fazla büyük olmaması hem de ileride durağandışı değişkenleri farklayarak kararlı VÖB elde edilebileceği gözönünde bulundurularak bu durum ihmal edilebilir.

(İsteğe bağlı bir adım olarak) EKK-BirikimliToplam (OLS-CUSUM) çizimiyle de VÖB’ün kararlılık incelemesi yapılabilir (Resim 3.14):

```
plot(stability(VAR(veri, p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE], Dt[drop=FALSE],
IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), type="OLS-CUSUM"))
```

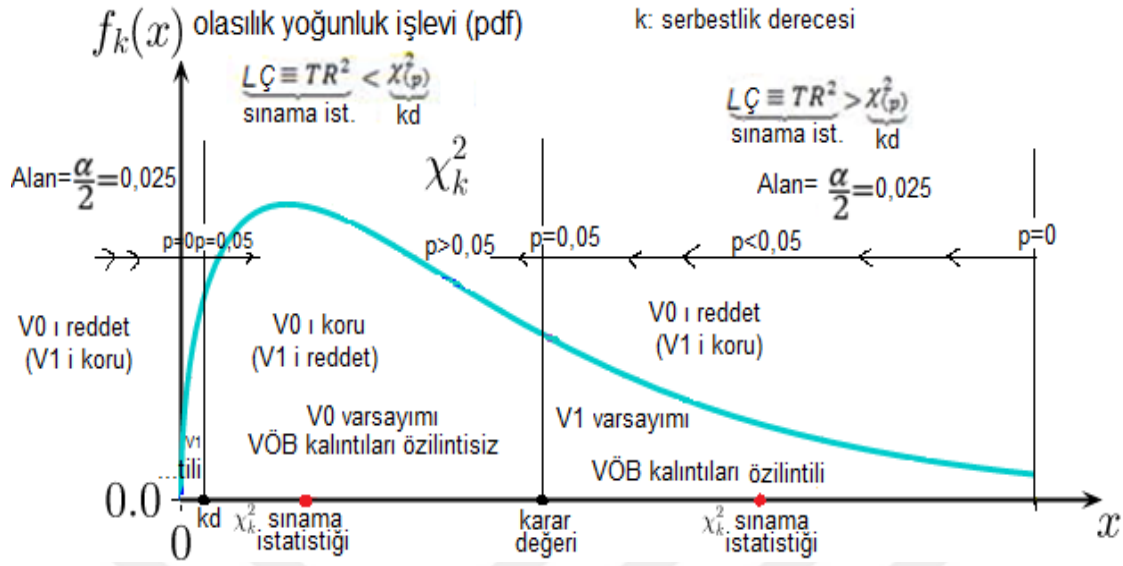

Eğriler, kırmızı sınırlar içerisinde uzandığından, VÖB(5) kararlıdır (Resim 3.14):



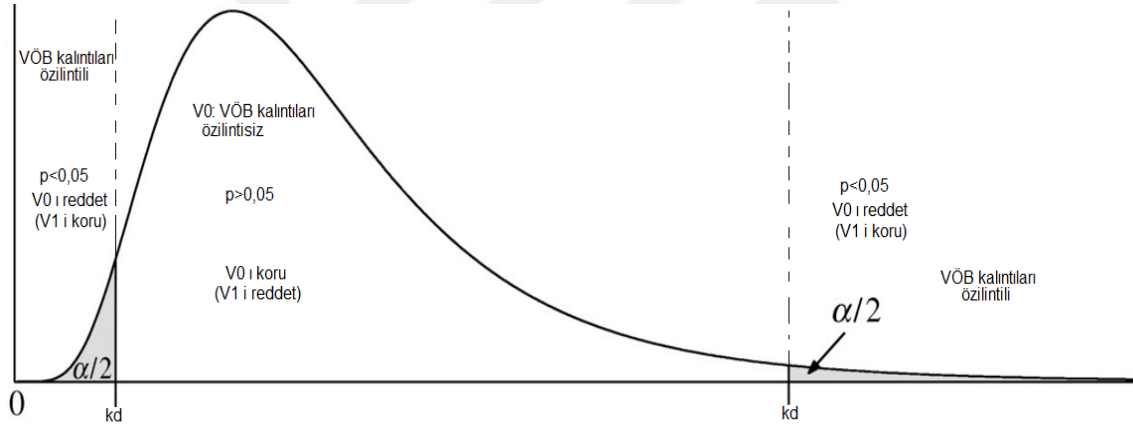
Resim 3.14. En küçük kareler (EKK)-BirikimliToplam (OLS-CUSUM) çizimi

3.5. VÖB'ün Kalıntıların Özilintisizliği

VÖB'ün kalıntıların özilintisizliği, Breusch-Godfrey Lagrange Çarpanı (LÇ) sınamasıyla (Şekil 3.1) veya Edgerton-Shukur (ES) sınamasıyla (Şekil 3.2) bulunur. Küçük örneklerde, BG LÇ sınaması Edgerton-Shukur sınamasıyla karşılaştırıldığında sapmalı olabildiğinden, küçük örneklerde F sınamasına bağlı Edgerton-Shukur özilintisizlik sınaması (Edgerton, 1999) kullanılmalıdır. Edgerton-Shukur sınaması, “V0: VÖB kalıntıları özilintisiz” (temel) ve “V1: VÖB kalıntıları özilintili” (karşıt) varsayımlarıyla yapılır.



Şekil 3.1. Breusch-Godfrey Lagrange Çarpanı (BG LÇ) χ^2 sinaması



Şekil 3.2. Edgerton-Shukur (ES) F sinaması

Çeyreklik verilerde ÖB(4) kalıbının etkisinin olabileceği düşünülebilir. VÖB'ün gecikmesi, $K = 5$ tir; bu gecikme için, Edgerton-Shukur özilintisizlik sinamasında 4. düzey özilintinin $\alpha \equiv 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı ($p > 0,05$: özilintiler anlamsız; $p < 0,05$: anlamlı) araştırılabilir:

```
for (j in as.integer(1:5)){
  print(paste("VÖB'ün gecikme sayısı:", j))
  print(serial.test(VAR(veri, p=j, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
    Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), lags.bg=4, type= c("ES")))
  # lags.bg: VÖB'ün kalıntılarının ÖB düzeyi
```

```
}
```

Bu kodla, VÖB(1), ..., VÖB(5) için ayrı ayrı p değerleri elde edilir.

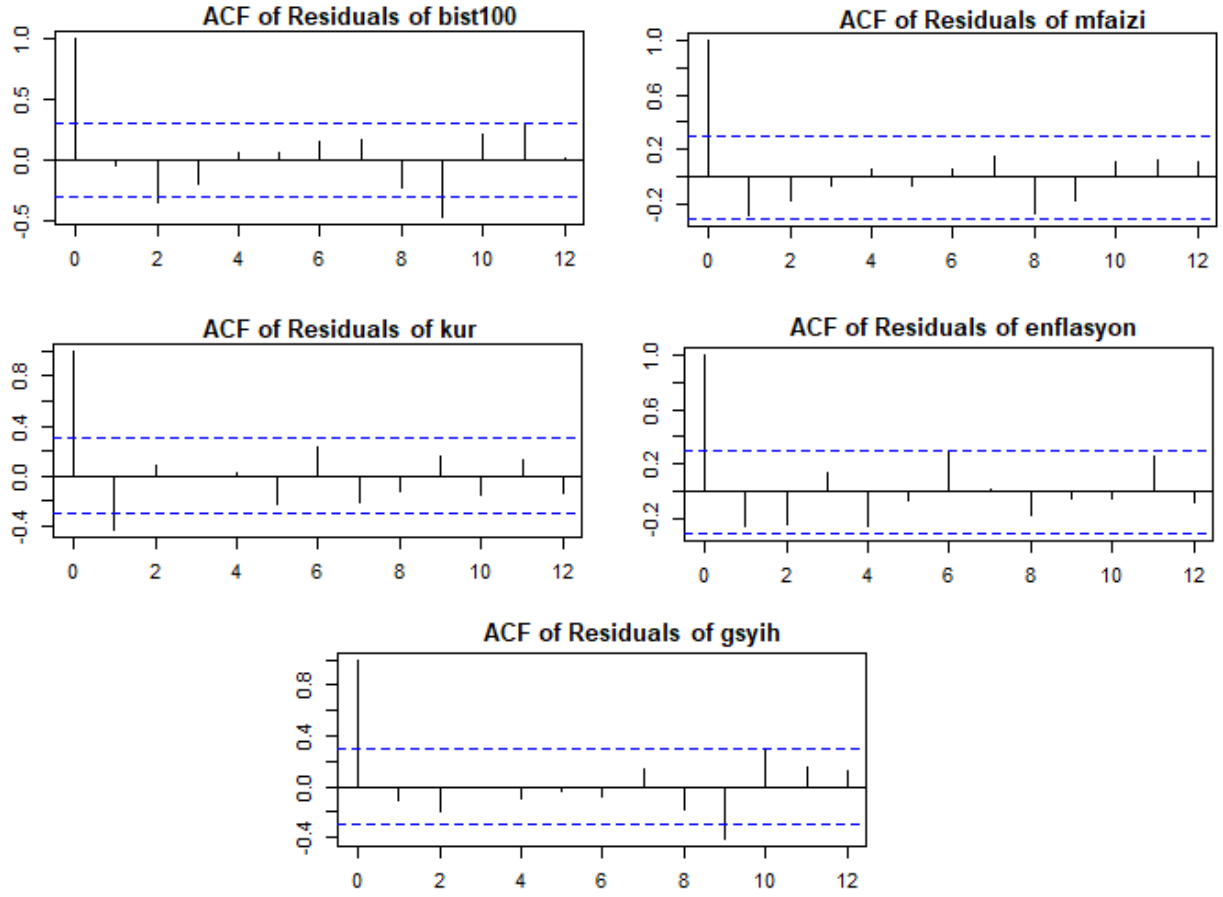
VÖB'lerin Edgerton-Shukur (ES) özilintisizlik sınamasıyla VÖB kalıntılarının özilintisizliği aşağıdaki R koduyla kontrol edilebilir:

```
for (i in as.integer(1:5)){
  print(paste(" ***** VÖB'ün gecikme sayısı:", i, " ***** "))
  for (j in as.integer(1:4)){
    print(paste("Özilintisizlik sinamasinin gecikme sayısı (VÖB'ün kalintilarinin ÖB düzeyi):",
      j))
    print(serial.test(VAR(veri, p=i, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
      Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), lags.bg=j, type=c("ES")))
    # Breusch-Godfrey sinamasının yapılışı bilgi için verildi:
    print(serial.test(VAR(veri, p=i, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
      Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), lags.bg =j, type=c("BG")))
  }
}
```

VÖB'ün kalıntılarının özilintiçiziti de çizilebilir (Şekil 3.3):

```
for (i in as.integer(5:5)){
  # birden fazla VÖB gecikmesi için kontrol edilmek istenirse, "5:5" değiştirilmelidir
  print(paste("VÖB'ün gecikme sayısı:", i))
  for (j in as.integer(4:4)){
    # VÖB'ün kalıntılarının birden fazla ÖB düzeyi için "4:4" değiştirilmelidir
    print(paste("Özilintisizlik sinamasinin gecikme sayısı (VÖB'ün kalintilarinin ÖB düzeyi):",
      j))
    plot(serial.test(VAR(veri, p=i, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE], Dt[drop=FALSE],
      IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), lags.bg=j, type=c("ES")))
  }
}
```

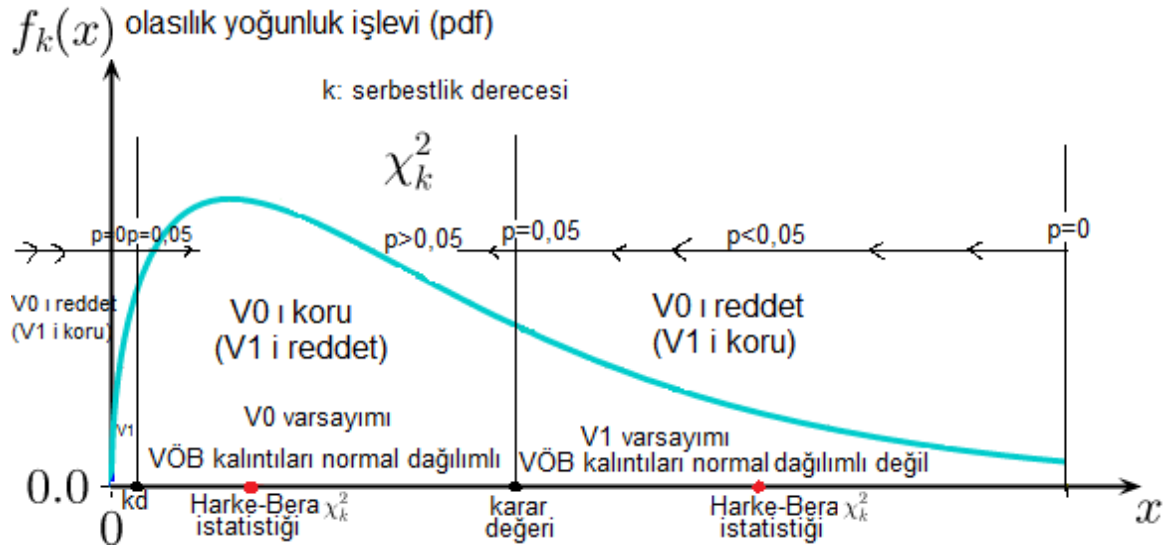
Bu kod sonucunda ortaya çıkan özilinti işlevi çizimleri aşağıda verilmektedir:



Şekil 3.3. VÖB'ün kalıntılarının özilinti işlevi çizimleri

3.6. VÖB'ün Kalıntılarının Normalliği

VÖB kalıntılarının normalliği, Jarque-Bera sınamasıyla kontrol edilir (Şekil 3.4) (Jarque ve Bera, 1987). Sınamada, varsayımlar, “V0: VÖB kalıntıları normal dağılımlı” ve “V1: VÖB kalıntıları normal dağılımlı değil”dir. Sınama istatistiğinin olasılık değeri olan p , “ $p > 0,05$ ” sağlarsa, $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde, V0 korunur (Lütkepohl, 2005:175).



Şekil 3.4. VÖB'ün kalıntılarının Jarque-Bera normallik sınaması

VÖB kalıntılarının normalliği, aşağıdaki kodla sınanır:

```
print(normality.test(VAR(veri, p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), multivariate=TRUE))
```

VÖB kalıntılarının normalliğinin sınama sonucu aşağıda verilmektedir:

JB Sınaması (çok-değişirli): $p = 0,005776$

Yalnız çarpıklık (çok-değişirli): $p = 0,175 > 0,05$

Yalnız basıklık (çok-değişirli): $p = 0,004305$

Normallik, çoğu istatistik yönteminin yanaşıktaki (asimptotik) geçerliliği için gerekli değildir. VÖB kalıbı bağlamında ele alındığında; VÖB kalıntılarının normalliği, Granger nedenselliğini sınarken ve etki-tepki işlevleri oluştururken gerekli değildir. Sadece yanaşık (büyük T) durumlarda normallik geçerliliği olan herhangi bir sınamayı sonlu örneklerde uygularken hataların normalliği gerekli değildir (Merkezi Limit Teoremi: dağılımlar, gözlem sayısı artırıldığında normal dağılıma yaklaşırlar). Bu, Granger nedensellik sınaması için de böyledir. Etki-tepki işlevlerinin etrafındaki güven şeritleri, sadece yanaşık durumda geçerlidir; bu yüzden, sınamanın geçerliliğine dair yukarıda bahsedilen durum, etki-tepki işlevlerinde de aynen doğrudur. VÖB kalıntılarının normal dağılımlı olmaması sınama istatistiklerini

geçersiz kılabilir; ancak, küçük örneklerde, normallik için çarpıklık (skewness) ölçülerinin sağlanması önemli değildir (Bai ve Ng, 2005).

Diğer yandan, Johansen sınamasıyla eşbütünleşimi sınarken, VÖB kalıntılarının normal olduğu varsayımı, Olabilirlik Oranı işlevi oluşturmunda ve tahmin aralıkları şekillendiriminde kullanılır. Johansen eşbütünleşim sınamasında, kalıntıların normal olmaması durumunda; iz sınaması, kalıntıların hem çarpıklığına hem de basıklığına (kurtosis) en büyük özdeğer sınamasıyla karşılaştırıldığında daha dayanıklıdır (Cheung ve Lai, 1993).

Aşağıdaki kodla, ayrıntılı normallik incelemesi yapılabilir:

```
library(normtest)
for (i in as.integer(1:5)){
  print(skewness.norm.test(resid(VAR(veri, p=5, "both",
    exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE], Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)))[,i]))
  print(kurtosis.norm.test(resid(VAR(veri, p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
    Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)))[,i]))
  print(jb.norm.test(resid(VAR(veri, p=5, "both", exogen= cbind(zyDt[drop=FALSE],
    Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)))[,i]))
}
```

Ayrıntılı normallik incelemesi sonucundaki değerler aşağıdadır (Çizelge 3.3):

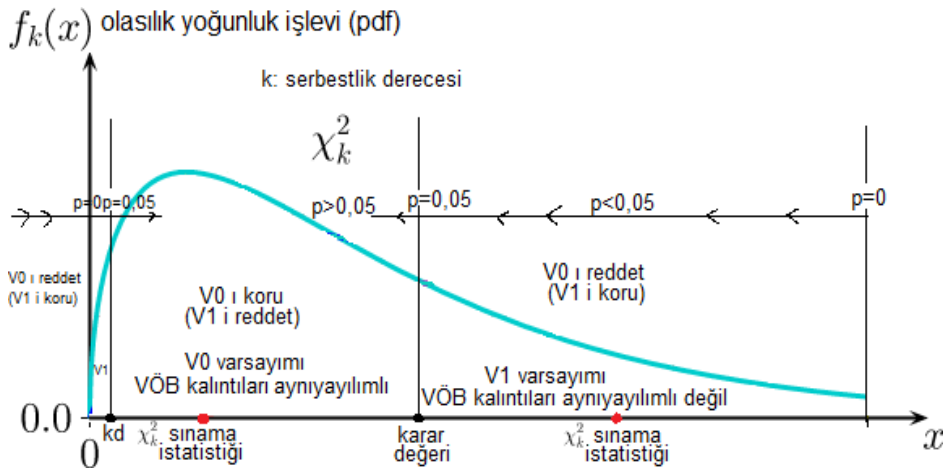
Çizelge 3.3. VÖB'ün kalıntılarının Jarque-Bera normallik sınamasının sonuçları

Eşitlik	Çarpıklık	Basıklık	Jarque-Bera (çarpıklık+basıklık)
1: bist100	0,98	0,77	0,9625
2: mfaizi	0,2885	0,887	0,549
3: kur	0,5085	0,2845	0,4495
4: enflasyon	0,1085	0,905	0,1735
5: gsyih	0,015	0,007	0,011

Çizelge 3.3'te normallik sınamaları, gsyih eşitliği için basıklıkta biraz sorunludur (italik değerler $< 0,05$). Tüm kalıntı-tabanlı yanlışbelirtim sınamaları, "ışık kukla değişkenlerinin varlığı nedeniyle her bir altörnekteki ilk k kalıntı 0 a atanması gerektiği"nden değiştirilmelidir (Johansen vd 2000). Bu, çarpıklık ve basıklıktaki sorunların bir kısmını açıklayabilir.

3.7. VÖB Kalıntılarının Aynıyayılmlılığı

VÖB kalıntılarının aynıyayılmlı (sabit değişirlik, homosedastisite) olduğu çok değişkenli ÖBKH (özbağlanımlı koşullu farklı değişirlik; ARCH) sınamasıyla incelenebilir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. VÖB'ün kalıntılarının çok-değişirli (multi-variate) özbağlanımlı koşullu farklıyayılım (ARCH) sınaması

```
print(arch.test(VAR(veri, p=5, type="both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz))), lags.multi=6, multivariate.only=TRUE)
```

Uygulamamızda, $p = 1 > 0,05$ olduğundan, V_0 korunmuştur; yani, $VÖB(5)$ hatalarının değişirliği sabittir (aynıyayılımlıdır)

Özetle, $VÖB(5)$, kararlılık, özilintisizlik vb. sağlamlık ölçütleri değerlendirildiğinde, sağlam bir kalıptır.

3.8. Koşullu ve Kısmi Granger Nedensellik İlişkileri ve Nedenselliklerin Yansıtıldığı Ağ Topolojileri

G-nedensellik incelemeleri için durağandışı tüm değişkenler, ilk farklanarak (birinci farkları alınarak) durağanlaştırılır. Değişkenlerin bütünleşim düzeyleri, $bist100 \sim B(0)$, $mfaizi \sim B(1)$, $kur \sim B(2)$, $enflasyon \sim B(2)$, $gsyih \sim B(2)$ olduğundan $bist100$ değişkeni durağan olduğundan farklanmaz.

```
bist100 <- ts(veri[,1])
mfaizi1f <- diff(ts(veri[,2]), differences=1)
kur2f <- diff(ts(veri[,3]), differences=2)
enflasyon2f <- diff(ts(veri[,4]), differences=2)
gsyih2f <- diff(ts(veri[,5]), differences=2)
```

“Farklama” işlevi, gözlemler düşünüldüğünde, işlev çiziminde sağda sıkıştırmaya neden olduğundan, $mfaizi1f$ ’de farklamadan kaynaklanan 1 gözlem azalması olur, $mfaizi1f$, $48 - 1 = 47$ gözlemlili olur, $kur2f$, $enflasyon2f$ ve $gsyih2f$ ’de farklamadan kaynaklanan 2 gözlem azalması olur, bu yüzden, $kur2f$, $enflasyon2f$ ve $gsyih2f$ $48 - 2 = 46$ gözlemlili olurlar, $bist100$ ’ün gözlem sayısı 48 kalır.

$veri$ veriçerçevesinden tüm değişkenleri durağan olan $veri462F$ veriçerçevesi elde edilir (buradaki, “2F” soneki, tüm değişkenleri, $B(0)$ ’a getirmek için alınması gereken fark sayısını göstermektedir). $veri462F$, zaten durağan olan değişkenlerle durağanlaştırılmış değişkenlerden oluşur. Düzeyler ve farklar, gözlem sayıları aynı olacak biçimde bir araya getirilir. Düzeylerle farkların gözlem sayılarının (gerekirse) aynı olmasını sağlamak için, (düzeylerin başlangıç gözlemleri, farkların NA’larına

karşılık geldiğinden) düzeylerin başlangıç gözlemleri atılır; “3:48”le, düzeyler de, 46 gözlemlili hale gelir.

```
veri462F <- data.frame(bist100[3:48], mfaizi1f[2:47], kur2f, enflasyon2f, gsyih2f)
dim(veri462F) # 46x5
names(veri462F) <- c("bist100", "mfaizi1f", "kur2f", "enflasyon2f", "gsyih2f")

library(lubridate); library(zoo) # veri462F'nin satır adlarına çeyrekleri ata
row.names(veri462F) <- as.yearqtr(seq(ymd('2007-07-01'), by='1 quarter',
length.out=(46)))
veri462F
```

Koşullu ve kısmi Granger nedenselliklerini bulmak için birazdan verilecek olan işlevlerde, Koşullu GN ve Kısmi GN istendiğinde özçıkarma ile da bulunabileceğinden özçıkarma (bootstrapping) işlemleri yapılmak istendiğinde, bu özçıkarma işlemleri için eniyi (optimal) blok uzunluğu aşağıdaki kodla bulunur:

```
library(np)
mean(b.star(veri462F)) # 6,657696
```

Yukarıdaki işlemlerden sonra, koşullu Granger nedensellikleri (F istatistikleri / p değerleri (F/p) çizimleri, F düzeyi, p düzeyi) bulunabilir.

İleri GN anlamında çiftli GN incelemesi, hem bağımsız değişkenlerin hem de bağımlı değişkenlerin sayısı 1 alınarak yapılır. Tekrar vurgulamak gerekirse, buradaki (ileri GN anlamındaki) “çiftli” sözcüğü:

- (1) “hem bağımsız değişkenler hem de bağımlı değişkenler kümelerindeki eleman sayısının her ikisinin de 1 olduğu” böylelikle bu iki kümede toplam 2 değişken olduğu,
- (2) bağımsız değişkenlerin bağımlılara GN'nin hesabında, düzende geriye kalan değişkenlerin, etkisinin hesaplandığı/dikkate alındığı,
- (3) “bu etki karışımı etkisinin, bağımsızın, bağımlıya etkisinden arındırıldığı”,
- (4) sonuçta, “üzerine koşullanan değişkenlerin olası etki karışımı etkilerinden

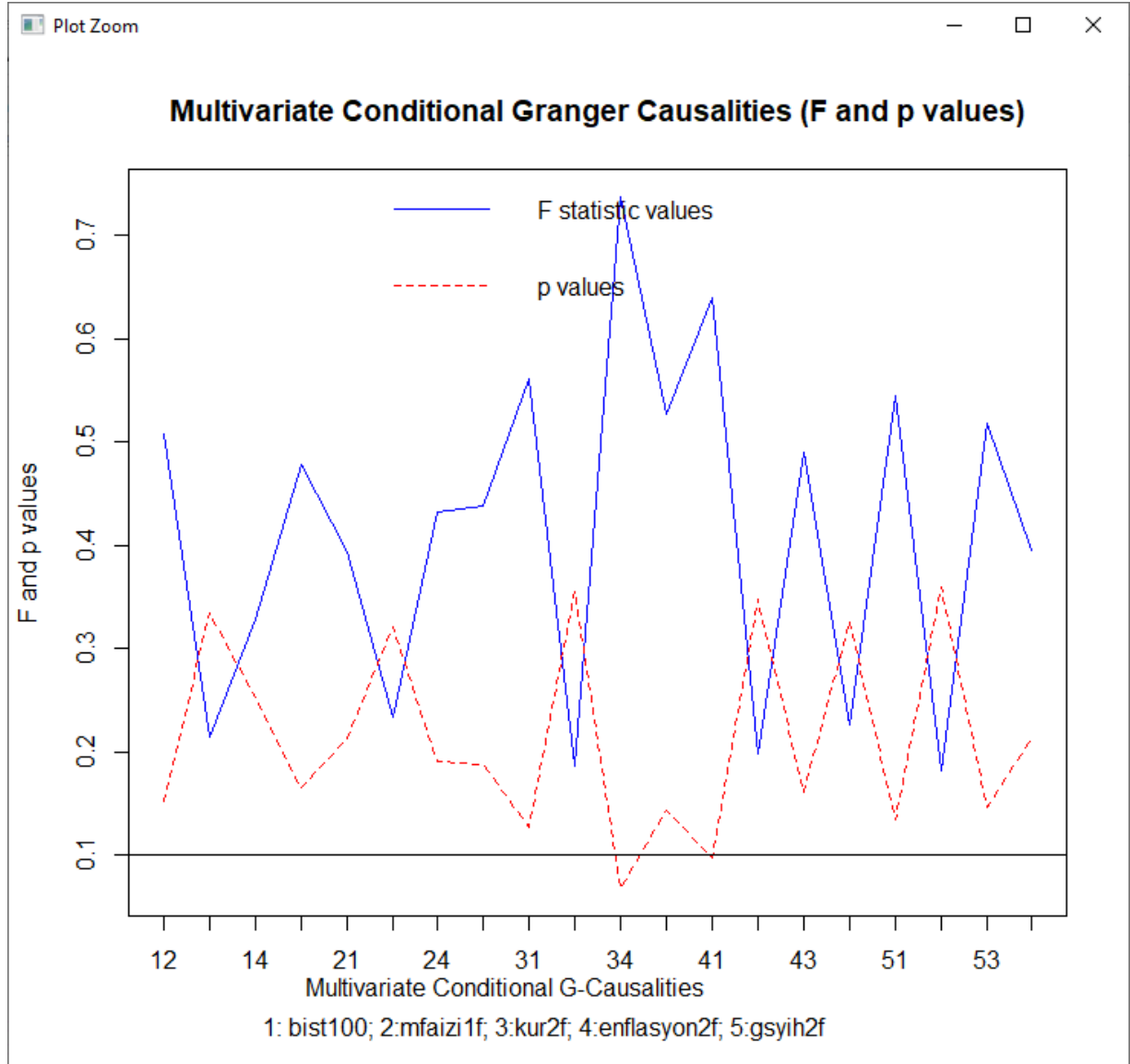
arındırılmış olarak bağımsızdan bağımlıya GN'nin elde edildiği" anlamındadır. Buradaki "bağımsız" ve "bağımlı", gerçek anlamda "bağımsız" ve "bağımlı" olmayıp, GN'yi bulmak için geçici olarak bu kümelere konan değişkenleri kastetmektedir. Elbette, gerçek anlamda "bağımsız" ve "bağımlı" değişkenler, GN incelemesi sonucunda bulunmaktadır.

5-değişkenli düzendeki tüm çifterli koşullu G-nedensellikleri `causfinder::conditionalGgFp` (sonekler: g:grafik; F:F istatistiği; p:p değeri) ile bulunur; işlev, koşullu Granger nedenselliklerini bulur, grafikler çizer, F istatistiklerini ve p değerlerini verir. Durağanlaştırılmış değişkenlerle çalışıldığından, düzendeki tüm değişkenleri durağan yapacak enbüyük farklama sayısı (enbüyük bütünleşim düzeyi) ("maxoi") 0 dır; ÖB düzeyi=5; 0,10 anlamlılık düzeyi, sadece bir fikir vermek için çizilmiştir; bu aşamada, herhangi bir anlamlılık düzeyi seçilebilir):

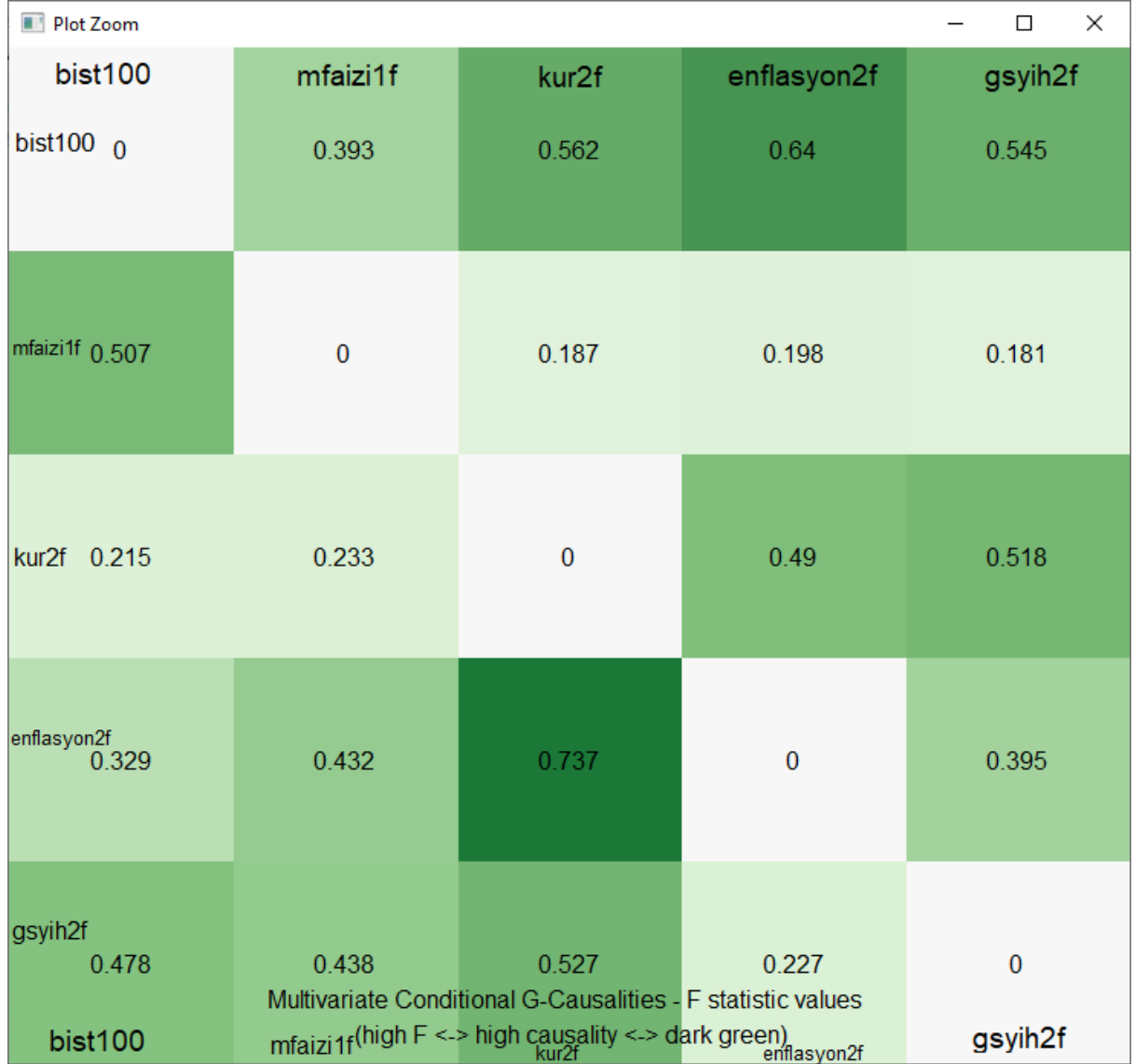
```
library(causfinder)
conditionalGgFp(veri462F, nindependents=1, ndependents=1, nobsw=46, maxoi=0,
order=5)
```

işlevinin sonucunda Şekil 3.6'daki çizim, Şekil 3.7'deki F istatistikleri ve Şekil 3.8'deki p değerleri elde edilir:

Çizimde yeralan "çok-değişirli" ifadesi, `conditionalGgFp` işlevinin ileri G-nedensellik bağlamlarında bir nedensellik incelemesi yaptığı, yani, bağımsızlar veya bağımlılar kümelerinde birden fazla değişken olduğu durumlarda da, düzendeki diğer değişkenlere koşullu olarak, yani bu değişkenlerin etkisi giderilmiş olarak, bağımsızlardan bağımlılara G-nedenselliği yapabileceği anlamındadır, `conditionalGgFp` işlevi, bu yetkinliğe sahip olacak biçimde tasarlanmıştır. Yani, adlandırma, daha geniş bir bakış açısıyla yapılmış bir adlandırmadır. Düzendeki değişkenler arasında, diğer değişkenlere koşullu olarak, yani, diğer değişkenlerin etkilerinden arındırılmış olarak ikişer ikişer aldığımız değişken çiftleri arasındaki G-nedenselliklerini merak ettiğimizden ve bu yüzden bağımsızlar ve bağımlılara sadece birer değişken koyduğumuzdan, burada yaptığımız inceleme, ileri G-nedensellikler bağlamında elbette çifterli G-nedenselliğidir.



Şekil 3.6. 5 değişkenden oluşan düzende çifterli koşullu Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri; F: düz mavi; p: kesikli kırmızı)



Şekil3.7. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedensellikleri (F istatistikleri)

G-nedenselliklerinin (F istatistiklerinin) okunuş yönü, sütunlardan satırlardır: Örneğin, gsyih2f'nin bist100'e diğer değişkenlere (mfaizi1f, kur2f, enflasyon2f) koşullu olarak koşullu GN'nin (F istatistiği) 0,545'tir. Okumaların üst sütundan soldaki satıra doğru ayarlanması, başka araştırmacıların yaptığı yazılımlarda da (GCCA, MVGC vb.) kullanılan bir standart haline gelmiştir.

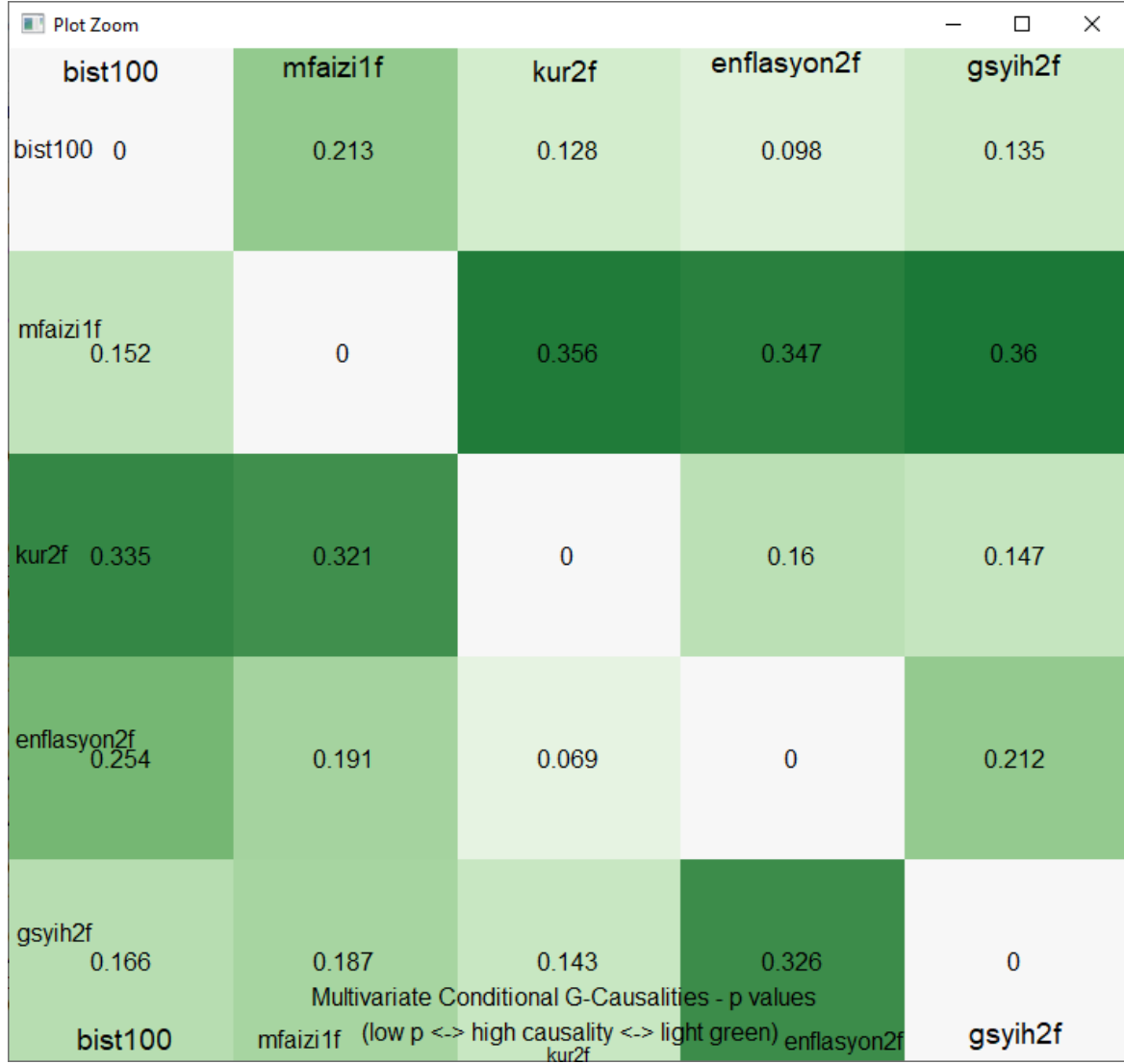
GCCA (Granger Causal Connectivity Analysis) ve MVGC (Multivariate Granger Causality; <https://users.sussex.ac.uk/~lionelb/MVGC/>), MATLAB tabanlı koşullu ve kısmi G-nedenselliği yazılımlarıdır. 2014 yılında ortaya çıkan MVGC, 2009'da yayınlanan GCCA'nın eksikliklerinin giderildiği bir yazılımdır.

G-Nedensizlik sınavasından sonra, araştırılan yönde bir nedensellik olup olmadığı kararı, F istatistiğinin p değerine göre verilir. $p > 0,05$ ise, “V0:nedensizlik (sınanan yönde değişkenler arasında hiçbir koşullu GN yoktur)” varsayımı korunur, $p < 0,05$ ise “V0:nedensizlik” varsayımı reddedilir (sınanan yönde değişkenler arasında koşullu GN vardır).

Bir değişken, değişkenin sürekliliği ve geçmişten şimdiki ana yakınsaması baz alındığında, daima kendisinin G-nedenidir (örneğin, enflasyon artarsa enflasyon artar; enflasyon azalırsa enflasyon azalır). Elbette, VÖB/VHD’de değişkenin sağ taraftaki kendi gecikmeleri için $\beta = 0$ kısıtları atanarak, değişkenin kendisine olan G-nedenselliği için farklı G-nedensellik sonuçları bulunabilir. Her değişkenin kendisinin G-nedeni olduğu varsayımıyla, 5-değişkenli düzende, bir değişkenin geriye kalan 4 değişkenin G-nedeni olup olmadığı incelenir. Bu yüzden, 5-değişkenli düzende p matrisinin boyutu 5x5 ayarlanırken, köşegende, F istatistikleri ve p değeri için 0 ataması yapılmıştır.

Koşullu G-nedenselliklerinin (p değerleri) okunuş yönü, yine, üst sütundan soldaki satıra doğrudur: örneğin, enflasyon2f’nin bist100’e geriye kalan değişkenlere (mfaizi1f, kur2f, gsyih2f) koşullu olarak koşullu G-nedenselliğinin (F istatistiğinin p değeri) 0,098’dir.

RColorBrewer paketinin işlevleri sayesinde, dizeydeki hücrelerin renklerinin koyuluk oranları, içinde barındırdığı değerle orantılı olarak görsellenebilir. Biz de, causfinder paketinde, RColorBrewer paketinin işlevlerinin bu özelliğini kullanarak, tek bakışta, düzendeki değişkenler arasında nerelerden nerelere G-nedensellikler olduğunun anında görülmesini sağladık.



Şekil 3.8. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedensellikleri (p değerleri)

Bir değişkenin kendisiyle olan G-nedenselliği için $(F,p)=(0,0)$ atamasıyla, tüm 25 koşullu Granger nedenselliğinin F istatistikleri ve p değerleri de, aynı komut sonucunda ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.9). conditionalGgFp işlevindeki cGcFp yuvası ilgili (F,p) değerlerini tutmaktadır.

\$cGcFp					
	F	p		F	p
[1,]	0.0000000	0.00000000	[13,]	0.0000000	0.00000000
[2,]	0.5073199	0.15199733	[14,]	0.7368744	0.06850419
[3,]	0.2146161	0.33459369	[15,]	0.5270512	0.14280114
[4,]	0.3288233	0.25353981	[16,]	0.6402024	0.09764061
[5,]	0.4783296	0.16624345	[17,]	0.1982818	0.34703799
[6,]	0.3929884	0.21327588	[18,]	0.4899784	0.16041370
[7,]	0.0000000	0.00000000	[19,]	0.0000000	0.00000000
[8,]	0.2333098	0.32058922	[20,]	0.2265396	0.32563091
[9,]	0.4324014	0.19061241	[21,]	0.5449113	0.13482299
[10,]	0.4382182	0.18740413	[22,]	0.1812564	0.36020170
[11,]	0.5617012	0.12761958	[23,]	0.5184231	0.14677287
[12,]	0.1869443	0.35578289	[24,]	0.3946376	0.21229545
			[25,]	0.0000000	0.00000000

Şekil 3.9. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri)

Şekil 3.9'daki değerlerden, düzendeki 4 değişkenin (mfaizi1f, kur2f, enflasyon2f, gsyih2f) bist100'ün G-nedeni olup olmadığına ilişkin p değerleri (0,213; 0,128; 0,098; 0,135) elde edilir.

(2) mfaizi değişkeninin G-nedeni olan değişkenlerin bulunuşu:

mfaizi değişkeninin yapısal kırılmaları, 11: 2009.3Ç ve 28: 2013.4Ç dir. İki yapısal kırılmalı (11: 2009.3Ç ve 28: 2013.4Ç) kukla düzey tanımlayıp, sonrasında bist100'ün G-nedeni olan değişkenleri bulurkenki süreçlerin aynısını izleyerek, 4 değişkenin (bist100, kur2f, enflasyon2f, gsyih2f) mfaizi1f'nin G-nedeni olup olmadığına ilişkin koşullu G-nedenselliğinin ve kısmi G-nedenselliğinin p değerleri olarak sırasıyla (0,152; 0,356; 0,347; 0,360) ve (0,217; 0,491; 0,310; 0,403) elde edilir.

(3) kur değişkeninin G-nedeni olan değişkenlerin bulunuşu:

kur değişkeninde belirgin yapısal kırılmalar olmadığından kur2f'nin G-nedeni olan değişkenler, yapısal kırılmasız VÖB ile bulunabilir. Dört değişkenin (bist100, mfaizi1f, enflasyon2f, gsyih2f) kur2f'nin G-nedeni olup olmadığına ilişkin koşullu G-nedenselliğinin ve kısmi G-nedenselliğinin p değerleri olarak sırasıyla (0,335; 0,321; 0,160; 0,147) ve (0,336; 0,230; 0,040; 0,121) elde edilir.

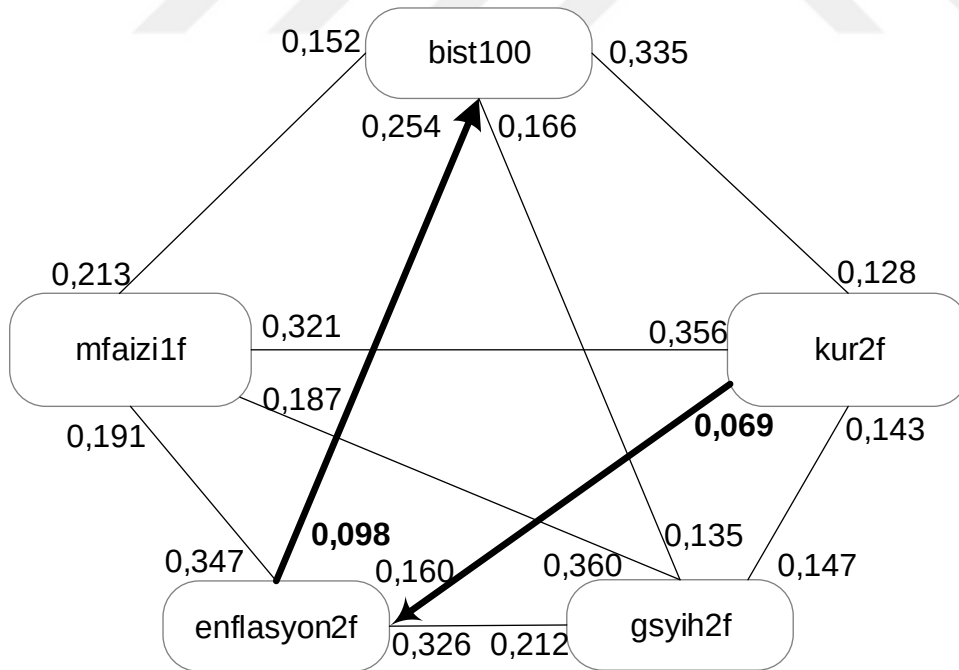
(4) enflasyon değişkeninin G-nedeni olan değişkenlerin bulunuşu:

enflasyon değişkeninde belirgin yapısal kırılmalar olmadığından enflasyon2f'nin G-nedeni olan değişkenler, yapısal kırılmasız VÖB ile bulunabilir. Dört değişkenin (bist100, mfaizi1f, kur2f, gsyih2f) enflasyon2f'nin G-nedeni olup olmadığına ilişkin koşullu G-nedenselliğinin ve kısmi G-nedenselliğinin p değerleri olarak sırasıyla (0,254; 0,191; 0,069; 0,212) ve (0,364; 0,358; 0,141; 0,317) elde edilir.

(5) gsyih değişkeninin G-nedeni olan değişkenlerin bulunuşu:

gsyih değişkeninde belirgin yapısal kırılmalar olmadığından gsyih2f'nin G-nedeni olan değişkenler, yapısal kırılmasız VÖB ile bulunabilir. Dört değişkenin (bist100, mfaizi1f, kur2f, enflasyon2f) gsyih2f'nin G-nedeni olup olmadığına ilişkin koşullu G-nedenselliğinin ve kısmi G-nedenselliğinin p değerleri olarak sırasıyla (0,166; 0,187; 0,143; 0,326) ve (0,197; 0,234; 0,234; 0,372) elde edilir.

Böylelikle, değişkenler arasındaki koşullu G-nedenselliklerinin ağ topolojisi de elde edilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. 5 değişkenden oluşan düzende çiftlerli koşullu Granger nedenselliklerinin p değerleri kullanılarak elde edilen ağ topolojisi

Klasik GN incelemesinde iki değişkenin birbirlerine etkisi düzende geriye kalan değişkenlerin etkisinden arındırılarak hesaplanamaz; önceden belirlenmiş anlamlılık sınırı olarak $\alpha \equiv 0.05$ le karşılaştırılarak belli bir yönde GN'nin olduğu kabul edilirse bazısı sahte olan çok sayıda G-nedenselliği bulunabilir.

İleri GN incelemesiyle (koşullu, kısmi, global vb.) G-nedenselliklerini incelerken; iki değişken arasında, düzende geriye kalan değişkenlerin etkisinden arındırılmış GN ilişkisi bulunabilir; yani, doğru G-nedensellikleri elde edilir. GN sına istatistiğinin p değerlerinin büyümesi nedeniyle sahte GN durumlarının elenmesi söz konusu olabileceği gibi, p değerlerinin küçülmesi nedeniyle klasik GN ile belirlenemeyen gerçek GN durumlarının ortaya çıkarılması da söz konusu olabilir.

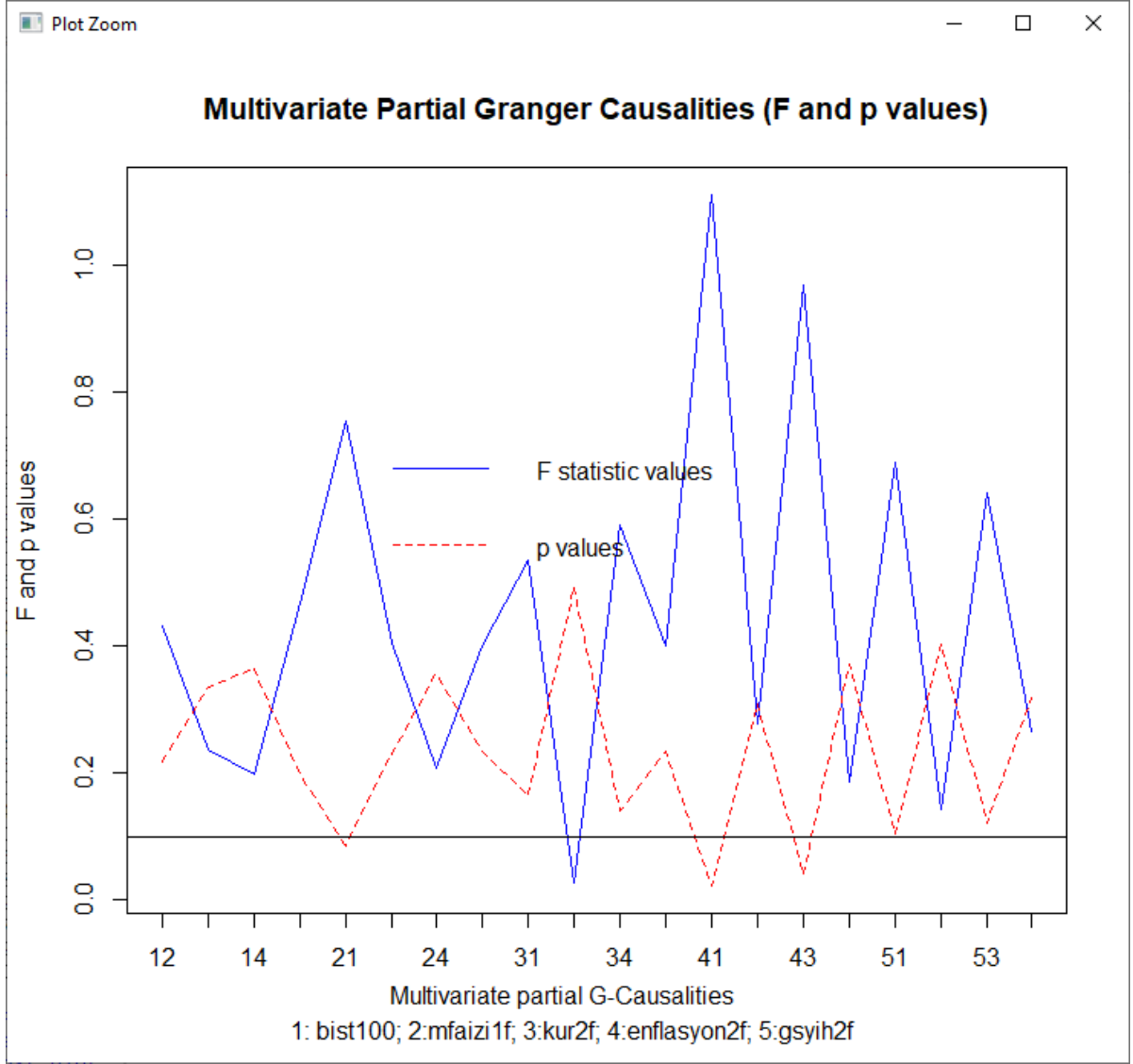
Şekil 3.10'daki Granger nedenselliği ağ topolojisinde, $p < \alpha$ ($\alpha \equiv 0,10$) sağlayan G-nedenselliklerinin okları çizilmiştir. kur2f, enflasyon2f'nin koşullu G-nedenidir ($p = 0,069$) ve enflasyon2f, bist100'ün koşullu G-nedenidir ($p = 0,098$).

İleri GN incelemesinde, anlamlılık için F istatistiğinin $p = 0,05$ değeri sınır olarak kabul edildiğinde, çok az G-nedensellikleri bulunabilmesi olası bir durumdur. Bazen, anlamlılık sınırını ilgili üçüncü taraflara bırakmak mantıklı olabilir; bu yüzden, anlamlılık sınırı olarak kesin ve tam bir p değeri belirtilmemesi yerinde olabilir.

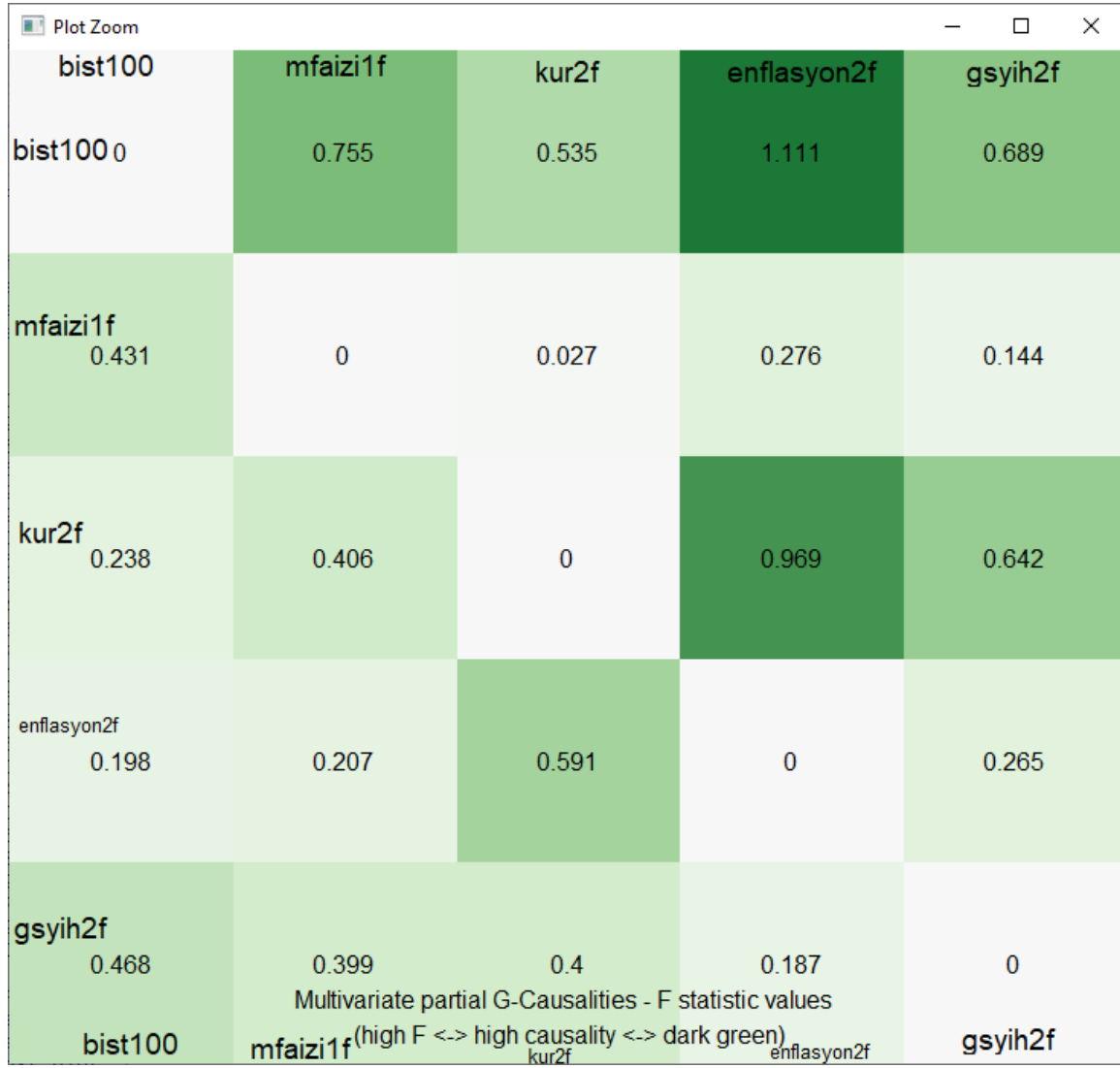
5-değişkenli düzendeki tüm çifterli kısmi G-nedensellikleri causfinder::partialGgFp (sonekler: g:grafik; F:F istatistiği; p:p değeri) ile bulunur.

```
partialGgFp(veri462F, nindependents=1, ndependents=1, nobsw=46, maxoi=0,
order=5)
```

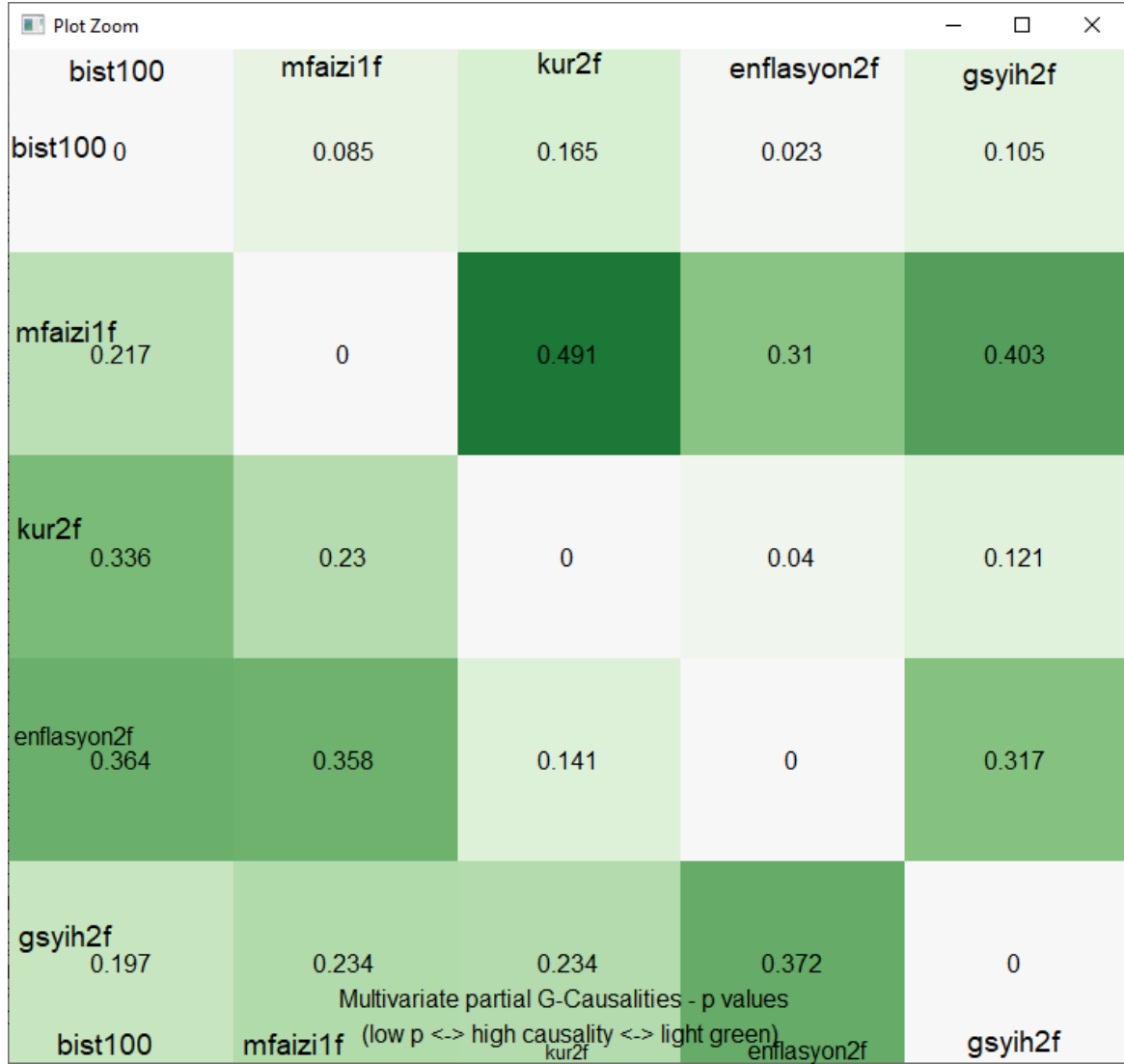
işlevinin sonucunda Şekil 3.11'deki çizim, Şekil 3.12'deki F istatistikleri ve Şekil 3.13'deki p değerleri elde edilir.



Şekil 3.11. 5 değişkenden oluşan düzende çifterli kısmi Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri)



Şekil 3.12. 5 değişkenden oluşan düzende çifterli kısmi Granger nedensellikleri (F istatistikleri)



Şekil 3.13. 5 değişkenden oluşan düzenin çifterli kısmi Granger nedensellikleri (p değerleri)

Bir değişkenin kendisiyle olan G-nedenselliği için $(F,p)=(0,0)$ atamasıyla, tüm 25 kısmi Granger nedenselliğinin F istatistikleri ve p değerleri de, aynı komut sonucunda ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.14). partialGgFp işlevindeki pGcFp yuvası ilgili (F,p) değerlerini tutmaktadır.

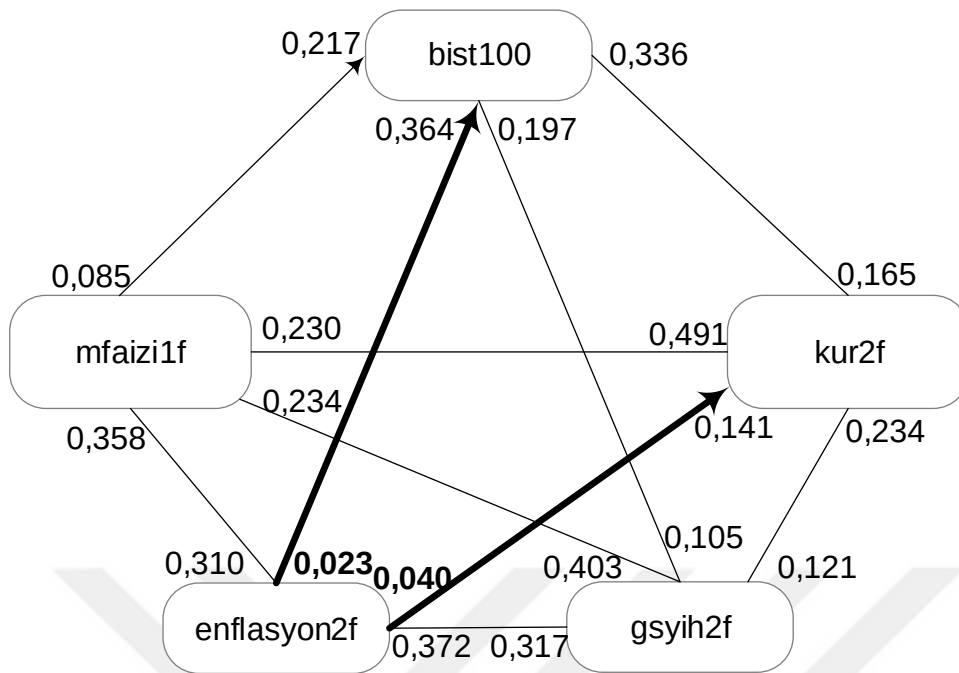
\$pGcFp					
	F	p		F	p
[1,]	0.00000000	0.00000000	[13,]	0.00000000	0.00000000
[2,]	0.43090776	0.21668838	[14,]	0.59110305	0.14073063
[3,]	0.23770798	0.33612929	[15,]	0.39974842	0.23399862
[4,]	0.19766581	0.36406706	[16,]	1.11064534	0.02330300
[5,]	0.46763268	0.19733391	[17,]	0.27645966	0.31000730
[6,]	0.75496451	0.08506120	[18,]	0.96923283	0.04024218
[7,]	0.00000000	0.00000000	[19,]	0.00000000	0.00000000
[8,]	0.40611274	0.23039758	[20,]	0.18669990	0.37186889
[9,]	0.20685696	0.35757583	[21,]	0.68913919	0.10490068
[10,]	0.39930217	0.23425236	[22,]	0.14383707	0.40290608
[11,]	0.53515910	0.16475863	[23,]	0.64176055	0.12124251
[12,]	0.02662651	0.49085245	[24,]	0.26528130	0.31744353
			[25,]	0.00000000	0.00000000

Şekil 3.14. 5 değişkenden oluşan düzende çiftli kısmi Granger nedensellikleri (F istatistikleri ve p değerleri)

Şekil 3.14'teki değerlerden, düzendeki 4 değişkenin (mfaizi1f, kur2f, enflasyon2f, gsyih2f) bist100'ün G-nedeni olup olmadığına ilişkin p değerleri (0,085; 0,165; 0,023; 0,105) elde edilir.

Burada önemli olan nokta, G-nedensellikleri incelemesinde VÖB kullanılırken, her bir değişkenin yapısal kırılma durumlarını ayrı ayrı düşünmek ve sonuçtaki 5x5'lik düzeyde, sadece yapısal kırılmaları düşünülmüş olan, üzerinde ilgilenilen değişkenin G-nedenselliklerinin satırını almaktır; değişkenlerin, geriye kalan diğer değişkenlerin G-nedeni olup olmadığını incelerken, her bir değişken için yapısal kırılmaları dikkate alarak, ayrı ayrı tasarlanmış VÖB'ler üzerinden, G-nedenselliklerini (yine ilgilenilen değişken için 5x5 düzeydeki tek bir satır bazında) bulmaktır.

Diğer değişkenlerin bist100'ün G-nedeni olup olmadığını bulmak için, bist100'ün yapısal kırılma anları dikkate alınarak bir VÖB tasarlanmıştır. Ancak bu VÖB'den, yani, bist100'ün G-nedeni olan değişkenleri bulmak için tasarlanmış olan VÖB'den, mfaizi1'nin G-nedeni olan değişkenler bulunmaya çalışılmamalıdır. Çünkü, mfaizi değişkeninin kendisine özgü yapısal kırılma anları vardır. Diğer değişkenlerin mfaizi1f'nin G-nedeni olup olmadığı, mfaizi değişkeninin kendisine özgü yapısal kırılma anları dikkate alınarak tasarlanan VÖB üzerinden bulunmalıdır.



Şekil 3.15. 5 değişkenden oluşan düzende çiftli kısmi Granger nedenselliklerinin p değerleriyle ağ topolojisi

Çeyreklik verilerle, koşullu G-nedenselliklerinin ağ topolojisi ve Şekil 3.15'teki kısmi Granger nedenselliklerinin ağ topolojisi karşılaştırıldığında, %10 anlamlılık düzeyinde ($\alpha \equiv 0,10$); koşullu G-nedenselliği incelemesinde “kur $\rightarrow$ enflasyon ($p = 0,069$); enflasyon $\rightarrow$ bist100 ($p = 0,098$)” G-nedensellik ilişkileri görülmekte iken, kısmi G-nedenselliği incelemesinde “mfaizi $\rightarrow$ bist100 ($p = 0,085$); enflasyon $\rightarrow$ bist100 ($p = 0,023$); enflasyon $\rightarrow$ kur ($p = 0,040$)” ilişkileri görülmektedir.

Kısmi G-nedenselliği, teorik olarak, her ne kadar koşullu G-nedenselliği yaklaşımdan üstün olan bir teori olsa da, kısmi G-nedenselliğinin koşullu G-nedenselliğine göre bu üstünlüğünün ortaya çıkması için araştırmadaki gözlem sayısının yeterince büyük olması, yani, yeterli verinin varolması gerekmektedir. İncelemede, 48 olan gözlem sayısının (ki bu da, değişkenleri durağanlaştırma ve ortak gözlem sayıları kullanma sürecinde 46'ya düşmüştür) yeterli olmadığı değerlendirilebilir. Bu nedenle, bu noktada, koşullu G-nedenselliği sonuçlarına güvenilmesi daha sağlıklı olacaktır.

Bir ağ topolojisinde, yani ikiden fazla değişkenden oluşan bir düzende, değişkenlerin dikleştirilmiş etki-tepki işlevlerini Cholesky ayrışımına bağlı olarak oluşturmak için

değişkenlerin en dışsaldan en içsele sırası bilinmelidir. Biz bu sıralamayı, değişkenlerin, içinde bulundukları düzende diğerlerini daha çok etkileme, diğerlerinden daha az etkilenme mücadelesine saygı duyup, değişkenlerin “etkileme etkilenme savaşı” üzerinden, yani, net etki durumu üzerinden kurgulamak istiyoruz; nasıl ki tek bir sırtlanın aslana karşı şansı yoksa (iki değişkenli düzen), sırtlanlar çetesine karşı da aslanın şansı yoktur (ikiden fazla değişkenli düzen). Dolayısıyla, zayıf değişkenler biraraya gelip etki karışımında veya etkileşimde bulunarak, güçlü değişkenlerin etkisini yokedebilir. Aynı aslanın, aynı sırtlana karşı, iki değişkenli düzenden ikiden fazla değişkenli düzene geçildiğinde şansı nasıl sıfırlanıyorsa (sırtlanı etkileyemediği için bağımsız değişken olma şansı azalıyorsa), değişkenler de, ikiden fazla değişkenli düzenlere konulduklarında, iki değişkenli düzenlerdeki hallerine göre farklı davranabilirler. Bu sinerji etkisini, etkilemenin yanı sıra, etkilenmemeyi de düşünerek genel çerçeveden ele almanın akla yatkın olduğu düşünülebilir. İkiden fazla değişkenli düzende, etkilenmemeler biraraya gelip sinerji oluşturarak etkileme’yi yoketmektedir. Altyapısı da ayrıntılı olarak verilerek bu kurgulama açıklanabilir:

Beş değişkenli düzendeki her bir değişkenin, teker teker, geriye kalan üç değişkene birlikte koşullu olarak diğer değişkenleri etkileme sırası, (p değeri ne kadar küçükse, etkileme o kadar büyük) 5x5 matriste, sütunların ayrı ayrı toplamıdır. Örneğin gözlem sayısı olan 48, kısmi GN’nin koşullu GN’ye göre üstünlüğünü vurgulayabilecek ölçüde büyük olmadığından, koşullu GN kullanıldığında aşağıdaki değerler elde edilir:

bist100’ün koşullu GN’de, diğer değişkenleri etkilerken, p değerlerinin toplamı:

$$0,152+0,254+0,166+0,335=0,907$$

mfaizi1f’nin koşullu GN’de, diğer değişkenleri etkilerken, p değerlerinin toplamı:

$$0,213+0,321+0,191+0,187=0,912$$

kur2f’nin koşullu GN’de, diğer değişkenleri etkilerken, p değerlerinin toplamı:

$$0,128+0,356+0,069+0,143=0,696$$

enflasyon2f'nin koşullu GN'de, diğer değişkenleri etkilerken, p değerlerinin toplamı:
 $0,098+0,347+0,160+0,326=0,931$

gsyih2f'nin koşullu GN'de, diğer değişkenleri etkilerken, p değerlerinin toplamı:
 $0,135+0,360+0,147+0,212=0,854$.

Etkileme sırası:

kur2f (0,696) (çok etkiliyor; güçlü değişken) > gsyih2f (0,854) > bist100 (0,907) > mfaizi1f (0,912) > enflasyon2f (0,931) (az etkiliyor; zayıf değişken).

Düzendeki 5 değişkenin, teker teker, geriye kalan üç değişkene birlikte koşullanmış olarak diğer değişkenlerden etkilenme sırası (p değeri ne kadar küçükse, etkilenme o kadar büyük) 5x5 matriste, satırların ayrı ayrı toplamı ile bulunur:

bist100'ün koşullu GN'de, diğer değişkenlerden etkilenirken, p değerlerinin toplamı:
 $0,213+0,128+0,098+0,135=0,574$

mfaizi1f'nin koşullu GN'de, diğer değişkenlerden etkilenirken, p değerlerinin toplamı:
 $0,152+0,356+0,347+0,360=1,215$

kur2f'nin koşullu GN'de, diğer değişkenlerden etkilenirken, p değerlerinin toplamı:
 $0,335+0,321+0,160+0,147=0,963$

enflasyon2f'nin koşullu GN'de, diğer değişkenlerden etkilenirken, p değerlerinin toplamı: $0,254+0,191+0,069+0,212=0,726$

gsyih2f'nin koşullu GN'de, diğer değişkenlerden etkilenirken, p değerlerinin toplamı:
 $0,166+0,187+0,143+0,326=0,822$.

Etkilenme sırası:

mfaizi1f (1,215) (az etkileniyor; güçlü değişken) > kur2f (0,963) > gsyih2f (0,822) > enflasyon2f (0,726) > bist100 (0,574) (çok etkileniyor; zayıf değişken).

Düzendeki 5 değişken en dışsaldan (bağımsız) en içsele (bağımlı), enbüyük{etkileme + etkilenmeme} düşünülerek, yani, düzene yansıttıkları net etki durumları düşünülerek sıralanabilir. Yukarıdaki sonuçlar bir araya getirilip çizelgeleştirilerek, en dışsal değişken bulunur. En dışsal değişkeni bulmaya çalışırken, çizelgedeki değerlendirmeler, enbüyük{etkileme} veya enbüyük{etkilenmeme} temelinde yapılabilir. Enbüyük{etkileme} temel alındığında; 4. sütunun elde edilışinde, 3. sütun “-1” ile çarpılarak, p değerlerinin toplamı enküçüklenmeye çalışılır. Bu çıkarmayı yapmadan, 2.sütun ve 3.sütunu toplamaya kalkışırsak, iki taraf da birbirine karışacağından net etki durumunu doğru bir şekilde bulamamış oluruz. Enbüyük{etkilenmeme} temel alındığında; 4. sütunun elde edilışinde, 2.sütun “-1” ile çarpılarak, p değerlerinin toplamı enbüyüklenmeye çalışılır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Düzendeki değişkenlerin en dışsaldan en içsele sırasının bulunması

Değişken	Diğerlerini etkileme (diğerlerinin G-nedeni olma) (p değerleri toplamı) (p değeri ne kadar küçükse, diğerlerini etkileme o kadar büyüktür)	Diğerlerinden etkilenme (p değerleri toplamı) (p değeri ne kadar küçükse diğerlerinden etkilenme o kadar büyüktür)	Net Etki (2.sütun - 3.sütun)
bist100	0,907	0,574	0,333
mfaizi1f	0,912	1,215	-0,303
kur2f	0,696	0,963	-0,267
enflasyon2f	0,931	0,726	0,205
gsyih2f	0,854	0,822	0,032

Değişkenlerin dışsaldan içsele doğru sırası Çizelge 3.4’ten elde edilir; net p değeri en küçük olan değişken etkileme etkilenmeme savaşında en ayakta kalan değişken olduğundan en dışsal değişkendir.

Literatürde, hem dikleştirilmiş etki-tepki işlevlerini Cholesky ayrışımına bağlı olarak oluştururken hem de Granger nedenselliğini çizge kuramı üzerinden kalıplamaya çalışan çalışmalarda, böylesi bir etkileme etkilenmeme savaşı yapıtaş görülmemektedir. Bir ağ topolojisinde, yani ikiden fazla değişkenden oluşan bir düzende, değişkenlerin gerekli olan bu en dışsaldan en içsele sıralanma olgusu, burada, bu savaşa dair bir matematiksel ispat verilmeden sunulmuştur. Dolayısıyla,

halihazırda, bu *şimdilik* bir sanıdır (conjencture). Değişkenlerin dışsaldan içsele sıralaması şu şekildedir:

mfaizi1f (-0,303) (en dışsal); kur2f (-0,267); gsyih2f (0,032); enflasyon2f (0,205); bist100 (0,333) (en içsel).

3.9. VÖB Düzenindeki Değişkenler Arasındaki Etki-Tepki İşlevleri

(İsteğe bağlı olarak) VÖB'deki değişkenler arasındaki ilişkiler, etki-tepki işlevleriyle ve tahmin hatasındaki değişirliğin ayrışımıyla (THDA; FEVD) da ortaya konabilir. Örnek olarak bist100 değişkeni seçilmiş ve bist100 değişkeninin diğer değişkenlerdeki şoklara verdiği tepki çizilmiştir.

Etki tepki işlevi, “etki” değişkenindeki yukarı yönde 1 birim değişikliğin (şokun), şok sonrasındaki dönemlerde “tepki” değişkeninde artışlar veya azalışlar olarak etkisidir. Yani, etki tepki işlevinden; etki değişkeninin tepki değişkenini nasıl etkilediği, etkiye karşı enbüyük tepkinin ne zaman olduğu ve etkinin ne kadar sürdüğü okunabilir. Etki tepki işlevinde, dikey eksen, tepki değişkeninin birimindedir. Kalın çizgi, etkiye karşı değişen tepki değişkeninin nokta kestirimidir.

Etki-tepki işlevlerinin çiziminde, “genelleştirilmiş etki-tepki” kullanımında, değişken sırası önemsizken, dik etki-tepki kullanımında, değişkenler, dışsaldan içsele doğru, yani, en bağımsızdan en bağımlıya doğru sıralanmalıdır; sıralama yapılırken, kendisinden önce gelen değişkenlere olabildiğince etkisizce (onları olabildiğince etkilemeyen biçimde) sıralanmalıdır. Yukarıdaki bilgiler göz önünde bulundurulduğunda, sıralama “mfaizi1f (en dışsal); kur2f; gsyih2f; enflasyon2f; bist100 (en içsel)” biçimindedir. Başlangıç değişken sıralaması (1,2,3,4,5) = “bist100, mfaizi1f, kur2f, enflasyon2f, gsyih2f” olduğundan, etki-tepki işlevlerinin çiziminde değişken sıralaması değiştirilmeli ve (2,3,5,4,1) = “mfaizi1f; kur2f; gsyih2f; enflasyon2f; bist100” ayarı yapılmalıdır (Şekil 3.16):

```
head(veri[c(2,3,5,4,1)])
```

		mfaizi	kur	gsyih	enflasyon	bist100
2007	Q1	18.5940	1.409632	211.0911	137.67	43.66112
2007	Q2	18.4220	1.321548	215.9931	139.69	47.09367
2007	Q3	18.2075	1.267385	223.1913	140.13	54.04422
2007	Q4	17.4350	1.178626	228.5483	145.77	55.53813
2008	Q1	16.8600	1.238333	242.6610	150.27	39.01544
2008	Q2	18.1975	1.233724	253.5059	154.51	35.08953

Şekil 3.16. Değişken sıralamasının etki-tepki işlevleri için değiştirilmesi

Değişkenlerin en dışsaldan en içsele doğru net etki durumu (enbüyük{etkileme + etkilenmeme}) ölçütüyle sıralanması, etki-tepki işlevlerinin çizimlerini daha kararlı hale getirebilmektedir. Bunun, dışsaldan içsele sıralamada, mantıklı olduğu düşünülen enbüyük{etkileme + etkilenmeme} ölçütünün iyi bir ölçüt olduğunun bir kanıtı olabileceği değerlendirilmektedir.

bist100'ün mfaizi'ne tepkisi; normalde,

```
plot(irf(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE],
Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), response="bist100", impulse="mfaizi",
n.ahead=4, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
```

ile çizilir (4 çeyrek, 1 yıl eder. Bir yıllık bir süre zarfındaki tepkilere bakılmak istendiği için, n.ahead=4 alınmıştır). Ancak, VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE], Dt[drop=FALSE], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)) işlevinin bağlanımlarında, davranışdeğişimi değişkenlerinin işlenmesinden kaynaklanan “bir” ve “zyonseme.bir” “değişkenlerinin bağlanım katsayıları için NA döndürmesi nedeniyle (diğer değişkenlerin katsayıları sorunsuzca belirlenmiştir), irf işleviyle etki-tepki işlevlerini çizebilmek için bu değişkenler bağlanımlardan çıkartılmalıdır. Bu değişkenlerin bağlanımlardan çıkartılması, etki-tepki işlevlerini etkilemez. Çünkü, bu değişkenler bağlanımlardan çıkartıldığında, geriye kalan değişkenler arasındaki bağlanımların bağlanım katsayıları, değişkenler çıkartılmadığı durumdaki bağlanımların bağlanım katsayılarıyla, Frisch-Waugh teoremi nedeniyle birbirine eşittir (♥ (Frisch-Waugh teoremi): “Herhangi bir değişkenin çoklu bağlanım katsayısı, bağlanımda, hem bağımlı değişkende hem de bu bağımsız değişkende diğer değişkenlerin etkileri arındırılarak elde edilen basit

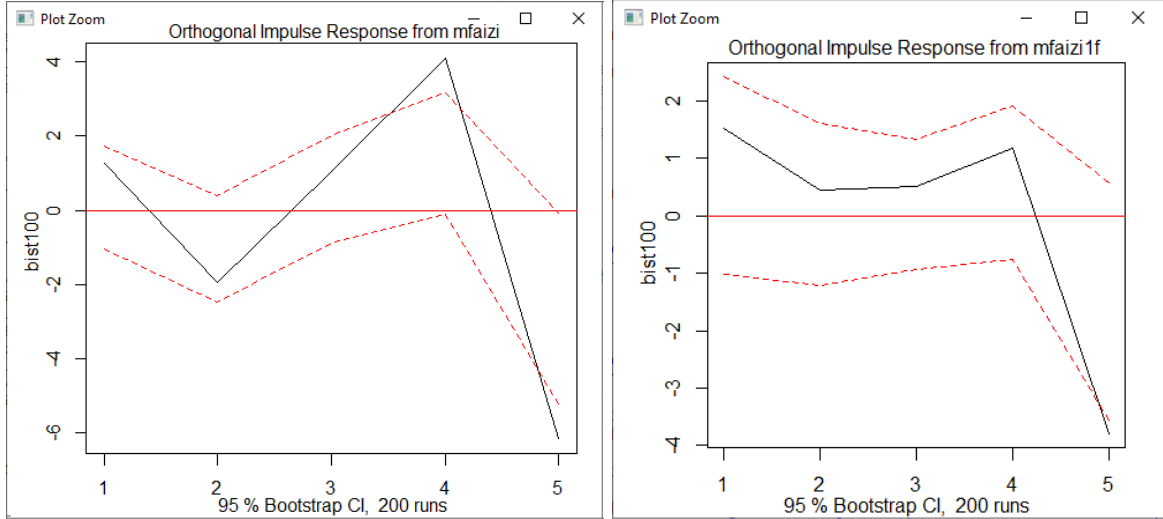
bağlanımdakiyle aynıdır”). *bist100*’ün *mfaizi1f*’ye tepkisinin (“bir” ve “zyonseme.bir” değişkenleri bağlanımlardan çıkartıldığında) kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.17(a)’dadır:

```
plot(irf(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)],
Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), response="bist100",
impulse="mfaizi", n.ahead=4, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1,
runs=200) )
```

Kısıtsız VÖB’teki değişkenlerde birim kökler veya eşbütünleşimin varolduğu durumda, kestirilmiş etki tepki işlevleri, tahmin ufku boyunca uzun dönemde tutarsız olacağından (Lin, 2006: 4), etki tepki işlevleri bu durum göz önünde bulundurularak ayarlanmalıdır. `plot(irf(VAR(...)))` sürecinde VAR işlevinin bir bağımsız değişkeni olan *y* veriçerçevesinin satır sayısı, *exogen* bağımsız değişkeninin satır sayısı ile aynı olmalıdır. Hemen üstteki kodda *veri* (*bist100*, *mfaizi*, *kur*, *enflasyon*, *gsyih*; 48x5) ve *exogen* (48x9) için bu sağlanmaktaydı. *veri462F* (*bist100*, *mfaizi1f*, *kur2f*, *enflasyon2f*, *gsyih2f*; 46x5) veriçerçevesi için de, *exogen* değişkeninin baştaki gözlemlerinin atılmasıyla bu sağlanarak, durağanlaştırılmış değişkenler kullanarak daha tutarlı bir etki tepki işlevi elde edilebilir (kodu, aşağıdadır; Şekil 3.17(b)).

```
plot(irf(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)[3:48,]), response="bist100", impulse="mfaizi1f", n.ahead=4,
ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
```

Elbette, değişkenler eşbütünleşiklik varsayımını karşılayacak biçimde sayısal verilere sahip olsaydı, bu eşbütünleşik durağandışı değişkenler durumunda, değişkenleri durağanlaştırmaya gerek kalmadan, vektör hata düzeltme kalıbından (VHD), daha da kararlı ve tutarlı etki tepki işlevleri elde edilebilecekti.



a. düzey değişkenlerden

b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

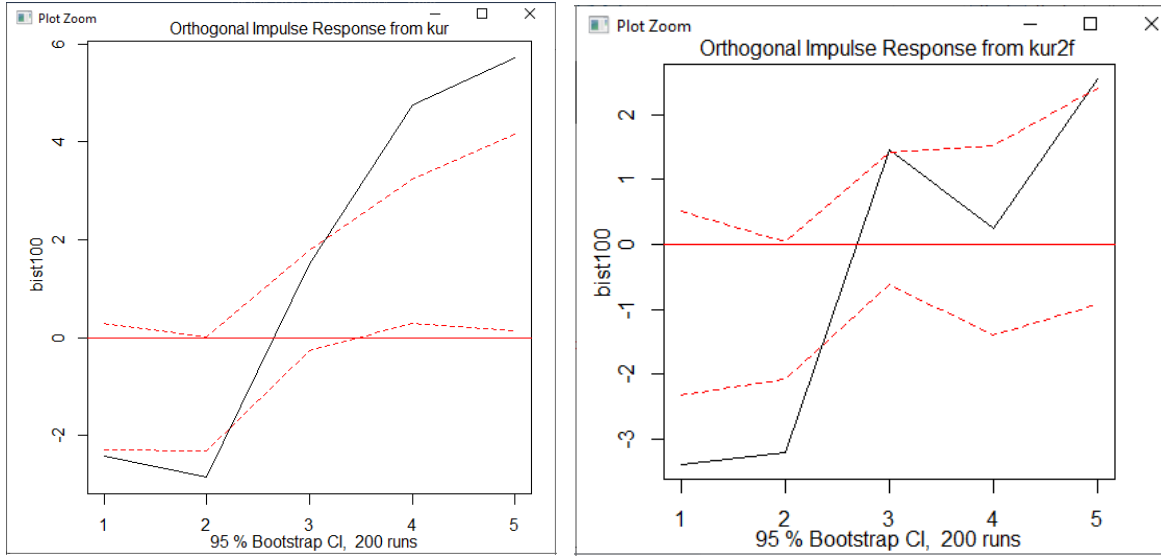
Şekil 3.17. bist100 değişkeninin mfaizi1f'ye tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)

Düzye değişkenler kullanıldığında, bist100'ün kur'a tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.18(a)'dadır:

```
plot(irf(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)],
Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), response="bist100",
impulse="kur", n.ahead=4, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1,
runs=200) )
```

Durağanlaştırılmış değişkenler kullanıldığında, bist100'ün kur'a tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.18(b)'dedir:

```
plot(irf(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)[3:48,]), response="bist100", impulse="kur2f", n.ahead=4, ortho=TRUE,
cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
```



a. düzey değişkenlerden

b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

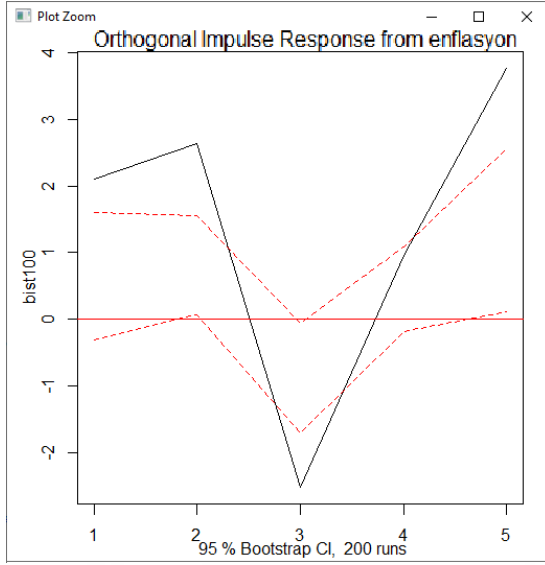
Şekil 3.18. bist100 değişkeninin kur'a tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)

Düzyer değişkenler kullanıldığında, bist100'ün enflasyon'a tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.19(a)'dadır:

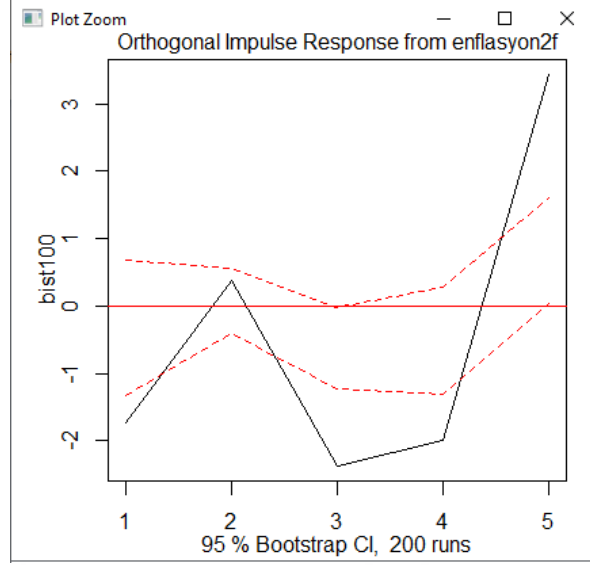
```
plot(irf(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)],
Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), response="bist100",
impulse="enflasyon", n.ahead=4, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1,
runs=200) )
```

Durağanlaştırılmış değişkenler kullanıldığında, bist100'ün enflasyon'a tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.19(b)'dedir:

```
plot(irf(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)[3:48,]), response="bist100", impulse="enflasyon2f", n.ahead=4,
ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
```



a. düzey değişkenlerden



b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

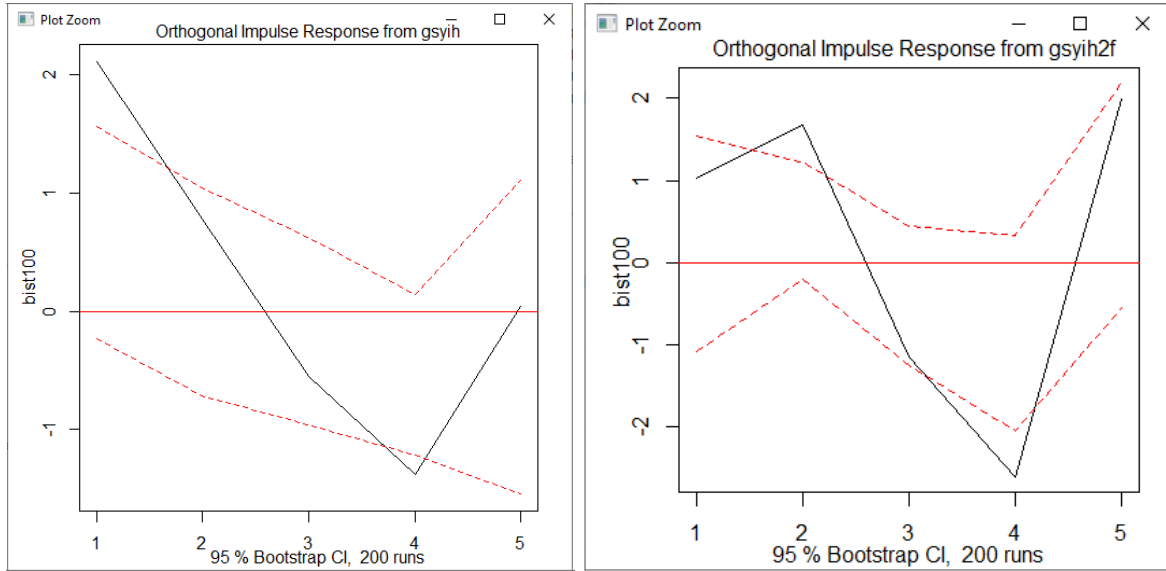
Şekil 3.19. bist100 değişkeninin enflasyon'a tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)

Düzyer değişkenler kullanıldığında, bist100'ün gsyih'e tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.20(a)'dadır:

```
plot(irf(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)],
Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), response="bist100",
impulse="gsyih", n.ahead=4, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1,
runs=200) )
```

Durağanlaştırılmış değişkenler kullanıldığında, bist100'ün gsyih'e tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.20(b)'dedir:

```
plot(irf(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)[3:48,]), response="bist100", impulse="gsyih2f", n.ahead=4,
ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
```



a. düzey değişkenlerden

b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

Şekil 3.20. bist100 değişkeninin gsyih'e tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)

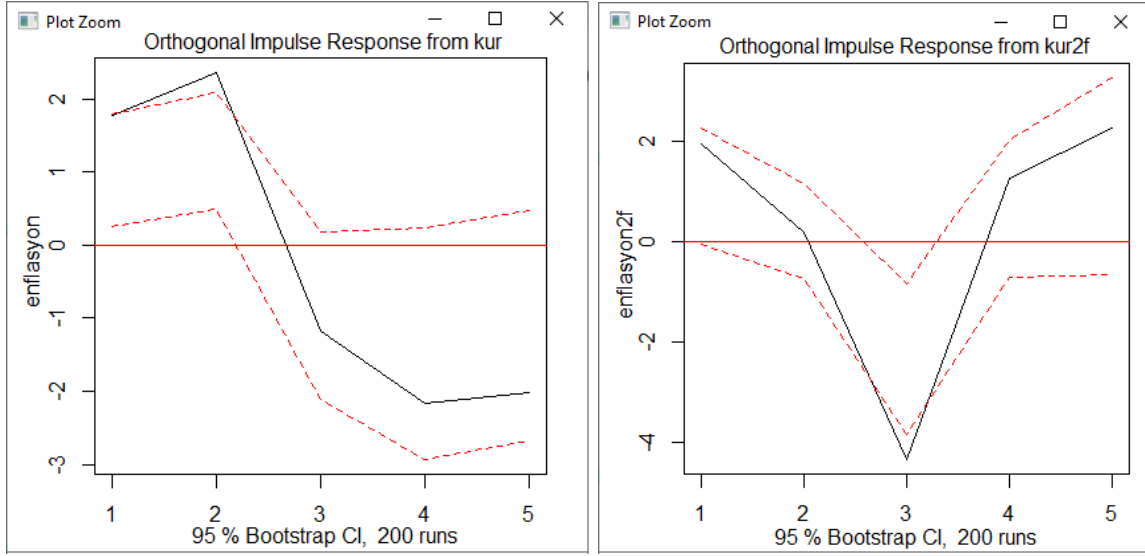
Yapısal kırılma gözlemlenmeyen değişkenlerin (kur, enflasyon ve gsyih), diğer değişkenlerdeki değişimlere tepkileri `plot(irf(VAR(...)))` ile çizilirken, VAR işlevinde, yapısal kırılmaları betimleyici kukla değişkenler, VAR'ın bağımsız değişkenler (argümanlar) kısmından kaldırılmalıdır:

Düzyer değişkenler kullanıldığında, enflasyon'un kur'a tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.21(a)'dadır:

```
plot(irf(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both"), response="enflasyon", impulse="kur",
n.ahead=4, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
```

Durağanlaştırılmış değişkenler kullanıldığında, enflasyon'un kur'a tepkisinin kodu aşağıda, çıktısı Şekil 3.21(b)'dedir:

```
plot(irf(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both"), response="enflasyon2f",
impulse="kur2f", n.ahead=4, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1,
runs=200) )
```

a. düzey değişkenlerden

b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

Şekil 3.21. enflasyon değişkeninin kur'a tepki işlevi (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)

3.10. VÖB Düzenindeki Değişkenlerin Gelecekteki Değerlerinin Öngörüsü

VÖB'deki 5 değişkenin tahmin ufkundaki 1 yılda (4 çeyrek) tahmin değerleri ve çizimlerini yapabilmek için, VAR işlevinde exogen kullanıldığından, dışsal (exogen) kukla değişkenlerin gelecekteki değerlerini içeren dumvar dizeyi tanımlanmalıdır. dumvar dizeyinin sütun sayısı, vars::VAR veya urca::ca.jo çağrısındakiyle aynı olmalı, satır boyutu n.ahead ile aynı olmalıdır. Kukla değişkenlerin gelecekteki öngörülerini, mevcut son değerlerindeki desene bakarak ortaya çıkarılabilir (Şekil 3.22):

```
tail(cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz))
```

	zyonseme*D2t	zyonseme*D3t	D2t	D3t	I2t	I3t	I4t	I5t	I6t
[43,]	0	43	0	1	0	0	0	0	0
[44,]	0	44	0	1	0	0	0	0	0
[45,]	0	45	0	1	0	0	0	0	0
[46,]	0	46	0	1	0	0	0	0	0
[47,]	0	47	0	1	0	0	0	0	0
[48,]	0	48	0	1	0	0	0	0	0

Şekil 3.22. Kukla değişkenlerin mevcut son değerlerini kullanarak kuklaların gelecekteki öngörülerinin bulunması

Şekil 3.22'deki desene bakarak, dumvar bağımsız değişkenine sunulacak KuklalarınGelecekleri değişkeni, tahmin ufkunun "4 çeyrek (1 yıl)" olması gözönünde bulundurularak, aşağıdaki gibi tanımlanır:

```
KuklalarınGelecekleri <- matrix(c(
      0, 49, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
      0, 50, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
      0, 51, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
      0, 52, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0),
  nrow=4,byrow=TRUE)
```

Bu düzey, dumvar değişkeninin değişgesi (parametresi) olarak kullanıldığında; değişkenlerin gelecekteki değerlerinin öngörüsü elde edilir (çıktı, Şekil 3.23'tedir):

```
predict(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)],
Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)), n.ahead=4, ci=0.95, dumvar=
KuklalarınGelecekleri)
```

\$mfaizi					\$kur				
	fcst	lower	upper	CI		fcst	lower	upper	CI
[1,]	9.321138	6.863025	11.77925	2.458114	[1,]	3.719848	3.324716	4.114979	0.3951317
[2,]	17.955300	14.579359	21.33124	3.375941	[2,]	4.517026	4.048004	4.986048	0.4690216
[3,]	17.099386	13.028302	21.17047	4.071084	[3,]	4.439588	3.765709	5.113467	0.6738790
[4,]	7.168124	1.982162	12.35409	5.185962	[4,]	7.840284	7.035816	8.644751	0.8044679

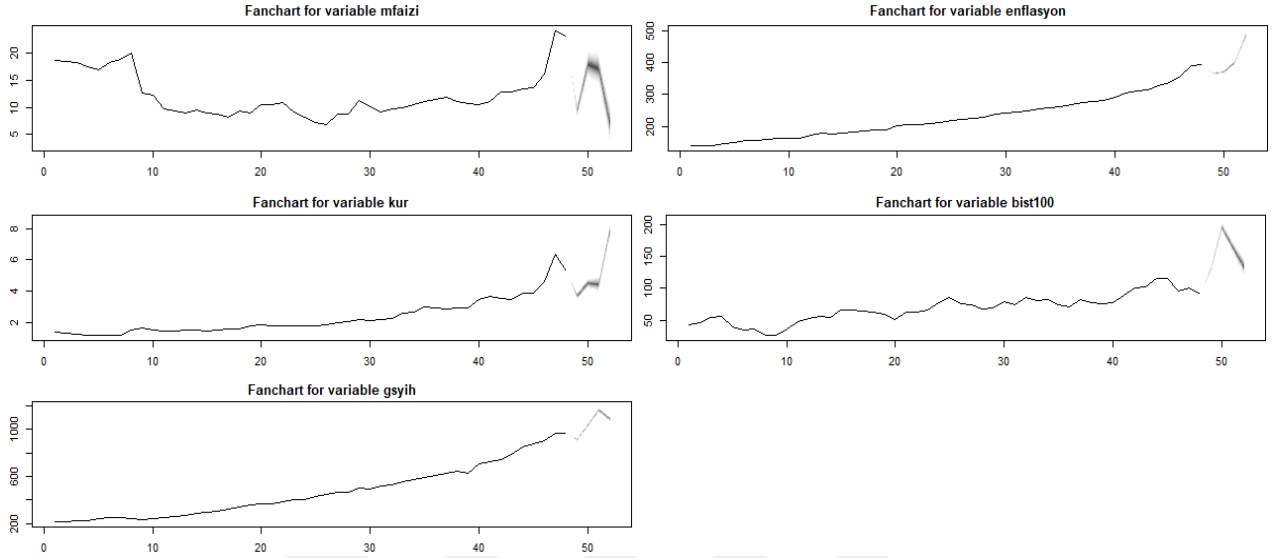
\$gsyih					\$enflasyon				
	fcst	lower	upper	CI		fcst	lower	upper	CI
[1,]	913.1696	891.9912	934.3479	21.17837	[1,]	366.4075	360.3589	372.4561	6.048629
[2,]	1037.3626	1012.9170	1061.8082	24.44564	[2,]	371.5441	362.3716	380.7166	9.172482
[3,]	1164.2065	1131.1341	1197.2790	33.07245	[3,]	400.6320	388.6013	412.6627	12.030703
[4,]	1089.6399	1052.9267	1126.3530	36.71317	[4,]	486.1420	468.8802	503.4038	17.261770

\$bist100				
	fcst	lower	upper	CI
[1,]	130.3075	121.1912	139.4238	9.116321
[2,]	195.7043	183.0720	208.3366	12.632307
[3,]	164.1362	150.0484	178.2239	14.087710
[4,]	134.5515	115.4842	153.6188	19.067284

Şekil 3.23. VÖB düzenindeki 5 değişkenin tahmin ufkundaki öngörülleri

Bu öngörüler kullanılarak, değişkenlerin gelecekteki değerlerinin öngörüsü çizilir (Şekil 3.24):

```
fanchart(predict(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)), n.ahead=4, ci=0.95, dumvar=KuklalarinGelecekleri))
```



Şekil 3.24. VÖB düzenindeki 5 değişkenin gelecek değerlerine ait öngörülerin üfleme çizimleri

3.11. Aralarında Koşullu Granger Nedenselliği İlişkisi Olan Değişkenler Arasındaki Granger Nedenselliği İlişkilerinin Aynı Yönlülük Veya Zıt Yönlülük (Ters Orantılılığının) Seyrinin Bulunuşu

Bir Granger nedenselliği incelemesinde, değişkenler arasında belirli bir yönde bir G-nedensellik ilişkisinin varolduğu bulunduğundan sonra, aralarında koşullu/kısmi G-nedenselliği ilişkisi varolan değişkenler arasındaki koşullu/kısmi G-nedensellik ilişkisinin seyri, yani, aynı yönlülüğü (değişkenlerden biri artarken diğerinin de artması, azalırken diğerinin de azalması; uyumlu biçimde artış/azalış), zıt yönlülüğü (ters orantılılığı) ya da zaman üzerinde bu ikisinin (aynı yönlülük, zıt yönlülük) bir karışımı (belirli bir süre biri, sonra diğeri, sonra belki yine önceki,...) olup olmadığı, VÖB eşitliklerinin kendi aralarındaki tüm devingen ilişkileri de dikkate alan etki tepki işlevleri sayesinde bulunabilir.

İkiden fazla değişkenden oluşan bir vektör özbağlanım kalıbındaki (VÖB) değişkenler arasındaki G-nedenselliği ilişkilerini bulurken, VÖB eşitlikleri arasındaki

tüm devingen etkiler dikkate alınmalıdır. Bir etki tepki işlevi de, tam anlamıyla, bu dikkate alma işlemini başarıyla gerçekleştirir. Etki tepki işlevi, tanımlandığı küme üzerinde tüm dönemler boyunca pozitif değerliyse ve sıfıra doğru sönümleniyorsa, değişkenler arasında varlığı belirlenmiş olan G-nedenselliğinin işareti de pozitifdir, yani, değişkenlerin nedensellik ilişkisi aynı yönlüdür. Etki tepki işlevi, tanımlandığı küme üzerinde tüm dönemler boyunca negatif değerliyse ve sıfıra doğru sönümleniyorsa, değişkenler arasında varlığı belirlenmiş olan G-nedenselliğinin işareti de negatiftir, yani, değişkenlerin nedensellik ilişkisi zıt yönlüdür. Etki tepki işlevi, zaman üzerinde, önce pozitif değerli, sonra negatif değerli, sonrasında salınım yaparak sıfıra doğru sönümleniyorsa [veya, zaman üzerinde, önce negatif değerli, sonra pozitif değerli, sonrasında salınım yaparak sıfıra doğru sönümleniyorsa], G-nedenselliğinin işareti zaman ufkuna bağımlıdır.

Durağandışı zaman serilerinin verilerine basit zaman serisi kalıpları yakıştırılması, bu verilere bağlanım kalıpları yakıştırılmasıyla karşılaştırıldığında bazen çok daha iyi sonuçlar vermektedir: zira, (eşbütünleşik olmayan) durağandışı iki zaman serisi, uzun zaman dönemleri boyunca eşzamanlı (senkronizasyon içinde) kalmazlar; yani, nedensel olarak aralarında bir ilişkili varolsa bile mükemmel bir şekilde korunmuş doğrusal bir ilişkiye genellikle sahip olmazlar. Bütünleşik zaman serileri için, örnek ilintisi daima hesaplanabilir olsa da değişirlik sonsuz olduğu için teorik ilintinin tanımlanması sorunludur; örnek ilintisi, kestirilen teorik ilintinin tanımı sorunlu olduğundan teorik ilintinin mantıklı bir kestirimcisi değildir (estimator / estimate / estimand: kestirici / kestirim / kestirilen). Bu yüzden, bütünleşik (integrated) iki zaman serisi arasındaki örnek ilintisi hiçbir anlam ifade etmez; bütünleşik zaman serilerine ilinti ölçüleri uygulandığında, durağandışı bu seriler arasında “sahte ilinti” elde edilir. Yule, “Zaman serileri arasında niçin bazen anlamsız ilintiler elde ederiz? Örnekmeye ilişkin bir çalışma ve zaman serilerinin doğası” çalışmasıyla (Yule, 1926), “sahte ilinti”, “sahte bağlanım” ve “sahte G-nedenselliği” çalışmalarının başlangıç fişliğini ateşleyen araştırmacı olmuştur. x ve y durağandışı iki zaman serisiyse, birbirleri arasındaki ilintiler gibi istatistik özellikleri zaman üzerinde sabit olmayabilir. Durağanlaştırılmış durağandışı zaman serilerinin, durağanlaştırım sonrasında, birbirleri arasındaki ilintilerin zaman üzerinde kararlı olduğu daha büyük bir güvenle söylenebilir.

Aralarında koşullu/kısmi G-nedenselliği ilişkisi varolan değişkenler arasındaki koşullu/kısmi G-nedensellik ilişkisinin nasıl seyrettiğinin bulunması sürecinde, incelenen VÖB'ün kalıntılarının ilinti düzeyi de bir fikir verici olarak kullanılabilir. Dolayısıyla bu açıdan bakıldığında, etki tepki işlevleri, belirlenmiş G-nedensellik ilişkilerinin aynı/zıt yönlülük seyrini uzun bir zaman dönemine de yaygın olarak bulurken, VÖB eşitliklerinin katsayıları ve VÖB'ün kalıntılarının ilinti düzeyi, tahmin ufkunda, görece çok daha kısa zaman dönemi için, belirlenmiş G-nedensellik ilişkilerinin seyrini bulmaktadır. Bu bağlamda, varlığı belirlenmiş G-nedensellik ilişkilerinin aynı/zıt yönlülük seyrini etki tepki işlevleri üzerinden bulmak çok çok daha sağlıklı bir yoldur. Bununla birlikte, istatistiksel bir ilişkinin varolması kendi başına bir nedensellik anlamı taşımaz; istatistiksel ilişki ne denli güçlü ve ne denli anlamlı olursa olsun, asla nedensel bir ilişki kuramaz; nedensellik düşüncelerimiz, eninde sonunda, istatistiğin dışından, gerçek hayatı öyle veya böyle yansıtan bir kuramdan gelmelidir (Kendall, 1961:279).

Tüm bu açıklamaların ardından, artık, varlığı belirlenmiş G-nedensellik ilişkilerinin seyrinin bulunmasına geçilebilir. VÖB kalıntıların ilinti düzeyinin kodu aşağıda verilmektedir:

```
summary(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)[3:48,]))
```

Verilerin durağanlaştırılmış halleri ve düzeyleri ile çalışırken, exogen değişkeninin satır sayısı da ilgili biçimde ayarlanmalıdır. Durağanlaştırılmış hallerdeki ve düzeylerdeki bu ayarlanışları karşılaştırmalı olarak göstermek için, yan bilgi olarak aşağıdaki ilinti düzeyi de elde edilebilir (eşbütünleşik olmayan durağandışı değişkenlerin düzeyleriyle elde edilen VÖB'ten bulunan VÖB kalıntılarının, G-nedensellik ilişkilerinin seyrinin bulunmasında kullanılamayacağı bu arada yeniden vurgulanmalıdır):

```
summary(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both", exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)],
Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac, IsiklarDogacsiz)))
```

Verilerin durağanlaştırılmış hallerinden ve düzeylerindeki hallerinden, VÖB kalıntılarının ilinti düzeyine ilişkin çıktılar, sırasıyla, Şekil 3.25'tedir.

VÖB'ün kalıntılarının ilintilerinin görsel düzeyini, düzey değişkenlerden ve durağanlaştırılmış değişkenlerden veren kod aşağıda verilmektedir (çıktı, Şekil 3.26'dadır):

```
library(corrplot);
corrplot(summary(VAR(veri[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)))$corres, type="upper", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
```

```
library(corrplot)
corrplot(summary(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)[3:48,]))$corres, type="upper", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
```

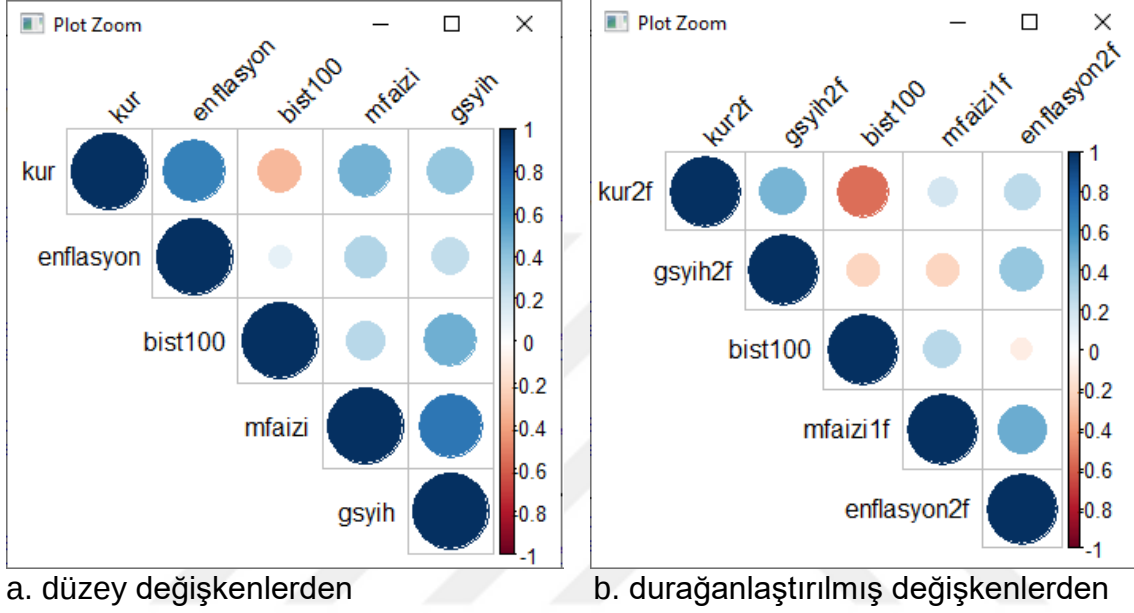
G-nedensellik ilişkilerinin seyrinin bulunmasında, değişkenlerin durağanlaştırılmış hallerinden (veri462F[c(2,3,5,4,1)]) elde edilen VÖB kalıntılarının ilintileri, durağandışı değişkenlerin düzeylerini de içeren veriden (veri[c(2,3,5,4,1)]) elde edilen VÖB kalıntılarından farklı çıkmıştır (Şekil 3.26). Dolayısıyla, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde bile, G-nedenselliklerinin seyrinin bulunmasında, durağandışı değişkenlerin düzeyleriyle çalışılmasının sakıncalı olduğu bu incelemeden de görülmektedir.

```
Correlation matrix of residuals:
      mfaizi1f    kur2f gsyih2f enflasyon2f    bist100
mfaizi1f      1.0000  0.1889 -0.2143    0.49351  0.27783
kur2f         0.1889  1.0000  0.4606    0.26400 -0.55315
gsyih2f       -0.2143  0.4606  1.0000    0.38911 -0.21929
enflasyon2f   0.4935  0.2640  0.3891    1.00000 -0.09852
bist100       0.2778 -0.5531 -0.2193   -0.09852  1.00000
```

Correlation matrix of residuals:

	mfaizi	kur	gsyih	enflasyon	bist100
mfaizi	1.0000	0.4762	0.7214	0.2990	0.2712
kur	0.4762	1.0000	0.3880	0.6703	-0.3285
gsyih	0.7214	0.3880	1.0000	0.2421	0.4835
enflasyon	0.2990	0.6703	0.2421	1.0000	0.1005
bist100	0.2712	-0.3285	0.4835	0.1005	1.0000

Şekil 3.25. VÖB'ün kalıntılarının ilintilerinin dizeyi



Şekil 3.26. VÖB'ün bağlanımlarının kalıntıları arasındaki ilintiler (48 çeyreklik gözlemlili 5 değişkenli düzen)

İlinti, nedenselliği göstermez, yani, nedensellik için “yeter şart” değildir. Bununla birlikte, bir Granger nedenselliği ilişkisinin varolduğu bulunduğu, ilintinin yönü, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, Granger nedenselliğinin yönü için bir fikir verici olabilmektedir. Koşullu GN'ye göre, $\alpha = 0,10$ anlamlılık sınırındaki G-nedensellikleri, p değerleriyle birlikte, kur2f (0,069) → enflasyon2f; enflasyon2f (0,098) → bist100 idi. Bu koşullu G-nedenselliklerinin yönü olarak, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, durağanlaştırılmış değişkenlerden elde edilen ilinti görsellemesi (Şekil 3.26) ışığında; “+”, aynı yönlü ilişkiyi, “-”, zıt yönlü ilişkiyi göstermek üzere işlendiğinde: “kur2f (0,069) (+) → enflasyon2f; enflasyon2f (0,098) (-) → bist100” G-nedensellik ilişkileri elde edilir.

VÖB'ün bağlanımlarının kalıntıları arasındaki ilintilerin görsel dizeyi ile etki tepki işlevleri birbiriyle uyumludur: örneğin, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, Şekil 3.26(b)'den görülen “kur2f (+) → enflasyon2f” ilişkisindeki aynı yönlülük (“+”), Şekil 3.21(b)'de enflasyon2f değişkeninin kur2f'deki şoka etki tepki işlevinin tahmin ufkunun başında pozitif değerli olmasıyla örtüşmektedir. Benzer şekilde, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, Şekil 3.26(b)'den görülen “enflasyon2f (–) → bist100” ilişkisindeki zıt yönlülük (“–”), Şekil 3.19(b)'de bist100 değişkeninin enflasyon2f'deki şoka etki tepki işlevinin tahmin ufkunun başında negatif değerli olmasıyla örtüşmektedir.

G-nedensellik ilişkilerin bu aynı/zıt yönlülüğünün farklı yollarla sağlanması yapılabilir: etki tepki işlevlerinin tahmin ufku başındaki pozitif ya da negatif değer almasına bakılması sağlama yollarından biridir; diğer bir yol da VÖB kestirimindeki (

```
summary(VAR(veri462F[c(2,3,5,4,1)], p=5, "both",
exogen=cbind(zyDt[drop=FALSE][,c(2,3)], Dt[drop=FALSE][,c(2,3)], IsiklarDogac,
IsiklarDogacsiz)[3:48,]))
```

) değişkenlerin geçmiş gecikmelerinin değişkenlerin düzeylerine etkisine bakılmasıdır.

48 çeyreklik gözlemleri 5 değişkenli düzendeki “kur2f (+) → enflasyon2f; enflasyon2f (–) → bist100” koşullu G-nedenselliği ilişkilerinin sırasıyla “+” ve “–” olan işaretlerinin zaman ufkuna bağımlı olup olmadığı, yani, koşullu GN'deki bu işaretlerin zamanla değişiklik gösterip göstermediği bulunabilir: Şekil 3.21(b)'deki ve Şekil 3.19(b)'deki etki tepki işlevleri, $y = 0$ etrafında salınım yaparak zaman üzerinde değiştiği için bu etki tepki işlevlerinin işareti sürekli değişmektedir, bu yüzden, varlığı belirlenmiş bu koşullu G-nedenselliklerinin işareti (seyri) zaman ufkuna bağımlıdır.

GSYİH değişkeni en küçük zaman dilimi olarak çeyrek yıl bazında ölçüldüğünden, bu değişken inceleme dışı bırakılıp geriye kalan dört değişken (bist100, mfaizi, kur, enflasyon) üzerinden 2007.01 – 2020.01 dönemine ait aylık verilerden oluşan 157 gözlem kullanılarak aynı yöntemlerle inceleme tekrarlanmıştır:


```

library(readxl) # Excel'den veriçerçevesi oluşturan paketi yükle
veri <- read_excel("D://t//makale//2020 02 Tez//veriyaylik.xlsx")
veri <- as.data.frame(veri) # Veriyi, veriçerçevesi türüne getir;
# sütunlar: tarih  bist100  mfaizi kur enflasyon
library(lubridate); library(zoo)
row.names(veri) <- as.yearmon(seq(ymd('2007-01-01'), by='1 month',
length.out=(157)))
veriT <- veri # Tarih sütunlu haliyle veriyi ayrı bir değişkende sakla
(veri <- veri[,-1]) # Tarih sütununu, veri veriçerçevesinden ayır
# sütunlar: bist100 mfaizi kur enflasyon
# NarayanPopp2010RKodu.R dosyasından narayanpopp işlevini yükle
narayanpopp(veri[,1]); narayanpopp(veri[,2]) # bist100'ün ve mfaizi'nin NP sınaması
narayanpopp(veri[,3]); narayanpopp(veri[,4]) # kur'un ve gsyih'in NP sınaması

```

Yinelenen incelemede bulunan sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Serilerin bütünleşim düzeyleri $bist100 \sim B(1)$; $mfaizi \sim B(1)$; $kur \sim B(0)$; $enflasyon \sim B(1)$ olarak bulunmuştur. Serilerde belirgin yapısal kırılmalar olmadığı gözlemlenmiştir. VÖB'ün en iyi (optimal) en küçük gecikme düzeyi 11 olarak bulunmuştur:

```

library(vars)
VARselect(veri, lag.max=13, "both") # K=11
t(VARselect(veri, lag.max=13, "both")$criteria) # K=11
print(roots(VAR(veri, p=11, "both"), modulus=TRUE))
print(max(roots(VAR(veri, p=11, "both"), modulus=TRUE))) # 1,010
plot(stability(VAR(veri, p=2, "both"), type="OLS-CUSUM"))

```

Sonrasında, dört değişkenli düzendeki koşullu ve kısmi G-nedenselliklerinin p değerleri ve ağ topolojileri elde edilmiştir (Şekil 3.27, Şekil 3.28, Şekil 3.29 ve Şekil 3.30):

```

head(veri); tail(veri)
bist1001f <- diff(ts(veri[,1]), differences=1)
mfaizi1f <- diff(ts(veri[,2]), differences=1)
kur <- ts(veri[,3])
enflasyon1f <- diff(ts(veri[,4]), differences=1)

veri1561F <- data.frame(bist1001f, mfaizi1f, kur[2:157], enflasyon1f)
dim(veri1561F) # 156x4
names(veri1561F) <- c("bist1001f", "mfaizi1f", "kur", "enflasyon1f")

library(lubridate); library(zoo) #veri1561F'nin satır adlarına ayları ata
row.names(veri1561F) <- as.yearmon(seq(ymd('2007-02-01'), by='1 month',
length.out=(156)))
veri1561F

library(causfinder)
conditionalGgFp(veri1561F, nindependents=1, ndependents=1, nobswrow=156,
maxoi=0, order=11)
partialGgFp(veri1561F, nindependents=1, ndependents=1, nobswrow=156, maxoi=0,
order=11)

```

p değerlerinden oluşmuş koşullu ve kısmi G-nedensellik düzeyleri incelendiğinde; $\alpha = 0,10$ anlamlılık sınırı için, hem koşullu GN sınamalarının hem de kısmi GN sınamalarının, elde edilen p değerleri biraz farklı olsa da değişkenler arasında aynı G-nedenselliklerini verdiği görülmektedir.

Eldeki gözlem sayısının 157 olmasının, teorik açıdan koşullu G-nedenselliğine göre üstün olan kısmi G-nedenselliğinin bu üstünlüğünü ortaya çıkarabilecek bir düzey olduğu değerlendirildiğinde, kısmi G-nedenselliğinin sonuçları baz alındığında, durağanlaştırılmış değişkenlerden elde edilen ilinti görsellemesi (Şekil 3.32) ışığında, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi, p değerleriyle birlikte; kur (0,035) (+) → mfaizi1f; kur

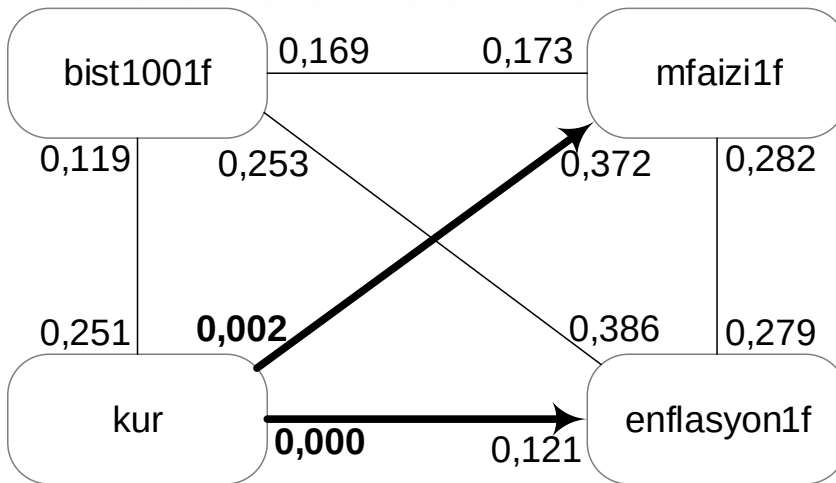
(0,006) (+) $\rightarrow$ enflasyon1f; enflasyon1f (0,106) (+) $\rightarrow$ kur elde edilir. Bu son değer olan $p = 0,106$ değeri, $\alpha = 0,10$ anlamlılık sınırını az farkla ıskalamaktadır.



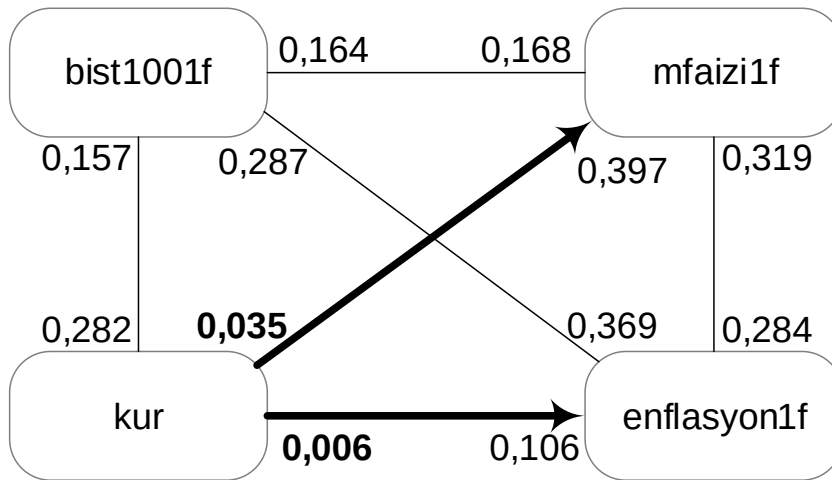
Şekil 3.27. Dört değişkenli düzendeki koşullu Granger nedensellikleri (p değerleri)



Şekil 3.28. Dört değişkenli düzendeki kısmi Granger nedensellikleri (p değerleri)



Şekil 3.29. Dört değişkenli düzendeki koşullu Granger nedensellikleri (p değerleri)



Şekil 3.30. Dört değişkenli düzendeki kısmi Granger nedensellikleri (p değerleri)

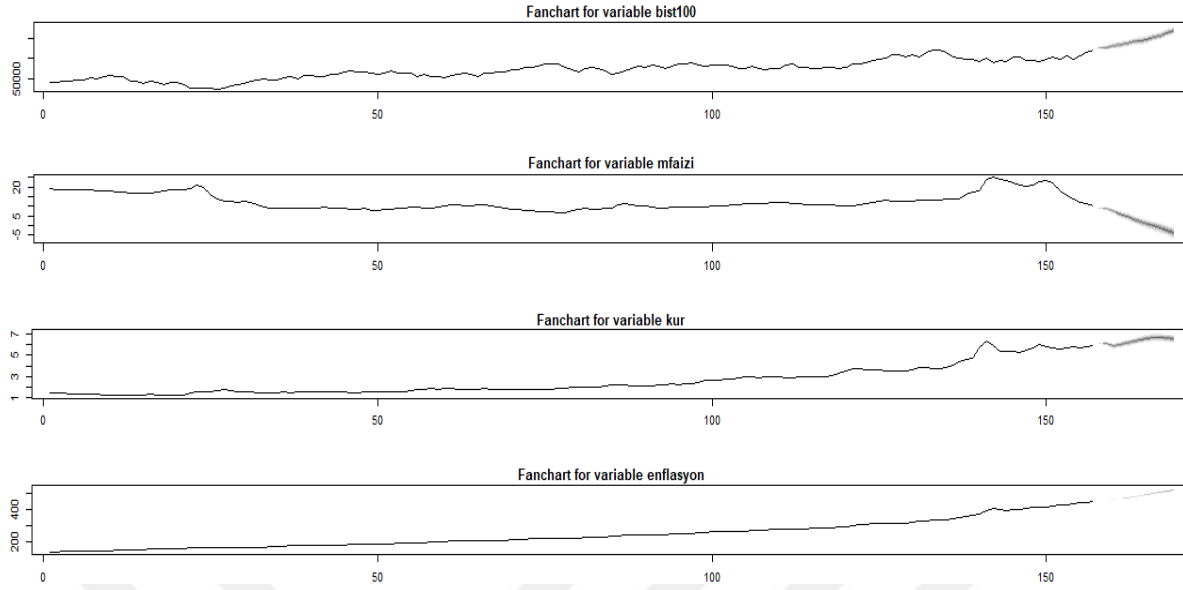
Dört değişkenli düzende, değişkenlerin çizimlerinden değişkenlerdeki yapısal kırılmalar belirginlik göstermeyip ihmal edilebilir olduğundan yapısal kırılmaları tanımlayıcı kukla değişkenler tanımlanmamıştır.

Değişkenlerin, gelecek döneme ait tahminlerini yansıtan üfleme çizimleri (fanchart) (Şekil 3.31) aşağıdaki kodla bulunmuştur:

```
fanchart(predict(VAR(veri, p=11, "both"), n.ahead=12, ci=0.95))
# Eşbütünleşim varsayımı olduğu için, "veri1561F" yerine "veri" kullanıldı.
```

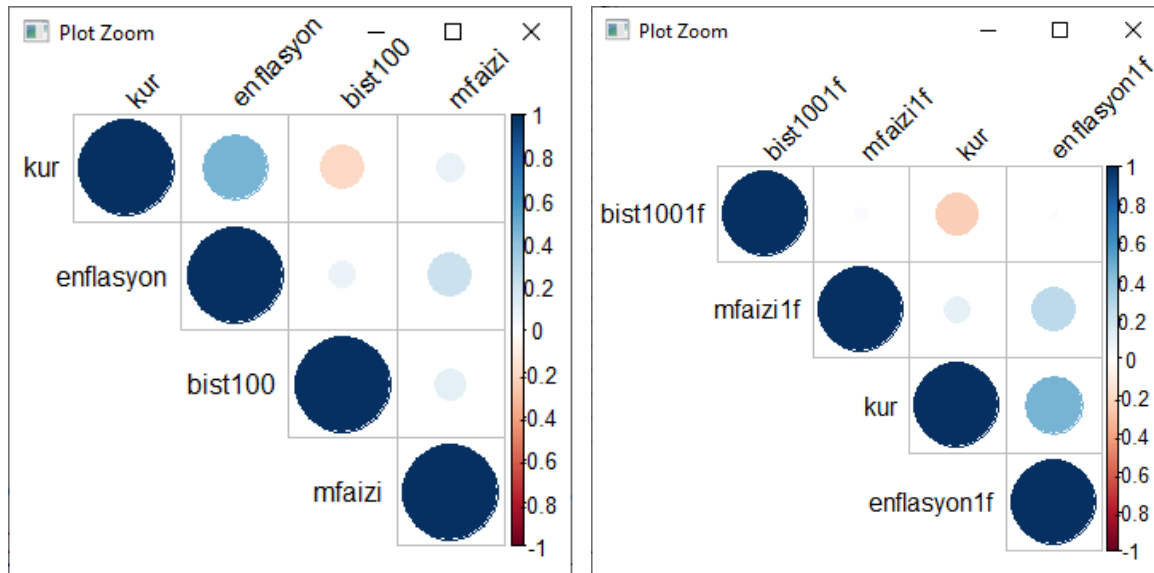
Düzey değişkenlerden ve durağanlaştırılmış değişkenlerden olmak üzere ayrı ayrı değişkenler arasındaki ilintiler aşağıdaki kodla görsellenebilir (Şekil 3.32):

```
summary(VAR(veri, p=11, "both")); summary(VAR(veri1561F, p=11, "both"))
library(corrplot)
corrplot(summary(VAR(veri, p=11, "both"))$corres, type="upper", order="hclust",
tl.col="black", tl.srt=45)
corrplot(summary(VAR(veri1561F, p=11, "both"))$corres, type="upper",
order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
```



Şekil 3.31. Değişkenlerin gelecek döneme ilişkin üfleme çizimi (fanchart)

Böylelikle, aralarında G-nedensellik ilişkisi varolan değişkenler için, bu ilişkinin, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, aynı yönlü (pozitif) bir seyre mi yoksa zıt yönlü (negatif) bir seyre mi sahip olduğu, durağanlaştırılmış değişkenlerle oluşturulan VÖB'ün kalıntıların görsel düzeyine (Şekil 3.32(b)) bakarak bulunabilir.



a. düzey değişkenlerden

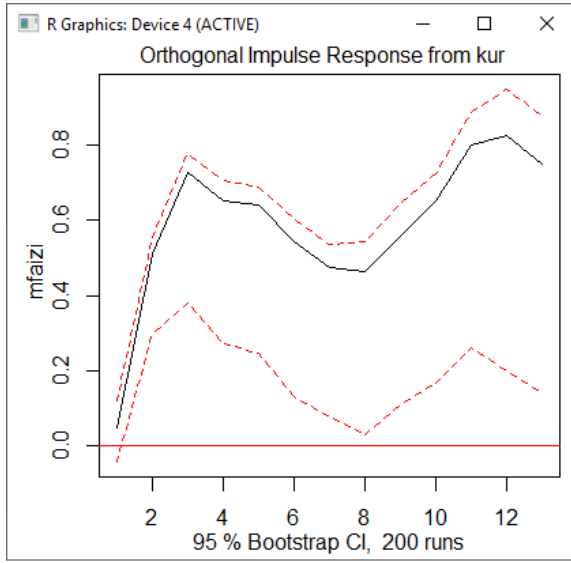
b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

Şekil 3.32. VÖB'ün bağlanımlarının kalıntıları arasındaki ilintiler (157 aylık gözlemlerli 4 değişkenli düzen)

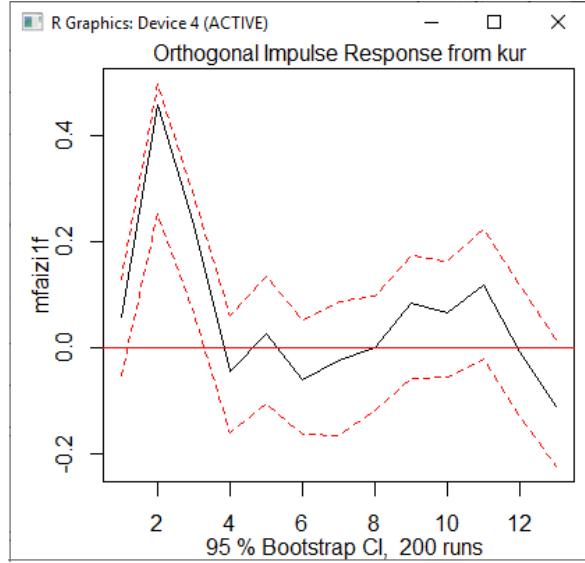
Aralarında G-nedensellik ilişkisi varolan değişkenler için, bu ilişkinin, tahmin ufku boyunca çok daha uzun bir zaman süresi içerisinde, aynı yönlü (pozitif) bir seyre mi yoksa zıt yönlü (negatif) bir seyre mi sahip olduğu yoksa bu ikisinin bir karışımı biçiminde mi olduğu, etki tepki işlevlerine (Şekil 3.33(b), Şekil 3.34(b)) bakarak bulunabilir; “kur (0,035) (+) → mfaizi1f; kur (0,006) (+) → enflasyon1f” G-nedensellik ilişkilerinin tahmin ufku boyunca çok daha uzun bir zaman süresi içerisindeki seyri böylece bulunabilir:

```
library(vars)
windows() # R’da “Error in plot.new() : figure margins too large” hatası alınırsa,
# bu hata, "windows(); çizim kodu; dev.off()" ile giderilebilir.
plot(irf(VAR(veri[c(3,1,4,2)]), p=11, "both"), response="mfaizi", impulse="kur",
n.ahead=12, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
plot(irf(VAR(veri1561F[c(3,1,4,2)]), p=11, "both"), response="mfaizi1f", impulse="kur",
n.ahead=12, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
plot(irf(VAR(veri[c(3,1,4,2)]), p=11, "both"), response="enflasyon", impulse="kur",
n.ahead=12, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1, runs=200) )
plot(irf(VAR(veri1561F[c(3,1,4,2)]), p=11, "both"), response="enflasyon1f",
impulse="kur", n.ahead=12, ortho=TRUE, cumulative=FALSE, boot=TRUE, seed=1,
runs=200) )
dev.off()
```

Yukarıdaki kodda, veriçerçevesindeki dört değişkenin veriçerçevesindeki sütunlardaki sırasının “1,2,3,4”ten “3,1,4,2”ye değişmesi, değişkenlerin net etki durumu düşünülerek dışsaldan içsele sıralamasından kaynaklanmıştır [p değerleriyle birlikte, bu sıralama, “kur (−0,337) (en dışsal); bist1001f (−0,211); enflasyon1f (0,147); mfaizi1f (0,401) (en içsel)” biçimindedir].

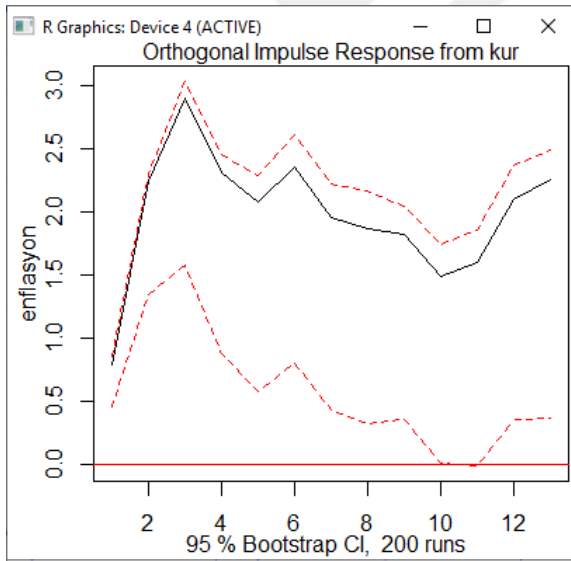


a. düzey değişkenlerden

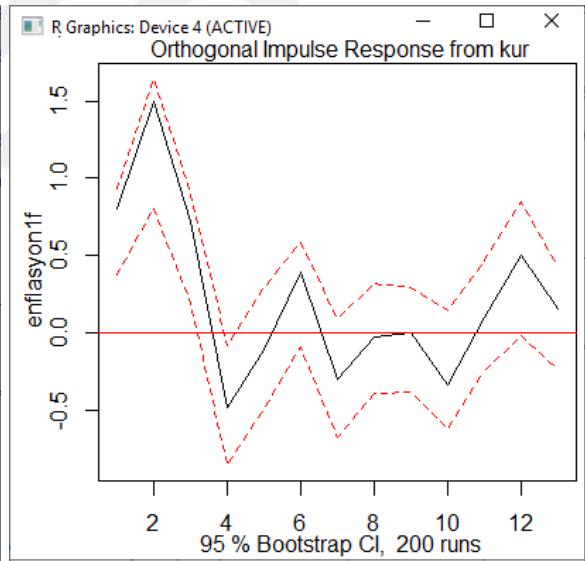


b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

Şekil 3.33. mfaizi değişkeninin kur'a tepki işlevi (157 aylık gözlemlili 4 değişkenli düzen)



a. düzey değişkenlerden



b. durağanlaştırılmış değişkenlerden

Şekil 3.34. enflasyon değişkeninin kur'a tepki işlevi (157 aylık gözlemlili 4 değişkenli düzen)

VÖB'ün bağılantımlarının kalıntıları arasındaki ilintilerin görsel dizeyi ile etki tepki işlevleri birbiriyle uyumludur: örneğin, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, Şekil 3.32(b)'den görülen “kur (+) → mfaizi1f” ilişkisindeki aynı yönlülük (“+”), Şekil 3.33(b)'de mfaizi1f değişkeninin kur'daki şoka etki tepki işlevinin tahmin ufkunun başında pozitif değerli olmasıyla örtüşmektedir. Benzer şekilde,

tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, Şekil 3.32(b)'den görülen “kur (+) → enflasyon1f” ilişkisindeki aynı yönlülük (“+”), Şekil 3.34(b)'de enflasyon1f değişkeninin kur'daki şoka etki tepki işlevinin tahmin ufkunun başında pozitif değerli olmasıyla örtüşmektedir.

157 aylık gözlemleri 4 değişkenli düzendeki “kur (+) → mfaizi1f; kur (+) → enflasyon1f” kısmi G-nedenselliği ilişkilerinin sırasıyla “+” ve “+” olan işaretlerinin zaman ufkuna bağımlı olup olmadığı, yani, kısmi GN'deki bu işaretlerin zamanla değişiklik gösterip göstermediği bulunabilir: Şekil 3.33(b)'deki ve Şekil 3.34(b)'deki etki tepki işlevleri, $y = 0$ etrafında salınım yaparak zaman üzerinde değiştiği için bu etki tepki işlevlerinin işareti sürekli değişmektedir, bu yüzden, varlığı belirlenmiş bu kısmi G-nedenselliklerinin işareti (seyri) zaman ufkuna bağımlıdır.

Çalışmanın bulguları, bir sonraki bölümde özetlenerek sunulmuştur.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Koşullu ve kısmi Granger nedenselliği sınamaları, ikiden fazla değişkenli düzenlerde, değişkenler arasındaki G-nedenselliği ilişkilerini doğru ve etkin bir biçimde bulmak için kullanılır. Düzende ikiden fazla değişken varsa, veri üretim kalıbı olarak VÖB kullanılsa bile, G-nedensellik koşulları karmaşıklaşır. G-nedenselliği, düşünülen düzene bağlıdır: bir değişken, iki değişkenli bir düzende, başka bir değişkenin G-nedeni olsa bile, ikiden fazla değişkenli daha büyük bir düzende, aynı değişkenin G-nedeni olmayabilir. Örneğin, iki değişkenli düzendeki iki değişkeni tetikleyen üçüncü bir değişken var olabilir. Bu üçüncü değişken düzene eklendiğinde, iki değişken arasında varolan G-nedensellik ilişkileri yok olabilir. Diğer yandan, iki değişkenli bir düzende, bir değişken diğer değişkenin G-nedeni değilken, düzene başka değişkenler eklendiğinde, bu sefer, diğerinin G-nedeni olarak bulunabilir (Lütkepohl, 2005:48-50).

Bir düzende ikiden fazla değişken (zaman serisi) varsa, değişkenleri çiftler halinde alıp, geriye kalan değişkenlerin etkilerini göz ardı ederek yapılan G-nedensellik incelemesi, sahte G-nedenselliklerine yol açabilir (iki zaman serisi arasındaki etkileşim dolaylı olabilir; yani başka bir zaman serisi aracılığıyla gerçekleşebilir: gerçekte GN varolmadığı halde GN'nin varolduğunun belirtildiği durumlar böyledir. Öte yandan, gerçekte GN varolmasına karşın GN'nin varolmadığının belirtildiği durumlar da vardır. Her iki durum da sahte G-nedenselliği olarak kabul edilebilir (Ding, 2006). Sahte G-nedenselliği problemini çözmek üzere koşullu çok-değişirli G-nedenselliği (KoGN) (Geweke, 1982), kısmi çok-değişirli G-nedenselliği (KıGN) (Guo, 2008:79; Roelstraete, 2011) gibi çeşitli ileri G-nedensellik araçları önerilmiştir.

Bu çalışmada koşullu ve kısmi Granger nedensellik sınamaları hakkında teorik bilgiler verilerek, koşullu ve kısmi Granger nedensellik sınamalarıyla makro-ekonomik değişkenler (BIST100, mevduat faiz oranı, döviz kuru (TRY/1USD), enflasyon, GSYİH) arasındaki nedensellik ilişkileri araştırılmıştır. Bunun için Türkiye ekonomisinin 2007.01-2020.01 dönemi aylık verileri ve 2007.1Ç-2018.4Ç dönemi çeyreklik verileri kullanılmıştır.

Zaman serileri incelemesinde, farklı değişirlik sorununu çözmek adına, bir oran veya yüzde olarak tanımlanmış değişkenlere logaritma dönüşümü yapılmaması (logaritmalarının alınmaması), böylesi değişkenlerin özgün halleriyle bırakılması gerektiği bilinen bir gerçekliktir. Son dönem araştırmalarda, bir oran veya yüzde olarak tanımlanmamış değişkenlerin de logaritmalarının alınmaması gerektiği, zira, logaritma dönüşümünün standart istatistik sınamalarının sonuçlarını değiştirebildiği (bu sınamaların sonuçlarının dönüştürölmemiş orijinal veriler için genellikle hiçbir şey ifade etmeyip geçerli olmayabileceği) belirtildiğinden, bu tezde de, buna dayanarak, tüm değişkenler özgün halleriyle incelemeye alınmıştır.

Yapısal kırılmaların dikkate alınmadığı durumlarda, durağanlık doğası sınamalarının gerçekleri yansıtmayabileceği pratik bir örnekle gösterilmiştir. Yapısal kırılmaları dikkate almamak, sadece durağanlık sınamalarını değil, aynı zamanda eşbütünleşim sınamalarını da etkileyebilmektedir. Birden fazla yapısal kırılmanın varolduğu durumda, durağandışılık sınamalarının Narayan-Popp sınamasıyla nasıl yapılabileceği tezde gösterilmiştir. Narayan-Popp sınaması için de bu sınamanın çok kolay yapılmasını ve sonuçlarının anında yorumlanmasını sağlayıcı görsellikler sunan R işlevleri tarafımızca yazılmıştır.

Yapılan çalışmada, koşullu ve kısmi GN'ni düzen çapında inceleyebilen ilk R paketi olan ve tarafımızca yazılan causfinder paketi kullanılmıştır ve koşullu/kısmi GN sınamalarının F istatistikleri ve p değerlerini veren R işlevleri sunulmuştur.

İkiden fazla değişkendten oluşan bir düzendeki değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koyan ağ topolojisi için; değişkenlerin dikleştirilmiş etki-tepki işlevlerini Cholesky ayrışımına bağlı olarak oluşturmak için değişkenlerin en dışsaldan en içsele sıralanması, değişkenlerin “etkileme etkilenmeme savaşı” üzerinden, yani, net etki durumu üzerinden kurgulanmıştır. Böylesi bir kurgu, üzerinde çalışılan verikümelerinin (bizim örneğimizde; {BIST100, mevduat faiz oranı, döviz kuru (TRY/1USD), enflasyon, GSYİH}) etki-tepki işlevlerini daha kararlı hale getirebilmektedir.

Eşbütünleşim incelemesi uygulamalarında, düzendeki değişkenlerde yapısal kırılmaların olduğu durumlarda, hesaplamalarda karmaşıklıklar ve zorluklar ortaya

çıkabilmektedir. Tezde seçilen 5 makroekonomik değişken, basit ve yaygın kullanılan değişkenlerden oluşan bir düzen oluşturduğundan, hesaplama zorluklarının üstesinden nasıl gelinebileceği daha kolay açıklanabilmiştir.

Etki-tepki işlevlerinin tasarımı, çoklu yapısal kırılmaların tanımlanmasından kaynaklı olarak ortaya çıkan sorunların, Frisch-Waugh teoremiyle nasıl çözülebileceği, kukla düzeylerde hangi kısımların atılması gerektiği yine somut örneklerle tezde gösterilmiştir.

Tüm bu yapılan çalışmalar ile de, bir zamanlar Granger'ın asistanlığını da yapmış olan Roselyne Joyeux'un, "yapısal kırılmalı durumlarda eşbütünleşim incelemesinin nasıl yapılması gerektiğine" ilişkin düşünceleri (Rao, 2007:195-221) berraklaştırılmıştır.

Her ne kadar bu tezde, düzende sadece iki yapısal kırılmanın olduğu durum için incelemelerin nasıl yapılması gerektiği gösterilmişse de, kullandığımız alet çantası (durağandırlıkta Narayan-Popp sınaması, eşbütünleşimde Johansen-Mosconi-Nielsen karar değerleri vb.) ikiden fazla yapısal kırılmalı durumlarda da durağanlık doğasının ve eşbütünleşimin incelenmesinde işe yaramaktadır.

Tezde, koşullu ve kısmi G-nedenselliklerinin p değerleri, yönleri (iki değişken arasında karşılıklı GN varolabileceği unutulmamalıdır) ve işaretlerinin (aynı/zıt yönlülük seyri) bulunuşuna dair teknikler de gösterilmiştir.

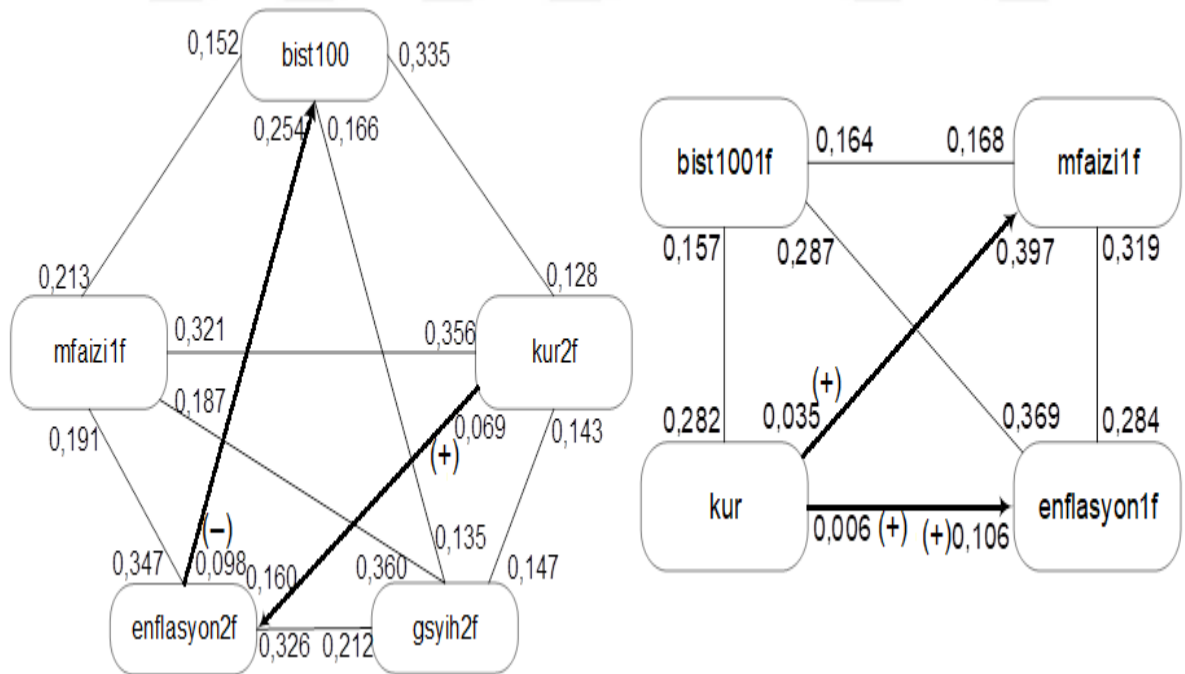
Açıklayıcı değişkenlerin farklı birimlerde olması, katsayı kestirimlerini etkilese de p değerlerini etkilemez: veri kümesindeki bir değişkenin tamamı 10'la çarpılırsa, bu değişkenin katsayısı 10'a bölünebilir ve her bir veri noktası için aynı tahminde bulunulabilir. Böylece kalıp, bağlanım kalıntılarındaki değişirliği önceki gibi açıklar, yani p değerleri değişmez. Dolayısıyla, veri kümemizde yer alan değişkenlerin farklı birimlerde olmasının elde ettiğimiz sonuçlara hiçbir olumsuz etkisi yoktur.

BIST100, mevduat faiz oranı, döviz kuru (TRY/1USD), enflasyon ve GSYİH arasındaki nedensellik ilişkilerinin, koşullu ve kısmi Granger nedensellik sınamalarıyla incelendiği bu araştırmanın sonuçlarına göre:

48 çeyreklik gözlemlı (2007.1Ç-2018.4Ç) 5 değişkenli düzende, “bist100, mfaizi1f, kur2f, enflasyon2f, gsyih2f” arasındaki koşullu G-nedensellik ilişkileri, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, “kur2f (0,069) (+) → enflasyon2f; enflasyon2f (0,098) (-) → bist100” olarak (Resim 4.1(a)) [etki tepki işlevlerinin işaret incelemesi yapılarak varlığı belirlenmiş bu koşullu G-nedenselliklerinin “+” ve “-” işaretlerinin (seyrinin) zaman ufkuna bağımlı olduğu bulunmuştur],

157 aylık gözlemlı (2007.01-2020.01) 4 değişkenli düzende, “bist1001f, mfaizi1f, kur, enflasyon1f” arasındaki kısmi G-nedensellik ilişkileri, tahmin ufkunun başındaki çok kısa zaman süresi içerisinde, “kur (0,035) (+) → mfaizi1f; kur (0,006) (+) → enflasyon1f” olarak (Resim 4.1(b)) [etki tepki işlevlerinin işaret incelemesi yapılarak varlığı belirlenmiş bu kısmi G-nedenselliklerinin “+” ve “+” işaretlerinin (seyrinin) zaman ufkuna bağımlı olduğu bulunmuştur],

ortaya çıkmıştır.



a. KoGN ilişkileri (48 gözlem; 5 değişken) b. KıGN ilişkileri (157 gözlem; 4 değişken)

Resim 4.1. G-nedensellik ilişkileri (5-değişkenli düzende koşullu GN ile; 4-değişkenli düzende kısmi GN ile)

Merkez bankaları, ekonomide çoğu kez fiyat istikrarını hedeflemektedirler. Varolduğu belirlenmiş bir G-nedenselliğinin aynı/zıt yönlülüğünün seyri, fiyat istikrarı hedeflemesi vb. dış etmenler sebebiyle değişkenler yeniden dengeye gelip belirli bir ahenge oturdukları için zaman boyunca değişebilmektedir (bu değişim, etki tepki işlevlerinin işaret incelemesinden bulunabilir). Ekonomi değişkenlerinde ekonomi yönetimlerinin kasıtlı müdahalelerinden kaynaklı olarak veya küresel kriz, deprem, salgın hastalık gibi dış çevresel etkenlerden kaynaklı olarak bir değişiklik meydana getirildiğinde, bu değişiklik, ekonomi düzenini titretip sarstığında, özelde, VÖB eşitlikler düzenine dışarıdan bir şok etkilediğinde, VÖB eşitlikler düzeni, değişkenler arasındaki ahengi koruyacak biçimde zaman süreci içerisinde bu şoku sönümleyip soğurur. Belirli bir yönde (sürekli aynı veya sürekli zıt yönlü) bir seyri oldukça uzun bir zaman süreci boyunca koruyucu bir nedensellik ilişkisinin varolmasını pek beklememek gerekir, zira, bu, ahengin korunması, yani değişkenler düzeninde, devingenliklerin bir dengeye gelmesi fikrine de bir aykırılık oluşturur.

Aynı değişkenlerin bütünleşim düzeylerinde, 4-değişkenli düzende ve 5-değişkenli düzende ortaya çıkan farklılıklara değinilmesi yararlı olacaktır. Verilerin gözlem frekansının artırılması, değişkenleri kısmen de olsa durağanlığa doğru sürüklemektedir. Durağandışı bir değişken zaman pencerelerinde yerel olarak durağan (locally stationary) olabileceğinden ve zaman süresi hemen hemen sabit tutulup gözlem sayısı oldukça artırıldığında seriler bazı durağanlık özellikleri göstermeye başlayabileceğinden, bu, ekonometri teorisi açısından da tutarlıdır.

Hem 48 çeyreklik gözlemlili, 5 değişkenli koşullu GN incelemesinde hem de 157 aylık gözlemlili, 4 değişkenli kısmi GN incelemesinde, $\alpha = 0,10$ anlamlılık düzeyinde, kur'un enflasyon'un güçlü bir G-nedeni olduğu ortaya çıkmaktadır [sırasıyla; kur2f (0,069) (+) $\rightarrow$ enflasyon2f ve kur (0,006) (+) $\rightarrow$ enflasyon1f]. Bir bakıma, ilgi döneminde, kurdan enflasyona doğru nedensellik ilişkisi, vurgulanan en önemli noktalardan biridir. Kurların enflasyona etki ettiği, hatta, malların faturalandırıldığı para biriminin dikkate alınması gereken bir husus olduğu literatür kısmında daha önce de tezde verilmişti.

Dört değişkenli düzende kısmi GN incelemesinde, 5 değişkenli düzende koşullu GN incelemesiyle bulunan enflasyon $\rightarrow$ bist100 ilişkisinin kaybolması, kalıplarda, olması

gerekenden eksik ya da daha fazla açıklayıcı değişken bulunduğu şüphesini uyandırmaktadır. Bu bakımdan, VÖB kalıbına ait düzeltilmiş R^2 istatistiği üzerinden, her bir VÖB eşitliğinde, bağımlı değişkenin açıklayıcı değişkenler tarafından açıklanma yüzdeleri üzerinde durulmasının yararlı olacağı da düşünülmektedir.

Ülke ekonomisine ilişkin olarak, “enflasyon içinde büyüme” olgusu (belki de hedeflemesi), eldeki verilerin belirgin bir şekilde dile getirdiği başka bir husus olarak gözlemlenmiştir.



KAYNAKLAR

- Bai, J., Ng, S. (2005). Tests for skewness, kurtosis, and normality for time series data, *Journal of Business and Economic Statistics*, 23.
<https://doi.org/10.1198/073500104000000271>
- Barrett, A.B., Barnett L. ve Seth, A.K. (2010). Multivariate Granger causality and generalized variance. *Physical Review E*, 81, 041907.
<http://sro.sussex.ac.uk/21568/1/PhysRevE.81.041907.pdf>
- Barrett, A.B., Barnett L (2013). Granger causality is designed to measure effect, not mechanism. *Frontiers in Neuroinformatics*, 1.
<https://doi.org/10.3389/fninf.2013.00006>
- Barnett, L., Seth, A.K. (2014). The MVGC multivariate Granger causality toolbox: A new approach to Granger-causal inference. *Journal of Neuroscience Methods*, 223.
<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.10.018>
- Baydaş, Y. (2017). Hisse senedi değeri ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişki: BIST 100 endeksi üzerine bir araştırma. Bingöl Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=OykDDeWBWTL9-Wm52sZBrETxU_YCTe0saNOa1DnjyQE70dQNSykntHtd1H2esq
- Binici, F.Ö. (2012) Hisse senedi fiyatları ve makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkilerin vektör hata düzeltme modeliyle analizi: İMKB sınai endeksi üzerine ampirik bir uygulama, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=rcbWnugW6HxCZ_98ARapglqNLeTtv_wxGbwFQ0nbnr_Fep0OZ9tAjDhDPCF9PuDj
- Borsa İstanbul (2020). BIST stock indices ground rules.
<https://www.borsaistanbul.com/docs/default-source/endeksler/bist-stock-indices-ground-rules.pdf?sfvrsn=14>
- Cevher, E. (2014). Causfinder: An R package for systemwise analysis of conditional and partial Granger causalities. *International Journal of Science and Advanced Technology*.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.35599>
- Cevher, E. (2015). Türkiye’de doğrudan yabancı sermaye yatırımının belirleyicilerinin zaman serileriyle ekonometrik analizi. Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.35596>
- Cevher, E. (2016) Döviz Kurunun Belirleyicilerinin Koşullu ve Kısmi Granger Nedensellik Testleri ile Araştırılması (İçinde: (Funda Yurdakul ve Hakan Er ile birlikte) Döviz Kurunun Belirleyicileri: Koşullu ve Kısmi Granger Nedensellik, SETAR, LSTAR, TVAR Modelleri)
<https://zenodo.org/record/322576>

- Cevher, E. (2020). Temel Ekonometri Bilgisi. Zenodo.
<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3693739>
- Chen, N., Chung, W, Novy, D. (2019). "Vehicle currency pricing and exchange rate pass through", CESifo Working Paper No. 7695.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3416868
- Curran-Everett, D. (2018). Explorations in statistics: the log transformation. *Advances in Physiology Education*, 42: 343–347.
<http://dx.doi.org/10.1152/advan.00018.2018>
- Ding, M., Chen, Y., Bressler, S.L. (2006). Granger causality: basic theory and application to neuroscience. in: Schelter, S., Winterhalder, N., Timmer, J. *Handbook of Time Series Analysis*, Wienheim, Wiley.
<http://www.ccs.fau.edu/~bressler/pdf/HTSA06.pdf>
- Edgerton, D., Shukur, G. (1999). Testing autocorrelation in a system perspective, *Econometric Reviews*, 18(4).
<https://doi.org/10.1080/07474939908800351>
- Enders, W. (2014). *Applied econometric times series*. 4.ed., Wiley.
<https://www.wiley.com/en-us/Applied+Econometric+Time+Series%2C+4th+Edition-p-9781118808566>
- Feng, C., Wang, H., Lu, N., Chen, T., He, H., Lu, Y., Tu, X.M. (2014). Log-transformation and its implications for data analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 26 (2).
<http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1002-0829.2014.02.009>
- Floyd, D. (2019). 9 Common Effects of Inflation, *Investopedia*.
<https://www.investopedia.com/articles/insights/122016/9-common-effects-inflation.asp#4-raises-the-cost-of-borrowing>
- Geweke, J.F. (1982). Measurement of linear dependence and feedback between multiple time series. *Journal of the American Statistical Association*. 77(378).
<https://dx.doi.org/10.2307/2287238>
- Geweke, J.F. (1984). Measures of Conditional Linear Dependence and Feedback Between Time Series. *Journal of the American Statistical Association*, 79(388).
<https://dx.doi.org/10.2307/2288723>
- Grace-Martin, K. (2016). Five common relationships among three variables in a statistical model.
<http://www.theanalysisfactor.com/five-common-relationships-among-three-variables-in-a-statistical-model/>
- Granger, C.W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3).
<https://doi.org/10.2307/1912791>

- Granger, C.W., Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics, *Journal of Econometrics*, 2.
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(74\)90034-7](https://doi.org/10.1016/0304-4076(74)90034-7)
- Granger, C.W. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification, *Journal of Econometrics*, 16(1).
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90079-8)
- Guo, S., Seth A.K. ve Kendrick K.M. et al., (2008). Partial Granger causality: eliminating exogenous inputs and latent variables. *Journal of Neuroscience Methods*, 172.
<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2008.04.011>
- Guo, S., Wu, J., Ding, M., Feng, J. (2008). Uncovering interactions in the frequency domain. *PLoS Computational Biology* 4(5): e1000087.
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000087>
- He, Z., Maekawa K. (2001). On spurious Granger causality. *Economics Letters*, 73(3), 307-313.
[https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(01\)00498-0](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(01)00498-0)
- Hill, R.C., Griffiths, W.E., Lim, G.C. (2011). *Principles of econometrics*, 4.ed., Wiley, USA.
<https://www.wiley.com/en-us/Principles+of+Econometrics%2C+4th+Edition-p-9780470626733>
- Johansen, S., Mosconi, R., Nielsen, B. (2000). Cointegration analysis in the presence of structural breaks in the deterministic trend, *Econometrics Journal*, 3: 216-249.
<https://doi.org/10.1111/1368-423X.00047>
- Kelson, M.J. (2014). *Confounders, mediators, moderators and covariates*.
<https://significantlystatistical.wordpress.com/2014/12/12/confounders-mediators-moderators-and-covariates/>
- Kendall, M. G., Stuart, A. (1961). *The Advanced Theory of Statistics*, Charles Griffin Publishers, New York, Vol. 2.
<https://www.wiley.com/en-us/Kendall%27s+Advanced+Theory+of+Statistics%2C+3+Volume+Set%2C+6th+Edition-p-9780470669549>
- Kılıcı, E.N. (2019). Türkiye’de enflasyon ve merkez bankası faiz oranları arasındaki ilişkinin analizi: Fourier yaklaşımı, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 22. S. 135-46.
<https://dx.doi.org/10.18092/ulikidince.426035>
- Liao, W. (2011). Small-world directed networks in the human brain: multivariate Granger causality analysis of resting-state fMRI. *NeuroImage*, 54.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.007>

- Lin, J-L. (2006). Teaching Notes on Impulse Response Function and Structural VAR.
<http://faculty.ndhu.edu.tw/~jlin/files/impulse.pdf>
- Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Berlin, Springer.
<http://www.springer.com/us/book/9783540401728>
- Mankiw, N.G. (2015). *Macroeconomics*, 9.ed. Worth Publishers.
<https://www.amazon.com/Macroeconomics-N-Gregory-Mankiw/dp/1464182892>
- Narayan, P.K., Popp, S. (2010). A New Unit Root Test with Two Structural Breaks in Level and Slope at Unknown Time, *Journal of Applied Statistics*, 37(9):1425-1438
<http://doi.org/10.1080/02664760903039883>
- Narayan, P.K., Popp, S. (2013). Size and power properties of structural break unit root tests, *Journal of Applied Economics*, 45(6), 721-728.
<https://doi.org/10.1080/00036846.2011.610752>
- Ng, S., Perron, P. (2005). A note on the selection of time series models, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(1).
<https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2005.00113.x>
- Papana, A., Kyrtsov, C., Kugiumtzis, D. et al (2013). Simulation study of direct causality measures in multivariate time series. *Entropy*, 15(7), 2638-2639.
<https://doi.org/10.3390/e15072635>
- Pfaff, B. (2007). Using the vars package, Kronberg im Taunus.
https://r-forge.r-project.org/scm/viewvc.php/*checkout*/pkg/inst/doc/vars.ps?revision=3&root=vars&pathrev=3
- Rao, B.B. (2007). *Cointegration for the applied economist*, 2.ed, Palgrave.
<https://www.palgrave.com/gp/book/9781403996145>
- Roelstraete, B., Rosseel, Y.(2011). FIAR: An R package for analyzing functional integration in the brain. *Journal of Statistical Software*, 44(13).
<https://doi.org/10.18637/jss.v044.i13>
- Tang, W., Bressler, S.L., Sylvester, C.M. (2012). Measuring Granger causality between cortical regions from voxelwise fMRI BOLD signals with LASSO. *Plos Computational Biology*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002513>
- Tatar, A. (2015). Hisse senedi endeksi ve makroekonomik değişkenler arasındaki ilişki, Bahçeşehir Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=X-M9ZoluloNTj2P7iY13hcdpuXl6jkeBLu72qAM2-gGZ2QE6yIJ7Do7iFbPv2btQ>

- Toda, H.Y., Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes, *Journal of Econometrics*, 66.
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- Wiener, N. (2013). The theory of prediction. in: *Modern mathematics for engineers*, 1 (ed. E. F. Beckenbach), Dover Publications.
<https://www.amazon.com/Modern-Mathematics-Engineer-First-Engineering/dp/0486497461>
- Wu, X., Wang, W., Zheng, W.X. (2012). Inferring topologies of complex networks with hidden variables. *Physical Review -Series E*, 86, 046106, 3.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.86.046106>
- Wooldridge, J.M. (2002). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, 2.bs., Thomson Learning, 2002, s. 587.
<https://www.amazon.com/Introductory-Econometrics-Modern-Approach-Economics-ebook/dp/B00B6FKIPK>
- Youssofzadeh, V., Prasad G., Naeem M. et al (2013). Partial Granger causality analysis for brain connectivity based on event related potentials. 6th INCF Congress of Neuroinformatics, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden.
http://www.frontiersin.org/10.3389/conf.fninf.2013.09.00114/event_abstract
- Youssofzadeh, V., Zanutto, D. Stegall, P. et al.(2014). Towards stratifying rehabilitation of stroke patients through measuring causal brain connectivity. 6th Annual Translational Medicine (TMED6) Conference, United Kingdom. Clinical Translational Research and Innovation Centre (C-TRIC).
<https://pure.ulster.ac.uk/en/publications/towards-stratifying-rehabilitation-of-stroke-patients-through-meas-3>
- Zou, C. (2010). Application of Granger causality to biological data. PhD Thesis, Warwick University.
http://wrap.warwick.ac.uk/35694/1/WRAP_THESIS_Zou_2010.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : CEVHER, Erdoğan
ORCID ID : 0000-0002-6138-0372
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi SBE İşletme	2020
Lisans	Boğaziçi Üniversitesi FEF Matematik	1999
Lise	Pendik Lisesi	1993

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-devam ediyor	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ankara	San. Tek. Uzmanı
2003	Flashdizayn Computer Ltd. Şti. İstanbul	Bilişim Teknolojileri Eğitmeni
1999-2002	Doğuş Üniversitesi FEF Matematik Bölümü İstanbul	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

(a) Tez Kapsamındaki Yayınlar

1. "causfinder: An R package for Systemwise Analysis of Conditional and Partial

b

Granger Causalities”, *International Journal of Science and Advanced Technology*, Vol. 4, No 10, October 2014, p. 6-15.

https://zenodo.org/record/35599/files/causfinder_An_R_package_for_Systemwise_Analysis_of_Conditional_and_Partial_Granger_CausalitiesORJ.pdf

<http://ijsat.com/view.php?id=2014:October:Volume%204%20Issue%2010>

DOI: 10.5281/zenodo.35599

2. “A Speedy and Seamless Stationarity Analysis via causfinder Package in R”, *American Academic and Scholarly Research Journal*, Vol 7, No. 3, May 2015, p. 97-113.

<http://aasrc.org/aasrj/index.php/aasrj/article/view/1659>

https://zenodo.org/record/35601/files/A_Speedy_and_Seamless_Stationarity_Analysis_via_causfinder_Package_in_R.pdf

DOI: 10.5281/zenodo.35601

3. (Prof. Dr. Funda YURDAKUL ile birlikte)

“Determinants of Current Account Deficit in Turkey: The Conditional and Partial Granger Causality Approach”, *Procedia Economics and Finance (Science Direct)*, Vol. 26, 2015, p.92-100. (SCI-Extended dergi).

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115008849>

https://zenodo.org/record/35621/files/Determinants_of_CAD_in_Turkey_The_Conditional_and_Partial_Granger_Causality_Approach.pdf

DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00884-9

4. (kitap) Türkiye’de Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımının Belirleyicilerinin Zaman Serileriyle Ekonometrik Analizi, Aralık 2015.

<https://zenodo.org/record/35596>

DOI: 10.5281/zenodo.35596

5. (kitap bölümü) Döviz Kurunun Belirleyicilerinin Koşullu ve Kısmi Granger Nedensellik Testleri ile Araştırılması (İçinde: (Prof. Dr. Funda Yurdakul ve Hakan Er ile birlikte) Döviz Kurunun Belirleyicileri: Koşullu ve Kısmi Granger Nedensellik, SETAR, LSTAR, TVAR Modelleri, Aralık 2016)

<https://zenodo.org/record/322576>

DOI: 10.5281/zenodo.322576

6. (poster) “The Analysis of the Determinants of Exchange Rate via Conditional and Partial Granger Causality Test”, UseR!2017 Conference, Brussels, Belgium, 2017.

<https://www.user2017.brussels/uploads/Poster-ERDOGAN-CEVHER.pdf>

7. “Franses’in Eşbütünleşim İncelemesinde Kesme ve Zamanyönsemesinin Katımına İlişkin Bulgularının Ayrıntıları”, 2017.

<https://zenodo.org/record/894283>

DOI: 10.5281/zenodo.894283

(b) Tez Kapsamı Dışındaki Yayınlar

1. (Uzmanlık Tezi) eDönüşüm Kapsamında Devlet Kurumları Arasında Birlikte Çalışabilir Minimal Bir Sistem Altyapısı ve Örnek Bir Model Önerisi, 2008.

<https://zenodo.org/record/35598>

DOI: 10.5281/zenodo.35598

2. (sunum) Blokzincir Teknolojisi

https://www.researchgate.net/publication/326146801_Blokzincir_Teknolojisi

3. Blokzincir Teknolojisi: 1. Şifreli para Bitcoin’in Tarihçesi

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16378.18886>

Hobiler

Matematik Teorilerinin Kodlanması ve İstatistik/Ekonometrik Kodlama (özellikle R ile), Bilişim Teknolojileri, Bilim, Teknoloji, Kitap, Müzik, Masa Tenisi.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..

