

**GRANGER NEDENSELLİK TESTİ KULLANILARAK  
ZAMAN DİZİLERİNDE NEDENSELLİK ANALİZİ ÜZERİNE  
AMPİRİK BİR ÇALIŞMA**

**Hülya AKGÖNÜLLÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İSTATİSTİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2005  
ANKARA**

Hülya AKGÖNÜLLÜ tarafından hazırlanan GRANGER NEDENSELLİK TESTİ KULLANILARAK ZAMAN DİZİLERİNDE NEDENSELLİK ANALİZİ ÜZERİNE AMPİRİK BİR ÇALIŞMA adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

.....

Tez Yöneticisi  
Prof. Dr. Reşat KASAP

Bu çalışma, jürimiz tarafından İSTATİSTİK Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**GRANGER NEDENSELLİK TESTİ KULLANILARAK  
ZAMAN DİZİLERİNDE NEDENSELLİK ANALİZİ ÜZERİNE  
AMPİRİK BİR ÇALIŞMA  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hülya AKGÖNÜLLÜ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Aralık 2005**

**ÖZET**

Bu çalışmada, öncelikle felsefecilerin üzerinde durduğu, daha sonra işlevsel bir anlam kazanarak bilimde önemli bir yere sahip olan nedensellik kavramı ve nedensellik testleri üzerinde durulmuştur. Çalışmada sırasıyla, neden ve nedenselliğe ilişkin felsefi, bilimsel, işlevsel tanımlar ve bazı kavramlar ile zaman dizilerinin tanımı, türleri ve özellikleri verilmiştir. Nedensellik testleri öncesi aranan bir özellik olan durağanlık kavramı üzerinde durulmuş ve Dickey Fuller birim kök testleri açıklanmıştır. Daha sonra Granger, Sims ve Haugh nedensellik testlerinin teorik yapısı incelenmiştir. Son olarak, Granger nedensellik testi uygulamada kullanılarak, çocuk suçluları ile bazı ekonomik değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Uygulamada Ocak 2000 ile Nisan 2005 tarihleri arasındaki aylık çocuk suçluları zaman dizisi ve 2000 ile 2005 yılları arasındaki aylık toptan eşya fiyat endeksi (TEFE/veya üretici fiyat endeksi-ÜFE), tüketici fiyat endeksi (TÜFE), sanayi üretim endeksi, altın fiyatları ve döviz dizileri kullanılmıştır.

**Bilim Kodu : 205.1.066**  
**Anahtar Kelimeler : Nedensellik, Granger Testi, Zaman Dizileri, Çocuk Suçları**  
**Sayfa Adedi : 113**  
**Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Reşat KASAP**

**AN EMPIRICAL STUDY USING GRANGER CAUSALITY TEST IN TIME  
SERIES ON CAUSALITY ANALYSIS**

**(MSc. Thesis)**

**Hülya AKGÖNÜLLÜ**

**GAZI UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECNOLOGY**

**December 2005**

**ABSTRACT**

**In this study, the concept of causality and causality test, firstly considered by philosophers and secondly being used on important concept at science, has been dewelled on. In order philosophical, scientific and functional concepts concerning causality have been explained and the information about time series is given then, the kinds of time series and the qualities of time series have been explained. The concept of stationarity, which is a precondition for causality tests was examined and Dickey Fuller unit root tests were explained. Then, the theoretical structures of Granger, Sims and Haugh causality tests have been studied. And finally, the causal relation between juvenile delinquent and some economic variables have been analyzed by using Granger causality test. On application, monthly data of child delinquent between January 2000 and April 2005, Consumer Price Index(CPI), Producer Price Index(PPI), Industrial Production Index and Import, Export, Exchange, Gold Rates were used.**

**Science Code : 205.1.066  
Key Words : Causality, Granger Test, Time Series, Juvenile Delinquent  
Page Number : 113  
Adviser : Prof. Dr. Reşat KASAP**

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilimsel yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve desteklerini hiç esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Reşat KASAP'a ve çalışmalarım sırasında gösterdikleri anlayıştan dolayı ailesine yine uygulamamı gerçekleştirmek için gerekli olan verileri elde etme aşamasında yardımlarını esirgemeyen Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı çalışanlarına ayrıca maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan anneme, babama, kardeşlerime ve eşime teőekkürü bir borç bilirim.

**İÇİNDEKİLER**

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
2. BİLİMDE VE İSTATİSTİKTE GENEL OLARAK NEDENSELLİK KAVRAMI	4
2.1. Nedensellikte Neden Kavramı	4
2.2. Nedensellik	5
2.2.1. Felsefi anlamda nedensellik	5
2.2.2. Bilimsel anlamda nedensellik	8
2.2.3. İşlemsel anlamda nedensellik	10
2.3. Nedensellik İle İlgili Kavramlar	12
2.3.1. Deterministik ilişki kavramı	12
2.3.2. Stokastik ilişki kavramı	12
2.3.3. Birlikte değişme kavramı	13
2.4. Nedenselliğin Yönü	13
2.4.1. Tek yönlü nedensellik	14
2.4.2. İki yönlü nedensellik	14
2.4.3. Anlık nedensellik	15
2.4.4. Bağımsızlık	16
2.5. Nedensel İlişkilerin Mümkün Örnek Uzayı	16
3. ZAMAN DİZİLERİ VE NEDENSELLİK	18
3.1. Zaman dizileri	18

3.1.1. Zaman dizilerine giriş	18
3.1.2. Zaman dizilerinin karakteristiği	21
3.1.3. Durağanlık kavramı	26
3.2. Zaman Dizilerinde Box-Jenkins Metodu	27
3.2.1. Durağan modeller	28
3.2.2. Durağan olmayan yapı	31
3.2.3. Birim kök testleri	31
3.2.4. Durağanlığın sağlanması	36
3.2.5. Model belirleme süreci	41
3.3. Zaman Dizilerinde Nedensellik ve Nedensellik Testleri	44
3.3.1. Granger nedensellik testi	44
3.3.2. Sims nedensellik testi	57
3.3.3. Haugh nedensellik testi	61
3.3.4. Nedensellik testlerine genel bakış	65
4. TÜRKİYE’DE ÇOCUK SUÇLULARI VERİSİ İLE BAZI EKONOMİK GÖSTERGELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN GRANGER NEDENSELLİK TESTLERİYLE BELİRLENMESİ	69
4.1. Çocukla İlgili Suç Kavramları ve Onları Suç İşlemeye Yönelten Faktörler	69
4.1.1. Bazı kavram ve tanımlar	69
4.1.2. Suç işleyen çocukları etkileyen faktörler	71
4.2. Değişkenlere İlişkin Bilgiler	76
4.3. Uygulama	82
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	104
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ	113

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Nedensel ilişkilerin örnek uzayı .....	17
Çizelge 3.1. Nedensel ilişkilere ilişkin çapraz korelasyonlar üzerindeki kısıtlamalar .....	63
Çizelge 4.1. AIC ölçütüne göre dizilerin düzeydeki ADF test sonuçları.....	83
Çizelge 4.2. AIC ölçütüne göre dizilerin birinci fark düzeydeki ADF test sonuçları .....	84
Çizelge 4.3. AIC ölçütüne göre dizilerin ikinci fark düzeyindeki ADF test sonuçları .....	85
Çizelge 4.4. SBC ölçütüne göre dizilerin düzeydeki ADF test sonuçları .....	89
Çizelge 4.5. SBC ölçütüne göre dizilerin birinci düzeydeki ADF test sonuçları .....	90
Çizelge 4.6. SBC ölçütüne göre dizilerin ikinci düzeydeki ADF test sonuçları.....	90
Çizelge 4.7. Çocuk suçluları ile TEFE için VAR modeli sonuçları .....	94
Çizelge 4.8. Çocuk suçluları ile TEFE için Granger nedensellik ilişkisi.....	94
Çizelge 4.9. Çocuk suçluları ile TÜFE için VAR modeli sonuçları.....	95
Çizelge 4.10. Çocuk suçluları ile TÜFE için Granger nedensellik ilişkisi .....	96
Çizelge 4.11. Çocuk suçluları ile sanayi üretim endeksi için VAR modeli sonuçları.....	96
Çizelge 4.12. Çocuk suçluları ile sanayi üretim endeksi için Granger nedensellik ilişkisi .....	97
Çizelge 4.13. Çocuk suçluları ile ihracat için VAR modeli sonuçları .....	98
Çizelge 4.14. Çocuk suçluları ile ihracat için Granger nedensellik ilişkisi.....	98
Çizelge 4.15. Çocuk suçluları ile ithalat için VAR modeli sonuçları.....	99
Çizelge 4.16. Çocuk suçluları ile ithalat için Granger nedensellik ilişkisi .....	100
Çizelge 4.17. Çocuk suçluları ile döviz için VAR modeli sonuçları .....	100

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.18. Çocuk suçluları ile döviz için Granger nedensellik ilişkisi.....	101
Çizelge 4.19. Çocuk suçluları ile altın için VAR modeli sonuçları.....	102
Çizelge 4.20. Çocuk suçluları ile altın için Granger nedensellik ilişkisi .....	102

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Çocuk suçluları dizisi plotu .....	76
Şekil 4.2. TEFE dizisi plotu.....	77
Şekil 4.3. TÜFE dizisi plotu .....	78
Şekil 4.4. Sanayi üretim endeksi dizisi plotu.....	79
Şekil 4.5. İhracat dizisi plotu .....	80
Şekil 4.6. İthalat dizisi plotu.....	80
Şekil 4.7. Döviz dizisi plotu .....	81
Şekil 4.8. Altın dizisi plotu.....	82
Şekil 4.9. Çocuk suçluları dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	85
Şekil 4.10. TEFE dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu .....	86
Şekil 4.11. TÜFE dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu .....	86
Şekil 4.12. Sanayi Üretim Endeksi dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	86
Şekil 4.13. İhracat dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	87
Şekil 4.14. İthalat dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	87
Şekil 4.15. Döviz dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu .....	87
Şekil 4.16. Altın dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	88
Şekil 4.17. Çocuk suçluları dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	91
Şekil 4.18. TEFE dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	91
Şekil 4.19. TÜFE dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu .....	91

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.20. Sanayi Üretim Endeksi dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	92
Şekil 4.21. İhracat dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu .....	92
Şekil 4.22. İthalat dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu .....	92
Şekil 4.23. Döviz dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu.....	93
Şekil 4.24. Altın dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu .....	93

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$X_t$	t dönemine ait X değişkeninin değeri
$Y_t$	t dönemine ait Y değişkeninin değeri
$\bar{\Omega}$	Yığındaki tüm bilgi
$\gamma_x(\mathbf{k})$	k gecikmesindeki otokovaryans katsayısı
$\mathbf{c}_x(\mathbf{k})$	k gecikmesindeki örnek otokovaryans katsayısı
$\rho_x(\mathbf{k})$	Yığın için otokorelasyon katsayısı
$\mathbf{r}_x(\mathbf{k})$	k gecikmesindeki örnek otokorelasyon katsayısı
$\phi_{kk}$	Kısmi otokorelasyon katsayısı
$\rho_{xy}$	Çapraz korelasyon katsayısı
$\nabla^d$	d. dereceden fark
$\varepsilon_t$	Hata terimi
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>D.İ.E.</b>	Devlet İstatistik Enstitüsü
<b>A.C.F.</b>	Otokorelasyon Fonksiyonu
<b>P.A.C.F.</b>	Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
<b>C.C.F.</b>	Çapraz Korelasyon Fonksiyonu
<b>AR(p)</b>	p nci dereceden Otoregresif Model
<b>MA(p)</b>	q ncu dereceden Hareketli Ortalama Modeli
<b>ARMA(p,q)</b>	Otoregresif-Hareketli Ortalama Modeli
<b>ARIMA(p,d,q)</b>	Birleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>SARIMA(p,d,q)x(P,D,Q)</b>	Mevsimsel ARIMA Modeli
<b>TÜFE</b>	Tüketici Fiyat Endeksi
<b>TEFE(ÜFE)</b>	Toptan Eşya Fiyat Endeksi (Üretici Fiyat Endeksi)

## 1. GİRİŞ

Bir olayın var olmasına ya da ortaya çıkmasına yol açan olgu olarak tanımlanabilen “neden” kavramı günlük yaşamda çok farklı durumlarda sık sık kullanılmaktadır. Her olan şeyin bir nedeni bulunduğunu, aynı nedenlerin aynı koşullar içinde hep aynı sonuçlar doğurduğunu belirten ilkeye ise “nedensellik ilkesi” denmektedir. Bir olguda meydana gelen bir değişme, başka bir olguda da değişmeye neden oluyorsa ve bu durum süreklilik arz ediyorsa, söz konusu olgulardan ilki neden, diğeri ise sonuç olarak nitelendirilerek nedensel ilişki içinde oldukları varsayılır.

Nedensellik ilkesi, başlangıçta felsefi açıdan değerlendirilmiş olsa da akılsallığın ortaya çıkmasıyla bilimselliğin en temel ilkelerinden biri olmuştur. Bilim, olayları önceden öngörmekle yetinmez, nedenlerine inerek açıklamaya çalışır. Nedensellik ilkesi yirminci yüzyıla kadar determinist bir çerçevede ele alınmıştır. Ancak yirminci yüzyılın ilk çeyreğinde determinist bir doğa ve evren anlayışı geçerliliğini yitirmiştir. Bu durumda nedensellik ilkesinin de determinist olmayan bir biçimde yeniden yorumlanması beklenen bir durum olmuştur. Bilim felsefecilerinin bu yöndeki çabaları “olasılıksal nedensellik kuramı” olarak bilinir. Bu kuram, sosyal değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini incelemek üzere, Herbert Simon başta olmak üzere bazı sosyal bilimciler tarafından geliştirilen “nedensel modelleme” yöntemlerinden tamamen bağımsız olarak ve aşağı yukarı aynı dönemde (1955-1975 arası) inşa edilmiştir (1).

Zamanla deneysel olan ya da olmayan verilere dayanılarak istatistiksel çerçevede nedensel ilişkilerin saptanıp saptanamayacağı sorunu tartışılan bir konu olmuştur. Bu sorunun çözümünde istatistiksel yöntemler kullanılacağından, nedenselliğin sınanabilir bir hipotez olarak ifade edilebilmesi gerekmektedir. Bu konuda ilk çalışma Wald tarafından yapılmıştır. Fakat Basmann’ın öne sürdüğü karşıt kanıtlar ile sonuçsuz kalmıştır. Felsefi tanımlardan sonra işlevsel olarak nedensellik tanımı ilk olarak Wiener tarafından yapılmıştır. Daha sonra Granger, işlemsel nedensellik tanımına dayanarak yeterince yüksek dereceli iki değişkenli otoregresif bir sürecin tahmini yardımıyla, nedenselliğin test edilebilir ve tahmin edilebilir hale gelmesini

sağlamıştır. Granger nedensellik tanımı ile hem değişkenlerin birbirlerine neden olup olmadığı hipotezi, hem de değişkenler arasında anlık nedenselliğin olup olmadığı test edilebilir hale gelmiştir (2,3).

Sims ise dağılımın rasyonel veya polinomsal olma kısıtını koymadan uzun gecikmeli dağılımların tahminini açıklamaktadır. Ayrıca Sims, verilerin ihmal edilebilir otokorelasyon içerdiği sonucuna varmış ve verilerde önemli bir korelasyonun olması durumunda testin başarısız olacağını belirtmiştir. Bunun yanı sıra Sims nedensellik testi birçok yönden eleştirilmektedir. En önemlisi, bazı yazarların Granger testinin Sims testine eşdeğer olduğunu kanıtlamalarına rağmen (4) Sims'in filtresinin keyfi olması elde edilen sonuçların filtre seçimine karşı oldukça duyarlı olmasına sebep olmaktadır (5,6).

Nedensellik ilkesi üzerine yoğun çalışmalar yapan Haugh, nedenselliğe ilişkin Granger'ın tanımını kullanarak, ARIMA modelinden elde edilen hatalara dayandırılan iki ayrı yaklaşım öne sürmüştür. Ancak Haugh nedensellik test analizinde seçilen ARIMA modelinin uygun belirlenememesi ya da güvenilir olmaması nedensel ilişkinin güvenilirliğine yansıtacağına dikkat çekilmektedir (7).

Düşünürlerin felsefi alanda nedensellik üzerine yapmış oldukları açıklamaları veri olarak alan ekonometrici ve istatistikçiler, nedensellik kavramını işlemsel hale getirerek gözlemler yardımıyla özellikle ekonomik değişkenler üzerinde araştırmaya başlamıştır (8). Her ne kadar tüm deneysel bilgiler ancak teorik temeller üzerinde bir anlam kazansa da şu anki veriler dikkate alınarak olgular arasındaki ilişkileri kestirmek ve nedensel ilişkiler hakkında çıkarımlarda bulunmak olasılık kanunlarına dayandırılmaktadır. Burada ayrıca dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, geleceğin veya şimdiki zamanın asla geçmişe neden olamayacağıdır. Nedensellik ilişkileri konusunda dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise, herhangi iki değişken arasında varolan yüksek korelasyon, gerçek durumda ilgili değişkenler arasında nedensel ilişkinin olduğu konusunda kesin bir sonuç çıkarmanın mümkün olmadığıdır.

Nedensellik yöntemlerinden Granger, Sims ve Haugh testlerinin tümünün teorik anlatımı bu çalışmanın kapsamında verilmiş olmakla birlikte, nedenselliğin yukarıda ifade edilen temel özelliklerini bünyesinde toplayan ve aynı zamanda istatistiksel nedenselliğe adını veren Granger nedensellik, çalışmanın uygulama noktasında tek yöntem olarak kullanılmıştır.

İstatistiksel nedensellik çalışmalarında Türkiye'deki veriler kullanılarak bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan biri "Türkiye'de Para Arzı ve Enflasyon Üzerinde Ampirik Bir Çalışma" Işığçok tarafından yapılmıştır. Ayrıca "Para Arzı ile Enflasyon Arasındaki Nedensellik İlişkisi" Gürsakal ve "İMKB'de Fiyat-Hacim İlişkisi" Gökçe tarafından araştırılmıştır. Bunun yanı sıra suç verisini dikkate alarak "Suç ve İşsizlik Arasındaki Nedensellik İlişkisi" Yamak ve Topbaş tarafından ve "Ekonomik Kriz-Suç İlişkisine Teorik ve Ampirik Bir Yaklaşım" Çiftçi ve Bahar tarafından çalışılmıştır (3,9-11).

Bütün bu çalışmalar uygulamanın çeşitli değişkenlerini ele almıştır. Suç ile ilgili nedensellik çalışmaları ise genel anlamda suç verileri kullanılarak yapılmıştır. Son yıllarda çocuk suçlularında gözlenen belirgin artış, bu tezin uygulama konusunu çocuk suçluları ile bazı ekonomik değişkenler arasındaki Granger nedensellik ilişkisinin incelenmesinde önemli rol oynamıştır.

Belirtilen amaç ve esaslar doğrultusunda konular dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; konunun önemi ve çalışmanın amacı belirtilmiştir. İkinci bölümde; felsefi, bilimsel ve işlemsel olarak nedensellik kavramlarına yön verilmiştir. Üçüncü bölümde; zaman dizilerinin tanımı, türleri ve özellikleri incelenmiş, nedensellik sınamalarında kullanılan bazı zaman dizisi çözümleme araçları üzerinde durulmuştur. Ayrıca, zaman dizilerinde durağanlık ve nedensellik testleri teorik olarak incelenmiştir. Dördüncü bölümde ise Türkiye'de Ocak 2000 ile Nisan 2005 tarihleri arasındaki aylık çocuk suçluları ile bazı ekonomik değişkenler veri olarak alınarak anlatılan yöntemler kullanılıp, değişkenlerin çocuk suçluları ile arasındaki nedensellik ilişkisi Granger nedensellik testi ile araştırılmıştır.

## 2. BİLİMDE VE İSTATİSTİKTE GENEL OLARAK NEDENSELLİK KAVRAMI

### 2.1. Nedensellikte Neden Kavramı

Her şey bir nedene mi dayanır? Başka bir ifadeyle her şey birbirine nedensellik bağıyla bağlı mıdır? Bir olgu biliniyorsa onun nedeni de biliniyor denilebilir mi? Benzer koşullar, benzer sonuçlara mı yol açar? “Neden?” sorusu kuşkusuz düşünmenin ve bilimsel gelişmenin anahtar sorularından biri olmuştur. Bu kavram, yüzyıllar boyunca değişikliklere uğrayarak günümüze kadar gelmiştir.

Neden-sonuç ilişkisini ifade eden nedensellik ilişkisi, “X, Y’nin nedenidir”, diğer bir ifadeyle “Y, X’in sonucudur” şeklinde bir önermedir. Bu önerme istatistiksel olarak;

- 1) X, Y’yi açıklar,
- 2) X varsa Y de vardır,
- 3) X, Y’yi tam olarak açıklar,

şeklinde üç farklı anlamda kullanılabilir. Bu ifadeler dikkate alındığında, birincisinde “X’in Y için gerekli bir koşul” olduğu, ikincisinde “X’in Y için yeterli bir koşul” olduğu ve üçüncüsünde ise “X’in Y için hem gerekli hem de yeterli bir koşul olduğu” görülmektedir.

Bu ifadelerden de anlaşılacağı gibi X, Y’nin bazen gerekli koşulu, bazen yeterli koşulu, bazen de hem gerekli hem de yeterli koşulu olmaktadır. X’in Y için gerekli bir koşul olması, Y’yi X dışında açıklayan başka değişkenler olduğu anlamını taşır. Bu değişkenlerin her biri gerekli koşulu, hepsi birlikte yeterli koşulu ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle, Y’yi açıklayan başka bir değişken kalmayacak şekilde değişkenlerin tamamı dikkate alınmış ise, X veya X’ler Y için gerekli ve yeterli koşul sayılır (9).

## 2.2. Nedensellik

### 2.2.1. Felsefi anlamda nedensellik

Felsefe tarihinde önemli yer tutan nedensellik kavramı sebep-sonuç ilişkisi içinde olma halini tanımlar. Nedensellik kavramı, bilim alanında akılsallığın ortaya çıkmasıyla felsefe bilimine girmiştir. Temeli Aristo'ya kadar dayanmaktadır. Aristo, neden ile sonuç arasında gerekli bir bağ olduğunu ve bu yüzden nedensiz bir sonucun meydana gelmeyeceğini düşünmüştür. Gazzali (1058-1111) ise neden ile sonuç arasındaki bu bağı reddetmemekle birlikte, bunun zorunlu bir bağlantı olmadığını, sadece bir alışkanlıktan kaynaklandığını düşünmüştür. Ayrıca, bir şeyin başka bir şeyle beraber bulunmasının, o şeyin bu başka şey nedeniyle meydana geldiğine kanıt olamayacağını, aynı zamanda olan hadiseler arasında da her zaman bir neden-sonuç ilişkisinden bahsedilemeyeceğini öne sürmüştür. Bu düşünceleri ile Gazzali, istatistikte yer alan “yüksek bir korelasyon katsayısı olaylar arasında mutlaka neden-sonuç ilişkisi olduğunu göstermez”, şeklindeki teknik bir açıklamanın benzerini çok önceden belirtmiştir (3).

Nedensellik kavramı, felsefe biliminde hem ampirik hem de rasyonalist görüşü savunan filozoflar tarafından tartışılan bir konu olmuştur. Farklı görüşleri savunan filozoflar farklı tanımlar yapmışlardır.

Ampirik görüşe göre nedensellik ilişkisi, olaylar arasındaki bağılılığı ifade etmektedir. Bu durum daha açık belirtilebilir. X ve Y iki olayı belirttiğinde, “X, Y'nin nedenidir” demek “Y'nin daima X'i izlediği ya da “X'in ve Y'nin daima birlikte gittiği” anlamına gelmektedir. Bir olay başka bir olayı izliyorsa ve olaylar arasındaki ilişki düzgün ve değişmez bir şekilde ortaya çıkıyorsa olaylar arasında bir nedensellik ilişkisi vardır. Nedensellik kavramının bunun ötesinde bir anlamı yoktur. Rasyonalist görüşe göre, nedensellik kavramında gözlemin payı inkar edilmemelidir. Ancak nedenselliği sadece gözlemsel verilere bağlamanın yanında, zorunlu bağıntı denilen bir kavramı da ortaya çıkarmışlardır. Kısacası rasyonalistlere göre, “ Y'nin nedenidir” diyerek “X ve Y birlikte gitmektedir” demek değil “X ve Y zorunlu

olarak birlikte gitmektedir” denilmektedir. Böylece, rasyonalist açıdan nedensel ilişki gözlem konusu bir birlikte gitme ile gözlemi aşan zorunlu bir bağıntı içermektedir. Ampiristler ise zorunlu bağıntının ya da zorunlu olarak birlikteliğin bilimsel açıklama için gerekli olmadığını “sürekli birlikte gitme” nin nedensel ilişkiyi tümüyle açıkladığını savunmuşlardır (12).

Aristo’dan günümüze kadar batı felsefesi, nedensellik kavramını sürekli olarak derinleştirmiştir. Bu arada nedenselliğin bir sanı ve temelsiz bir şey olduğunu düşünen filozoflar da çıkmıştır (Berkeley, Hume, Stuart, Mill gibi). Buna karşılık olarak, Kant’ın “salt aklın eleştirisi” adlı kitabında nedensellik bir yasa niteliği taşımaktadır. Bu ilkeye göre “Bütün değişiklikler, neden ile sonucu birbirine bağlayan yasaya göre olur.” (13).

Bacon’a (1561-1626) göre, gerçekten bilmek nedenleri bilmektir. Fransız düşünürü Descartes (1596-1650) ile Hobbes’a (1588-1679) göre ise bütün olup bitenler nedenselliğin zorunlu düzeni içindedirler. Bununla birlikte Descartes, doğuştan bilgi kavramını yeniden ele almış ve nedensellik kanununu, doğuştan var olan bilgi şeklinde açıklamaya çalışmıştır. Amprizm’in en büyük temsilcilerinden olan David Hume’a göre, neden-sonuç bilgileri, belirli olguların sürekli olarak birbirlerine bağlı oldukları gözlenerek tümüyle deneyimlerden çıkmaktadır ve bu nedenle söz konusu bilgiler akıl yürütme ile değil, deneyimlerle bulunabilir. Bu düşünceler çerçevesinde, bilinebilecek tek şey, A türünden olaylardan sonra şimdiye kadar B veya B’ye benzeyen türden olayların gelmiş olduğudur. Gerçekte bu tür olayların birbirleri ile ilişkili oldukları bilinebilir. Oysa bunların zorunlu olarak birbirlerine bağlı oldukları bilinemeyeceğinden ancak söz konusu ilişkinin şimdiye kadar geçerli olmuş olduğu öne sürülebilir (3).

Çağımız ampristlerinden Reichenbach ise nedensel ilişkiyi rastgele (tesadüfi) bir ilişkiden ayıran özelliğin tekrardan başka bir şey olmadığını, nedensel bir ilişkinin anlamının da istisnasız bir tekrardan ibaret olduğunu söylemiştir. Bir olaya bağlı olarak, başka bir olay daima meydana geliyorsa, bir nedensel ilişkiden söz edilebileceğini savunmuştur (12).

Yüzyıllar boyunca nedensellik kavramı üzerine birçok eleştiriler yapılmış ve felsefeciler tarafından karşıt görüşler savunulmuştur. Descartes, Leibniz ve Spinoza gibi rasyonalistler evren ve onun içindeki her şeyin mantıksal düşünce yolu ile açıklanabileceğine inanırlar. Mantığı ön plana çıkararak, mantığa uygun gelenler gerçek bilgi olarak sayılmıştır. Buna göre rasyonalizm akla öncelik veren ve onu gerçek bilgi kaynağı sayan düşünce sistemi olmaktadır. Bacon, Locke, Hume ve Newton gibi ampiristler ise, bütün bilginin algılama ve uygulama yolu ile elde edildiğini, bu sebeple verilerin ve kanıtların çok önemli olduğunu ileri sürerler. Gözlem ve deney ön planda yer alır (14).

Rasyonalist ve amprist düşünürler yanında determinist düşünürler de nedenselliğe ilişkin görüş ileri sürmüşlerdir. Determinist düşünürlerden Pierre Laplace, evrenin şu andaki durumuna, daha önceki durumunun bir sonucu ve daha sonraki bir durumunun nedeni olarak bakılması gerektiğini söylemiştir. Laplace, evrendeki kanunların sayısının sınırlı ve değişmez olduğunu ileri sürmüştür. Dolayısıyla bu kanunların neler olduğunun bir kez bilinmesi durumunda, gelecekte meydana gelecek her olayı kestirmenin teorik olarak mümkün olduğunu belirtmektedir (9).

Son yıllarda filozoflar nedenselliğin olasılık kavramlarını anlamaya ve geliştirmeye çalışmışlardır. Daha önce bahsedilen nedensellik kavramlarına göre nedenler, kendi etkilerini mutlaka gerektirmektedirler (15). Nedensellik, fizik ve toplum bilimleri açısından ele alındığında birçok değişikliğe uğramıştır. Gerçekten de, nedensellik bilimsel çalışmalar sürecinde biri matematiksel, öteki fiziksel nitelikte olan olasılık ve alan kavramlarına bağlanmıştır. Nedensellik, günümüzde, bir yapının maddi karşılığı olan bir alanda meydana gelen bir değişikliği belirleyen istatistiksel çıkarımların tümü olarak anlaşılabilir (16).

### 2.2.2. Bilimsel anlamda nedensellik

Bilimi, evrenin ya da olayların bir bölümünü konu olarak seçen, deneysel yöntemlere ve gerçekliğe dayanarak yasalar çıkarmaya çalışan düzenli bir bilgi olarak tanımlamak mümkündür. Bununla birlikte bilim; mevcut bilgilere dayanarak, ilk bakışta birbirinden bağımsız olarak görülen farklı olaylar arasındaki varolan ilişkiyi ortaya koymaya, bilinenlerden hareketle bilinmeyenleri sistematik bir yaklaşımla çözümlenmeye çalışmaya dayanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ilişkileri açıklaması ve mümkün olduğunca geçmiş bilgilerin göz önüne alınması amaçlanmaktadır (9). Bunun yanı sıra bütün bilimsel faaliyetlerin amacı genel doğruların ya da temel yasaların bilgisine ulaşmaktır.

Bilimin incelediği olgular arasındaki ilişki biçimleri çok çeşitlidir. Bu sebeple, ilişkilerin farklı olaylara neden olduğu yani bir ilişkinin diğer bazı ilişkilere yol açtığı genel olarak gözlenen bir durumdur (17). Örneğin sıcaklığın artması suların buharlaşmasına, suların buharlaşması da yağmurun yağmasına sebep olmaktadır.

Bilimdeki olgular tek tek değil, birbirleriyle olan ilişkiler dikkate alınarak sistem anlayışı içinde incelenir. Kendi başına yalnız olarak hiçbir olgu veya nesnenin bilimsel bir anlamı yoktur. Bilim, evrenin nedenini araştırmak yerine, mevcut durumun nedenini araştırmak ile ilgilenir. Bu durumda bilim, mevcut önsel bilgilere dayanarak, olgular arasındaki ilişkileri veri olarak ve mümkün olduğunca geriye giderek bilinmeyenleri ortaya koymakta ve evrenin şu andaki durumunu açıklamaya çalışmaktadır (12).

Ele alınan olguların her zaman “neden” ya da her zaman “sonuç” olarak değerlendirilmesi doğru değildir. Bir olayın sonucu olan bir olgu diğer bir olayın nedeni olabilir. Bu durumda olguların mutlaka nedenlerini araştırmak yerine, olgular arasında her zaman gözlenen ve değişmeyen nedensel ilişkileri araştırmanın daha doğru olacağı söylenebilir (9). Bunun yanı sıra nedenselliği güvenilir olarak kanıtlanma imkanının olduğunu söylemek bile mümkündür. Örneğin, nükleer santral atıklarının (fabrikaların zehirli atıklarının) çevre kirliliğine sebep olarak insan sağlığı

üzerinde olumsuz etkide bulunması bilimsel olarak kanıtlanabilir. Bu durum nedensel kanunlar ile deneyimin, geçmiş dönemdeki verilerle gelecek dönemin açıklanmasında çok yararlı olduğunu gösterir. Buradan hareketle nedensel kanunları dikkate almak, farklı bilim dalları için önem arz eden durumdur. Örneğin, iktisadın gelişimi için bunun son derece önemli olduğu söylenebilir (18). Böylece, iktisatta değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin belirlenmesi durumunda, iktisadi modellerde yer alan değişkenlerin sınıflandırılmasını yapmak ve iktisat teorisini test etmek de mümkün olacaktır. Yani değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin belirlenmesi sonucu iktisadi çalışmada değişkenlerin içsel ya da dışsal olarak sınıflandırılması aşaması kolaylıkla geçilmiş olur. Örneğin, X değişkeninden Y değişkenine doğru tek yönlü nedensel ilişki olduğu belirlenmiş ise, X değişkeni içsel ve Y değişkeni de dışsal değişken olarak adlandırılır (18).

Burada nedensellik ilkesinin işlemsel (operasyonel) tanımının, bilime dayanmasına karşılık metafizik tanımı bilime ters düşebilmektedir. Filozofların nedenselliği kavramsal olarak tanımlamalarına karşılık, ekonometrisyen ve istatistikçiler onu işlemsel olarak tanımlamaktadır. Kavramsal tanımlama, bir kavramın diğer kelimeler veya kavramlarla, işlemsel tanımlama ise kavramın anlamını ölçme veya gözlem terimleriyle belirlemedir (14). Metafizikte bu ilkeye bir doktrin niteliği verilerek, “her şeyin bir nedeni vardır”, “hiçbir şey bir nedene dayanmaksızın var veya yok olamaz.”, “aynı neden daima aynı sonucu meydana getirir” gibi doğruluğunun kabul ve reddedilmesi mümkün olmayan genel yargılara gidilmiştir. Oysa bilimin bu tür genel yargıları test edebilmesi mümkün değildir (12).

Sosyal bilimlerde nadir olarak kullanılan nedensellik ilkesindeki dinamik kavram göz önüne alındığında; burada, neden ve sonuç, genel olarak bazı şeylerin durumları olarak yorumlanmaktadır. Bu şeyler ise zaman içinde devam eden şeylerdir ve bazı maddelerin, bazı özellikleri vardır anlamında, bu zaman içinde devam etmektedir. Sosyal bilimler, nedenlerin yorumlanma şeklinin belki de sosyal araştırmanın cevaplandırmaya çalıştığı sorunun tipinden kaynaklandığını öne sürmektedir (19).

### 2.2.3. İşlemsel anlamda nedensellik

Nedensellik kavramı deneysel değil felsefi bir unsurdur. Felsefeciler, neden ve sonucun açıklanması ve tanımlanmasında uyum içinde değildir. Bunun yanı sıra, nedensellik kavramı bütün bilim dallarında çok önemli bir yere sahiptir. İstatistik ve ekonometri ile ilgili olarak model belirleme konusunda önem kazanmaktadır. Bu çerçevede oluşturulacak bir model belirleme probleminde, iki temel yaklaşım söz konusudur.

1) Zaman Dizileri Analizi

2) Ekonometrik Yaklaşım

Model belirlemede birinci yaklaşımı yani zaman dizileri analizini savunanlar için belirleme problemi, eldeki verilerin ışığında modelde yer alan gecikme derecesinin bulunmasıdır. Diğer bir deyişle, bu problem tek değişken için, mevsimsel ve mevsimsel olmayan  $ARMA(p,q)$  modelinde  $p$  ve  $q$  tamsayı değerlerinin belirlenmesidir. Çok değişkenli bağlamda düşünüldüğünde  $p$  ve  $q$  matrislerinin belirlenmesi söz konusudur.

İkinci varsayımı yani ekonometrik yaklaşımı savunanlar ise bütün bu işlemlerin sadece model belirleme sürecinin bir parçası olduğuna inanmaktadırlar. Ekonometrik yaklaşıma göre problem, belirli bir veri grubunun ortak yoğunluk fonksiyonuna göre uygun tek bir modelin belirlenmesidir ve ekonomi kuramının parametreler üzerine koyduğu kısıtlamalar göz önüne alınarak çözümlenmelidir (3).

Bütün bu açıklamalardan varılacak nokta, zaman dizileri yaklaşımında model belirlemenin başlangıç noktası, elde bulunan veriler iken; ekonometrik yaklaşımda ise başlangıç noktası, ekonomi kuramı olmasıdır. Diğer bir ifadeyle, zaman dizileri yaklaşımında, önce gözlemlerin yapılması sonra bu gözlemlere çeşitli denemelerle bir modelin uydurulması söz konusu iken ekonometrik yaklaşımda ise önce kuramsal yapıya sahip bir model belirlenerek daha sonra modelin gözlemlere uygun olup

olmadığının araştırılmasından söz edilebilir. Bu kapsamda, zaman dizileri yaklaşımı ampirizmin, ekonometrik yaklaşım ise rasyonalizmin uzantısı sayılabilir.

Ekonometrik yaklaşım ile bir modelin belirlenmesi için değişken çiftleri arasında nedensel bir ilişkinin olup olmadığının saptanması ve olması durumunda ilişkinin yönünün açıklığa kavuşturulması gerekir. Bu durumda, nedenselliğin çeşitleri olan tek yönlü nedensellik veya geribildirim gibi kavramların test edilebilir işlemsel tanımlarının yapılması model belirleme için ön koşul sayılmakta ve istatistikten yararlanılmaktadır. Bu kapsamda, konuya ilişkin olarak C.W.J. Granger tarafından geliştirilen nedensellik tanımı aşağıdaki varsayımlara dayanır:

- 1) Tam anlamıyla nedensellik, sadece geçmişin, içinde bulunulan anı veya geleceği etkilemesiyle söz konusudur. Diğer bir ifadeyle, gelecek geçmişin nedeni olamaz.
- 2) Sadece bir grup stokastik süreç için nedensellik tartışılabilir. İki deterministik süreç arasındaki nedenselliğin belirlenmesi imkansızdır (3).

Diğer bir ifadeyle,  $\Omega_t$ , t anındaki yığındaki tüm bilgiyi;  $\Omega_{t-Z_t}$  ise t anındaki  $Z_t$  dışında yığındaki tüm bilgiyi göstermek üzere; bir  $Z_t$  dizisinin,  $Y_t$  dizisinin nedeni olup olmadığı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$P(Y_{t+1} | \Omega_t) = P(Y_{t+1} | \Omega_{t-Z_t}) \quad [2.1]$$

Eş. 2.1'deki denklemin sağlanması durumunda,  $Z_t$ ,  $Y_t$ 'yi etkilemez. Aksi halde  $Z_t$ ,  $Y_t$ 'yi etkiler (20).

## 2.3. Nedensellik İle İlgili Kavramlar

### 2.3.1. Deterministik ilişki kavramı

X'in neden, Y'nin sonuç olduğu herhangi bir fonksiyonel ilişkide ölçme hataları bulunmamak şartıyla X bilindiğinde Y'nin değeri tam olarak hesaplanabiliyorsa bu tür ilişkiye "deterministik ilişki" denir (16). Diğer bir ifadeyle, ele alınan olayın gerçekleşmesi için  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  değişkenlerin tamamının bir arada bulunmasının gerektiği varsayılın. Bu değişkenlerin her biri gerekli, hepsi birlikte yeterlidir. Değişkenlerin hepsinin yeterli olması değişkenler arasındaki ilişkinin deterministik olduğunu gösterir. Bu deterministik ilişki,  $Y=f(X_1, X_2, X_3)$  şeklinde gösterilir. Değişkenler arasındaki bu gibi matematiksel fonksiyonlar deterministik ilişkinin göstergesidir.

### 2.3.2. Stokastik ilişki kavramı

Stokastik ilişki, herhangi bir olayın açıklanmasında değişkenlerin gerekli fakat yetersiz olduğu ilişkiye denir. Sosyal bilimlerde bireylerin davranışlarındaki farklılıklar nedeniyle daha çok karşılaşılr.

Stokastik ilişkileri, deterministik ilişkilerdeki gibi eşitliklere benzer şekilde ifade etmek mümkün değildir. Uygulamada veri toplanamaması nedeniyle bütün değişkenleri modele dahil etmek mümkün değildir. Bu sebeple, modele dahil edilmeyen değişkenlere karşılık hata terimi değişkeni modelde yer almaktadır. Hata terimi, ortalaması sıfır ve varyansı sabit olmak üzere Normal dağılım özelliklerine sahiptir (21).

Stokastik ilişkinin çoğunlukla söz konusu olduğu bilim dallarında inceleme konusu ilişkiler ne tam ne de kesindir. Bu nedenle bilimsel çalışmalarda, incelenen ilişkilerin niteliğine daha uygun olan olasılık teorisi kullanılmıştır. Bu kapsamda, nedensel ilişkinin deterministik nitelikte olduğu düşünüldüğünde nedensellik ile olasılık birbirine uzak kavramlar olarak görünebilir. Ancak stokastik nedensellik dikkate

alındığında ve pek çok ilişkinin deterministik özellik taşımadığı düşünülürse, iki kavramın aslında birbirleriyle bağdaştığı görülür. Deterministik ile stokastik ilişki arasında olasılık kavramı açısından belirli farklılıklar vardır. Deterministik nedensellikte; X, Y'nin kesin nedeni iken, stokastik nedensellikte; X, Y'nin belirli bir  $\alpha$  anlamlılık düzeyinde nedenidir. Ayrıca, deterministik nedensellikte; X değişkeni Y değişkeninin nedeni olması olasılığı 0 ya da 1 iken, stokastik nedensellikte; X değişkenin Y değişkeninin nedeni olması olasılığı 0 ile 1 arasındadır. Bu yüzden daha çok açıklama gücüne sahiptir (22).

### **2.3.3. Birlikte değişme kavramı**

X açıklayıcı değişkenlerinin Y değişkenini açıklamada gerekli ve yeterli olup olmadığı bilinmediği halde, sadece her ikisinin de aynı yönde veya ters yönde değiştiğinin bilinmesi durumunda, söz konusu ilişki “birlikte değişme” olarak adlandırılır. Deterministik ve stokastik ilişkilerde X ile Y arasında fonksiyonel bir ilişki söz konusudur. Ancak birlikte değişme kavramında bunun aksine böyle bir durum söz konusu değildir. Bunun yanı sıra birlikte değişmede hangi değişkenin neden, hangi değişkenin sonuç olduğu ile ilgilenilmez. İki değişken arasındaki ilişkiyi belirten korelasyon tekniği kullanılır (9).

### **2.4. Nedenselliğin Yönü**

Değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin varlığının belirlenmesi kadar nedenselliğin yönünün belirlenmesi de oldukça önemlidir. Nedenselliğin yönü; iki değişken arasındaki ilişkinin, tek yönlü mü, iki yönlü mü yoksa anlamlı mı değiştiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra iktisadi model kurma aşamasında büyük önem taşıyan bir diğer nokta ise değişkenlerin içsel yada dışsal değişken olup olmadıklarının belirlenmesidir (22).

### 2.4.1. Tek yönlü nedensellik

$X_t$ ; t döneminde X değişkeninin değeri,  $Y_t$ ; t döneminde Y değişkeninin değeri olmak üzere  $t=0, \pm 1, \pm 2, \dots$  olmak üzere  $\Omega_t$ 'ye en azından  $(X_t, Y_t)$ 'yi içeren bir bilgi kümesi denilsin. Ayrıca  $\Omega_t$ 'nin  $t=0$  dönemini içermeyen geçmiş değerlerinin kümesine  $\overline{\Omega} = \{\Omega_{t-i}, i=1, 2, \dots, \infty\}$ ;  $t=0$  dönemini de içeren geçmiş ve şimdiki değerlerinin kümesine de  $\overline{\overline{\Omega}} = \{\Omega_{t-i}, i=0, 1, 2, \dots, \infty\}$  denilsin;

$$\sigma^2(Y_t / \overline{\overline{\Omega}}) < \sigma^2(Y_t / \overline{\Omega} - X_t) \quad [2.2]$$

ise  $X_t$ 'nin  $Y_t$ 'ye neden olduğu söylenebilir. Burada;  $\overline{\overline{\Omega}} - X_t$ , yığındaki X dışındaki bilgiyi göstermektedir (23).

Diğer bir ifadeyle, eğer t döneminde yığındaki bütün bilgi kullanılarak  $Y_t$ 'nin kestirimi, t döneminde yığında  $X_t$  dışındaki bütün bilgi kullanılarak  $Y_t$ 'nin kestiriminden daha iyi ise o zaman  $X_t$ 'nin  $Y_t$ 'ye neden olduğu söylenir ve bu durum  $X_t \Rightarrow Y_t$  şeklinde gösterilir. Bunun sonucunda,  $Y_t$ ,  $X_t$ 'ye bağlıdır ve buna bağlı olarak  $Y_t$ ,  $X_t$ 'ye göre içsel değişkendir.  $Y_t$ ,  $X_t$ 'ye neden olurken, ayrıca  $X_t$ 'nin  $Y_t$ 'ye neden olmaması durumunda nedensellik  $Y_t$ 'den  $X_t$ 'ye doğru “tek yönlü nedensellik” olarak adlandırılır ve bu  $Y_t$ 'nin  $X_t$ 'ye göre dışsal bir değişken olduğunu ifade eder (2).

### 2.4.2. İki yönlü nedensellik

Sadece  $X_t$ 'den  $Y_t$ 'ye ya da sadece  $Y_t$ 'den  $X_t$ 'ye doğru olan tek yönlü nedensellik karşılıklı da olabilir. Bu duruma iki yönlü nedensellik (geribildirim) adı verilir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\sigma^2(Y_t / \overline{\overline{\Omega}}) < \sigma^2(Y_t / \overline{\Omega} - X_t) \quad [2.3]$$

$$\sigma^2(X_t / \overline{\overline{\Omega}}) < \sigma^2(X_t / \overline{\Omega} - Y_t) \quad [2.4]$$

Eş. 2.3'deki koşulda, yığındaki tüm bilginin kullanılması ile elde edilen t dönemi için  $Y_t$  kestirimi, yığından X dışındaki bilginin kullanılması ile elde edilen  $Y_t$  kestiriminden daha iyi ise,  $X_t$ 'nin  $Y_t$ 'ye neden olduğu ve bunun yanında Eş. 2.4'deki koşulda, yığındaki tüm bilginin kullanılması ile elde edilen t dönemi için  $X_t$  kestirimi, yığında Y dışındaki bilginin kullanılması ile elde edilen  $X_t$  kestiriminden daha iyi ise,  $Y_t$ 'nin de  $X_t$ 'ye neden olduğu ve iki yönlü nedenselliğin bulunduğu ifade edilir.  $X_t \Leftrightarrow Y_t$  şeklinde gösterilir.

Bu durum, yani iki yönlü nedenselliğin bulunması, her iki değişkenin de aynı modelde içsel değişken olarak yer aldıklarını ifade eder. Modelde bir diğer değişken olan  $Z_t$ 'den  $X_t$ 'ye ve  $Z_t$ 'den  $Y_t$ 'ye iki yönlü nedenselliğin söz konusu olmaması gerekir (9). Bunun yanı sıra  $X_t$  ile  $Y_t$  arasında tek yönlü nedenselliğin bulunması,  $X_t$  ile  $Y_t$  yi içeren modelin tek denklem modeli olması sorun yaratmazken  $X_t$  ile  $Y_t$  arasındaki nedenselliğin iki yönlü olması durumunda, hem  $X_t$ 'nin hem de  $Y_t$ 'nin yer aldığı modelin tek denklem modeli olması güvenilir olmayan sonuç verebilir. Bu durumda tek denklem modeli yerine anlık (eşanlı) denklem modelinin kullanılması gerekmektedir. Aksi halde, eşanlı denklem eğilimi ile karşılaşılabilir (9).

### 2.4.3. Anlık nedensellik

t döneminde X ve Y değişkenlerini içeren modellerde;  $X_t$ 'nin  $Y_t$ 'ye neden olduğu durumda,

$$\sigma^2(Y_t / \bar{\Omega}, \bar{X}) < \sigma^2(Y_t / \bar{\Omega}) \quad [2.5]$$

ise  $X_t$ 'den  $Y_t$ 'ye anlık nedensellik söz konusudur. Yani, Y'nin gerçek değerlerinin kestiriminde X'in bugünkü değerinin modelde yer alması, modelde yer almamasından daha iyi sonuç veriyorsa, bu durumda  $X_t$ ,  $Y_t$ 'nin anlık (hem zaman) nedenidir.

$Y_t$ 'den  $X_t$ 'ye anlık nedenselliğin mevcut olması aşağıdaki koşulun sağlanmasını gerektirmektedir.

$$\sigma^2(X_t / \overline{\Omega}, \overline{Y}) < \sigma^2(X_t / \overline{\Omega}) \quad [2.6]$$

Burada da,  $X$ 'in gerçek değerlerinin kestiriminde,  $Y$ 'nin bugünkü değerinin modelde yer alması, yer almamasından daha iyi sonuç veriyorsa,  $Y_t$ 'den  $X_t$ 'ye doğru anlık nedensellik söz konusudur (24).

#### 2.4.4. Bağımsızlık

Yukarıda açıklanan nedensellik tanımlamalarından hiçbirinin özelliğini taşımayan değişkenler, yani aralarında nedensel bir ilişki olmayan değişkenler, "bağımsızdır". Bu durumda  $Y$ ,  $X$ 'e;  $X$  de  $Y$ 'ye neden olmaz (25).

#### 2.5. Nedensel İlişkilerin Mümkün Örnek Uzayı

Tüm nedensellik tanımlamaları yanı sıra test edilebilir üç nedensel ilişki söz konusudur;

- a)  $X_t$ 'nin  $Y_t$ 'ye neden olup olmadığı,
- b)  $Y_t$ 'nin  $X_t$ 'ye neden olup olmadığı,
- c) Anlık nedensellik olup olmadığı.

Bu üç nedensel ilişkinin her birinin iki olası şıkkı vardır. 3 durum ve 2 şık sonucu  $2^3=8$  olası kombinasyon oluşur (26). Mümkün tüm sonuçların oluşturduğu örnek uzayı aşağıdaki çizelgede verilmiştir (22).

Çizelge 2.1. Nedensel ilişkilerin örnek uzayı

TANIMLAMA	NOTASYON
1- $X_t$ ile $Y_t$ arasında bağımsızlık vardır.	$(X_t Y_t)$ (000)
2- $X_t$ ile $Y_t$ arasında sadece anlık nedensellik vardır.	$(X_t - Y_t)$ (001)
3- $X_t$ sadece $Y_t$ 'ye neden olur, fakat bu anlık nedensellik değildir.	$(X_t \rightarrow Y_t)$ (100)
4- $X_t$ sadece $Y_t$ 'ye neden olur ve bu anlık nedenselliktir.	$(X_t \Rightarrow Y_t)$ (101)
5- $Y_t$ sadece $X_t$ 'ye neden olur, fakat bu anlık nedensellik değildir.	$(X_t \leftarrow Y_t)$ (010)
6- $Y_t$ sadece $X_t$ 'ye neden olur ve bu anlık nedenselliktir.	$(X_t \Leftarrow Y_t)$ (011)
7- $X_t$ ile $Y_t$ arasında anlık olmayan geribildirim vardır.	$(X_t \leftrightarrow Y_t)$ (110)
8- $X_t$ ile $Y_t$ arasında hem geribildirim hem de anlık nedensellik vardır.	$(X_t \Leftrightarrow Y_t)$ (111)

Çizelge 2.1'de, notasyonlarda kullanılan "1" harfi ilişkinin varlığını simgelerken "0" harfi ise ilişkinin söz konusu olmadığını göstermektedir. Notasyonlar, üç rakamdan oluşmaktadır. İlk rakam X'den Y'ye doğru nedensellik ilişkisinin; ikinci basamak Y'den X'e doğru nedensellik ilişkisinin ve üçüncü basamak ise anlık nedensellik ilişkisinin varlığını ifade etmektedir.

### 3. ZAMAN DİZİLERİ VE NEDENSELLİK

Bu bölümde, zaman dizileri ve nedensellik kavramları, tez konusunun kuramsal yapısını içerecek şekilde iki ana alt başlıkta verilecektir.

#### 3.1. Zaman dizileri

##### 3.1.1. Zaman dizilerine giriş

###### Zaman dizilerinin tanımı

Belirli bir zaman aralığına göre sıralanmış ve eşit aralıklı olarak birbirini izleyen gözlem değerlerinin oluşturduğu topluluğa “zaman dizisi” adı verilir. Zaman dizileri, genel olarak günlük, aylık, üç aylık, yıllık gözlemlenmiş veri kümeleri şeklinde görülebilir.

$Z$  bir zaman dizisini göstermek üzere,  $t$  zamanında aldığı değer  $Z_t$  şeklinde ifade edilerek zamanın bir fonksiyonu olarak düşünülür.  $t$  dönemine ilişkin gözlem değerine “bugünkü gözlem değeri” denilir.  $t$  dönemine kadar olan tarihsel gelişimi gösteren değerlere “geçmiş dönem değerleri” denir ve  $t=1,2,3,\dots$  değerleri için,  $Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-2}$ ,  $Z_{t-3},\dots$  ile gösterilir. Zamana bağlı olayla ilgili kestirimlerin yapıldığı dönem değerlerine ise “gelecek dönem değerleri” denir ve  $Z_{t+1}$ ,  $Z_{t+2}$ ,  $Z_{t+3},\dots$  ile ifade edilir (27).

###### Zaman dizilerinin özellikleri

Zaman dizileri; trend, konjonktürel dalgalanma, mevsimsel dalgalanma veya tesadüfi dalgalanma (rastgele değişim) bileşenlerinden oluşur. Trend, bir zaman dizisinin uzun dönem içindeki eğilimini yani, dizinin ortalamasında meydana gelen değişimi göstermektedir. Trend etkisi taşıyan diziler sürekli artış ya da sürekli azalış gösterirler. Zaman dizisinde bulunan trend, deterministik ya da stokastik yapıda

olabilir. Deterministik trend, zaman dizisinin zaman içinde sürekli artması (veya azalması) şeklinde bir eğilime sahiptir (Örneğin  $Z_t = Z_{t-1} + \mu$  modeli). Stokastik trend ise, bir zaman dizisinin zamanla artan (veya azalan) eğilimlerinin süreklilik göstermemesi, genellikle artma (veya azalma) eğilimine sahip olan bir dizide düşüşlerin de (veya artışlarında) gözlendiği durumu ifade etmektedir (28). Konjektürel hareketler, trend etrafında yukarı veya aşağı doğru tekrarlanan dalgalanmaları ifade eder. Bu hareketler dizinin uzun dönem eğilimiyle ilgili olup, bu tür analizin gerçekleştirilmesi için ilgili zaman dizisinin çok uzun bir dönemi kapsamalıdır. Mevsimsel değişim ise bir devresel harekettir ve aylık ya da üç aylık dizilerde de etkisini göstermektedir. Ayrıca bu diziler mevsimlerin etkisi altında kalmaktadır. Örneğin, yılın belli dönemlerinde deniz kenarındaki bölgelerin nüfus miktarlarında artış gözlenmektedir. Tesadüfi dalgalanma, rastgele sebeplerle ortaya çıkan, ne zaman ve ne şiddetle ortaya çıkacağı önceden kestirilemeyen, zaman dizisinde ani sıçramalara sebep olan ve etkisini devamlı olarak göstermeyen bir etkidir (Örneğin afet, savaş gibi). Zaman dizilerini etkileyen bu dört unsurun dizi üzerindeki etkileri, nedensellik araştırmalarında dikkate alınmalıdır. Aksi durumda nedenselliğin yönü yanlış belirlenebilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için, değişkenler üzerinde bazı dönüşümler uygulanarak diziler bu unsurlardan arındırılmalıdır (29).

Zaman dizisi analizi; dizilerin geleceğe yönelik tahminlerinin yapılması, ilgilenilen dönem içinde trendin veya mevsimsel dalgalanmaların bulunup bulunmadığının araştırılmasını amaçlamaktadır. Ayrıca, birkaç değişkenden oluşan zaman dizisi sistemlerinde bir değişkendeki değişimin diğer değişkenlere olan etkisinin araştırılması ile sistem hakkında bilgi elde etme ve sistemi kontrol etme amaçlarıyla da kullanılmaktadır (30).

Zaman dizisi çözümlemesinde; geçmiş dönemlerdeki değişmelerin gelecek dönemlerde de tekrarlanarak aynı eğilimi taşıdığı ve kullanılan zaman dizisi verilerinin yani gözlem değerlerinin sonsuz hacimli bir evrenden belirli olasılık kurallarına göre çekilmiş örnekler olduğu varsayılmaktadır (31).

Zaman dizilerinin özelliklerinden bir diğeri, gözlem değerlerinin birbirine bağımlı olmasıdır. İç bağımlılık olarak adlandırılan bu durum, zaman dizileri analizini bağımsız gözlem değerlerinden meydana gelen dizilerin analizinden ayıran en önemli özelliktir. Bu özellik sayesinde, bir zaman dizisinin bugünkü ve geçmiş dönem gözlem değerleri kullanılarak gelecek dönem değerlerine ilişkin kestirim yapılabilir.

Zaman dizilerinin önemli bir özelliği de “stokastik süreç” olmasıdır. Gözlemlenen Z dizisi, stokastik (olasılıklı) süreç olarak adlandırılacak olan teorik bir sürecin gerçekleşmesi şeklinde değerlendirilebilir. İstatistikte çok önemli olan yığın ve örnek kavramlarının zaman dizilerindeki karşılığı teorik stokastik süreç ve gözlenen diziler kavramlarıdır. Stokastik Z süreci, olasılık değişkeni (W) ve zaman değişkeni (t)’ye bağlı, (W,t) şeklinde iki boyutu olan bir değişkendir. t’nin sabit olması durumunda, stokastik süreç rastgele değişken [Z(w)] haline gelirken, W’nin sabit olması durumunda, zaman içinde sıralı değer alan zaman dizisi örneği [Z(W)] haline gelecektir. Bu kapsamda, istatistiksel çıkarımda yığından çekilen örnek yardımıyla yığın parametreleri hakkında tahminde bulunulduğu düşünüldüğünde, gözlemlenmiş dizilere ilişkin mevcut bilgiden hareketle, stokastik sürecin yapısı veya özellikleri hakkında çıkarımlarda bulunmanın mümkün olduğu söylenebilir. Böylece, stokastik sürecin gerçek yapısı belirlenerek, geçmiş dönemlerde dizinin izlediği yolun gelecek dönemlerde de tekrarlanarak devam edeceği varsayımı ile bir taraftan geçmiş açıklanmaya, diğer bir taraftan da gelecek tahmin edilmeye çalışılmaktadır (32).

#### Zaman dizilerinin sınıflandırılması

Farklı niteliklere sahip zaman dizileri farklı açılardan sınıflandırılmaktadır. Zaman dizileri elde edilmelerine göre “kesikli” ve “sürekli” zaman dizileri olarak ikiye ayrılmaktadır. Gözlem değerleri zaman içinde belirli bir aralıkta her değeri alabiliyorsa, dizi “sürekli”, periyodik aralıklarla elde ediliyorsa dizi “kesikli” zaman dizisi olarak adlandırılmaktadır.

İkinci olarak, zaman dizileri geldikleri kaynaklara göre sınıflandırılmaktadır. Gözlem değerleri, ekonomik değişkenlerden elde edilirse “iktisadi”, fiziksel bilimlerdeki

değişkenlerden elde edilirse “fiziksel” zaman dizisi olarak adlandırılmaktadır. Aynı mantıkla, bazı gözlem değerlerinin göstermiş oldukları periyodik şekiller mevsimlik etkileri içeriyor ise “mevsimsel” içermiyor ise “mevsimsel olmayan” zaman dizisi adını alır.

Zaman dizilerinin sınıflandırılmasında önemli bir kriter olarak gözlem değerlerinin deneysel ya da deneysel olmayan biçimde elde edilmesi olarak gösterilebilir.

Bir diğer sınıflandırma kriteri ise dizinin ortalamadan büyük sapma gösterip göstermemesidir. İncelenen zaman dönemi boyunca dizinin ortalaması ve varyansı sistematik bir değişme göstermiyorsa veya dizi periyodik dalgalanmalardan arınmış ise, diğer bir deyişle, dizide istatistiksel bir denge söz konusu ise bu tür zaman dizilerine “Durağan zaman dizileri” denilir. Dizinin bir bölümünün diğer bölümüne göre büyük dalgalanmalar göstermesi durumunda ise “Durağan olmayan zaman dizileri” adı verilir (27,33).

### **3.1.2. Zaman dizilerinin karakteristiği**

#### Serpilme diyagramı (Kartezyen grafik)

Bir dizinin durağanlık araştırmasında kullanılan en basit yöntemdir. Kartezyen grafiği çizilerek, zaman dizisini etkileyen unsurlar tespit edilebilir.

Kartezyen grafik, gözlem sonuçlarının iki eksene göre belirlenen noktalarından oluşur. Söz konusu iki eksenin biri yatay diğeri dikey konumdadır. Yatay eksene “apsis”, dikey eksene “ordinat” adı verilir. Bu eksenlerin meydana getirdiği alana koordinat sistemi denir. Zaman dizilerinin grafiklerinde apsis ekseni zamanı, ordinat ekseni ise gözlem sonuçlarını gösterir. Koordinat sistemindeki bu noktaların birleştirilmesi ile “istatistiksel eğriler” oluşur (16). Eğriler yardımı ile durağanlık hakkında bilgi elde edilebilir. Trend, mevsimsel dalgalanma, konjonktürel

dalgalanma ve düzensiz hareketlerin gözlemlenmesi sonucunda dizinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılabilir.

### Otokovaryans fonksiyonu

Durağan bir  $\{Z_t\}$  süreci için ortalama  $E(Z_t)=\mu$  ve varyans  $Var(Z_t)=E(Z_t-\mu)^2=\sigma^2$  şeklinde sabittir. Durağan stokastik bir sürecin  $Z_t$  ile  $Z_{t+k}$  arasındaki kovaryansa  $k$  gecikmesindeki “otokovaryans” denir ve otokovaryans katsayısı;

$$\gamma_x(k)=Kov(Z_t,Z_{t+k})=E\{(Z_t-\mu)(Z_{t+k}-\mu)\} \quad [3.1]$$

$$\gamma_x(k)=\frac{1}{n-k}\sum_{t=1}^{n-k}(Z_t-\mu)(Z_{t+k}-\mu) \quad k=0, 1, 2, \dots, n \quad [3.2]$$

şeklinde ifade edilir.

Otokovaryans fonksiyonu, dizilerin ilişki ve özelliklerini açıklar. Bu sebeple otokovaryans fonksiyonu, analiz edilecek zaman dizilerine uygun olabilecek modelin seçimine yardımcı olan ve açıklayıcılık veren önemli bir fonksiyondur.

Otokovaryans fonksiyonunun tahmini  $c(k)$  ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$c(k)=\frac{1}{n-k}\sum_{t=1}^{n-k}(Z_t-\bar{Z})(Z_{t+k}-\bar{X}) \quad k=0, 1, 2, \dots, n \quad [3.3]$$

Otokovaryans fonksiyonu  $-\infty$  ile  $+\infty$  arasında değerler alır.

Otokovaryans fonksiyonu, zaman dizisi çözümlemesinde önemli bir araçtır. Ancak otokovaryans katsayısının belirli bir ölçü birimine sahip olmasından dolayı dizilerin karşılaştırılmasında yanıltıcı bilgiler elde edilmesine sebep olabilir. Bu nedenle otokovaryans fonksiyonu bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Bu olumsuz durumu

ortadan kaldırmak için  $\gamma(k)$  standartlaştırılır. Standartlaştırılmış otokovaryans fonksiyonuna “otokorelasyon fonksiyonu” denir (37).

#### Otokorelasyon fonksiyonu (ACF)

Bir zaman dizisinin,  $Z_t$  ve  $Z_{t+k}$  gecikmeli iki değeri arasındaki ilişkinin standartlaştırılması ölçümüne “otokorelasyon katsayısı” denir. Bu katsayıların  $k$  gecikmesine bağlı olarak ifadesine de “otokorelasyon fonksiyonu” denir.

Otokorelasyon katsayısı  $\rho_x(k)$  ile gösterilir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\rho_x(k) = \frac{E[(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu)]}{E[(Z_t - \mu)^2]} \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.4]$$

$$\rho_x(k) = \frac{\gamma_x(k)}{\sigma_x^2} = \frac{\gamma_x(k)}{\gamma_x(0)} \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.5]$$

Örnek zaman dizisi için  $\rho_x(k)$ 'nin tahmini  $r(k)$  ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$r_x(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2} \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.6]$$

$$r_x(k) = \frac{c_x(k)}{c_x(0)} \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.7]$$

Otokorelasyon katsayısı  $-1$  ile  $+1$  arasında değerler alır. Otokorelasyon fonksiyonu gecikmenin simetrik fonksiyonudur ve  $\rho_x(k) = \rho_x(-k)$ 'dir.

$k=0,1,2,\dots$  gecikme değerleri için  $\rho_x(k)=0$  iken örnek otokorelasyon katsayılarının örnekleme dağılımı normal olup, ortalaması sıfır ve standart hatası yaklaşık olarak  $\frac{1}{\sqrt{n}}$  dir (27).

Söz konusu otokorelasyon katsayıları ile  $k$  gecikme değerlerinin ( $k=0,1,2,\dots$ ) karşılıklı işaretlenmesiyle elde edilen grafiklere korelogram denilir. Korelogram, zaman dizisinin unsurlarının tanımlanmasında ve özellikle analiz edilecek zaman dizisine uygun modelin belirlenmesinde kullanılan faydalı bir araçtır. Ayrıca, korelogram aracılığıyla, otokorelasyon katsayıları kümesinin  $\{r(k)\}$  açıklamasında sıfırdan farklı olup olmadığı belirlenebilir. Gecikme değerleri için hesaplanan otokorelasyon katsayıları, çizilen korelogramda  $\pm Z_\alpha \frac{1}{\sqrt{n}}$  aralıkları içinde kalıyorsa, otokorelasyon katsayı değerinin sıfır ve dizinin rastgele olduğuna karar verilir (34,37).

#### Kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF)

Bugünkü değeri  $Z_t$  olan zamana bağlı bir değişkenin, diğer zaman gecikmelerinde etkisi sabit kalmak üzere, geçmiş  $Z_{t-k}$  değerleriyle ilişkisi kısmi otokorelasyon ile tanımlanmaktadır. Kısmi otokorelasyon katsayısı,  $k$  gecikme için bu ilişkinin derecesini belirler ve  $\phi_{kk}$  ile gösterilir. Kısmi otokorelasyon katsayıları  $\phi_{11}, \phi_{22}, \dots, \phi_{kk}$ , Yule-Wolker denklem sistemi ile tahmin edilir. Söz konusu denklem sistemi aşağıdaki gibidir.

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \dots + \phi_{k(k-1)}\rho_{j-k+1} + \phi_{kk}\rho_{j-k} \quad j=1,2,\dots,k \quad [3.8]$$

Kısmi otokorelasyon fonksiyonunun tahmin edilebilmesi için yukarıdaki denklemlerde genellikle bilinmeyen otokorelasyon katsayıları  $\rho_j$  yerine onların tahmini değerleri  $r_j$ 'ler kullanılır.  $r_j$ 'ler aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$r_j = \phi_{k1} r_{j-1} + \dots + \phi_{k(k-1)} r_{j-k+1} + \phi_{kk} r_{j-k} \quad j=1,2,\dots,k \quad [3.9]$$

Bu denklem sisteminde k tane bilinmeyen vardır. Bilinmeyen kısmi otokorelasyon katsayıları ( $\phi_{kk}$ ) Cramer kuralı yardımıyla aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$\phi_{11} = r_1 \quad [3.10]$$

$$\phi_{22} = \frac{r_2^2 - r_1^2}{(1 - r_1^2)} \quad [3.11]$$

$$\phi_{33} = \frac{(r_3 - r_1 r_2) - r_1 (r_1 r_3 - r_2^2) + r_1 (r_1^2 - r_2)}{(1 - r_1^2) - r_1 (r_1 - r_1 r_2) + (r_2 r_1^2 - r_2)} \quad [3.12]$$

Kısmi otokorelasyon katsayısı, otokorelasyon katsayısı gibi  $\pm 1$  aralığında değerler alır ve otokorelasyon katsayısı gibi yorumlanır (36,37).

Kısmi otokorelasyon katsayıları, AR süreçler için büyük önem taşır. Çünkü AR modellerinin derecesinin belirlenmesinde kullanılır. Ancak bu durumda hesaplanan kısmi otokorelasyon katsayı tahminlerinin, hangi gecikmeden sonra sıfırdan farklı olmayan değerler aldığına karar verilir (34,38).

#### Çapraz korelasyon fonksiyonu (CCF)

Tek değişkenli zaman dizilerinde kullanılan otokorelasyon fonksiyonuna benzeyen, çok değişkenli zaman dizileri çözümlemesinde kullanılan çapraz korelasyon fonksiyonunun tek farkı, iki dizinin her hangi iki zaman gecikmesindeki gözlem değeri arasında ilişkinin derecesini göstermesidir. Çapraz korelasyon fonksiyonu, bir zaman dizisinin bugünkü değeri ile, diğer zaman dizisinin geçmiş, bugün ve gelecekteki değerleri arasındaki ilişkinin standartlaştırılmış ölçümünü gösterir (35,37).

X ve Y rastgele dizileri arasındaki k gecikme çapraz korelasyon katsayısı  $\rho_{xy}(k)$  ile gösterilir ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\gamma_{xy}(k)}{\sigma_x \sigma_y} \quad k= 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.13]$$

Nedensellik, hataların çapraz korelasyonları ile de araştırılabilir. Bu aşamada çapraz korelasyon katsayılarına başvurulur. Bu durumda  $X_t$  ve  $Y_t$  değişkenlerinin çapraz korelasyon katsayıları yerine bu değişkenlere ait uygun ARIMA modellerinden filtrelenerek elde edilen  $u_t$  ve  $v_t$  hata dizilerinin çapraz korelasyon katsayıları ile ilgilenilir (22).

### 3.1.3. Durağanlık kavramı

Bir zaman dizisinin ortalaması, varyansı, kovaryansı ve daha yüksek dereceden momentleri zamana göre değişmiyorsa ya da bu dizi periyodik dalgalanmalardan arınmışsa durağan zaman dizisi olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir ifadeyle,  $Z_t$  zaman dizisi için zaman noktaları  $t_1, t_2, \dots, t_n$  ve gecikme uzunluğu  $k$ 'nın tüm değerleri için  $Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}$ 'nin ortak dağılımı ile  $Z_{t_1-k}, Z_{t_2-k}, \dots, Z_{t_n-k}$ 'nin ortak dağılımı aynı ise  $Z_t$  dizisine güçlü durağan bir zaman dizisi denir (28). Buradan ulaşılabilecek sonuç;  $n=1$  olduğunda  $Z_t$  ile  $Z_{t-k}$ 'nin dağılımının aynı olmasıdır. Bu durumda  $t$ 'ler için  $E(Z_t) = E(Z_{t-k}) = \mu$  ve  $\text{Var}(Z_t) = \text{Var}(Z_{t-k}) = \sigma^2$  olacağından sürecin ortalama ve varyansı tüm  $t$  zamanları için sabit olacaktır.  $n=2$  olması durumunda ise,  $(Z_{t_1}, Z_{t_2})$ 'nin ortak dağılımı ile  $(Z_{t_1-k}, Z_{t_2-k})$ 'nin ortak dağılımı aynı olacak ve tüm  $t_1$  ve  $t_2$  zamanları için ortalama ve varyans sabit kalacak, aynı zamanda,

$$\text{Kov}(Z_{t_1}, Z_{t_2}) = \text{Kov}(Z_{t_1-k}, Z_{t_2-k}) \quad [3.14]$$

eşitliği de sağlanacaktır (36,37). Bu durumlar  $n$ 'nin değişik değerleri için genişletilebilir. Kısaca,  $Z_t$  zaman dizisi güçlü durağan bir zaman dizisi ise  $Z_t$  ile  $Z_{t-k}$ 'nin dağılımı  $t$ 'ye değil gecikme uzunluğu  $k$ 'ya bağlıdır. Başka bir ifadeyle herhangi

bir gözlem kümesinin ortak dağılımı gözlemlerin yapıldığı zamanların ileriye veya geriye doğru kaydırılması ile herhangi bir değişikliğe uğramıyorsa bu tür dizilere güçlü durağan diziler denir. Aksi durumda dizinin ortalaması ve kovaryansları zamana bağlı ise böyle bir dizi durağan olmayan bir dizi olarak adlandırılmaktadır. Eğer dizinin sadece ortalaması zamana bağlı ise determinist trend, sadece otokovaryansları zamana bağlı ise stokastik trend içerdiği düşünülmektedir (39).

Güçlü durağanlığın yanı sıra durağanlığın diğer bir durumu da zayıf durağanlıktır. Bir  $Z_t$  zaman dizisinin zayıf durağan olması için aşağıda verilen koşulların sağlanması gerekir.

$$1) E(Z_t) = \mu \text{ tüm } t\text{'ler için}$$

$$2) \text{Var}(Z_t) = \sigma^2 \text{ tüm } t\text{'ler için}$$

$$3) \text{Kov}(Z_t, Z_{t-k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t-k} - \mu) = \gamma_k \text{ tüm } t\text{'ler ve her } k \text{ için}$$

Zaman dizilerinin modellenmesinde ve nedensellik ilişkilerinin belirlenmesinde dizilerin durağan olması gerekir. Nedensellik ilişkilerinin belirlenmesinde durağanlık yeterli olmaz, bunun yanında zayıf durağanlık (kovaryans durağanlık) koşulunun da gerçekleşmesi gerekir. Bunun için durağan olmayan diziler daha sonra belirtilecek olan dönüşüm yöntemleri kullanılarak durağan dizilere dönüştürülür (24).

### 3.2. Zaman Dizilerinde Box-Jenkins Metodu

Durağan zaman dizilerinde modeller, Otoregresif (AR), Hareketli Ortalama (MA) ve Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) modelleri olarak adlandırılır. Ayrıca, durağan olmayan modeller Birleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama (ARIMA) modeli olarak ifade edilir (36,37). Literatürde, Box-Jenkins yöntemi adı altında geçen teknik; belirleme, tahmin ve testlerden oluşan üç aşamalı bir yapıya sahiptir.

### 3.2.1. Durağan modeller

Bu kısımda Otoregresif modeller, Hareketli Ortalama modeli, Otoregresif Hareketli Ortalama modeli ve Beyaz Gürültü Süreci ile Mevsimsel Hareketli Ortalamalar modeli tanımlanmaktadır.

#### Otoregresif (AR) modeller

Otoregresif bir model, dizinin önceki dönemleri cinsinden ifade edilmesiyle oluşur. Öyleyse, AR modeli kapsadığı dönemler cinsinden tanımlanır. Buna göre, AR modeli 1 geçmiş dönem içeriyorsa 1 nci dereceden, p geçmiş dönem içeriyorsa p nci dereceden olarak ifade edilir. AR(p) modelinin genel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \phi_3 Z_{t-3} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + A_t \quad [3.15]$$

B geriye doğru öteleme operatörü olmak üzere,  $BZ_t = Z_{t-1}$ ,  $B^2 Z_t = Z_{t-2}$ , ...,  $B^k Z_t = Z_{t-k}$  ve  $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 \dots - \phi_p B^p$  ise model yeniden,  $\phi(B)Z_t = A_t$  biçiminde yazılabilir.  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  modelin bilinmeyen fakat tahmin edilecek parametreleridir.  $p$ , modelin derecesi ve  $A_t$  ise ortalaması 0, varyansı  $\sigma^2$  olan beyaz gürültü süreci olarak tanımlanır.

Tersi alınabilirlik koşulunu her zaman sağlayan AR modelinin durağanlık koşulu,  $\phi(B) \neq 0$  polinomunun köklerinin birim çemberin dışında kalmasıyla sağlanır (37,38).

#### Hareketli ortalamalar (MA) modeli

$Z_t$ , aynı dönemdeki hata terimi ve daha önceki dönemdeki hata terimleri cinsinden ifade edilebiliyorsa, tanımlanan model MA modelidir. Buna göre MA modeli, içerdiği geçmiş dönem hata terim sayısına göre ifade edilir. Öyleyse, model 1 nci

dereceden hata terimi içeriyor ise MA(1) modeli, q sayıda hata terimi içeriyorsa MA(q) modeli olarak adlandırılır. q ncu dereceden MA modeli;

$$Z_t = A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \dots - \theta_q A_{t-q} \quad [3.16]$$

şeklinde yazılır. Model, B operatörü cinsinden yazılırsa;  $Z_t = \Theta(B) A_t$  şeklinde ifade edilir. Burada,  $\Theta(B) = 1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q$  ve  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ , modelin tahmin edilecek parametreleridir.  $q$  ise MA modelinin derecesini göstermektedir. Her zaman durağanlık koşulunu sağlayan MA modeli, tersi alınabilirlik koşulunu,  $\Theta(B) \neq 0$  polinomunun köklerinin birim çemberin dışında kalmasıyla sağlamış olur (37,38).

#### Otoregresif hareketli ortalamalar (ARMA) modeli

Söz konusu model AR ve MA modellerinin bir karışımından oluşup, p nci dereceden AR ve q ncu dereceden MA modellerini içerecek şekilde ARMA(p,q) olarak ifade edilir. Buna göre teorik model;

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \dots - \theta_q A_{t-q} \quad [3.17]$$

veya,

$$\phi(B) Z_t = \Theta(B) A_t \quad [3.18]$$

biçiminde gösterilir. Burada,

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \text{ ve } \Theta(B) = 1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q \quad [3.19]$$

şeklindedir.

ARMA modellerinin durağanlık ve tersi alınabilirlik koşulları,  $\phi(B) = 0$  ve  $\Theta(B) = 0$  eşitliklerinden bulunacak köklerin birim çember dışında kalmasıyla sağlanır (36,37).

Beyaz gürültü süreci (White Noise process)

$$i) E(\varepsilon_t) = 0 \quad \text{tüm } t\text{'ler için}$$

$$ii) \text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2 \quad \text{tüm } t\text{'ler için}$$

$$iii) \text{Kov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-j}) = 0 \quad j = \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.20]$$

Yukarıdaki üç özelliğe sahip olan bir zaman dizisine, Beyaz Gürültü (White Noise) dizisi denilmektedir (36).

Mevsimsel otoregresif hareketli ortalamalar modeli (SARMA)

Çeşitli aralıklarla birbirlerini izleyen zaman dilimlerindeki eş zaman noktalarında benzer hareketler gösteren zaman dizilerine mevsimsel zaman dizileri adı verilir. Burada, (p,q) mevsimsel olmayan modelin derecesini, (P,Q) ise mevsimsel modelin derecesini göstermektedir. Genel mevsimsel modelin derecesi; (p,q)x(P,Q) olarak ifade edilir. Buna göre mevsimsel modelin genel ifadesi;

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)Z_t = \theta_q(B)\Theta_q(B^s)A_t \quad [3.21]$$

biçiminde gösterilir. Burada,  $\Phi_p(B^s)$  ve  $\Theta_q(B^s)$  sırasıyla P ve Q dereceden B'nin mevsimsel polinomlarını gösterir. Bu modellerde durağanlık şartları daha önce incelenen modellerde olduğu gibidir. Buna göre, en genel haliyle durağan olan-olmayan ve mevsimsel olan-olmayan doğrusal zaman dizileri sembolik olarak SARMA(p,q)x(P,Q)<sub>s</sub> şeklinde yazılabilir (36,39).

### 3.2.2. Durağan olmayan yapı

Gerçek hayatta zaman dizileri çoğunlukla durağan olmayan bir yapı içerir. Dizilerin durağanlığının trend, mevsimsel ve konjonktürel dalgalanmalar ve rastgele etkenler tarafından bozulabilmesi mümkündür. Burada durağan dışılık ortalama ve varyansta olmak üzere iki farklı şekilde görülebilmektedir. Bir zaman dizisi ortalama durağan dışı olup varyansta durağan veya varyansta durağan dışı olup ortalama durağan ya da her ikisinde de durağan dışı olabilir. Durağanlığın sağlanabilmesi için adı geçen etkenlerin önceden belirlenmesi ve durağan olmayan bir zaman dizisinin durağan hale dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bir zaman dizisinin durağanlık ya da durağan dışılık yapısını ortaya koyan bazı ölçütler vardır. Bunlardan bazıları, dizinin plotu, korelogramı, ACF ve PACF grafikleridir. Ayrıca bir dizinin durağan olup olmadığını anlamak için başvurulacak en basit yol dizinin kartezyen grafiğini çizmektir. Kartezyen grafik trend, mevsimsellik, dalgalanma gibi unsurların varlığını gösteriyorsa incelenen dizinin durağan olmadığına karar verilir. Ancak bu yolla karar vermek güçtür. Çünkü ilk başta durağan gibi görünen diziler zaman içinde az da olsa değişiklik gösterebilirler. Zaman dizilerinde durağanlığın incelenmesinde en güvenilir araçlardan biri birim kök testleridir (34,40). Birim kök testleri aşağıda özetlenmektedir.

### 3.2.3. Birim kök testleri

#### Dickey Fuller birim kök testi

Rastgele yürüyüş sürecinden hareketle, Dickey ve Fuller tarafından geliştirilen birim kök testinin amacı, zaman dizilerinin durağan yapıya sahip olup olmadıklarını belirlemektir. Bu test, parametrelerin en küçük kareler tahmin edicilerinin birim kök varsayımı altındaki dağılımına dayanmaktadır (39). Dickey-Fuller (DF) test istatistikleri, otoregresif AR(1) sürecinin birim kök içerip içermediğini test etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kısaca,

$$Z_t = \rho Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3.22]$$

şeklinde ifade edilen AR(1) modelinde,  $\rho=1$  şeklindeki (sıfır) yokluk hipotezinin testi sonucunda  $H_0$ 'ın reddedilmesi,  $Z_t$  dizisinin durağan olduğunu gösterir (29).

Yukarıdaki AR(1) modeline denk gelen eşitlikte,  $\varepsilon_t$  hata terimi beyaz gürültü sürecine sahip ve  $\rho=1$  ise bu eşitlik rastgele yürüyüş süreci olarak adlandırılır ve  $Z_t = Z_{t-1} + \varepsilon_t$  şekilde ifade edilir.  $\rho=1$  olduğu durumda  $Z_t$  dizisi durağan değildir. Bunun yanı sıra, eğer  $|\rho| < 1$  ise  $Z_t$  sürecinin durağan olduğu söylenebilir (29,41).

Eş. 3.22 denkleminin her iki tarafından  $Z_t$  bağımlı değişkenin bir gecikmeli değeri çıkarıldığında elde edilen yeni eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$Z_t - Z_{t-1} = \rho Z_{t-1} - Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3.23]$$

$$\Delta Z_t = (\rho - 1) Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3.24]$$

Eş. 3.24 denkleminde  $\gamma = \rho - 1$  olarak tanımlanırsa;

$$\Delta Z_t = \gamma Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3.25]$$

olur. Eş. 3.25 denkleminde  $\Delta$  birinci dereceden fark operatörüdür.

Eş. 3.25 denkleminde  $Z_t$  dizisinin durağanlığını araştırmak için yokluk hipotezi  $H_0: \gamma = 0$  şeklinde kurulur ve böylece Eş. 3.22 denklemindeki  $\rho = 1$  yokluk hipotezinin test edilmesi ile aynı anlama gelmiş olur. Burada alternatif hipotez ise  $H_1: \gamma < 0$  şeklinde kurulur. Eğer  $\gamma = 0$  (veya  $\rho = 1$ ) yokluk hipotezi  $\gamma < 0$  (veya  $\rho < 1$ ) alternatif hipotezine karşı reddedilirse,  $Z_t$  dizisi durağandır.

Birim kökün varlığını saptamak amacıyla  $H_0: \rho=1$  ya da  $H_0: \gamma=0$  hipotezini test etmek için kullanılan test istatistiği literatürde Dickey-Fuller  $\tau$  istatistiği olarak bilinmektedir. Bu istatistiğin dağılımı Monte-Carlo yöntemi kullanılarak elde edilip kritik değerler hesaplanır. Dickey ve Fuller çalışmasında  $H_0$  yokluk hipotezinin  $H_0:\rho=1$  hipotezi altında  $\rho$ 'nun en küçük kareler tahmin edicisinin "1" etrafında dağılmadığını ve "1" den daha küçük bir değer etrafında olduğunu saptamıştır (42). Bu testte  $\rho$ 'nun en küçük kareler tahmin edicisi normal dağılıma uymadığından (standart)  $t$  istatistiğini kullanmak doğru değildir. Monte-Carlo simülasyonları Dickey-Fuller testinin gücünün düşük olduğunu göstermiştir. Hesaplanan  $\tau$  istatistiği Dickey-Fuller kritik değerinden daha büyük ise yokluk hipotezi reddedilir, yani  $Z_t$  dizisi birim kök içermeyip durağan bir karaktere sahip olacaktır (9).

Modele sabit terim ve/veya zaman trendi eklenerek de birim kök testi yapılabilir. Bu durumda test istatistiğinin dağılımı değişmektedir ve her model için farklı olmaktadır. Üç farklı model için ayrı  $\tau$  değerleri hesaplanarak hipotez testi gerçekleştirilir. Bu modeller aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\Delta Z_t = \gamma Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3.26]$$

$$\Delta Z_t = \mu + \gamma Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3.27]$$

$$\Delta Z_t = \mu + \gamma Z_{t-1} + \delta_t + \varepsilon_t \quad [3.28]$$

Eş. 3.26 ile verilen modelde dizinin ortalaması sıfır, Eş. 3.27 ile verilen modelde sıfırdan farklı olduğu varsayılmaktadır. Eş. 3.28 ile verilen modelde ise sıfırdan farklı bir ortalamaya izin verilerek dizinin determinist bir trend etrafında durağan olup olmadığı test edilmektedir. Bu modeller için hesaplanan test istatistikleri sırasıyla  $\tau$ ,  $\tau_\mu$ ,  $\tau_t$  olmaktadır. Dickey-Fuller bu istatistikler için çeşitli örnek büyüklüklerine göre tablo değerleri geliştirmiştir. Tablolar incelendiğinde  $\tau$ ,  $\tau_\mu$ 'ye göre,  $\tau_\mu$  de  $\tau_t$ 'ye göre daha güçlü test istatistikleridir (9).

### Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF) testi

Dickey-Fuller çalışmasında,  $\varepsilon_t$  hata terimleri arasındaki olabilecek otokorelasyonu göz ardı etmiştir.  $\varepsilon_t$ , beyaz gürültü süreci değilken yani,  $\varepsilon_t$  hata terimleri arasında bir otokorelasyon söz konusu iken yapılan en küçük kareler tahminleri etkin değildir. Bu sebeple zaman dizisini AR(1) süreci olarak modellemek yanlış olacaktır. Dickey ve Fuller çalışmasında, söz konusu otokorelasyon sorununu gidermek için Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testini önermiştir (42). Bu teste göre, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri açıklayıcı değişken olarak kullanılmıştır. Bu durumda AR(p) dizisinin birim kök içerip içermediğinin testi yapılmaktadır (29).

Daha önce DF testinde belirtilen Eş. 3.22 denklemini aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Z_t = \rho Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad [3.29]$$

Yine aynı işlemleri bu eşitlik için de yaparsak, yani eşitliğin her iki tarafından  $Z_t$  bağımlı değişkeninin bir gecikmeli değeri  $Z_{t-1}$  çıkarılırsa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$Z_t - Z_{t-1} = \rho Z_{t-1} - Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad [3.30]$$

$$Z_t - Z_{t-1} = (\rho - 1) Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad [3.31]$$

$$\Delta Z_t = \gamma Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad [3.32]$$

Burada  $\Delta$  birinci dereceden fark operatörü,  $k$  gecikme operatörü ve  $\varepsilon_t$  hata terimidir. Söz konusu  $\varepsilon_t$  hata terimi beyaz gürültü sürecine sahiptir. Hata teriminin birbirinden bağımsız ortalaması sıfır, varyansı sabit ve aynı dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır.

ADF testinde de aynı yokluk ve alternatif hipotezler kurulmaktadır.

$$H_0: \rho=1 \text{ ya da } H_0: \gamma=0$$

$$H_1: \rho<1 \text{ } H_1: \gamma<0$$

Birim kök içerip  $Z_t$  dizisinin durağan olmadığını gösteren yokluk hipotezinin kabul edilmesi durumunda, diziyi durağan hale getirmek için fark alma işlemi uygulanır. Yokluk hipotezinin reddedilmesi durumunda ise  $Z_t$  dizisi durağandır (40).

ADF birim kök testinde, DF testinde olduğu gibi modele sabit terim ve/veya zaman trendi katmak mümkündür. Bu durumda ADF testi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$Z_t = \mu + \beta t + \rho Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta z_{t-i} + \varepsilon_t \quad [3.33]$$

veya

$$\Delta Z_t = \mu + \beta t + \gamma Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta z_{t-i} + \varepsilon_t \quad [3.34]$$

Bu test için en önemli problem  $k$  gecikme uzunluğunun belirlenmesidir. Söz konusu  $k$  değerinin belirlenmesinde serbestlik derecesini dikkate alacak şekilde, nispeten küçük olmasına dikkat edilmektedir. Ancak  $\varepsilon_t$ 'deki otokorelasyonun varlığını hesap edecek kadar da büyük olmalıdır (29). Bu sebeple maksimum gecikme uzunluğu belirlenerek, model tahmin edilip, bu gecikme uzunluğu üzerinde  $t$  istatistiğinin anlamlılığının testi yapılabilir. Anlamlılık elde edilinceye kadar gecikme uzunluğu birer birer azaltılarak uygun gecikme uzunluğu elde edilebilir (24). Gecikme uzunluğu, Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwarz Kriteri (SBC) gibi ölçütler kullanılarak da seçilebilir. Minimum AIC veya SBC değerine sahip olan  $k$  değeri gecikme uzunluğu olarak kabul edilir. Modele ilâve edilen her bağımsız değişken Artık Kareler Toplamını azaltmalıdır. Gereksiz olan her gecikme uzunluğu, ilâve parametre tahmin sayısını arttırarak serbestlik derecesini düşürmektedir. Bu sebeple,

fazla her gecikme, birim kök yokluk hipotezini reddetmek için yapılacak testin gücünü azaltmaktadır (33).

Eş. 3.34 ADF denkleminde uygun gecikme yapısının belirlenmesi ile hata terimlerinin birbirinden bağımsız aynı dağılımlı rastgele değişkenler olması varsayımı altında,  $\gamma=0$  yokluk hipotez testindeki t dağılımı ile Genişletilmiş Dickey Fuller'un çalışmasındaki  $\gamma=0$  yokluk hipotez testindeki t dağılımı aynı olacaktır. Bundan dolayı ADF ve DF testinde kullanılan kritik değerler aynıdır (42).

### 3.2.4. Durağanlığın sağlanması

Zaman dizilerinin modellenmesinde ve nedensel ilişkilerin belirlenmesinde dizilerin durağan olması gerekliliği daha önce belirtilmişti. Aksi takdirde, verilerin olasılık kurallarına göre toplandığı varsayımı gereği, ortalama, varyans, kovaryans gibi değerlerin zaman içinde büyük değişkenlik gösteren yani durağan olmayan verilere belirli olasılık kurallarını uygulamak, bu dizilere dayanarak kestirim yapmak, sakıncalı durumlar ortaya çıkarır. Bu durumları ortadan kaldırmak için durağan olmayan dizilerin durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli dönüşümler geliştirilmiştir. Bu dönüşümler; logaritma alma, fark alma, filtreleme, trendten arındırma şeklinde belirtilebilir.

Gerçek hayatta uygulamalarda kullanılan zaman dizileri durağan değildir. Genellikle durağan dışılık ortalamada ve varyansta ya da her ikisinde birden gerçekleşmektedir.

Diziyi durağan hale getirmek için kullanılan dönüşümlerden biri fark alma dönüşümüdür. Ancak fark alma dönüşümü diziyi ortalamada durağanlaştırırken, varyansta durağan dışılığı kaldıramaz. Varyansta durağan dışılığın ortadan kaldırılabilmesi için güç fonksiyonu adı verilen bir teknik kullanılır. Söz konusu varyans düzleştirme işlemi için güç fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\lim_{\lambda \rightarrow 0} T(Z_t) = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \frac{Z_t^{(\lambda)} - 1}{\lambda} \quad [3.35]$$

Box-Cox dönüşümü olarak da adlandırılan bu dönüşümde  $\lambda$ , dönüşüm parametresidir. Her iki durağan dışılık durumunda öncelikle varyansta durağanlaştırma daha sonra ortalama durağanlaştırma dönüşümleri yapılır (36,38).

Birim kök testini de dikkate alarak, logaritma almanın yanında, ortalama durağan olmayan dizinin öncelikle birinci dereceden farkı alınarak durağanlaştırmaya çalışılır. Farklar dizisinin otokorelasyon katsayıları tahmin edilir. Eğer otokorelasyon katsayı değerleri, 1 nci ve 2 nci gecikmeden sonra sifira hızlı bir şekilde yaklaşıyorsa

ya da korelogramda  $\pm Z_{\alpha} \frac{1}{\sqrt{n}}$  sınırları içinde kalıyorsa katsayılar istatistiksel olarak

anlamli değildir. Bu durumda birinci farklardan meydana gelen dizi durağandır. Diğer bir ifadeyle korelogramda yer alan otokorelasyon katsayılarının birkaç gecikmeden sonra sifira yaklaşması durumunda dizinin durağan olduğuna, büyük gecikmelerde bile sifirdan uzaklaşması durumunda ise durağan olmadığına karar verilir.

Bazı durumlarda durağanlığı sağlamak için, dizilerin birden daha yüksek dereceden farklarını almak gerekebilir. d defa farkı alınarak durağan bir diziye dönüştürülebilen durağan olmayan bir dizinin fark alma derecesi “d” ile gösterilir. Uygulamada d'nin değeri, genelde 1 ya da 2 olarak alınır (34). Bu yaklaşımın yanında, daha önce de ifade edilen birim kök testiyle dizinin durağanlaşıp durağanlaşmadığı ayrıca incelenir.

$Z_t$ , bir zaman dizisini belirtmek üzere birinci dereceden fark alma;

$$\Delta Z_t = Z_t - Z_{t-1} \quad [3.36]$$

şeklinde tanımlanır.

$\Delta$ ; fark alma operatörü, B; geriye kaydırma operatörü ile ifade edildiğinde fark alma dönüşümleri aşağıdaki biçimde gösterilir.

$$\Delta=(1-B) \text{ (I nci dereceden farkı)}$$

$$\Delta^2=(1-B)^2 \text{ (II nci dereceden farkı)}$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$\Delta^d=(1-B)^d \text{ (d nci dereceden fark)}$$

Bu durumda  $Z_t$  orijinal dizisine II nci dereceden fark alınır;

$$\Delta^2 Z_t=(1-B)^2 Z_t=(1-2B+B^2)Z_t=Z_t-2Z_{t-1}+Z_{t-2} \quad [3.37]$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bir dizinin mevsimlik hareketlerden etkilenip etkilenmediği araştırıldığında, aylık veriler kullanılıyorsa çizilen korelogramda 12, 24, 36,..., nci; çeyrek veriler kullanılıyorsa 4, 8, 12,...nci gecikmelerindeki otokorelasyon katsayılarına bakılır.

Eğer bu gecikmelerde katsayılar istatistiksel olarak anlamlı değilse yani  $\pm Z_{\alpha} \frac{1}{\sqrt{n}}$  sınırları arasında kalıyorsa, dizi üzerinde mevsimsel dalgalanma faktörünün etkisi yoktur. Bunun tersi olarak, anlamlı ise vardır. Bu durumda yine dizinin durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Mevsimsel dizilerin durağan hale getirilmesi için mevsimsel fark ( $Z_t-Z_{t-s}$ ) esas alınır. Burada s, mevsimsel dönem genişliğidir. Aylık dizilerle çalışılıyorsa 12, üç aylık dizilerle çalışılıyorsa 4 ncü dereceden fark alınması durağanlığın sağlanması açısından daha uygun olmaktadır.

Diziyi mevsimlik dalgalanmadan arındırmak için fark alma dışında; aylık ortalama tekniği, trende oranlama tekniği, hareketli ortalamalara oranlama tekniği gibi teknikler kullanılabilir.

Durağanlığı sağlamak için kullanılan dönüşümlerden diğer biri de filtrelemedir. Değişkenler arasındaki ilişkilerin çeşitli faktörler tarafından etkilenmesi nedeniyle, gerçek ilişkinin belirlenmesinde söz konusu bu sakıncayı gidermek için onların filtrelenmeye tabi tutulması önerilir. Daha önce dizilerin,  $d$  nci dereceden fark alma dönüşümü ile durağan hale getirildikleri belirtilmişti. Aslında dizinin,  $d$  nci dereceden farkı alınması, diziyi  $(1-B)$  filtresinden geçirmek ile aynı şeydir. Bu filtrelerden birinci dereceden fark filtresi;

$$\Delta Z_t = Z_t - Z_{t-1} \quad [3.38]$$

şeklinde dir. Dikkat edilirse, bu ifade birinci dereceden fark alma dönüşümünün aynısıdır. Bu durum diğer dereceden fark filtreleri için de geçerlidir. Ancak bu filtreler dışında yarı fark filtresi, üstel düzeltme filtresi, uyarlanan filtre, Kalman filtresi, doğrusal ve doğrusal olmayan filtreler söz konusudur. Burada, nedenselliği test etmede kullanılan filtreler dikkate alınacaktır.

Sims, regresyon modellerini tahmin etmeden önce, değişkenlerin  $(1-0,75B)^2$  filtresinden geçirilerek beyaz gürültü sürecine sahip olmalarını önermektedir. Bu filtre, hataların yaklaşık olarak beyaz gürültü olmalarını sağlar. Sims'in filtresinin amacı otokorelasyonsuz bir hata yapısını elde etmektir.  $(1-B)^d$  filtresi, sürecin nedensellik testlerinde gerekli olan kovaryans durağanlığı sağlaması nedeniyle önerilmektedir. Ancak hatalardaki otokorelasyonu dikkate alacak daha genel bir filtreye ihtiyaç duyulur (9).

Uygulamada nedensel regresyon modelindeki gecikme genişliğinin keyfi olarak seçilmesi sonucunda, daha ilerideki gecikmeler hata teriminde yer alır ve bu da otokorelasyon problemine yol açar. Bu sebeple hem kovaryans durağanlığı sağlayacak hem de hata terimlerindeki otokorelasyonu dikkate alacak daha güvenilir bir filtre Williams tarafından geliştirilmiştir (43). Nedensel ilişkileri araştırmak için regresyondaki gecikme yapısını tahmin etmeden önce her bir regresyona keyfi ve yetersiz bir filtreyi uygulamak yerine daha uygun bir filtreyi belirlemek için şu adımlar izlenir. Öncelikle, birinci dereceden farkı alınmış dizilere bilinen EKK

uygulanır. İkinci adım olarak, ilk adımdan elde edilen  $e_t$  hatalarının  $e_{t-1}, \dots, e_{t-4}$  üzerindeki regresyonundan elde edilen hataların otoregresif özellikleri araştırılır ve hataların çeşitli gecikmelerinde  $(1-a_1B-a_2B^2)$  filtresinin anlamlı olup olmadığı araştırılır. Üçüncü adımda ise, ikinci adımdan elde edilen filtre birinci dereceden fark alınmış dizilere uygulanır ve bilinen EKK kullanılarak gecikme yapısı tahmin edilir (9).

İkinci ve üçüncü adımlar tekrarlanarak ve üçüncü adımdan uydurulan hatalar kullanılarak bu yaklaşımın tekrarlanması önerilmektedir. Bunun yanı sıra, gelecek dönem gecikmeleri olsun olmasın, gecikme yapısını tahmin etmede aynı otoregresif filtreyi kullanmak mümkündür. Ayrıca bu filtrenin bağımsız olarak tahmin edilen iki filtrenin ortalaması ile tahmin edilmesi durumunda daha güvenilir sonuç verir. Birinci dereceden fark alma ve otoregresif filtrelerle birleştirilmiş olan filtre, yani  $(1-B)(1-a_1B-a_2B^2)$  şeklinde ifade edilen, daha genel ikinci dereceden karma filtre her bir değişkene uygulanmış ve bu filtrenin Sims'in  $(1-0,75B)^2$  filtresinden üstün olduğu görülmüştür (43).

Durağan olmayan bir zaman dizisini durağan hale getirirken gereksiz ya da eksik yapılacak dönüşüm veya ihtiyaç olmadığı halde alınacak bir fark, yanlış modelleme yapısı oluşturabilir. Öncelikle, varyansta durağanlaştırma dönüşümleri uygulanmalı daha sonra da ortalama durağan olmayan yapı kaldırılmalıdır (38).

Durağan dışılık ortadan kaldırılırken fark dönüşümü kullanıldığında, dizi birinci dereceden farkla beraber beyaz gürültü yapısı oluşturuyor ise meydana gelen bu model rastgele yürüyüş modeli olarak ifade edilir. Buna göre RYM,

$$Z_t = Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3.39]$$

şeklinde gösterilebilir. Fark dönüşümüyle beraber mevsimsel olmayan değişik modeller oluşması durumunda ARIMA modelleri söz konusu olabilir. Buna göre, belirlenen sayıda farkı alınmış olan dizilerin AR ve MA'dan oluşan modeline ARIMA modeli denir. Otoregresif parametresinin derecesi  $p$ , hareketli ortalama

parametresinin derecesi  $q$  ve  $d$  ise alınan fark sayısı olmak üzere, bu modele  $(p,d,q)$  dereceden otoregresif tamamlanmış hareketli ortalama modeli adı verilir ve ARIMA  $(p,d,q)$  olarak ifade edilir. Genel ARIMA  $(p,d,q)$  modeli, fark alma operatörü  $\Delta=Z_t-Z_{t-1}$  olmak üzere;

$$\phi(B) \Delta^d Z_t = \theta(B) A_t \quad [3.40]$$

şeklinde yazılabilir. ARIMA modellerinde durağanlık koşulları ARMA modellerinde olduğu gibidir.

Eğer mevsimsel ve mevsimsel olmayan fark dönüşümleri söz konusu ise en genel model kısaca  $(p,d,q) \times (P,D,Q)$  olarak ifade edilir. Burada,  $(p,d,q)$  mevsimsel olmayan yapıyı,  $(P,D,Q)$  ise mevsimsel yapıyı göstermektedir. Buna göre mevsimsel modelin genel ifadesi;

$$\phi_p(B) \Phi_p(B^s) \Delta^d \Delta_s^D Z_t = \theta_q(B) \Theta_Q(B^s) A_t \quad [3.41]$$

biçimindedir. Burada,  $\Phi_p(B^s)$  ve  $\Theta_Q(B^s)$  sırasıyla P ve Q dereceden  $B^s$ 'nin mevsimsel polinomlarını gösterir.  $\Delta_s^D$ , mevsimsel fark alma operatörü,  $\Delta^d$  ise d nci dereceden mevsimsel olmayan fark alma operatörüdür. Bu modellerde durağanlık şartları daha önce incelenen modellerde olduğu gibidir. Buna göre en genel haliyle durağan olan-olmayan ve mevsimsel olan-olmayan doğrusal zaman dizileri sembolik olarak SARIMA $(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$  şeklinde yazılabilir (36,38).

### 3.2.5. Model belirleme süreci

Bu yaklaşıma göre, model derecesinin belirlenmesi, genellikle zaman dizilerinin ACF ve PACF'leri incelenerek uygun  $(p,q)$ 'nun seçilmesiyle yapılır. ARMA modelinin belirlenmesinde, ACF ve PACF'nin davranışları şu şekilde özetlenebilir: (i) ACF AR(p) modeli için üstel veya sinüsoidal olarak azalır, fakat MA(q) modeli

için q gecikmeden sonra aniden kesilir. (ii) PACF, AR(p) modeli için p gecikmeden sonra aniden kesilirken, MA(q) modeli için üstel veya sinüsoidal olarak giderek azalır. (iii) ARMA(p,q) modeli için ACF ve PACF birlikte değerlendirilirler. Buna göre grafik, (p-q) gecikmeden sonra azalır.

Zaman dizilerinde model derecesinin kabaca belirlenmesinden sonra modelin parametreleri tahmin edilir. Burada, parametre tahmini için en çok olabilirlik yöntemi kullanılacaktır. Bu durumda, koşullu en çok olabilirlik yöntemi durağan ARMA (p,q) modeli göz önüne alındığında ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(A / \phi, \mu, \theta, \sigma_A^2) = (2\pi\sigma_A^2)^{-n/2} e^{\left[ \frac{-1}{2\sigma_A^2} \sum_{t=1}^n A_t^2 \right]} \quad [3.42]$$

olup, buradan en çok olabilirlik fonksiyonu;

$$\ln L = (\phi, \mu, \theta, \sigma_A^2) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma_A^2) - \frac{S(\phi, \mu, \theta)}{2\sigma_A^2} \quad [3.43]$$

biçimindedir. Burada  $S(\phi, \mu, \theta)$ , koşullu kareler toplamı fonksiyonu olarak adlandırılır ve aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$S(\phi, \mu, \theta) = \sum_{t=p+1}^n A_t^2(\phi, \mu, \theta / Z) \quad [3.44]$$

Burada  $\phi$ ,  $\mu$  ve  $\theta$ 'nin parametre tahminleri elde edildikten sonra,  $A_t$ 'nin tahmin edilen varyansı,  $\hat{\sigma}_A^2$ ,

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{S(\hat{\phi}, \hat{\mu}, \hat{\theta})}{n - (2p + q + 1)} \quad [3.45]$$

biçiminde yazılır (36,37).

Parametreleri tahmin edilen modelin uygun olup olmadığının incelenmesi gerekir. Bu inceleme, artıklara dayalı bir incelemedir.  $A_t$  sürecinin beyaz gürültü süreci olup olmadığı varsayımına, normal dağılıp dağılmadığına ve artıklara ilişkin otokorelasyonların sıfır olup olmadığına cevap aranır.

Modelin uygunluğunun incelenmesi üzerinde bir başka yaklaşım ise artıkların örnek ACF'leri kullanılarak test istatistiklerinin kurulmasıdır. Bunun için hipotez aşağıdaki gibi kurulur:

$$H_0 = \rho_1(A) = \rho_2(A) = \dots = \rho_k(A) = 0$$

$H_1$  = Bunlardan en az biri sıfırdan farklıdır.

Bu, aynı zamanda şuna karşılık gelir.

$H_0$  = Model uygundur.

$H_1$  = Model uygun değildir.

$\hat{\rho}_k(A)$ , artıklara ilişkin  $k$  ncı gecikme için tahmin edilen otokorelasyon katsayısı olsun. Yaygın olarak kullanılan  $Q$  istatistiği, modelin uygunluğunun test edilmesinde kullanılmaktadır. Söz konusu test istatistiği;

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^L \frac{\hat{\rho}_k(A)}{n-k} \sim \chi^2_{(L-M)} \quad [3.46]$$

dir. Burada;  $n$  birim sayısını,  $L$  artıklara ilişkin elde edilen otokorelasyon sayısını ve  $M$  modeldeki toplam parametre ( $M=p+q$ ) sayısını göstermektedir. Hesaplanan  $Q$  değeri ki-kare tablo değerinden küçükse, bulunan modelin uygun model olduğuna karar verilir (36-38).

Bir modelleme sürecinde birden fazla uygun model elde edilmiş olabilir. Bu durumda uygun modeller içinden en iyi modeli seçmek için, model seçim ölçütleri

kullanılır. Bu ölçütlerden biri Akaike (1977) tarafından öne sürülen AIC (Akaike Information Criteria) ölçütüdür. AIC;

$$AIC(M) = -2 \ln(ML) + 2M = n \ln \hat{\sigma}_A^2 + 2M \quad [3.47]$$

biçimindedir. Bir diğer ölçüt ise SBC (Schwarz Criteria)'dir. SBC;

$$SBC(k) = \log |\hat{\Sigma}_k| + \frac{d^2 k \log n}{n} \quad [3.48]$$

Burada  $\hat{\Sigma}_k$ , artıkların varyans kovaryans matrisinin en çok olabilirlik tahmini; d, regresyon denklemindeki değişken sayısıdır (33).

SBC yukarı eğilimli iken AIC aşağı eğilimlidir. Bundan dolayı, çalışmalarda gecikme uzunluğu AIC ölçütüne göre yüksek değere sahipken, SBC ölçütüne göre düşük değere sahiptir.

Uygun modeller içerisinde en iyi model AIC veya SBC değeri, sayısal anlamda, en küçük değere sahip olan modeldir (29).

### 3.3. Zaman Dizilerinde Nedensellik ve Nedensellik Testleri

#### 3.3.1. Granger nedensellik testi

İki zaman dizisi arasında nedenselliğin ilk işlemsel tanımı Wiener tarafından yapılmıştır. Söz konusu tanım Granger-Hatanaka çalışması ile yeniden düzenlenmiş ve Granger tarafından daha ileri götürülerek nedenselliğin varlığının ve yönünün saptanmasına imkân verilmiştir. Bu tanıma en büyük katkıyı Granger'ın yapması sebebiyle, literatürde "Granger nedensellik tanımı" olarak adlandırılır (9). Bunun yanı sıra Granger nedenselliği çeşitli biçimlerde tanımlamak mümkündür. Öncelikle,

nedensellik kavramının doğmasına sebep olan sorun tanımlanarak başlanacaktır. Buna göre  $Y_t$  bir zaman dizisi olmak üzere, dizinin trend, mevsimsel hareketlilik gibi tüm deterministik öğelerden arındırılmış olduğu varsayılır. Burada amaç,  $Y_t$ 'nin gelecekteki değerlerini tahmin etmek, yani  $Y_t$ 'ye ilişkin kestirim değerini bulmak olsun. Bu amacı gerçekleştirmek için iki bilgi kaynağının olduğu varsayılır. Bunlardan ilki  $Y_t$ 'nin kendi geçmiş değeridir. İkinci bilgi kaynağı da, deterministik öğelerden arındırılmış ikinci bir zaman dizisidir. Bu dizi  $X_t$  olsun. Söz konusu sorun,  $Y_t$ 'ye ilişkin kestirimde bulunurken, bu dizinin geçmiş değerlerinin yanında;  $X_t$ 'nin de şimdiki ya da geçmiş değerlerini kullanmanın, yalnızca  $Y_t$ 'nin geçmiş değerini kullanmaktan daha iyi sonuç verip vermeyeceği sorunudur.

Bu soruna elle tutulur çözümler getirebilmek için nasıl bir kestirim (forecasting) yapılacağına ve kestirimleri karşılaştırmada kullanılacak ölçütlerin ne olacağına karar verilmesi gerekecektir. Bunun için de,  $Y_t$  ile  $X_t$ 'nin stokastik özellikleri hakkında bazı varsayımlar yapılması, yani bu iki değişkenin ilişkilerinin istatistiksel bir model çerçevesinde ele alınması da gerekmektedir.

Öncelikle,  $Y_t$  ile  $X_t$ 'nin her birinin ayrı ayrı sağlamaları gereken varsayımlar yapılacaktır. Hem  $Y_t$  hem de  $X_t$ 'yi simgelemek üzere  $W_t$  kullanılacaktır. Bu durumda varsayımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

$$E(W_t) = E(W_{t+k}) = 0$$

$$\text{Var}(W_t) = \text{Var}(W_{t+k}) \quad k = \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{Kov}(W_t, W_{t+k}) = \text{Kov}(W_{t+m}, W_{t+m+k}) \quad k, m = \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.49]$$

Bu varsayımları sağlayan dizilere “kovaryans-durağan” diziler adı verilir ve nedensellik analizinde bu tür diziler kullanılır. Bu dizilerin ortalamaları ve varyansları  $t$ 'den bağımsızdır. Kovaryansları ise yalnız iki gözlem noktası arasındaki farka dayanmaktadır. Başka bir deyişle, aynı uzaklıktaki iki çift gözlemin kovaryansları da aynı olacak demektir.

$X_t$  ve  $Y_t$ 'nin ortak özelliklerini göstermek amacıyla,  $(X_t, Y_t)$  vektörüne  $Z_t$  denilirse, bu vektör zaman dizisinin de Eş. 3.49 denklemine benzer koşulları sağladığı varsayılacaktır.

$$E(Z_t) = E(Z_{t+j}) = 0$$

$$\text{Var}(Z_t) = \text{Var}(Z_{t+j}) \quad j = \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{Kov}(Z_t, Z_{t+j}) = \text{Kov}(Z_{t+m}, Z_{t+m+j}) \quad j, m = \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.50]$$

Bu,  $Z_t$ 'nin kovaryans-durağan bir vektör zaman dizisi olduğunu gösterir. Böylece,  $Y_t$  ile  $X_t$  birlikte kovaryans-durağan yapısına sahiptir (37,38).

Granger, bu özelliklere sahip zaman dizilerinin gelecekteki değerlerinin tahmini konusunu doğrusal kestirim kullanarak incelemiştir (2). Bu kestirimleri karşılaştırmak için ise kestirim hatalarının karelerinin ortalamasını (MSE) kullanmıştır.  $W_t$ 'nin kendi geçmiş değerlerine dayanarak elde edilen doğrusal kestirimi  $P_t(W_t | W_{t-j}; j > 0)$  biçiminde gösterilsin. Bu kestirimin hatası  $e_t(W_t | W_{t-j}; j > 0) = W_t - P_t(W_t | W_{t-j}; j > 0)$  olup, bu hatanın karesinin ortalaması da  $\text{MSE}(W_t | W_{t-j}; j > 0) = E(e_t(W_t | W_{t-j}; j > 0)^2)$  şeklinde ifade edilecektir.

Doğrusal kestirimler arasında MSE'yi en azlaştıran kestirici  $W_t$ 'nin kendi geçmiş değerlerine koşullu ortalamasıdır (42). Bu durumda  $\text{MSE}(W_t | W_{t-j}; j > 0)$ ,  $e_t$ 'nin varyansı olan  $\sigma^2(W_t | W_{t-j}; j > 0)$ 'ye eşit olacaktır. Granger, nedensellik ile ilgili tanımlarını  $\sigma^2$ 'yi kullanarak aşağıdaki gibi ifade etmektedir (2).

Nedensellik: Eğer,

$$\sigma^2(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-j}; j > 0) < \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}; j > 0) \quad [3.51]$$

ise o zaman “X’in Y’ye neden olduğu” söylenebilir. Aynı tanım,  $X_t$ ’nin tahmini için de söz konusudur.

Anlık (Instantaneous) Nedensellik: Eğer,

$$\sigma^2(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-s}; j>0, s \geq 0) < \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}; j>0) \quad [3.52]$$

ise  $Y_t$ ’yi tahmin ederken kendisinin ve  $X_t$ ’nin geçmiş değerleri yanında  $X$ ’in  $t$  noktasındaki değerinin de göz önünde tutulmasıyla daha iyi sonuç elde edilebilirse “X, Y’nin anlık nedenidir” denilir.

İki Yönlü (Feedback) Nedensellik: Eğer,

$$\begin{aligned} \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-s}; j>0) < \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}; j>0) \\ \sigma^2(X_t | X_{t-j}, Y_{t-s}; j>0) < \sigma^2(X_t | X_{t-j}; j>0) \end{aligned} \quad [3.53]$$

ise, o zaman X ile Y arasında iki yönlü nedensellik vardır. Yani, “X, Y’ye Y de X’e neden olmaktadır” denilir.

Bağımsızlık: Eğer,

$$\begin{aligned} \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-s}; j>0, s \geq 0) < \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}; j>0) = \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-j}; j>0) \\ = \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}; j>0) \end{aligned}$$

ve

$$\begin{aligned} \sigma^2(X_t | X_{t-s}, Y_{t-j}; s>0, j \geq 0) < \sigma^2(X_t | X_{t-j}; j>0) = \sigma^2(X_t | Y_{t-j}, Y_{t-j}; j>0) \\ = \sigma^2(X_t | X_{t-j}; j>0) \end{aligned} \quad [3.54]$$

ise “X ile Y birbirlerinden bağımsızdır” denilebilir.

Yukarıdaki tanımların test edilebilir hipotezlere dönüştürülebilmesi için farklı ifadelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu ifadeler, belli parametrelere konacak kısıtlamaların test edilmesini sağlayacaktır. Uygulamada en çok kullanılan testlere kaynaklık eden ifadeler aşağıda belirtilmektedir (25).

Burada, öncelikle deterministik olmayan kovaryans-durağan zaman dizilerine ilişkin bir sonuçtan başlanacaktır. “Wald Teoremi” denilen bu sonucun genel olarak  $W_t$  ile gösterilen diziye uygulandığı varsayalım.

Wald Teoremi,  $W_t$  gibi bir dizinin aşağıdaki sonsuz hareketli ortalama şeklinde ifade edilebileceğini ifade etmektedir.

$$W_t = \sum_{j=0}^{\infty} d_{wj} \varepsilon_{t-j,w} \quad [3.55]$$

Bu ifadede  $d_{w0}=1$  ve  $\sum_{j=0}^{\infty} d_{wj} < \infty$  dir. Toplamda bulunan  $\varepsilon_t$  dizisi ise aşağıdaki koşulları sağlamaktadır.

$$E(\varepsilon_{tw}) = 0 \quad \text{tüm } t \text{ 'ler için}$$

$$\text{Var}(\varepsilon_{tw}) = \sigma_\varepsilon^2 \quad \text{tüm } t \text{ 'ler için}$$

$$\text{Kov}(\varepsilon_{tw}, \varepsilon_{t-j,w}) = 0 \quad j, m = \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.56]$$

Daha önce de ifade edildiği gibi böyle bir zaman dizisine (White Noise) Beyaz Gürültü dizisi denir.

Yukarıda tanımlanan bu sonuç, vektör zaman dizisi  $Z_t$  için aşağıdaki gibi genelleştirilebilir (45).

$$Z_t = \sum_{j=0}^{\infty} C_j u_{t-j} \quad [3.57]$$

Burada,  $C_j$ 'ler elemanları  $c_{rs,j}$  ( $r,s=1,2$ ) olan  $2 \times 2$  boyutlu katsayı matrisleri,  $u_t=(u_{t1},u_{t2})$  ise beyaz gürültü vektör zaman dizisini göstermektedir. Şöyle ki;

$$E(u_t) = 0 \quad \text{tüm } t\text{'ler için;}$$

$$E(u_t, u_{t-j}) = \begin{bmatrix} E(u_{t1}u_{t-j,1}) & E(u_{t1}u_{t-j,2}) \\ E(u_{t2}u_{t-j,1}) & E(u_{t2}u_{t-j,2}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 \end{bmatrix}, j=0$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, j \neq 0 \quad [3.58]$$

Bir zaman dizisine  $t$  noktasında uygulandığında diziyi  $t-r$  noktasına geri götüren gecikme operatörü  $B^r$  olmak üzere, yukarıdaki ifade  $B$  cinsinden aşağıdaki şekilde yazılır:

$$B^r W_t = W_{t-r}$$

Bu ifade kullanılarak Eş. 3.55 ve Eş. 3.57 denklemlerindeki hareketli ortalamalara ilişkin ifadeleri,

$$W_t = \sum_{j=0}^{\infty} d_{wj} B^j \varepsilon_{tw} = d_w(B) \varepsilon_{tw}$$

$$Z_t = \sum_{j=0}^{\infty} C_j B^j u_t = C(B) u_t \quad [3.59]$$

şeklinde yazmak mümkün olacaktır.  $d_w(B)$ , B cinsinden sonsuz bir polinom,  $C(B)$  ise yine B cinsinden bir matris polinomdur.  $C(B)$ 'nin elemanı  $c_{rs}(B) = \sum_{j=0}^{\infty} c_{rs,j} B^j$  dir. Burada her iki hareketli ortalamalar ifadesinin tersi alınabilirliği (invertibility) için gerekli koşulu sağladığı varsayılmaktadır (46).

Yukarıdaki bilgilerin ışığında  $C(B)^{-1}=A(B)$  alınırsa,  $Z_t$  vektörünün otoregresif ifadesi;

$$A(B) Z_t = u_t \quad [3.60]$$

şeklinde yazılabilir. Buna göre  $A(B)$ 'nin elemanı  $a_{rs}(B) = \sum_{j=0}^{\infty} a_{rs,j} B^j$  olacaktır. Eğer,

$$a_{rs,0} = 0 \quad r \neq s$$

$$a_{rs,0} = 1 \quad r = s \quad [3.61]$$

kısıtlamaları getirilirse Eş. 3.55 denklemleri,

$$\begin{aligned} Y_t + \sum_{j=1}^{\infty} a_{11,j} Y_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} a_{12,j} X_{t-j} &= u_{t1} \\ X_t + \sum_{j=1}^{\infty} a_{21,j} Y_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} a_{22,j} X_{t-j} &= u_{t2} \end{aligned} \quad [3.62]$$

biçiminde yazılabilir. Böyle bir modele Granger, Basit Nedensel Model demektedir. Eğer Eş. 3.56 denklemlerinde  $a_{rs}(B)=0$  ( $r \neq s$ ) kısıtlaması kaldırılırsa ilk denklemde  $X_t$ , ikinci denklemde ise  $Y_t$  modele gireceğinden anlık nedenselliğe sahip bir model elde edilmiş olur. Buradan  $Y_t$  ve  $X_t$ 'nin beklenen değerleri;

$$E(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-j}; j > 0) = \sum_{j=1}^{\infty} a_{11,j} Y_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} a_{12,j} X_{t-j}$$

$$E(X_t | X_{t-j}, Y_{t-j}; j > 0) = \sum_{j=1}^{\infty} a_{21,j} Y_{t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} a_{22,j} X_{t-j} \quad [3.63]$$

dir (2). Örneğin,  $E(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-j}; j > 0) = E(Y_t | Y_{t-j}; j > 0)$  olması  $\sigma^2(Y_t | Y_{t-j}, X_{t-j}; j > 0) = \sigma^2(Y_t | Y_{t-j}; j > 0)$  olması için yeterli ve gerekli bir koşuldur. İlk eşitliğin elde edilmesi ise  $a_{12,j}$ 'lerin tümünün sıfır olması demektir. Öyleyse bu alt kısmın başında nedensellik ile ilgili verilen dört tanım, basit nedensel bir modelin ya da anlık nedenselliğe sahip bir modelin katsayıları cinsinden de ifade edilebilir. Şöyle ki;

Nedensellik: Eğer, bazı  $a_{12,j} \neq 0$  ise “X, Y’ye neden oluyor” denir.

Anlık Nedensellik: Eğer yukarıdaki koşullara ek olarak  $a_{12,0} \neq 0$  ise, (yani Eş. 3.61’deki ilk varsayım kaldırılırsa) “X, Y’nin anlık nedenidir” demektir.

İki Yönlü Nedensellik: Eğer hem bazı  $a_{12,j} \neq 0$  hem de bazı  $a_{21,j} \neq 0$  ise “X ile Y arasında iki yönlü nedensellik vardır” denir.

Bağımsızlık: Eğer  $j = 0, 1, 2, \dots$  için  $a_{12,j} = a_{21,j} = 0$  ise bu durumda “X ile Y birbirlerinden bağımsızdır” denir (25).

Granger nedenselliğinin inceleneceği son ifade biçimi korelasyon katsayıları cinsinden olacaktır. Söz konusu korelasyonlar  $Y_t$  ve  $X_t$ 'nin her birinin hareketli ortalamalar şeklindeki Beyaz Gürültü hata terimleri arasındaki korelasyonlardır. Bu,

$$\rho_{12}(j) = E(\varepsilon_{1t} \varepsilon_{t-j,2}) / (E(\varepsilon_{1t}^2) E(\varepsilon_{t-j,2}^2))^{1/2}, \quad j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad [3.64]$$

şeklinde tanımlanır.

Nedensellik: Y, X’e neden olmuyorsa  $j < 0$  için  $\rho_{12}(j) = 0$  olacaktır. Benzer bir çıkarımla, X, Y’ye neden olmadığı zaman,  $j > 0$  için  $\rho_{12}(j) = 0$  olduğu söylenebilir.

Bağımsızlık:  $Y$ ,  $X$ 'e ve  $X$ 'de  $Y$ 'ye neden olmuyorsa, {yani  $e_{21}(B)=e_{12}(B)=0$  ise} tüm  $j$  değerleri için  $\rho_{12}(j) = 0$  olacaktır (47).

Yukarıda verilen belli başlı nedensellik tanımları, Granger nedenselliğın test edilmesinde en çok kullanılan istatistiklerin elde edilmesinde yol gösterici olacaktır.

Test işlemine geçmeden önce nedensellik testlerinin hepsi için ortak olan bir noktayı belirtmekte yarar vardır. Yukarıdaki tanımlamalarda ilgili zaman dizilerinin deterministik öğelerden arındırılmış, kovaryans-durağan diziler oldukları varsayılmıştır. Ancak, uygulamada karşılaşılan diziler deterministik unsurlar taşıdıkları gibi kovaryans-durağan olmaktan da uzaktırlar. Bundan dolayı, aşağıda anlatılan testleri yapmadan önce, söz konusu dizileri trend, mevsimsellik gibi deterministik unsurlardan arındırmak ve kovaryans-durağanlığı sağlamak için varyans düzgünleştirme ve fark alma gibi nedensellik yapısını bozmayan dönüşümleri yapmak gerekmektedir. Bu nedenle testlere konu olan dizilerin bu işlemlerden geçmiş diziler olduklarını göstermek amacıyla, orijinal  $Y_t$  ve  $X_t$  değişkenleri yerine  $Y_t^*$  ve  $X_t^*$  sembolleri kullanılacaktır.

Eş. 3.62 denklemindeki otoregresif ifadeler dikkate alındığında, hata terimleri Eş. 3.58 denklemindeki varsayımları sağladıklarından  $a_{rs,j}$  katsayıları En Küçük Kareler (EKK) yöntemiyle optimal olarak tahmin edilebilirler. Ancak bu katsayıların sonsuz sayıda olmaları bazı zorluklara neden olmaktadır. Bundan kurtulmanın bir yolu değişkenlerin gecikmeli etkilerinin sonsuza kadar devam etmeyip, örneğin;  $m$  döneminde bittiğini varsaymaktır. Ayrıca, uygulamadaki kolaylık açısından Eş. 3.62 denklemindeki negatif(-) işaretleri pozitif(+) olarak düşünmek katsayı değerlerinin işaretlerinden başka hiçbir şeyi değiştirmeyeceğinden yani, hipotez sonuçlarını etkilemeyeceğinden dolayı stokastik ve kovaryans-durağan koşullarını sağlayan  $Y_t^*$  ve  $X_t^*$  değişkenleri için Granger'ın nedenselliği aşağıdaki denklemler yardımıyla test edilebilecektir.

$$\begin{aligned}
Y_t^* &= \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m b_i X_{t-i}^* + u_{1t} \\
X_t^* &= \sum_{i=1}^m c_i X_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m d_i Y_{t-i}^* + u_{2t}
\end{aligned} \tag{3.65}$$

Burada  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $d_i$  gecikme katsayılarını,  $m$  bütün değişkenler için ortak gecikme derecesini ve  $u_{1t}$  ile  $u_{2t}$  korelasyonsuz beyaz gürültü süreçlerini göstermektedir. Böylece  $s \neq t$  olmak üzere  $E(u_{1t}, u_{1s}) = E(u_{2t}, u_{2s}) = 0$ 'dır (25). Eş. 3.60'daki model anlık nedenselliğin araştırılmasını imkânsız kılmaktadır. Bu modeli, anlık nedenselliği de araştırabilecek şekilde aşağıdaki gibi yazmak mümkündür.

$$Y_t^* + b_0 X_t^* = \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m b_i X_{t-i}^* + u_{1t} \tag{3.66}$$

$$X_t^* + d_0 Y_t^* = \sum_{i=1}^m c_i X_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m d_i Y_{t-i}^* + u_{2t} \tag{3.67}$$

Bu modeller yardımıyla anlık nedenselliğin bulunup bulunmadığını araştırmak mümkün olacaktır. Örneğin,  $X_t^*$  değişkeninden  $Y_t^*$  değişkenine doğru anlık nedenselliğin bulunması durumunda, modeldeki ilk denkleme dahil edilen şimdiki ve geçmiş dönemlerdeki gözlem değerlerinin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı olacaktır (9).

Eş. 3.65 ve Eş. 3.67 modellerindeki  $m$  değeri sonsuz olabilir. Ancak uygulamada mevcut verilerin sonlu sayıda olması sebebiyle  $m$ , sonlu ve mevcut zaman dizisinin örnek hacminden daha küçük olmalıdır (33).

Eş. 3.65'da verilen model, bilinen EKK yöntemi ile tahmin edildikten sonra, aşağıdaki olası sonuçlara ulaşılabilir;

- i)  $b_i$  değerlerinin belirli bir anlamlılık düzeyi ile sıfırdan farklı olmaları durumunda “ $X_t^*$ ’nin  $Y_t^*$ ’ye neden olduğu” söylenir ve bu durum, “ $X_t^*$ ,  $Y_t^*$ ’nin Granger

nedenidir”, şeklinde ifade edilir. Bu durum, “ $X_t^*$ ’den  $Y_t^*$ ’ye doğru Tek Yönlü Nedensellik” olarak da tanımlanır ve  $X_t^* \rightarrow Y_t^*$  şeklinde gösterilir.

- ii) Aynı mantıkla,  $d_i$  değerlerinin belirli bir anlamlılık düzeyi ile sıfırdan farklı olmaları durumu “ $Y_t^*$ ’nin  $X_t^*$ ’ye neden olduğu” anlamını taşır. Ayrıca bu durum, “ $Y_t^*$ ,  $X_t^*$ ’nin Granger nedenidir”, şeklinde açıklanır. Bu durum, “ $Y_t^*$ ’den  $X_t^*$ ’ye doğru Tek Yönlü Nedensellik” olarak da ifade edilebilir ve  $Y_t^* \rightarrow X_t^*$  şeklinde gösterilir.
- iii) Yukarıdaki iki koşulun her ikisinin de geçerli olması, diğer bir deyişle, hem  $b_i$  hem de  $d_i$  değerlerinin belirli bir anlamlılık düzeyi ile sıfırdan farklı olmaları durumunda “ $X_t^*$ ’nin  $Y_t^*$ ’ye ve aynı zamanda  $Y_t^*$ ’nin  $X_t^*$ ’ye neden olduğu” söylenir ve bu durum, “ $X_t^*$ ,  $Y_t^*$ ’nin ve  $Y_t^*$ ,  $X_t^*$ ’nin Granger nedenidir”, şeklinde ifade edilir. Bu, “İki Yönlü Nedensellik veya Geribildirim(feedback)” olarak tanımlanır ve  $X_t^* \leftrightarrow Y_t^*$  şeklinde gösterilir.
- iv) İlk iki koşulun her ikisinin de geçerli olmaması, diğer bir deyişle, hem  $b_i$  hem de  $d_i$  değerlerinin belirli bir anlamlılık düzeyi ile sıfırdan farklı olmamaları durumu “iki değişkenin birbirinin nedeni olmadığı” anlamını taşır. Ayrıca bu durum “ $X_t^*$  ve  $Y_t^*$  birbirinden bağımsızdır” şeklinde açıklanır (25).

Bu ifadeleri, Eş. 3.65 modelindeki parametrelere ilişkin aşağıdaki hipotez takımları ile açıklamak daha yararlı olacaktır.

$$\begin{array}{l} \text{(I)} \\ \hline H_0 : b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0 \end{array}$$

$$H_1 : b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_m \neq 0$$

$$\begin{array}{l} \text{(II)} \\ \hline H_0 : d_1 = d_2 = \dots = d_m = 0 \end{array}$$

$$H_1 : d_1 \neq d_2 \neq \dots \neq d_m \neq 0$$

Yukarıdaki hipotez takımlarından hareketle yapılacak test işlemlerinde şu sonuçlara ulaşılabilir.

- i) Hipotez takımlarından ilkinde  $H_0$  reddedilmiş ve ikincisinde reddedilmemiş ise, “ $X_t^*$  değişkeni  $Y_t^*$  değişkeninin Granger nedeni” sayılır.
- ii) Hipotez takımlarından ilkinde  $H_0$  reddedilmemiş ve ikincisinde reddedilmiş ise, “ $Y_t^*$  değişkeni  $X_t^*$  değişkeninin Granger nedeni” olarak kabul edilir.
- iii) Hipotez takımlarından her ikisinde de  $H_0$  reddedilmiş ise, “ $X_t^*$  değişkeni ile  $Y_t^*$  değişkeni arasında iki yönlü nedensellik (Geribildirim)” olduğu söylenir.
- iv) Hipotez takımlarından her ikisinde de  $H_0$  reddedilmemiş ise, “ $X_t^*$  ve  $Y_t^*$  değişkenleri arasında Granger nedenselliğinin bulunmadığı”, diğer bir deyişle “değişkenlerin birbirinden bağımsız oldukları” ifade edilir.
- v) Eş. 3.65 modeli yerine Eş. 3.67 modelinin tahmini elde edilerek,

$$H_0 : b_0 = b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0$$

$$H_1 : b_0 \neq b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_m \neq 0$$

hipotezlerinden  $H_0$  reddedilmiş ise “ $X_t^*$ ,  $Y_t^*$ ’nin anlamlı nedeni” kabul edilir.

Aynı mantıkla,

$$H_0 : d_0 = d_1 = d_2 = \dots = d_m = 0$$

$$H_1 : d_0 \neq d_1 \neq d_2 \neq \dots \neq d_m \neq 0$$

hipotezlerinden  $H_0$  reddedilmiş ise “ $Y_t^*$ ,  $X_t^*$ ’nin anlamlı nedeni” olarak sayılır.

Yukarıdaki hipotez takımlarında yer alan parametrelerin her birinin anlamlılığının test edilmesi için t testine başvurulur. Ancak parametrelerin teker teker t testine tabi tutulması yerine, onların F testi yardımıyla genel olarak anlamlı olup olmadıklarının test edilmesi daha uygundur (9).

Böylece, Eş. 3.65 modeli ile birlikte

$$\begin{aligned} Y_t^* &= \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i}^* + v_{1t} \\ X_t^* &= \sum_{i=1}^m c_i X_{t-i}^* + v_{2t} \end{aligned} \quad [3.68]$$

denklemleri de tahmin edilerek ( $v$ 'nin tahmini  $a$  ve  $u$ 'nun tahmini  $e$  olmak üzere) elde edilen artıkların kareleri toplamları sırasıyla  $\sum a_{1t}$  ile  $\sum e_{1t}$  ve  $\sum a_{2t}$  ile  $\sum e_{2t}$  karşılaştırılarak Wald tarafından geliştirilen F istatistiği;

$$F_{(m, n-2m)} = \frac{(\sum a_{1t}^2 - \sum e_{1t}^2) / m}{\sum e_{1t}^2 / (n-2m)} \quad [3.69]$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $n$  örnek hacmini  $m$  ortak gecikme genişliğini göstermek üzere F istatistiği  $m$  ve  $n-2m$  serbestlik derecesine sahiptir (48).

$\sum a_{2t}$  ile  $\sum e_{2t}$  değerlerine ilişkin F istatistiği de benzer olarak hesaplanabilir. Hesaplanan F istatistiği  $m$  ve  $n-2m$  serbestlik derecesinde,  $\alpha$  anlamlılık düzeyindeki tablo değerinden büyük ise  $H_0$  hipotezi reddedilir.  $H_0$  hipotezi reddilmesi ise regresyonda yer alan katsayıların genel olarak anlamlı olduklarını ifade eder. Yukarıda belirtilen modellerde  $m$  değerinin büyüklüğü konusunda herhangi bir önsel bilgi söz konusu değildir. Ancak bu konuda  $m$  değeri yeterince büyük alınarak, daha önce ifade edildiği gibi, modeller her bir  $m$  değeri için ayrı ayrı tahmin edilmek suretiyle, AIC veya SBC ölçütü kullanılarak en güvenilir tahmin modelini veren  $m$  değerinin seçilmesi önerilebilir. Ayrıca Granger nedensellik testi gecikme uzunluğu Vektör Otoregresif Modeller yöntemi kullanılarak tespit edilebilir. Bu yöntem aşağıda kısaca açıklanmıştır.

#### Vektör otoregresif modeller (VAR)

VAR modellemenin yapısal modellerden temel farkları üç ana başlıkta toplanabilir.

- i) Değişkenler arasında önceden içsel - dışsal ayrımı yoktur.
- ii) Sıfır kısıtlamaları yoktur.
- iii) Modelin kurulmasında güçlü bir iktisat teorisi yoktur.

VAR modellemede değişkenlerin tamamı içsel kabul edilmektedir.

İki değişkenli ve gecikme uzunluğu bir olan VAR modeli yapısal formda aşağıdaki gibi ifade edilir (29).

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad [6.70]$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

Granger nedensellik testinde dikkate alınması gereken diğer bir nokta da, bütün gecikmelerde m değerinin ortak ve keyfi kullanılmış olmasıdır. Ancak birçok uygulamalı çalışmada, regresyon denklemlerindeki m'nin derecesinin keyfi olarak yüksek bir değerde tutulduğu görülmektedir. Hsiao, Eş. 3.65 modellerinde yer alan eşit (m) değeri yerine m, n, p, q olmak üzere dört polinomsal operatörün uygun derecelerini seçmek için FPE (Final Prediction Error) kriterini kullanmıştır (49). Bu kriter ileriki konularda açıklanacağı için burada yer verilmemektedir.

Granger nedensellik modelinde yer alan katsayıların güvenilirliğini test etmek amacıyla her birine ayrı ayrı t testini uygulamak yerine iki ayrı yaklaşıma başvurmak da mümkündür. Bunlardan ilki katsayıların toplamına t testini uygulamak, ikincisi ise katsayıların genel olarak anlamlı olup olmadıklarını belirlemek amacıyla F testinin uygulanmasıdır. Bununla birlikte, tahminin standart hatası, varyansı ve determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) değerleri de modellerin güvenilirliğini test etmek amacıyla kullanılabilen ölçülerdir (9).

### 3.3.2. Sims nedensellik testi

Literatürde, değişkenler arasındaki nedensel ilişkiyi araştıran bir diğer kişi de Sims'tir. Sims'in yaklaşımının amaçlarından biri, tek yönlü nedenselliğin olup

olmadığının belirlenmesi için doğrudan bir testin kullanımınıdır. Sims'in çalışması, dağılımın rasyonel veya polinomsal olma kısıtını koymadan uzun gecikmeli dağılımların tahminini açıklamaktadır. Ayrıca Sims, çalışmasında kullandığı verilerin önemsiz yani ihmal edilebilir otokorelasyon içerdiği sonucuna varmış ve verilerde önemli bir otokorelasyonun olması durumunda testin başarısız olacağını belirtmiştir. Yine genel durumda otokorelasyonun varlığının önemli olmadığını, ancak nedensel yapı ile hata terimlerinin otokorelasyon fonksiyonlarını belirleyen dağılımlı gecikmeler arasında, kesin bir ilişki biçiminin yanlış sonuçlara neden olacağını ifade etmiştir. Önemli bir istisna olarak, nedensel yapı ile hata terimlerinin özelliklerinin tümü arasında herhangi bir ilişkiyi varsaymanın nadiren geçerli olduğunu da belirtmiştir (50).

Sims testi,  $X_t$  ile  $Y_t$  arasındaki iki yönlü gecikme dağılımlarını tahmin etmeyi gerektirmektedir. Bundan dolayı bağımsız değişkenlerin değerinin genel anlamlılığı üzerinde F testinin kullanılması zorunludur. Sims testinde, regresyon denklemlerinde otokorelasyonsuz hata yapısının elde edilmesine önem verilir. Çünkü F testleri, genellikle hatalardaki otokorelasyona çok duyarlıdır. Ayrıca, hatalardaki otokorelasyonu azaltmak için değişkenlerin logaritmaları, filtreleme işlemine tabi tutulmuştur (6). Sims hem  $X_t$  hem de  $Y_t$  için  $k=0,75$  olmak üzere  $(1-kB)^2$  filtresini kullanmaktadır. Gerçekte bu filtre, logaritması alınmış  $X_t$  değişkeni için  $X_t-1,5X_{t-1}+0,5625X_{t-2}$  fark alma dönüşümüdür. Aynı dönüşüm  $Y_t$  değişkeni için de gerçekleştirilir. Bunun sonucunda, yukarıdaki filtreleme işlemine tabi tutulan  $X_t$  ve  $Y_t$  değişkenleri yerine bu dönüşümün yapıldığını göstermek üzere, Granger testinde olduğu gibi,  $X_t^*$  ve  $Y_t^*$  sembolleri kullanılacaktır. Sims, bu filtrenin yaklaşık olarak birçok iktisadi zaman dizisinin spektral yoğunluğunu düzelttiğini ve regresyon hatalarının bu filtreleme ile beyaz gürültü süreci olacağını belirtmektedir (50). Burada beyaz gürültü süreci, otokorelasyonsuz ve sorun yaratmayan bir hata süreci olarak düşünülmelidir (9).

Kovaryans durağan ve stokastik  $X_t^*$  ve  $Y_t^*$  değişkenlerinin hareketli ortalama gösterimi;

$$\begin{aligned}
Y_t^* &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_i u_{t-i} + \sum_{i=-\infty}^{\infty} b_i v_{t-i} \\
X_t^* &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} c_i u_{t-i} + \sum_{i=-\infty}^{\infty} d_i v_{t-i}
\end{aligned} \tag{3.71}$$

şeklinindedir. Burada  $u_t$  ve  $v_t$  birim varyansa sahip ve otokorelasyonsuz beyaz gürültü süreçleridir. Ayrıca  $a$ ,  $b$ ,  $c$  ve  $d$  katsayıları tüm  $i < 0$  değerleri için sıfıra eşittir. Bu durum, pozitif gelişmelere ilişkin katsayıların anlamsız olması demektir. Buradan hareketle  $Y_t^*$  ile  $X_t^*$  arasındaki ilişkiyi, otoregresif gösterim ile,

$$Y_t^* = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \alpha_i X_{t-i}^* + u_t \tag{3.72}$$

şeklinde ifade etmek mümkündür. Burada  $u_t$ ,  $X_{t-1}^*$  ile korelasyonsuz olmasına karşın, beyaz gürültü süreci olmayabilir. Sims, nedenselliğin geribildirim olmaksızın  $X_t^*$ 'den  $Y_t^*$ 'ye doğru olması durumunda, bu eşitlikteki  $\alpha_i = 0$  ( $i < 0$  için) olacağını göstermiştir. Bununla birlikte, eğer geri bildirim söz konusu ise  $\alpha_0 = 0$  olması durumunda, bu mutlaka anlık nedenselliğin yokluğu anlamına gelmez (51).

Eş. 3.65 denkleminde,  $Y_t^*$ 'nin açıklamasında,  $X_t^*$ 'nin şimdiki ve geçmiş dönemdeki değerlerine ilişkin katsayıların sıfırdan farklı (anlamlı) olmasına karşılık, gelecek dönem ( $X_{t+1}^*, X_{t+2}^*, \dots, X_{t+h}^*$ ) değerlerine ilişkin katsayıların sıfırdan farksız (anlamsız) olması durumunda “ $X_t^*$ 'den  $Y_t^*$ 'a doğru tek yönlü nedensellik” olduğu söylenebilir. Değişkenlerin yerleri değiştirilirse, model;

$$X_t^* = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \beta_i Y_{t-i}^* + v_t \tag{3.73}$$

şeklinde yazılabilir. Eğer bu modelde  $X_t^*$ 'in açıklanmasında,  $Y_t^*$ 'in şimdiki ve geçmiş dönemdeki değerlerine ilişkin katsayılar sıfırdan farklı yani anlamlı, gelecek

dönem  $(Y_{t+1}^*, Y_{t+2}^*, \dots, Y_{t+n}^*)$  değerlerine ilişkin katsayılar sıfırdan farklı yani anlamsız ise “ $Y_t^*$ ’dan  $X_t^*$ ’a doğru tek yönlü nedensellik” olduğu söylenebilir. Bunların yanı sıra,  $Y_t$  zaman dizisi tahmininde,  $X_t^*$  zaman dizisinin şimdiki ve geçmiş dönemdeki değerlerine ilişkin katsayılar yanında, gelecek dönemdeki değerlerine ilişkin katsayıların da anlamlı olması durumunda, değişkenler arasında “iki yönlü nedensellik” olduğu söylenebilir. Değişkenlerin gelecek dönem katsayılarının anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla Granger testinde olduğu gibi burada da F testine başvurulabilir. Katsayı değerlerinin sıfırdan farklı değerlere sahip olması, tek yönlü nedenselliğin mümkün olduğunu gösterecektir. Değişkenin gelecek dönem değerleri üzerindeki küçük değerlerde katsayılar, istatistiksel olarak anlamlı olsalar bile, küçük değerde olmaları sebebiyle anlamsız olarak düşünülmelidir (9).

Sims nedensellik uygulamalarında Eş. 3.72 ve Eş. 3.73’deki sonsuz dağılımlı gecikme modelleri yerine,

$$Y_t^* = \sum_{i=-p}^q \alpha_i X_{t-i}^* + u_t$$

$$X_t^* = \sum_{i=-r}^s \beta_i Y_{t-i}^* + v_t \quad [3.74]$$

şeklindeki sonlu dağılımlı gecikme modelleri kullanılır. Burada yine p, q, r ve s dağılımlı gecikme genişliklerinin yeterince büyük olmasına dikkat edilmektedir. Sims, çalışmasında tahmin ettiği bütün regresyonlar için Durbin Watson istatistiğinin 2’ye yakın olduğunu bulmuş ve bunun ön filtrelemenin bir nedeni olarak beklenen bir durum olduğunu belirtmiştir. Ancak hatalarda otokorelasyonun bulunması durumunda, şu üç temel sonuç ile karşılaşılmaktadır (9).

- i) Regresyon katsayıları tahminlerinin etkin olmaması,
- ii) Regresyon denklemlerine dayandırılan öngörülerin sapmalı olması,

iii) t ve F istatistikleri ile  $R^2$  değerlerinin gerçeğin üzerinde olmasından dolayı,

katsayılar üzerindeki genel anlamlılık testlerinin geçersiz olması.

### 3.3.3. Haugh nedensellik testi

İki değişken arasındaki nedensel ilişkinin araştırılabilmesini sağlayan diğer bir test, Haugh tarafından önerilen ve daha sonra Pierce, Haugh-Box ve Pierce-Haugh çalışmaları tarafından geliştirilen Haugh Nedensellik Testi'dir. Sims nedensellik testinde olduğu gibi, Haugh nedensellik testi de Granger'in nedensellik tanımına dayanmaktadır (7).

Haugh nedensellik testi, uygun olarak belirlenen tek değişkenli ARIMA modelinden elde edilen hatalara dayanan ve birbirine benzeyen iki ayrı yaklaşımla yapılmaktadır. Bu yaklaşımlar,

i) Hatalar arasındaki çapraz korelasyon çözümlemesi

ii) Hatalar arasındaki regresyon çözümlemesi

dir. Bu testte de dizilerin kovaryans durağan ve değişkenlerin stokastik değişken olmaları gerekir. İlk yaklaşım dikkate alındığında, nedenselliğin tek değişkenli hatalar arasındaki çapraz korelasyon çözümlemesi ile belirlenmesi iki aşamalıdır. İlk aşama; kovaryans durağan  $X_t$  ve  $Y_t$  gibi iki dizinin her birine tek değişkenli ARIMA modellerini uydurmak; ikinci aşama ise, uydurulan her iki model yardımıyla değişkenleri filtreleyerek, beyaz gürültü durumuna getirilen  $u_t$  ve  $v_t$  hatalarının çapraz korelasyonlarını karşılaştırmaktır.

Çapraz korelasyon çözümlemesi ile elde edilen iki bağımsız doğrusal sürecin, gecikmeli hataları arasındaki çapraz korelasyonların sonlu bir kümesinin asimptotik dağılımının normal olduğu varsayılır (7). Haugh, çalışmasında  $u_t$  ile  $v_t$  hataları

arasındaki asimptotik dağılımın görelî olarak küçük örnekler(n=50) için bile, bilinmeyen sonlu n dağılımına yaklaşık olarak uyduğunu bulmuştur.

Hatalar arasındaki k gecikmesindeki çapraz korelasyonlar,

$$\delta_{uv}(k) = \frac{\sum u_{t-k} v_t}{\sqrt{\sum u_t^2 \sum v_t^2}} \quad -\infty < k < \infty \quad [3.75]$$

şeklinde ifade edilmektedir. Uygulamada  $\delta_{uv}(k)$ 'nin tahmini olarak örnek çapraz korelasyon katsayısı  $r_{uv}(k)$  kullanılmaktadır.

Nedensel yapının araştırılması için farklı gecikmelerdeki çapraz otokorelasyonlar üzerinde bazı koşullar öne sürülmüştür. Tek değişkenli hataların çapraz korelasyonları üzerindeki bu koşullar veya kısıtlamalar aşağıdaki Çizelge 3.1'de görülmektedir (26).

Çizelge 3.1. Nedensel ilişkilere ilişkin çapraz korelasyonlar üzerindeki kısıtlamalar

Koşul	<i>Nedensel İlişki</i>	<i>Çapraz Korelasyon</i>	<i>Kısıtlama</i>	
(1)	X, Y'ye neden olur.	$r_{uv}(k) \neq 0$	$\exists k > 0$ için	
(2)	X, Y'ye anlık olarak neden olur.	$r_{uv}(k) \neq 0$	$k = 0$ için	
(3)	Y, X'e neden olur.	$r_{uv}(k) \neq 0$	$\exists k < 0$ için	
(4)	Y, X'e anlık olarak neden olur.	$r_{uv}(k) \neq 0$	$k = 0$ için	
(5)	X ile Y arasında geribildirim vardır.	$r_{uv}(k) \neq 0$	$\exists k > 0$ için	
			$\exists k < 0$ için	
(6)	X, Y'ye neden olur, fakat anlık nedensellik yoktur.	$r_{uv}(k) \neq 0$	$\exists k > 0$ için	
		$r_{uv}(k) = 0$	$k = 0$ için	
(7)	Y, X'e neden olmaz, fakat anlık nedensellik vardır.	$r_{uv}(k) = 0$	$\forall k < 0$ için	
(8)	Y, X'e kesinlikle neden olmaz.	$r_{uv}(k) = 0$	$\forall k \leq 0$ için	
(9)	X' den Y'ye doğru tek yönlü nedensellik vardır.	$r_{uv}(k) \neq 0$	$\exists k > 0$ için	
			$r_{uv}(k) = 0$	$\forall k < 0$ için
			$r_{uv}(k) = 0$	$\forall k \leq 0$ için
(10)	X ile Y arasında sadece anlık nedensellik vardır.	$r_{uv}(k) = 0$	$\forall k < 0$ için	
(11)	X ile Y arasında tek yönlü anlık nedensellik vardır.	$r_{uv}(k) = 0$	$\forall k \neq 0$ için	
		$r_{uv}(k) \neq 0$	$k = 0$ için	
(12)	X ile Y arasında bağımsızlık vardır.	$r_{uv}(k) = 0$	$\forall k$ 'lar için	

Çizelge 3.1'de görüleceği gibi, sıfır gecikmesindeki çapraz korelasyon anlık nedenselliğin varlığının veya yokluğunun bir göstergesidir. Bunun yanı sıra, sadece bazı (en az bir)  $\exists k > 0$  için  $r_{uv}(k) \neq 0$  olması durumunda “X’in Y’ye neden olduğu” ve bazı  $k < 0$  için  $r_{uv}(k) \neq 0$  olması durumunda ise “Y’nin X’e neden olduğu” söylenebilir. Diğer bir ifadeyle, pozitif gecikmeli otokorelasyon katsayılarından bazılarının sıfırdan farklı olması X’in Y’ye neden olduğunu belirtirken, negatif otokorelasyon katsayılarından bazılarının sıfırdan farklı olması Y’nin X’e neden olduğunu belirtmektedir. Bu durumlara eşdeğer biçim aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

i)  $r_{uv}(k) \neq 0$  ,  $\exists k > 0$  (X, Y'nin nedeni)

ii)  $r_{uv}(k) \neq 0$  ,  $\exists k < 0$  (Y, X'in nedeni)

iii)  $r_{uv}(k) \neq 0$  (anlık nedensellik)

Bunların yanı sıra, sıfır gecikmesindeki çapraz otokorelasyon katsayısının sıfırdan farklı olması durumunda anlık nedensellik, ayrıca bazı pozitif ve bazı negatif gecikmelerdeki katsayıların sıfırdan farklı olması durumunda ise geribildirim söz konusudur.

Haugh nedensellik için ikinci yaklaşım olan hatalar arasındaki regresyon çözümlemesi yaklaşımında da iki aşama söz konusudur. Birinci aşama, kovaryans durağan  $X_t$  ve  $Y_t$  gibi iki dizinin her birine tek değişkenli ARIMA modellerini uydurmak, ikinci aşama ise uydurulan her iki model yardımıyla değişkenleri filtreleyerek, beyaz gürültü durumuna getirilen  $u_t$  ve  $v_t$  hatalarının birbirleri üzerinde regresyon çözümlemelerini irdelemektir (Burada  $u_t$  ve  $v_t$  hata dizileri arasındaki çapraz korelasyon katsayılarından hareketle,  $u_t$ 'nin  $v_t$  üzerindeki veya  $v_t$ 'nin  $u_t$  üzerindeki regresyonda yer alan katsayılara (ağırlıklara) ulaşmak mümkündür).

Haugh nedensellik testinde S ile gösterilen istatistik kullanılmaktadır.  $r_{uv}(k)$ 'nin asimptotik varyansı olarak  $1/n$  kullanılarak S istatistiği,

$$S_m = n \sum_{k=-m}^m r_{uv}^2(k) \quad [3.76]$$

şeklinde formüle edilmektedir. Bu istatistik  $2m+1$  serbestlik derecesi ile Ki-kare dağılımlı olup iki hata dizisinin bağımsızlığının test edilmesinde kullanılır (9).

### 3.3.4. Nedensellik testlerine genel bakış

Granger, Sims ve Haugh nedensellik testlerine ilişkin bazı eleştiri ve öneriler yeni yaklaşımlar ile bazı yazarlar tarafından verilmektedir. Öncelikle Granger nedenselliğe yapılan en büyük eleştiri, gecikme genişliğinin, bütün değişkenler için aynı ve keyfi olarak belirlenmesidir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak amacıyla, Hsiao, nedenselliğe ilişkin Granger'in tanımını kullanarak, Eş. 3.65'deki iki değişkenli otoregresif modeli;

$$Y_t^* = \sum_{i=1}^p a_i Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^q b_i X_{t-i}^* + u_{1t} \quad X_t^* = \sum_{i=1}^r c_i X_{t-i}^* + \sum_{i=1}^s d_i Y_{t-i}^* + u_{2t} \quad [3.77]$$

şeklinde yeniden düzenlemiştir. Bu modelin Granger nedensellik modelinden farkı, dağılımlı gecikme genişliğinin her değişken için farklı ve objektif olarak belirlenmesidir. Hsiao, dağılımlı gecikme genişliğinin doğru ve yeterince yüksek dereceden seçilmesi durumunda, her bir denklemin bilinen EKK tahminlerinin etkin ve asimptotik olarak normal dağılacığını belirtmiştir (49).

Granger nedensellik testini temel alan Hsiao nedensellik testi, Akaike'nin son öngörü hatası (FPE) kriterine dayanmaktadır. FPE kriteri, çok değişkenli otoregresif süreçlerdeki her bir değişkenin dağılımlı gecikme genişliğinin belirlenmesinde kullanılır (Oysa Granger nedensellik testinde dağılımlı gecikme genişliği keyfi olarak belirlenmektedir). Hsiao nedensellik testinin bir diğer avantajı, %1 veya %5 anlamlılık düzeyinin seçimindeki keyfiliği ortadan kaldırmasıdır. Bu avantajların yanı sıra Hsiao testinin eleştirilen yanı ise dağılımlı gecikme genişliğinin büyük olması durumunda serbestlik derecesinin önemli ölçüde kaybolmasıdır. Bu durum Newbold tarafından ortaya konmuştur (51).

Sims nedensellik testi de bir çok yönden eleştirilmektedir. Test prosedürü,  $Y_t$ 'nin  $X_t$  üzerindeki iki taraflı regresyonundan elde edilen hatalardaki otokorelasyonu her zaman ortadan kaldıramayacağına işaret etmektedir (26). Sims nedensellik testinin iki temel sorunu oluşturduğu söylenebilir. Bunlardan birincisi, filtrenin beyaz gürültü

hatalarını üretmeyi başaramaması durumunda birinci dereceden pozitif otokorelasyonun söz konusu olacağı, ikicisi ise gecikme dağılımlarının önsel düzeltme kısıtlamalarına bağlı olması durumunda tahminin standart hatası üzerinde ters bir etki yaratabilmesidir (50). Sims'in filtresinin keyfi olması (Yani filtresinin verilerin yapısına göre belirlenmesi yerine bütün verilere aynı filtrenin belirlenmesi) elde edilen sonuçların filtre seçimine karşı oldukça duyarlı olmasına sebep olmaktadır. Bu durum Fiege-Pearce tarafından belirtilmiştir (47). Bu sorunu gidermek amacıyla, Geweke tarafından Eş. 3.74 denkleminde  $Y$ 'nin gecikmeli değerlerinin dâhil edilmesi önerilmiştir. Böylece tahmin edilen regresyon,

$$Y_t^* = \sum_{i=1}^r \gamma_i Y_{t-i}^* + \sum_{i=-p}^q \alpha_i X_{t-i}^* + u_t$$

$$X_t^* = \sum_{i=1}^p \delta_i X_{t-i}^* + \sum_{i=-r}^s \beta_i Y_{t-i}^* + v_t \quad [3.78]$$

şeklinde olur (53). Ancak burada da dağılımlı gecikme genişliği keyfi olarak seçilmektedir. Keyfi olarak seçilen bu değerlerin yüksek alınması durumunda da serbestlik derecesi kaybı sorunu ile karşılaşılabilir. Sims nedensellik testinde, hatalardaki otokorelasyonu azaltmak için, logaritmik değerler kullanılarak,  $(1-0,75B)^2$  dönüşümünün yapıldığı daha önce belirtilmiştir. Mehra, filtrede yer alan 0,75 değerinin keyfi olduğunu belirtmiş ve bu sakıncayı gidermek amacıyla, filtrenin  $\ln X_t - 2k \ln X_{t-1} + k^2 \ln X_{t-2}$  şeklinde kullanılmasının ve  $k$ 'nın 0 ile 1 arasındaki çeşitli değerlerinin dikkate alınmasının daha uygun olacağını önermiştir. Mehra'nın ikinci dereceden  $1-2kL+k^2L^2$  filtresindeki  $k$ 'nın uygun değerini seçmek amacıyla önerdiği bu yaklaşım, Eş. 3.72 ve Eş.3.73 deklemlerinden korelasyonsuz hata yapısını yaratmak için, aşağıdaki algoritmanın izlenmesini gerektirir (8):

- 1) İki yönlü  $(X_t^*, Y_t^*)$  ilişkisindeki değişkenler  $k=0,75$  olan söz konusu filtreden geçirilir. Gecikme yapısını tahmin etmek için filtrelenmiş değişkenlere bilinen EKK uygulanır,

- 2) Birinci adımdan elde edilen hataların kendi geçmiş değerleri üzerindeki regresyonu (otoregresyonu) kullanılarak bu hataların otoregresif özellikleri değerlendirilir,
- 3) Otoregresyonun tamamen korelasyonsuz otoregresif hata yapısını göstermesi durumunda, filtrenin uygun olduğuna yani  $k=0,75$  olduğuna karar verilir,
- 4) Otoregresyonun, otokorelasyon varlığını göstermesi durumunda ise,  $k$ 'nın değeri  $0 < k < 1$  aralığında değiştirilerek, ilk üç adım korelasyonsuz otoregresif hata yapısına ulaşıncaya kadar tekrarlanır.

Mehra,  $k$ 'nın çeşitli değerleri için bu sürecin tekrarlanması durumunda, bilinen EKK tekniği ile elde edilen hataların otokorelasyonsuz bir yapıya sahip olacağını belirtmektedir.

Sims ve Granger nedensellik testi üzerine yapılan bu değerlendirmeler dikkate alındığında, bazı yazarların Granger testinin Sims testine eşdeğer olmadığını kanıtlamasına rağmen her iki testin de üstün olduğu söylenebilmektedir (53).

Haugh nedensellik testinin, ya çapraz korelasyon çözümlemesi ile ya da regresyon çözümlemesi ile yapıldığı ve her iki çözümlemede de uygun olarak seçilen ARIMA modellerinden elde edilen hataların dikkate alındığı daha önce belirtilmişti. Günümüzde zaman dizileri çözümlemesinde meydana gelen gelişmeler sayesinde, zaman dizileri modellerine olan ilgi artmış olsa da uygun olarak belirlenmeyen ARIMA modelinin güvenilir olmaması nedensel ilişkinin güvenilirliğine yansiyacaktır. Bu sebeple, Haugh nedensellik testinin ARIMA modelleri ile kullanılmasıyla beraber, söz konusu nedensellik test sonuçlarının Granger nedensellik test sonuçları kadar güvenilir olmadığı belirtilmektedir.

Ayrıca Haugh'un iki kovaryans durağan zaman dizisi arasındaki nedenselliğin araştırılması için geliştirdiği yaklaşımın, filtrelenmiş veriler üzerinde hem regresyon çözümlemesinden hem de çapraz korelasyon çözümlemesinden yararlanılması,

benzer olarak beyaz gürültülü  $X_t^*$  ve  $Y_t^*$  üzerinde ayrı filtrelerin kullanılması ve belirli zaman dizisi gerçekleşmesinden bu filtrelerin ampirik olarak belirlenmesi noktalarında üstün olduğu söylenmektedir (26).

#### 4. TÜRKİYE’DE ÇOCUK SUÇLULARI VERİSİ İLE BAZI EKONOMİK GÖSTERGELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN GRANGER NEDENSELLİK TESTLERİYLE BELİRLENMESİ

##### 4.1. Çocukla İlgili Suç Kavramları ve Onları Suç İşlemeye Yönelten Faktörler

###### 4.1.1. Bazı kavram ve tanımlar

###### Çocuk

Çocukluk, kullanıldığı bilim alanına göre farklı yaşam yıllarını kapsamakla beraber hukuki açıdan Çocuk Mahkemelerinin Kuruluşu, Görev ve Yargılama Usulleri Hakkındaki Kanunun 6 ncı maddesine göre “çocuk” sözcüğüyle henüz reşit olmamış ergenler ya da daha erken yaşta ergin olsa bile 11-18 yaş grubu kastedilmektedir.

###### Suçluluk

Suçluluk, kişiyi toplum halinde yaşayan öteki bireylerin karşısına çıkaran bir çatışmanın ürünüdür. Ceza Hukuku’nun verdiği tanıma göre, “Suç”, yasanın cezalandırdığı harekettir. Bu tanımın ışığında, “Ceza Yasası’na göre, suça neden olan bir kabahat işlemiş birey”, “Suçlu” olarak açıklanır. Ancak, çok basit olan bu hukuki tanım birbirinden farklı olguları kapsar. Örneğin, biletini ödmeden otobüste yolculuk eden de, hırsızlık sırasında iki üç kişiyi öldüren de suçludur.

Lowrey’e göre, “Suçluluk” bireyle çevresi arasında karşılıklı etki ve tepkilerin sonucunda oluşur; bu da, bireyde bazı özel kişilik durumlarının oluşmasına neden olur. English, suçluluğu, hukuki ya da ahlaki kuralların bozulması olarak tanımlar. Seligman ve Johnson ise, küçük ya da büyük bir sosyal grubun üyeleri tarafından iyi ve yararlı diye kabul edilmiş bulunan inançların, geleneklerin, adet ve törelerin, kurumların dayandıkları kurallara aykırı olarak işlenmiş bulunan anti-sosyal bir davranışa, suçluluk adını verirler (55).

## Kriminoloji

Çağımızda, suç ve ceza, suçlunun yeniden topluma kazandırması, suçun engellenmesi gibi konuları inceleyen bilim dalına “Kriminoloji” denir.

Sosyal toplumlarda, istenmeyen bir takım hareketlerin suç olarak belirlenmesine karşılık, bazı kimselerin bu tür suçları yapmaları sonucunda toplum bu duruma, cezalandırma, iyi etme ya da engelleme gibi yollarla tepkide bulunur. Söz konusu bu karşılıklı ilişkiler Kriminolojinin ana maddesini oluşturur (56).

## Çocuk Suçluluğu

Küçük yaşlarda tüm çocuklar ufak tefek suçlar işlerler. Hatta bazı uzmanlara göre, her çocuk kendisini yenebilecek suçluluk dürtülerine sahiptir. Aslında suçluluk kategorisine girdiği halde, önemsiz sayılan küçük suçları işlemeyen hiç kimse yoktur. Ancak bu, çocukların gelecekte de suç işleyecekleri, suçlu olacakları anlamına gelmez. Gelişim süreci içinde çocukların büyük bir bölümü toplumsallaşmada ve çevreye uyumda denge sağlayacaklardır.

Çocuklar, hangi kurallara neden uyulacağını yeterince algılayamazlar, toplumsallaşma süreci tamamlanmamıştır. Çoğunlukla yetişkinler, onlara uyulacak kuralları nedenleri ile anlatmazlar.

Ergenlik döneminde ise, suça yönelten etkenler, hızlı bir bedensel ve ruhsal değişimden, kalıtımsal nedenlerden, zeka potansiyelinin sınırlılığında kaynaklanacağı gibi, çocukluk evresine dek uzanan yanlış eğitim ve yetersiz sevgi kökenli de olabilir. Öte yandan, değişen değer yargıları, ahlak kurallarının yarattığı karmaşa, hızlı ve düzensiz kentleşme ve sanayileşme, göçler, ekonomik bunalımlar gibi sosyo-ekonomik kaynaklı nedenler de ergeni suça iten etkenler arasında sayılabilir.

Ayrıca, savaşın getirdiği yıkım, ergenleri suça iten önemli bir etkidir. Birinci ve İkinci Dünya Savaşlarını izleyen yıllardaki çocuk suçluluğu oranlarının, tüm dünya ülkelerinde gösterdiği artış bunu kanıtlamaktadır. Ülkemizde, DİE yayınlarına bakıldığında, Türkiye'nin savaşa girmemiş olmasına karşılık, 21 yaşından küçük olan suçlu oranının, özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana hızlı bir artış gösterdiği dikkat çekmektedir.

Çocuk suçluluğunu, yetişkinlik döneminde işlenen suçtan ayırt eden en önemli özellik, bu dönemin gelişiminde “problemliliğe” ya da “geçiş evresi” olarak adlandırılan ergenlik dönemine rastlamasıdır. Ergenlik dönemi çocukluktan yetişkinliğe geçiş dönemidir. Bu dönemde ergen, ailesinin istek ve yasaklamalarına ısrarla karşı koyar. Yeterince olgunlaşmamış olmanın sonucu, gençte belirgin bir dengesizlik olur. Bir yandan, ana babanın desteğine olan gereksinim öte yandan özgürlük arzusu gençte yeni çatışmaların doğmasına sebep olur. Böylesine kritik bir dönemdeki gencin işlediği suç bu dönemin özelliklerinden soyutlayarak ona alelâde bir suçlu gözüyle bakmak olanaksızdır (57).

#### **4.1.2. Suç işleyen çocukları etkileyen faktörler**

##### *Suçlulukta kalıtsal, fizyolojik ve zihinsel etkenler*

##### *Kalıtsal Hastalıklar*

Çocuğun anne ve babadan almış olduğu bütün normal özellikler gibi kalıtsal hastalıklar da genler aracılığı ile anne ve babadan çocuklara geçer. Doğuştan suçluluk kuramından hareket eden bilim adamlarına göre suçlu, anne-babası, yakın akrabası ya da çok uzak olan ilk dedelerinden geçen kalıtımla topluma ahlak duygularından yoksun olarak gönderilen bireydir. Burt, çalışmalarında; her çocuğun ailesinde kalıtım özelliği gösteren, aynı zamanda suçluluğa yönelten bir etken olarak karakteristik özelliklerini incelemiş ve bunları dört grupta toplamıştır:

- 1) Fizyolojik koşullar, genel olarak EPİLEPSİ, TÜBERKİLOZ, ROMATİZMA, HİPERTROİD gibi vakalarda doğan birçok hastalık türlerini kapsar. Bu koşullarla suçluluk arasında ilişki aralığında 100 suçlu akraba arasında 53 gibi yüksek bir oran bulunmuştur.
- 2) Zihinsel koşullar, zihinsel yeterlilik ya da doğuştan zeka geriliği gibi kalıtsal bir nedene bağlı olarak görülen durumları kapsar. 100 ailenin 35'inde rastlanan zihinsel yetersizliğin fizyolojik koşullara oranla daha küçük bir etki alanına sahip olduğu dikkatimizi çeker.
- 3) Bu grupta belirli bilinçsizlik halleri, mizaca ilişkin eksiklikler, nörotik ve psikolojik belirtileri kapsayan duygusal karışıklıklar yer alır. Bu koşulların suçlulukla ilişkisi, diğer etkenlere oranla daha yüksek olarak %42 bulunmuştur.
- 4) İntihar, alkolizm, cinsel düzensizlik, zor kullanma, zalimce davranışların yer aldığı ahlaka ilişkin bozuklukları kapsayan son grup ise en yüksek oranı oluşturur. 100 ailede 146 suçluluk vakasına rastlandığı saptanmıştır.

Sözü edilen bu etkenler, suçlu çocuk akrabaları arasında rastlanan temel kalıtsal koşullardır. Ancak, kalıtsal etkenlerin hepsinin suçluluk niteliğine sahip olmadığını belirtmek gerekir. Sonuç olarak, suçluluk; kendi başına kalıtım yoluyla geçmektedir. Suçlunun kalıtsal yapısı kendi başına en fazla dolaylı etkisi olan bir etken olabilir (55,58).

#### *Fizyolojik Etkenler*

Çocuk suçlarıyla ilgili çalışmalarda fizyolojik etkenlerin suçlu davranışlarına olan etkileri belirlemeye çalışılmıştır. Söz gelişi, beslenme yetersizliği suçluluk olgusunda bir etken olarak kabul edilebilir. Ancak bu öge, yoksulluk ve bedensel gereksinme ile son derece ilgilidir. Öte yandan, iç salgı bezlerinin işlevlerini yapmamaları durumunda özellikle hormon dengesizliğinin suçlular arasında son derece yaygın bir vaka olduğu saptanmıştır. Suçlu ile suçlu olmayan arasındaki biyolojik

farklılaşmalara dikkati çeken Lombroso fiziksel yapının, bireyin davranış ve etkinliğini yöneten başlıca etken olduğunu ileri sürmüştür. Lombroso'ya göre tipik bir suçlu vardır ve bu suçlunun ölçülebilen bir takım fizyolojik özellikleri bulunur. Lombroso'nun ilk gözlemleri, sonradan kendisini suçun nedenlerini açıklayan kavramını formüle etmeye yöneltmiştir. Şöyle ki;

- i) Suçlu, “ atavist ” (ilkele dönmüş, gelişimde geri gitmiş olan) bir yaratıktır. Bu nedenle hayvanda ve ilkel insanda varolan ilkel iç güdülere sahiptir.
- ii) İlkelliğe dönüşle tanımlanamayan pek çok suçluluk karakteristiği, hastalıklarla, özellikle Epilepsi ile açıklanabilir.
- iii) Bunların sonucu olarak denilebilir ki, suçlu aşağı kalite bir yaratıktır ve bu düşük kalite bedensel ve zihinsel anormalliklerle belirlenebilir (55).

Lombroso, “stigmata” sözcüğü ile tanımladığı bu anormalliklerin doğrudan doğruya suça neden olmadığını, fakat yozlaşmanın, geriye dönüşün bir belirtisi olduğunu söyler.

Bu anormalliklerin bazıları şunlardır: kubbe şekilli ve tepesi yassı baş, çıkıntılı kafatası, normalden daha küçük kafatası, çıkık elmacık kemikleri, geriye kaçmış alın, düz çene kemiği, goril tipi kollar, şekilsiz ayak ve el parmakları (58).

#### *Zihinsel etkenler*

Zeka geriliği, zihin yeteneklerinin eksik ya da yetersiz gelişmesi biçiminde tanımlanabilir. Zihinsel gerilik, gelişmenin gecikmesi, geri kalması ya da anormal bir gelişiminin ortaya çıkması durumudur. Zeka geriliği ya doğumla birlikte görülür ya da ilk çocukluk yılları içinde meydana gelen travma, enfeksiyon, beslenme bozukluğu ve diğer hastalıklar sonucu ortaya çıkar (59).

Yavuzer, Ankara, İzmir ve Elazığ illerinde %72,9'u köyden, %15'i kasabadan ve %12,1'i de kentten gelen 214 hükümlü genç üzerinde gerçekleştirdiği araştırmada, suçluluğun oluşumunda diğer etkenlerin yanında etkili olabileceğini düşündüğü zekâ faktörüyle suç arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

Buna göre; son 40 yılı aşkın bir süre içinde zekâ geriliğine, suçluluğu oluşturan tek önemli etken ya da birçok etkenden yalnızca biri gözüyle bakıldığı gibi suçlulukla zekâ arasında hiçbir ilişki bulunmadığını savunan görüşler de ortaya atılmıştır (55).

#### Kişilik özellikleri ve psikolojik etkenler

Kişilik, bireyi birey yapan bütün özelliklerin bir araya gelmesi ve bireyin toplumdaki durumu biçiminde tanımlanır (60).

Kişilik, fiziki ve sosyal çevreyle bunlar arasındaki ilişkilerle biçimlendirilir. Psikolog ve psikiyatrlar, başlangıç çalışmalarında kişilik özellik ve koşullarının suçluluğu olanaklı kılabileceğini görmüşlerdir. Onlara göre, kişiye yön verme açısından kazanılmış alışkanlıklar ve eğilimlerin etkisi kalıtım faktörlerine oranla daha yaygındır.

#### Sosyolojik etkenler

##### *Aile ve Suçluluk*

Çocuk suçluluğu ele alındığında, araştırmacılar; çocuğun kişiliğinin ruhsal ve psikososyal alandaki oluşum döneminde en ağır sorumluluğu aileye yüklemekte ve çocuktaki uyumsuzluğun ortaya çıkmasında, çocuğun gelişme çağında önlenemediği hatta buna neden olduğu gerekçesi ile ailesinin sorumlu tutulması gerektiğini savunmaktadır (61).

Yakın çevrenin kişi üzerinde olumsuz etki yaptığı durumlar, sevgi eksikliği ya da aşırı sevgi gösterileri ve toplumun kabul ettiği kuralları gerektiği gibi değerlendirememesidir (62).

Çocukların işlemiş oldukları suçlar ele alındığında ailenin de önemli derece de etkisi vardır. Bu etkilerden bazıları; anne ve babaların çocuklarına karşı takındıkları olumlu ve olumsuz tavırlar, ailede ceza ve disiplin anlayışı, aile içinde duygusal etkileşim ve istenmeyen çocuk olma durumu, bozuk aile düzeni ve parçalanmış aile, ailede kötü örnekler, ailenin öğrenim durumu, ailenin yapısı, ailenin sosyoekonomik durumu, ailede birey sayısı ve konut durumu, anneden ayrı kalma ve anne yoksunluğudur.

Sonuç olarak, bireye toplumsal değer hükümlerini kazandıran, ona ilk sosyal deneyim fırsatını veren aile ortamının gelişim sürecinde etkisi büyüktür. Ancak, aile ortamındaki duygusal ve toplumsal etkileşim yetersizliği ya da kötü modellerin bulunması, bu kurumun olumsuz bir etki kaynağı olmasına yol açar (62).

### *Okul ve Suçluluk*

Aile kurumunun yetersiz ya da eksik olması halinde bu eksikliği giderecek en güçlü toplumsal kurum “okul” dur. Eğitim ve öğretim süreci aynı zamanda insan için başarılı bir toplumsallaşmaya ulaşım sürecidir. Bunun doğal sonucu olarak okulun bu işlevini herhangi bir nedenle yerine getirememesi, bireyin başarısını, gelişimini, çevresine uyumunu ve ruh sağlığını olumsuz yönde etkileyecektir. İnsancıl bireyi geliştiren, yaşama hazırlayan eğitimin etkinliğine ve önemine karşılık, eksik, yetersiz, yanlış eğitim birçok sorunun kaynağı olabilir (63).

Bazı hallerde okul, çocukların gelişme ve uyum güçlüklerini çözmeye yardım edecekken, farkında olmadan güçlük artırıcı etkiler eklemektedir. Bunun bir sonucu olarak da okuldan kaçmak, hırsızlık vb. gibi sorun ve suçlar ortaya çıkmaktadır (62).

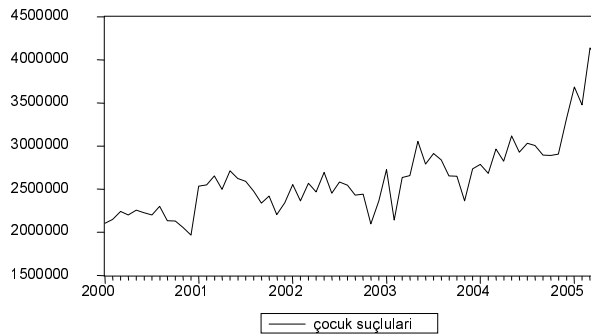
DİE'nin 1972 yılında yapmış olduğu ceza evindeki çocuk suçlularına ilişkin ankette, toplam suçların % 74.7'si ilkökul diplomasına sahipken yalnız % 2'si ortaokul diplomasına sahip olduğu bilgisine ulaşılmıştır (55).

## 4.2. Değişkenlere İlişkin Bilgiler

### Çocuk suçluları

Çocuk suçları, çocuktaki anti-sosyal eğilimlerin yasa müdahalesini gerektirecek duruma dönüşmesidir. Çocuğun gelişmesi devamlılık içeren dinamik bir süreçtir. Bu süreçte, çocuğun kendisinden kaynaklanan yetersizlikleri ile aile sorunları, yanlış eğitim, değişen değer ve ahlak kurallarının yarattığı karmaşa, hızlı kentleşme ve sanayileşme, göç ve ekonomik krizler, ilgi ve sevgi yoksunluğu gibi çevrenin getirdiği güçlükler çocuğu suçlu davranışta bulunmaya yöneltebilir (64).

Çocuk suçlularına ilişkin istatistikler aylık dönemler itibariyle yakın geçmişe dayanmaktadır. Türkiye genelinde çocuk suçluları istatistikleri şahsa ve mala karşı olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmanın çocuk suçlularına ilişkin test analizlerinde şahsa ve mala karşı suçları işleyen çocuk suçlularının toplam sayısı kullanılmıştır. Bu veri seti Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı Çocuk Suçları Şubeleri'nden elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Çocuk suçluları dizisi plotu

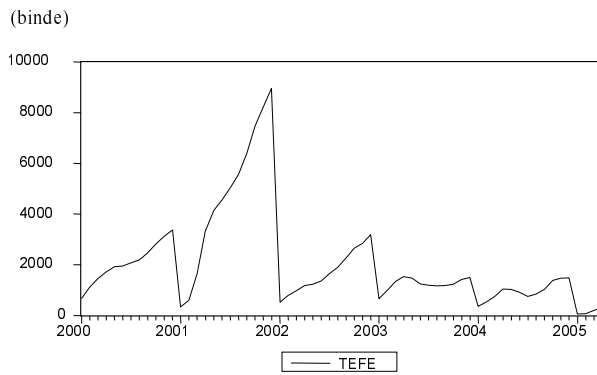
Şekil 4.1'e bakıldığında ortalamada durağan dışılığın olabileceği kuşkusu söz konusudur. Ancak dizinin gerçekten durağan olup olmadığının araştırılmasında genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi kullanılacaktır. Bundan sonra ihtiyaç varsa, gerekli fark dönüşümleri yapılacaktır.

### TEFE(ÜFE)

TEFE (ÜFE), paranın satın alma gücünde oluşan değişmelerin toptan eşya fiyatlarına dayandırılarak endekse tabi tutulmasıdır.

Toptan eşya fiyat endeksleri (TEFE) veya üretici fiyat endeksleri (ÜFE)'nde, temel oluşturacak veriler, genellikle toptancılık yapanlardan, imalatçılardan elde edilmektedir. Toptan eşya fiyat endeksleri çoğu ülkede "genel fiyat endeksi" olarak kullanılmaktadır (65).

Türkiye'de toptan eşya fiyat endeksi, "Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü" tarafından hazırlanmaktadır. Bu endekste temel yıl olarak 1981 yılı alınmaktadır (66). Uygulamada kullanılacak olan TEFE aylık değişim oranına ilişkin istatistikler Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı web sitesinden alınmıştır (67).



Şekil 4.2. TEFE için aylık değişim oranları dizisinin plotu

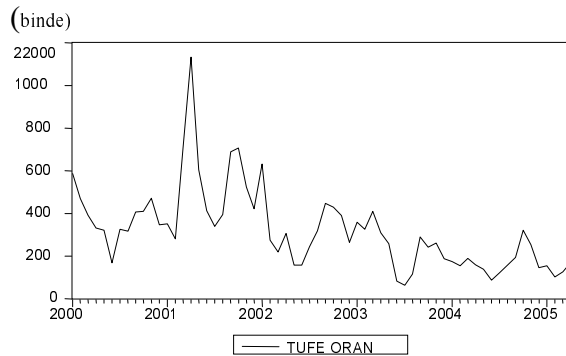
Şekil 4.2'deki TEFE dizisine bakıldığında, ortalamada ve varyansta durağan dışılığın varlığına rastlanılmaktadır. Öncelikle dizinin durağanlaştırılması gerekmektedir. Bu sebeple, diziyi varyansta durağanlaştırmak için logaritmik dönüşüm uygulanırken

ortalamada durağan olup olmadığının araştırılmasında genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi kullanılacaktır.

### TÜFE

Tüketiciler tarafından geniş ölçüde kullanılan malların genel fiyat seviyelerindeki değişimleri gösteren endekstir. Bu tür endekslerin düzenlenmesinde, tüketicilerin harcamalarını tahsis ettikleri temel malların ve her bir mal grubunun toplam harcama içindeki ağırlıklarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Tüketici harcamalarının büyük bir kısmını oluşturan herhangi bir mal grubuna endeks içinde düşük bir ağırlık verilmesi, bu mal grubunun fiyatlarındaki değişimlerin endekse daha küçük oranda yansımaya yol açabilecek ve dolayısıyla, endeks rakamları, fiyatlar genel düzeyindeki gerçek artışları yansıtmaktan uzak olabilecektir. Tüketici endekslerinin hesaplanmasında dikkate alınan başlıca temel ihtiyaç maddeleri; gıda, konut, yakacak, giyim, eğlence gruplarıdır (65).

Türkiye’de tüketici endeksleri; geçinme endeksi, perakende fiyat endeksi, tüketici fiyatları endeksi isimleri altında, belirli dönemlerde Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından düzenlenmektedir (66). Uygulamada kullanılacak olan TÜFE (Tüketici Fiyat Endeksi) aylık değişim oranına ilişkin istatistikler Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı web sitesinden alınmıştır (67).

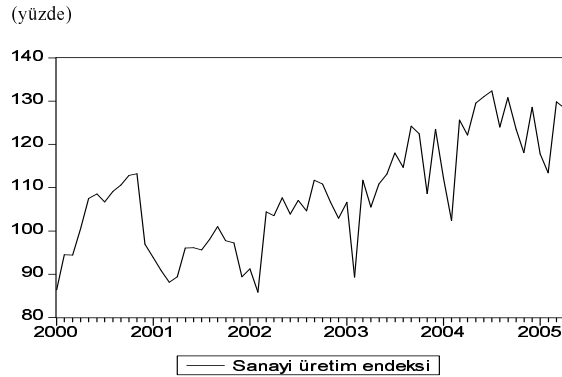


Şekil 4.3. TÜFE için aylık değişim oranları dizisinin plotu

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi, dizi ortalamada ve varyansta durağan dışılık kuşkusu taşımaktadır. Bu nedenle, diziyi varyansta durağanlaştırmak için logaritmik dönüşüm uygulanırken, ortalamada durağan olup olmadığının araştırılmasında genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi kullanılacaktır. ADF testi sonucunda belirlenen dereceden ortalamada fark alma işlemi uygulanacaktır.

### Sanayi üretim endeksi

Uygulamada kullanılacak olan sanayi üretim endeksi Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından hesaplanmakta olup, endeksin bir önceki yılın aynı ayına göre yüzde değişim istatistikleri T.C. Merkez Bankası web sitesinden alınmıştır (66,68).



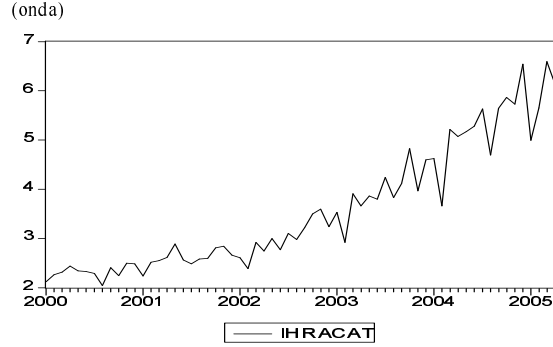
Şekil 4.4. Sanayi Üretim Endeksi değişim oranları dizisi plotu

Şekil 4.4'den anlaşılacağı gibi, dizide ortalamada durağan dışılığa rastlanılmaktadır. Dizinin ortalamada durağan olup olmadığının daha detaylı olarak araştırılmasında genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi kullanılacaktır. ADF testi sonucunda belirlenen ortalamada fark alma işlemi uygulanacaktır.

### İhracat

Ülkede bir kişi veya bir firma tarafından üretilen bir malın yabancı ülkelere satılmasıdır. Bir ülkenin ekonomik gücü ithalata karşı ihracatın büyüklüğüne göre belirlenir (65). Uygulamada kullanılacak olan bir önceki yılın aynı ayına ilişkin

İhracattaki yüzde değişimi gösteren istatistikler, T.C. Merkez Bankası web sitesinden alınmıştır (68).

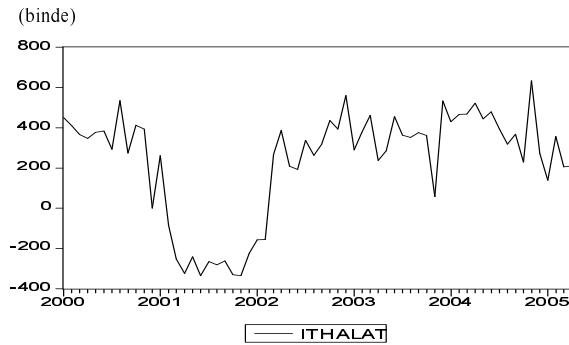


Şekil 4.5. İhracat değişim oranları dizisi plotu

Şekil 4.5'e bakıldığında, dizide ortalamada ve varyansta durağan dışılığa rastlanılmaktadır. Diziyi varyansta durağanlaştırmak için logaritmik dönüşüm uygulanırken hangi dereceden ortalamada durağan dışılığın olduğunu araştırmada ADF birim kök testi kullanılacaktır. Test sonucunda belirlenecek ortalamada fark alma derecesi uygulanacaktır.

### İthalat

Herhangi bir yabancı ülkede bir kişi veya bir firma tarafından üretilen malın satın alınmasıdır (65). Uygulamada kullanılacak olan bir önceki yılın aynı ayına ilişkin ithalattaki yüzde değişimi gösteren istatistikler, T.C. Merkez Bankası web sitesinden alınmıştır (68).

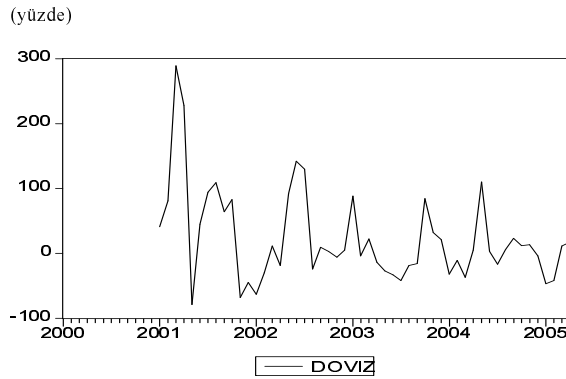


Şekil 4.6. İthalat değişim oranı dizisinin plotu

Şekil 4.6'ya bakıldığında ortalamada durağan dışılığın varlığından kuşku duyulmaktadır. Bunun incelenmesi için genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi kullanılacak ve gerekli fark dönüşümleri yapılacaktır.

### Döviz

Yabancı bir ülkede ödeme sırasında geçerli olan her türlü bono, çek, kredi mektubu, poliçe, havale gibi her türlü değerli kağıda verilen addır. Nakit olan yabancı paralara "efektif döviz" de denmektedir (65). Ülkemizdeki en çok kullanılan iki döviz türünden biri Euro olduğu düşünülerek uygulama verisi olarak kullanılmıştır. Uygulamada kullanılacak olan döviz verisine ilişkin istatistikler T.C. Merkez Bankası web sitesinden alınmıştır (68). Bir önceki yılın aynı ayına göre Eurodaki yüzde değişimi gösteren dizinin plotu aşağıda verilmiştir.

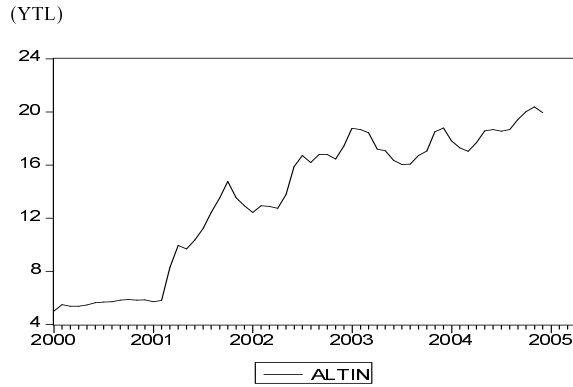


Şekil 4.7. Döviz (Euro) değişim oranları dizisinin plotu

Şekil 4.7'ye bakıldığında ortalamada durağanlık özelliğine sahip gibi görünse de dizinin gerçekten durağan olup olmadığının araştırılmasında genişletilmiş ADF birim kök testi kullanılacak, ihtiyaç varsa gerekli fark dönüşümleri yapılacaktır.

### Altın

Uygulamada kullanılacak olan altın verisi, aylık ortalama altın fiyatları (TL/gr) olup, söz konusu istatistikler İstanbul Altın Borsası (İAB) web sitesinden alınmıştır (69).



Şekil 4.8. İAB aylık ortalama altın fiyatları dizisi plotu

Şekil 4.8'e bakıldığında ortalamada durağan dışılığın varlığı görülmektedir. Buna rağmen dizinin gerçekten durağan olup olmadığını ve hangi dereceden durağan dışılığın söz konusu olduğunu araştırmak için genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi kullanılacaktır. Bu test sonucuna göre uygun fark dönüşümleri yapılacaktır.

### 4.3. Uygulama

Bu çalışmada, yukarıda tanımlanan değişkenlere ait zaman dizileri kullanılarak, çocuk suçluları ile bazı ekonomik değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Granger nedensellik yöntemi ile araştırılacaktır. Çocuk suçluları; Ocak 2000 ile Nisan 2005 tarihleri arasında aylık veri olarak Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı Çocuk Suçları Şubesi'nden elde edilmiştir. Ekonomik değişkenlerden; Toptan Eşya Fiyat Endeksi (TEFE), Toptan Üretim Fiyat Endeksi (TÜFE), Sanayi Üretim Endeksi, İhracat ve İthalat istatistikleri Ocak 2000 ile Nisan 2005 tarihleri arasında alınırken bir önceki yılın aynı ayına göre yüzde değişim istatistikleri Ocak 2001 ile Nisan 2005 tarihleri arasında ve altın istatistikleri Ocak 2001 ile Aralık 2004 tarihleri arasında aylık veri olarak Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), Merkez Bankası ve İstanbul Altın Borsası (İAB) veri tabanlarından elde edilmiştir.

Dizilere ilişkin yukarıda verilen grafiklerden elde edilen kabaca çıkarıma göre, ekonomik verilerin genellikle durağan olmayan bir yapıya sahip oldukları ifade

edilmiştir. Ancak Granger nedensellik testinin ön koşulu olarak değişkenlerin durağanlık özelliğine sahip olup olmadığının belirlenmesi ve ihtiyaç durumunda gerekli dönüşümlerin yapılması olduğundan tüm değişkenlerin Geliştirilmiş Dickey Fuller (ADF) testi ile durağanlığı araştırılacaktır. Fakat daha önce de ifade edildiği gibi, öncelikle varyansta durağanlaştırma işlemi yapılarak verilerin logaritmaları alınacaktır. Yapılan varyans durağanlaştırma dönüşümlerinden sonra; çocuk suçluları, sanayi üretim endeksi, ithalat, altın ve döviz dizileri üzerinde logaritmik dönüşümün önemli bir etki oluşturmaması sebebiyle ADF testleri, bu verilerin logaritmalarının alınmasına gerek görülmeden yapılacaktır.

ADF testleri, uygulamadaki tüm diziler için hem AIC hem de SCB ölçütüne göre yapılarak, sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.1. AIC ölçütüne göre dizilerin düzeydeki ADF test sonuçları

Seriler	Gecikme	ADF Test İst.	Kritik Değer 0,01	Kritik Değer 0,05
Çocuk Suçluları	13	0,3946	-4,1498	-3,5005
TEFE	13	-3,0821	-4,1498	-3,5005
TÜFE	6	-3,2828	-4,1249	-3,4889
Sanayi Üretim Endeksi	12	-3,6064	-4,1458	-3,4987**
İhracat	11	-1,3904	-4,1420	-3,4969
İthalat	15	-1,113171	-4,1584	-3,5045
Döviz	16	-1,2710	-4,2412	-3,5426
Altın	1	-2,2030	-4,1219	-3,4875

\* 0.01 anlamlılık düzeyinde durağandır.

\*\* 0.05 anlamlılık düzeyinde durağandır.

AIC ölçütüne göre dizilerin düzeydeki ADF test sonuçlarını gösteren yukarıdaki Çizelge 4.1'e bakıldığında, sadece Sanayi Üretim Endeksi dizisinin 0,05 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu söylenebilir. Ancak, 0,01 anlamlılık düzeyinde durağan olmadığından diziler için birinci fark düzeyinde ADF testi yapılmış ve bu sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.2. AIC ölçütüne göre dizilerin birinci fark düzeydeki ADF test sonuçları

Seriler	Gecikme	ADF Test İst.	Kritik Değer 0,01	Kritik Değer 0,05
Çocuk Suçluları	11	-0,1691	-3,5625	-2,9190
TEFE	12	-2,1102	-3,5653	-2,9202
TÜFE	4	-6,3195	-3,5457*	-2,9118**
Sanayi Üretim Endeksi	14	-2,2658	-3,5712	-2,9228
İhracat	13	-1,2191	-3,5682	-2,9215
İthalat	14	-3,9591	-3,5713*	-2,9228**
Döviz	16	-2,6352	-3,6353	-2,9499
Altın	1	-5,4758	-3,5478*	-2,9127**

\* 0.01 anlamlılık düzeyinde durağandır.

\*\* 0.05 anlamlılık düzeyinde durağandır.

AIC ölçütüne göre dizilerin birinci fark düzeydeki ADF test sonuçlarını gösteren yukarıdaki Çizelge 4.2'ye bakıldığında, TÜFE, İthalat ve Altın değişkenlerinin hem 0,01 hem de 0,05 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu söylenebilir. Bu yüzden durağan olmayan diziler için ikinci fark düzeyinde ADF testi yapılmış ve bu sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

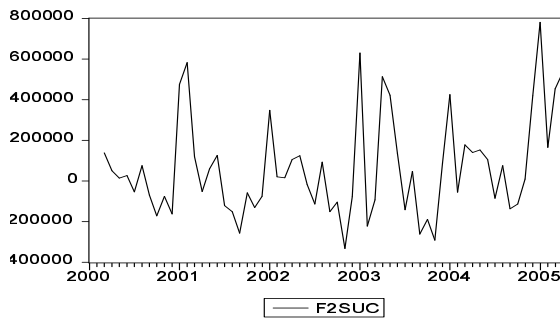
Çizelge 4.3. AIC ölçütüne göre dizilerin ikinci fark düzeydeki ADF test sonuçları

Değişkenler	Gecikme	ADF Test İst.	Kritik Değer 0,01	Kritik Değer 0,05
Çocuk Suçluları	10	-6,9647	-3,5625*	-2,9190**
TEFE	10	-9,6943	-3,5625*	-2,9190**
TÜFE	-	-	-	-
Sanayi Üretim Endeksi	10	-7,5935	-3,5625*	-2,9190**
İhracat	12	-5,2471	-3,5682*	-2,9215**
İthalat	-	-	-	-
Döviz	15	-3,7095	-3,6353*	-2,9499**
Altın	-	-	-	-

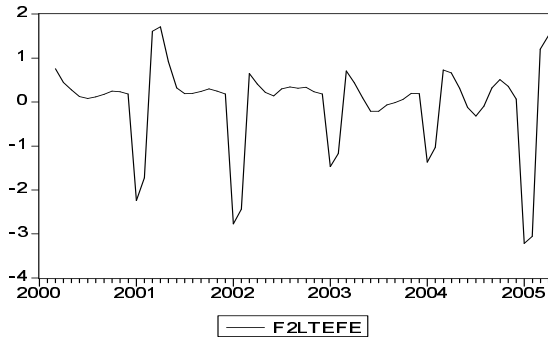
\* 0.01 anlamlılık düzeyinde durağandır.

\*\* 0.05 anlamlılık düzeyinde durağandır.

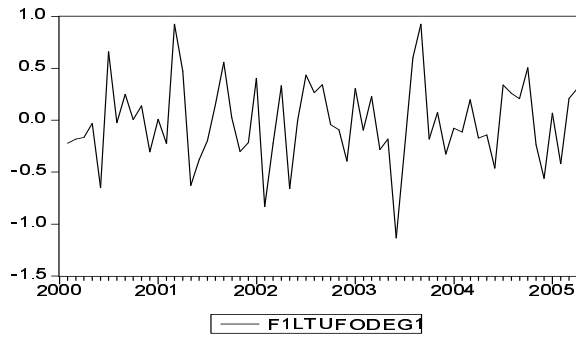
AIC ölçütü baz alınarak yapılan ADF test sonuçları yukarıdaki çizelgelerde verilmiştir. Bu sonuçlara göre, dizilerin durağan hale gelebilmeleri için Çocuk Suçluları, TEFE, Sanayi Üretim Endeksi, İhracat ve Döviz dizilerinin ikinci dereceden farklarının alınması gerekmektedir. Durağanlaştırılan dizilerin plotları aşağıda verilmiştir.



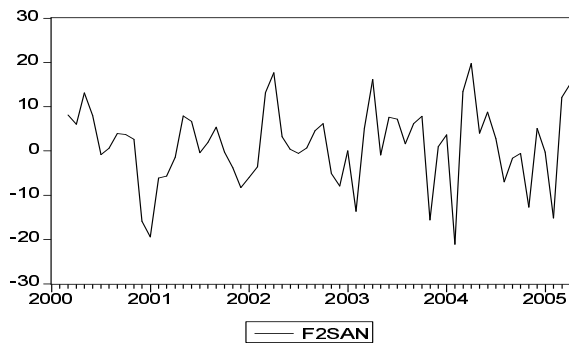
Şekil 4.9. Çocuk suçluları dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



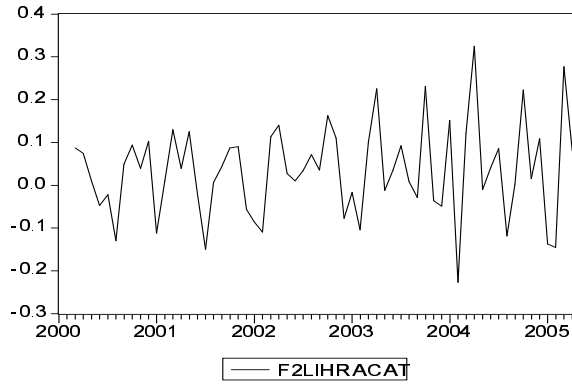
Şekil 4.10. TEFE dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



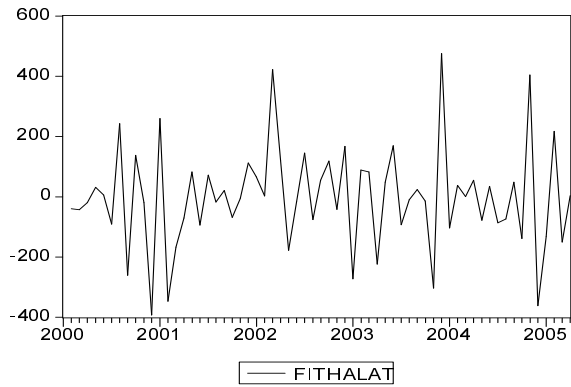
Şekil 4.11. TÜFE dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



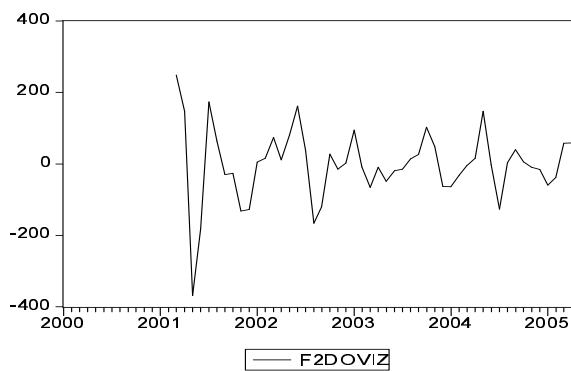
Şekil 4.12. Sanayi üretim endeksi dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



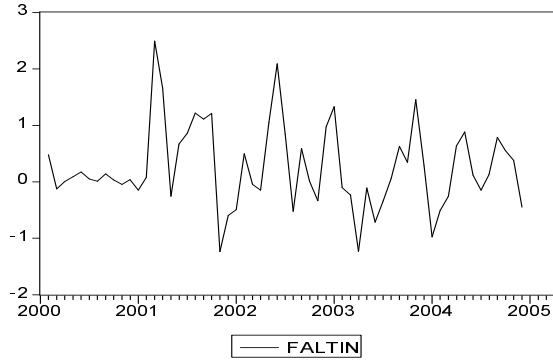
Şekil 4.13. İhracat dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



Şekil 4.14. İthalat dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



Şekil 4.15. Döviz dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



Şekil 4.16. Altın dizisinin AIC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu

AIC ölçütüne dikkate alınarak elde edilen yukarıdaki çizelgelere ve durağanlaştırılmış dizilerin plotlarına bakıldığında; Çocuk Suçluları dizisinin ikinci dereceden farkı, TEFE dizisinin logaritmik dönüşümü ve ikinci dereceden farkı, TÜFE dizisinin logaritmik dönüşümü ve birinci dereceden farkı, Sanayi Üretim Endeksi dizisinin ikinci dereceden farkı, İhracat değişkeninin logaritmik dönüşümü ve ikinci dereceden farkı, İthalat dizisinin birinci dereceden farkı, Döviz dizisinin ikinci dereceden farkı ve Altın dizisinin birinci dereceden farkı alınması gerektiği saptanmıştır. Böylece, Granger nedensellik testinin yapılması için gerekli olan durağanlık koşulu sağlanabilmektedir.

Şimdi, AIC ölçütüne göre yapılan ADF testleri ve durağanlaştırma işlemleri aynı koşullar altında SBC ölçütü dikkate alınarak yapılacaktır. SBC ölçütüne göre dizilerin ADF test sonuçlarını aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

SBC ölçütüne göre dizilerin düzeydeki ADF test sonuçlarını gösteren aşağıdaki Çizelge 4.4'e bakıldığında, TÜFE ve Döviz dizilerinin hem 0.01 hem de 0.05 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu, Sanayi Üretim Endeksi dizisinin de 0.05 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu söylenebilir. Bu yüzden durağan olmayan diziler için birinci fark düzeyinde ADF testi yapılmış ve bu sonuçlar Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. SBC ölçütüne göre dizilerin düzeydeki ADF test sonuçları

Seriler	Gecikme	ADF Test İst.	Kritik Değer 0,01	Kritik Değer 0,05
Çocuk Suçluları	1	-0,9109	-4,1109	-3,1824
TEFE	12	-3,3245	-4,1458	-3,4987
TÜFE	1	-4,4598	-4,1109*	-3,4824**
Sanayi Üretim Endeksi	12	-3,6064	-4,1458	-3,4987**
İhracat	5	-2,0232	-4,1219	-3,4875
İthalat	1	-2,0267	-4,1109	-3,4824
Döviz	7	-4,3216	-4,1781*	-3,5136**
Altın	1	-2,2030	-4,1219	-3,4875

\* 0.01 anlamlılık düzeyinde durağandır.

\*\* 0.05 anlamlılık düzeyinde durağandır.

SBC ölçütüne göre dizilerin birinci fark düzeydeki ADF test sonuçlarını gösteren aşağıdaki Çizelge 4.5'e bakıldığında, Çocuk Suçluları, İthalat ve Altın dizilerinin hem 0.01 hem de 0.05 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu, İhracat dizisinin ise 0,05 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu söylenebilir. Bu yüzden durağan olmayan diziler için ikinci fark düzeyinde ADF testi yapılmış ve bu sonuçlar aşağıdaki Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. SBC ölçütüne göre dizilerin birinci düzeydeki ADF test sonuçları

Seriler	Gecikme	ADF Test İst.	Kritik Değer 0,01	Kritik Değer 0,05
Çocuk Suçluları	1	-6,0386	-3,5398*	-2,9092**
TEFE	11	-1,6543	-3,5625	-2,9190
TÜFE	-	-	-	-
Sanayi Üretim Endeksi	11	-1,7384	-3,5625	-2,9190
İhracat	6	-3,1614	-3,5101	-2,9137**
İthalat	1	-7,9885	-3,5398*	-2,9092**
Döviz	-	-	-	-
Altın	1	-5,4758	-3,5478*	-2,9127**

\* 0.01 anlamlılık düzeyinde durağandır.

\*\* 0.05 anlamlılık düzeyinde durağandır.

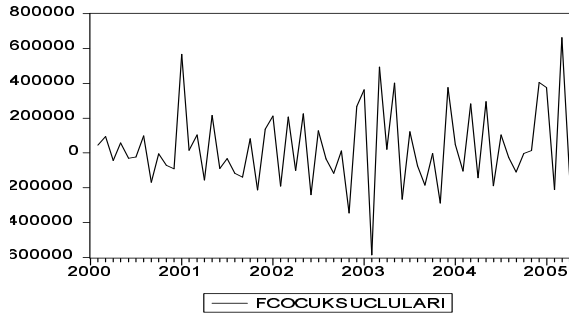
Çizelge 4.6. SBC ölçütüne göre dizilerin ikinci düzeydeki ADF test sonuçları

Değişkenler	Gecikme	ADF Test İst.	Kritik Değer 0,01	Kritik Değer 0,05
Çocuk Suçluları	-	-	-	-
TEFE	10	-9,6943	--3,5625*	-2,9190**
TÜFE	-	-	-	-
Sanayi Üretim Endeksi	10	-7,5935	-3,5625*	-2,9190**
İhracat	5	-10,1033	-3,5501*	-2,9137**
İthalat	-	-	-	-
Döviz	-	-	-	-
Altın	-	-	-	-

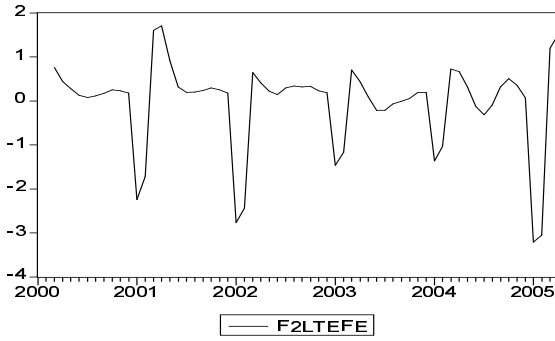
\* 0.01 anlamlılık düzeyinde durağandır.

\*\* 0.05 anlamlılık düzeyinde durağandır.

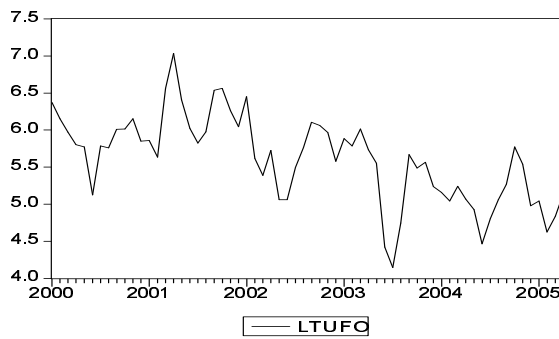
SBC ölçütü baz alınarak yapılan ADF test sonuçları yukarıdaki çizelgede verilmiştir. Bu sonuçlara göre, dizilerin durağan hale gelebilmeleri için TEFE, Sanayi Üretim Endeksi ve İhracat ikinci dereceden farklarının alınması gerekmektedir. Durağanlaştırılan dizilerin tümünün plotları aşağıda verilmiştir.



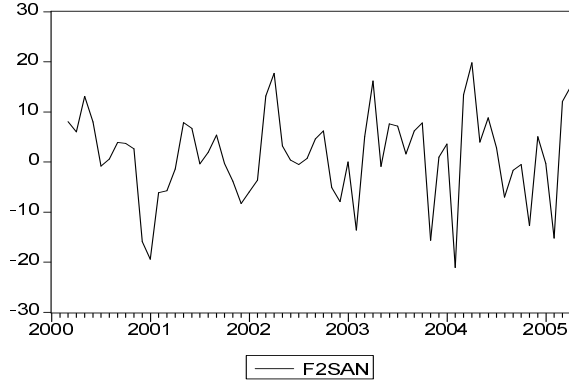
Şekil 4.17 Çocuk suçları dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



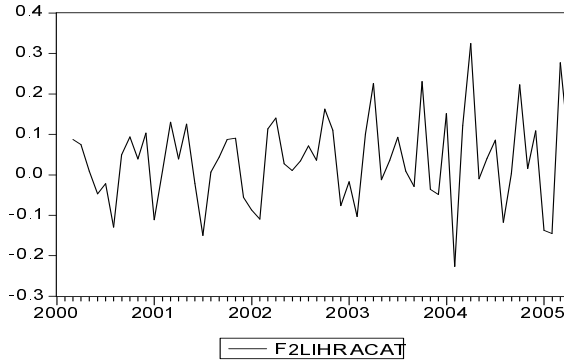
Şekil 4.18. TEFE dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



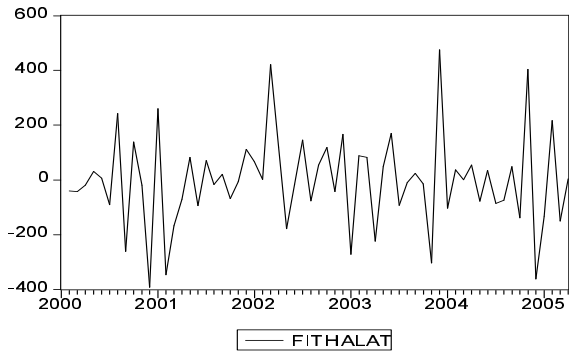
Şekil 4.19. TÜFE dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



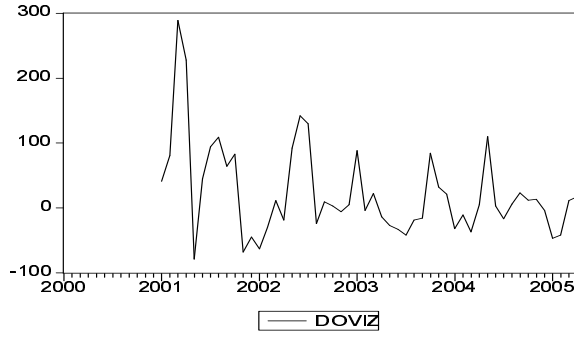
Şekil 4.20. Sanayi üretim endeksi dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



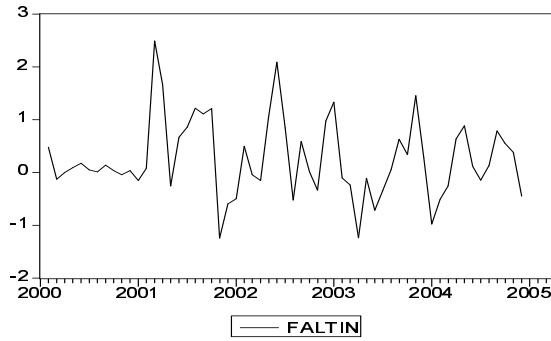
Şekil 4.21. İhracat dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



Şekil 4.22. İthalat dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



Şekil 4.23. Döviz dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu



Şekil 4.24. Altın dizisinin SBC ölçütüne göre durağanlaştırılmış plotu

SBC ölçütü dikkate alınarak elde edilen yukarıdaki çizelgelere ve durağanlaştırılmış dizilerin plotlarına bakıldığında; Çocuk Suçluları dizisinin birinci dereceden farkı, TEFE dizisinin logaritmik dönüşümü ve ikinci dereceden farkı, TÜFE dizisinin logaritmik dönüşümü, Sanayi Üretim Endeksi dizisinin ikinci dereceden farkı, İhracat dizisinin logaritmik dönüşümü ve birinci dereceden farkı, İthalat ve Altın dizilerinin birinci dereceden farkı alınarak Granger nedensellik testinin yapılması için gerekli olan durağanlık koşulu sağlanmış Döviz dizisi için her hangi bir dönüşüm yapılmasına gerek duyulmamıştır.

Durağanlık ön koşulunun sağlanmasından sonra Granger nedensellik testinin gecikme uzunluğunu belirlemek için Çocuk Suçlularına karşı her bir dizinin VAR modelleri tek tek kurulmuş ve sonuçları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

### Çocuk Suçluları ile TEFE

Çizelge 4.7. Çocuk suçluları ile TEFE için VAR modeli sonuçları

Gecikme Uzunluğu	AIC	SBC
1	30,3057	30,2462
2	29,6987	29,8850*
3	29,8632	30,1408
4	29,6309	30,1883
5	29,7351	30,3877
6	29,6095	30,5383
7	29,6902	30,7125
8	29,8245	31,0292
9	29,5698	30,9921
10	29,4021	30,9608
11	28,7078	30,5580
12	28,5905	30,5024
13	28,5326	30,6334
14	28,3561	30,6436
15	28,2993	30,9222
16	28,2972*	31,0681

\* Uygun gecikme uzunluğu

Çizelge 4.7'deki sonuçlar incelendiğinde, Granger nedensellik testi için gecikme uzunluğunun, en küçük değere sahip olmasından dolayı AIC ölçütüne göre 16, SBC ölçütüne göre ise 2 olduğu söylenebilir. Bu aşamadan sonra Çocuk Suçluları ile TEFE dizisi arasındaki nedensel ilişkiyi saptamak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.8. Çocuk suçluları ile TEFE için Granger nedensellik ilişkisi

Yokluk Hipotezi	AIC			SBC		
	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar
Çocuk Suçluları, TEFE'nin Granger Nedeni Değildir.	0,7411	0,7183	H <sub>0</sub> Kabul	9,8537	0,0002	H <sub>0</sub> Red
TEFE, Çocuk Suçluları'nın Granger Nedeni Değildir.	1,9396	0,1169	H <sub>0</sub> Kabul	0,8938	0,4149	H <sub>0</sub> Kabul

Çizelge 4.8’deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, TEFE’nin Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi, AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “TEFE, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi ise hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile TEFE değişkeni arasında AIC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise tek yönlü nedensellik (Çocuk Suçluları  $\rightarrow$  TEFE) olduğu söylenebilir.

### Çocuk Suçluları ile TÜFE

Çizelge 4.9. Çocuk suçluları ile TÜFE için VAR modeli sonuçları

Gecikme Uzunluğu	AIC	SBC
1	28,6698	28,5105*
2	28,7475	28,6966
3	28,7895	28,9913
4	28,7978	29,2690
5	28,8599	29,3902
6	28,6747	29,4663
7	28,6067	29,5297
8	28,7467	29,5688
9	28,6408	29,9019
10	28,7000	30,0208
11	28,4458	30,2840
12	28,6188	30,2891
13	28,5318	30,5241
14	28,2520	30,3543
15	28,2264	30,5345
16	27,8065*	30,7194

\* Uygun gecikme uzunluğu

Çizelge 4.9’daki sonuçlara bakıldığında Granger nedensellik testi için gecikme uzunluğunun, en küçük değere sahip olmasından dolayı AIC ölçütüne göre 16, SBC ölçütüne göre ise 1 olduğu söylenebilir. Bu aşamadan sonra Çocuk Suçluları ile TÜFE değişkeni arasındaki nedensel ilişkiyi saptamak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.10. Çocuk suçluları ile TÜFE için Granger nedensellik ilişkisi

Yokluk Hipotezi	AIC			SBC		
	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar	Wald İstatistiği (F)	p değeri	Karar
Çocuk Suçluları, TÜFE'nin Granger Nedeni Değildir.	0,9501	0,5452	H <sub>0</sub> Kabul	1,8280	0,1815	H <sub>0</sub> Kabul
TÜFE, Çocuk Suçluları'nın Granger Nedeni Değildir.	2,0770	0,5452	H <sub>0</sub> Kabul	1,0185	0,3169	H <sub>0</sub> Kabul

Çizelge 4.10'daki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, TÜFE'nin Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. “TÜFE, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi de hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile TÜFE değişkeni arasında hem AIC hem de SBC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı söylenebilir.

#### Çocuk Suçluları ile Sanayi Üretim Endeksi

Çizelge 4.11. Çocuk suçluları ile sanayi üretim endeksi için VAR modeli sonuçları

Gecikme Uzunluğu	AIC	SBC
1	34,7177	34,7015
2	34,5155	34,9150
3	34,4122	34,7867
4	34,2116	34,7965
5	34,1314	34,6371*
6	33,9367	34,8360
7	33,9092	34,8661
8	33,9221	35,0893
9	33,9434	35,3828
10	33,7175	35,3113
11	33,3059	35,2351
12	33,3583	35,2993
13	33,5268	35,6531
14	33,2890*	35,6237
15	33,3902	35,8412
16	33,4144	36,0364

\* Uygun gecikme uzunluğu

Çizelge 4.11'deki sonuçlara bakıldığında Granger nedensellik testi için gecikme uzunluğunun, en küçük değere sahip olmasından dolayı AIC ölçütüne göre 14, SBC ölçütüne göre ise 5 olduğu söylenebilir. Bu aşamadan sonra Çocuk Suçluları ile Sanayi Üretim Endeksi değişkeni arasındaki nedensel ilişkiyi saptamak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.12. Çocuk suçluları ile sanayi üretim Endeksi için Granger nedensellik ilişkisi

Yokluk Hipotezi	AIC			SBC		
	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar
Çocuk Suçluları, Sanayi Üretim Endeksi'nin Granger Nedeni Değildir.	2,2068	0,0546	H <sub>0</sub> Kabul	7,0646	0,0005	H <sub>0</sub> Red
Sanayi Üretim Endeksi, Çocuk Suçluları'nın Granger Nedeni Değildir.	0,8479	0,6176	H <sub>0</sub> Kabul	3,9566	0,0045	H <sub>0</sub> Red

Çizelge 4.12'deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, Sanayi Üretim Endeksinin Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “Sanayi Üretim Endeksi, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi de AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile Sanayi Üretim Endeksi değişkeni arasında AIC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise iki yönlü nedensellik (Çocuk Suçluları↔Sanayi Üretim Endeksi) olduğu söylenebilir.

### Çocuk Suçluları ile İhracat

Çizelge 4.13. Çocuk suçluları ile ihracat için VAR modeli sonuçları

Gecikme Uzunluğu	AIC	SBC
1	26,0664	26,1091
2	25,9710	26,1786
3	26,0171	26,3833
4	25,5939	26,0825*
5	25,7033	26,3753
6	25,3500	26,2307
7	25,3949	26,3627
8	25,4425	26,5809
9	25,3839	26,7894
10	25,2600	26,9482
11	24,7854	26,7579
12	24,5935	26,5752
13	24,6282	26,7582
14	24,4883*	26,8416
15	24,6728	27,1076
16	24,7325	27,4183

\* Uygun gecikme uzunluğu

Çizelge 4.13'teki sonuçlara bakıldığında Granger nedensellik testi için gecikme uzunluğunun, en küçük değere sahip olmasından dolayı AIC ölçütüne göre 14, SBC ölçütüne göre ise 4 olduğu söylenebilir. Bu aşamadan sonra Çocuk Suçluları ile İhracat değişkeni arasındaki nedensel ilişkiyi saptamak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.14. Çocuk suçluları ile ihracat için Granger nedensellik ilişkisi

Yokluk Hipotezi	AIC			SBC		
	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar
Çocuk Suçluları, İhracat'ın Granger Nedeni Değildir.	1,9262	0,0915	H <sub>0</sub> Kabul	4,9677	0,0019	H <sub>0</sub> Red
İhracat, Çocuk Suçluları'nın Granger Nedeni Değildir.	1,7238	0,1334	H <sub>0</sub> Kabul	0,2999	0,8765	H <sub>0</sub> Kabul

Çizelge 4.14'deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, İhracatın Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi, AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “İhracat, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi ise hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile İhracat değişkeni arasında AIC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise tek yönlü nedensellik (Çocuk Suçluları → İhracat) olduğu söylenebilir.

#### Çocuk Suçluları ile İthalat

Çizelge 4.15. Çocuk suçluları ile ithalat için VAR modeli sonuçları

Gecikme Uzunluğu	AIC	SBC
1	40,5934	40,5580*
2	40,6877	40,8088
3	40,7867	41,0494
4	40,9264	41,3398
5	41,0774	41,6495
6	40,9630	41,8207
7	41,0466	42,0158
8	41,0116	42,2059
9	41,1080	42,4550
10	40,9708	42,7170
11	40,5348	42,7749
12	40,6417	42,4701
13	40,3787	42,6094
14	40,0104*	42,6618
15	40,1993	42,4820
16	40,1676	42,8827

\* Uygun gecikme uzunluğu

Çizelge 4.15'deki sonuçlara bakıldığında Granger nedensellik testi için gecikme uzunluğunun, en küçük değere sahip olmasından dolayı AIC ölçütüne göre 14, SBC ölçütüne göre ise 1 olduğu söylenebilir. Bu aşamadan sonra Çocuk Suçluları ile İhracat değişkeni arasındaki nedensel ilişkiyi saptamak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.16. Çocuk suçluları ile ithalat için Granger nedensellik ilişkisi

Yokluk Hipotezi	AIC			SBC		
	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar	Wald İstatistiği (F)	p değeri	Karar
Çocuk Suçluları, İthalat'ın Granger Nedeni Değildir.	1,3589	0,2626	H <sub>0</sub> Kabul	4,2441	0,0438	H <sub>0</sub> Red
İthalat, Çocuk Suçluları'nın Granger Nedeni Değildir.	0,7362	0,7171	H <sub>0</sub> Kabul	0,2494	0,6193	H <sub>0</sub> Kabul

Çizelge 4.16'daki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, İthalatın Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi, AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “İthalat, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi ise hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile İthalat değişkeni arasında AIC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise tek yönlü nedensellik (Çocuk Suçluları → İthalat) olduğu söylenebilir.

#### Çocuk Suçluları ile Döviz

Çizelge 4.17. Çocuk suçluları ile döviz için VAR modeli sonuçları

Gecikme Uzunluğu	AIC	SBC
1	39,6784	38,9325
2	39,3121	38,8631
3	39,0019	39,0517
4	38,7033	39,1921
5	38,8337	39,2174
6	38,7713	39,3234
7	38,8903	39,5024
8	38,8852	39,7198
9	38,7736	40,0684
10	38,7801	40,3184
11	38,4674	40,6743
12	37,8938	40,1256
13	38,0369	40,1705
14	37,4870	40,4379
15	35,9116*	39,7129
16	-	35,8559*

\* Uygun gecikme uzunluğu

Çizelge 4.17’deki sonuçlara bakıldığında Granger nedensellik testi için gecikme uzunluğunun, en küçük değere sahip olmasından dolayı AIC ölçütüne göre 15, SBC ölçütüne göre ise 16 olduğu söylenebilir. Bu aşamadan sonra Çocuk Suçluları ile Döviz değişkeni arasındaki nedensel ilişkiyi saptamak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.18. Çocuk Suçluları ile Döviz için Granger Nedensellik İlişkisi

Yokluk Hipotezi	AIC			SBC		
	Wald İstatistiği (F)	p değeri	Karar	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar
Çocuk Suçluları, Döviz’in Granger Nedeni Değildir.	1,3044	0,4367	H <sub>0</sub> Kabul	1,4156	0,4918	H <sub>0</sub> Kabul
Döviz, Çocuk Suçluları’nın Granger Nedeni Değildir.	1,4736	0,3826	H <sub>0</sub> Kabul	0,4433	0,8628	H <sub>0</sub> Kabul

Çizelge 4.18’deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, Dövizin Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. “Döviz, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki H<sub>0</sub> hipotezi de hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile Döviz değişkeni arasında hem AIC hem de SBC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı söylenebilir.

### Çocuk Suçluları ile Altın

Çizelge 4.19. Çocuk suçluları ile altın için VAR modeli sonuçları

Gecikme Uzunluğu	AIC	SBC
1	29,6319	29,3832
2	29,6660	29,4028
3	29,8115	29,5577
4	29,8929	29,7195
5	29,9768	29,8086
6	29,9081	29,6975
7	29,9888	29,8061
8	29,8501	29,8250
9	29,9923	29,8457
10	29,8492	30,0473
11	29,4813	29,9715
12	29,4976	29,4985
13	29,4763	29,6442
14	29,3353	29,4434
15	29,0810	29,4333
16	28,4963*	28,7780*

\* Uygun gecikme uzunluğu

Çizelge 4.19'daki sonuçlara bakıldığında Granger nedensellik testi için gecikme uzunluğunun, en küçük değere sahip olmasından dolayı hem AIC ölçütüne hem de SBC ölçütüne göre 16 olduğu söylenebilir. Bu aşamadan sonra Çocuk Suçluları ile Altın değişkeni arasındaki nedensel ilişkiyi saptamak amacıyla Granger nedensellik testi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.20. Çocuk suçluları ile altın için Granger nedensellik ilişkisi

Yokluk Hipotezi	AIC			SBC		
	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar	Wald İstatistiği (F)	P değeri	Karar
Çocuk Suçluları, Altın'ın Granger Nedeni Değildir.	1,0434	0,4940	H <sub>0</sub> Kabul	0,9522	0,5512	H <sub>0</sub> Kabul
Altın, Çocuk Suçluları'nın Granger Nedeni Değildir.	1,6210	0,2337	H <sub>0</sub> Kabul	1,2213	0,3833	H <sub>0</sub> Kabul

Çizelge 4.20'deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, Altının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. “Altın, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi de hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile Altın değişkeni arasında hem AIC hem de SBC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı söylenebilir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her şey bir nedene mi dayanır? Başka bir ifadeyle her şey birbirine nedensellik bağıyla bağlı mıdır? Bir olgu biliniyorsa onun nedeni de biliniyor denilebilir mi? Benzer koşullar, benzer sonuçlara mı yol açar? “Neden?” sorusu kuşkusuz düşünmenin ve bilimsel gelişmenin anahtar sorularından biri olmuştur. Bu kavram, yüzyıllar boyunca değişikliklere uğrayarak günümüze kadar gelmiştir. Ancak çeşitli araştırmalarla buna cevap aranmaktadır. Bu tez çalışması da bunlardan biri olarak düşünülebilir.

Bu çalışmada, öncelikle felsefecilerin üzerinde durduğu, daha sonra işlevsel bir anlam kazanarak bilimde önemli bir yere sahip olan nedensellik kavramı ve nedensellik testleri üzerinde durulmuştur. Buna göre, nedensellik ilkesi, başlangıçta felsefi açıdan değerlendirilmiş olsa da akılsallığın ortaya çıkmasıyla bilimselliğin en temel ilkelerinden biri olmuştur. Zamanla deneysel olan ya da olmayan verilere dayanılarak istatistiksel çerçevede nedensel ilişkilerin saptanıp saptanamayacağı sorunu tartışılan bir konu olmuştur. Bu sorunun çözümünde istatistiksel yöntemler kullanılabilirdiğinden, nedensellik sınanabilir bir hipotez olarak ifade edilebilmektedir.

Çalışmada nedensellik testleri öncesi aranan bir özellik olan durağanlık kavramı üzerinde durulmuş ve Dickey Fuller birim kök testleri verilmiştir. Daha sonra Granger, Sims ve Haugh nedensellik testlerinin teorik yapısı anlatılmıştır. Granger, işlemsel nedensellik tanımına dayanarak yeterince yüksek dereceli iki değişkenli otoregresif bir sürecin tahmini yardımıyla, nedenselliğin test edilebilir ve tahmin edilebilir hale gelmesini sağlamıştır. Granger nedensellik tanımı ile değişkenlerin birbirlerine neden olup olmadığı hipotezi test edilebilir hale gelmiştir (2). Nedensellik yöntemlerinden Granger, Sims ve Haugh testlerinin tümünün teorik anlatımı bu çalışmanın kapsamında verilmiş olmakla birlikte, nedenselliğin yukarıda ifade edilen temel özelliklerini bünyesinde toplayan ve aynı zamanda istatistiksel nedenselliğe adını veren Granger nedensellik, çalışmanın uygulama noktasında tek yöntem olarak kullanılmıştır.

Uygulamada, Türkiye’de Ocak 2000 ile Nisan 2005 tarihleri arasındaki aylık çocuk suçluları ile bazı ekonomik değişkenler veri olarak alınarak anlatılan yöntemler kullanılıp, değişkenlerin çocuk suçluları ile arasındaki nedensellik ilişkisi Granger nedensellik testi ile araştırılmıştır. Bu ekonomik değişkenler ise 2000 ile 2005 yılları arasındaki aylık toptan eşya fiyat endeksi (TEFE/veya üretici fiyat endeksi-ÜFE), tüketici fiyat endeksi (TÜFE), sanayi üretim endeksi, ithalat-ihracat, altın fiyatları ve döviz değişim oranlarına ait zaman dizileridir.

Yapılan analiz sonuçları özetlenecek olursa, Çizelge 4.8’deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, TEFE’nin Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi, AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “TEFE, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi ise hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile TEFE değişkeni arasında AIC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise tek yönlü nedensellik (Çocuk Suçluları → TEFE) olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 4.10’deki Granger nedensellik test sonuçları dikkate alındığında “Çocuk Suçluları, TÜFE’nin Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. “TÜFE, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi de hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Buna göre, Çocuk Suçluları ile TÜFE değişkeni arasında hem AIC hem de SBC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.12’deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, Sanayi Üretim Endeksinin Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “Sanayi Üretim Endeksi, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi de AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile Sanayi Üretim Endeksi değişkeni arasında AIC ölçütüne göre

herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise iki yönlü nedensellik (Çocuk Suçluları $\leftrightarrow$ Sanayi Üretim Endeksi) olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.14'deki Granger nedensellik test sonuçlarında ise “Çocuk Suçluları, İhracatın Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi, AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “İhracat, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi ise hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile İhracat değişkeni arasında AIC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise tek yönlü nedenselliğin (Çocuk Suçluları  $\rightarrow$  İhracat) varlığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16'deki Granger nedensellik test sonuçları dikkate alındığında “Çocuk Suçluları, İthalatın Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi, AIC ölçütüne göre kabul edilirken SBC ölçütüne göre reddedilmektedir. “İthalat, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi ise hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile İthalat değişkeni arasında AIC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı, SBC ölçütüne göre ise tek yönlü nedensellik (Çocuk Suçluları  $\rightarrow$  İthalat) olduğu ortaya konmuştur.

Çizelge 4.18'deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, Dövizin Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. “Döviz, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi de hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile Döviz değişkeni arasında hem AIC hem de SBC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı söylenebilir.

Çizelge 4.20'deki Granger nedensellik test sonuçlarına bakıldığında “Çocuk Suçluları, Altının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul edilmektedir. “Altın, Çocuk Suçlularının Granger nedeni değildir” şeklindeki  $H_0$  hipotezi de hem AIC hem de SBC ölçütüne göre kabul

edilmektedir. Kısaca, Çocuk Suçluları ile Altın değişkeni arasında hem AIC hem de SBC ölçütüne göre herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı söylenebilir.

Yukarıdaki sonuçlar göz önüne alındığında özetle, AIC ve SBC ölçütlerine göre çocuk suçluları ile bazı ekonomik değişkenler arasındaki Granger nedensel testlerinin sonuçları farklılık arz etmektedir. AIC ve SBC ölçütlerinin ortaya koyduğu bu farklı sonuçlar literatürde ortaya konan bazı sonuçlarla paralellik göstermektedir (29). Buna göre, AIC ölçütü bakımından çocuk suçlularıyla ekonomik değişkenler arasında Granger nedensellik tespit edilememiştir. Buna karşılık olarak, SBC ölçütüne göre ise döviz ve altın değişkenleri hariç, çocuk suçluları ile diğer değişkenler arasında Granger nedensellik ilişkisinin varolduğu saptanmıştır. Söz konusu Granger nedensellik ilişkisi, çocuk suçluları ile TEFE, TÜFE, ihracat ve ithalat değişkenleri arasında tek yönlü iken sanayi üretim endeksi arasında (geribildirim) iki yönlüdür.

SBC ve AIC ölçütlerinin performans karşılaştırmaları dikkate alındığında SBC'nin daha güvenilir olduğu bilinmektedir (70). Buna rağmen her iki ölçüte göre sonuçlar verilerek bu farklılık görülmüştür. Öyleyse, bu tez çalışmasının sonuçları için SBC ölçütüne göre elde edilenler dikkate alınacaktır. Buna göre, döviz ve altın değişkenleri hariç incelenen diğer değişkenler ile suç değişkenleri arasında Granger nedensel ilişki olduğu söylenebilir. Elde edilen bu sonuçların, ekonomistler, sosyologlar, planlamacılar ve yöneticiler tarafından dikkate alınarak yorumlanması ve buna ilişkin tedbirlerin alınması önerilmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Terzi H. ve Oltulular S., “Türkiye’de Ekonomik Büyüme-Enflasyon Süreci: Sektörler İtibariyle Ekonometrik Bir Analiz”, *Bankacılar Dergisi*, 50: 19-34 (2004).
2. Granger, C. W. J., “Investigating Causal Relations by Econometrics Models and Cross-Spectral Methods”, *Econometrica*, 37: 424-438 (1969).
3. Gürsakal, N., “Operasyonel Bir Kavram Olarak Nedensellik ve Bu Kavrama Dayandırılan Bir Uygulama”, *Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, VII(1): 137-144 (1986).
4. Guilkey, D. K. ve Salemi, M. K., “Small Sample Properties of Three Tests for Granger-Causal Ordering in a Bivariate Stochastic System”, *Review of Economics and Statistics*, 64: 668-680 (1982).
5. Williams, D., Goodhart, E. A. C., Gowland, H. D., “Money, Income and Causality: The U.K. Experience”, *The American Economic Review*, 66(3): 417-423 (1976).
6. Mehra Y. P., “Money Wages, Prices and Causality”, *Journal of Political Economy*, 85: 1227-1244 (1977).
7. Haugh, L. D., “Checking the Independence of Two Covariance Stationary Time Series: A Univariate Residual Cross-Correlation Approach”, *Journal of the American Statistical Association*, 71: 378-385 (1976).
8. Bunge, M., “Causality and Modern Science”, Columbia University Press, *Third Edition*, New York, 20-35 (1979).
9. Işığçok, E., “Zaman Serilerinde Nedensellik Çözümlemesi”, *Uludağ Üniversitesi Basımevi*, Bursa, 3-24, 81-94 (1994).
10. Yamak, N. ve Topbaş, F., “Suç ve İşsizlik Arasındaki Nedensellik İlişkisi”, *XIV. İstatistik Araştırma Sempozyumu*, Ankara, 153 (2005).
11. Çiftçi, B. ve Bahar, O., “Ekonomik Kriz-Suç İlişkisine Teorik ve Ampirik Bir Yaklaşım: Muğla Örneği”, *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, 227 (2005).
12. Yıldırım, C., “Bilim Felsefesi”, No:7, *Remzi Kitapevi*, İstanbul, 119-122 (2000).
13. Yule, D. D., “Phaidon Bilim ve Teknoloji Ansiklopedisi”, No:1, *Remzi Kitapevi*, İstanbul, 441 (1987).
14. Serper, Ö. ve Gürsakal N., “Araştırma Yöntemleri”, *Filiz Kitapevi*, İstanbul, 5-66, 136 (1989).

15. Eells, E., "Probabilistic Causality", No:1, *Cambridge University Press*, Cambridge, 1-70 (1991).
16. Serper, Ö., "Uygulamalı İstatistik ", 2 nci cilt, *Filiz Kitapevi*, İstanbul, 183 (1993).
17. Alakuş, M., "Bilgi Toplumu", No:22, *Kültür Bakanlığı Yayınları*, Ankara, 2-110 (1991).
18. Zellner, A., "Causality and Causal Laws in Economics", *Journal Econometrics*, 39: 7 (1988).
19. Karpinski J., "Causality in Sociological Research", *Kluwer Academic Publisher*, 16 (1990).
20. Granger, C. W. J. and Newbold, P., "Forecasting Economic Time Series", *Academic Press*, New York, 224-255 (1977).
21. Ertaş, S., "Çözümlü Ekonometri Problemleri ve Teorik Notlar", *Uludağ Üniversitesi Basımevi*, Bursa, 46-48 (1990).
22. Türköz, M., "Zaman Serilerinde Nedensellik Çözümlemesi ve Granger, Sims Nedensellik Testleri Üzerine Bir Uygulama", Y. Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 10-79 (1998).
23. Anderson, O. D., "Time Series Analysis, Theory and Practice: Autoregresif Modelling of Accounting Earnings and Security Prices", *Elsevier Science Publishers*, North Holland, 25-115 (1995).
24. Yurdakul, F., "Ekonometride Yeni Eğilimler, Hendry ve Sims Yöntemleri-Döviz Kuru Üzerinde Bir Uygulama", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 22-35 (1995).
25. Erlat, H. "Nedensellik Sınamaları Üzerine", *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 10 (1): 65-96 (1983).
26. Pierce, D. A. And Haugh, L. D., "Causality in Temporal System: Characterizations and a Survey", *Journal of Econometrics*, 5: 267-277 (1977).
27. Kayım, H., "İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri", No:11, *H.Ü.İ.İ.B.F. Yayınları*, Ankara, 12-13 (1985).
28. Chatfield, C., "The Analysis of Series an Introduction", *Chapman and Hall*, London, 28-35 (1991).
29. Köse, N., "Vektör Otoregresif Modeller Üzerine Bir İnceleme", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 5-15, 90-125 (1998).

30. Aşık, A., “Yapısal Kırılmalar ve Makroekonomik Değişkenler: Ampirik Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 10-104 (2003).
31. Genceli, M., “Zaman Serilerinde Korelasyon”, *Edebiyat Basımevi*, İstanbul, 92 (1989).
32. Newbold, P., “Feedback Induced by Measurement Errors”, *International Economic Review*, 19: 787-791 (1978).
33. Kadılar, C., ”Uygulamalı Çok Değişkenli Zaman Serileri Analizi”, *Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü*, Ankara, 51-65 (2000).
34. Özmen, A., “Zaman Serisi Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, Eskişehir, 207: 26-43 (1986).
35. Aslanargun, A., “Transfer Fonksiyonu-Hata Modelleri ve Tasarruf Mevduatı Faiz Oranı ile Dolar Kuru Fiyatları Arasındaki İlişkinin Tanımlanması ve Öngörü Amacıyla kullanımı”, Doktora Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 86 (1996).
36. Wei, W. W. S. “Time Series Analysis: Univariate And Multivariate Methods”, *Addison-Wesley Publishing Company*, New York, 32-86 (1990).
37. Box, G. E. P. and Jenkins G. M., “Time Series Analysis, Forecasting and Control”, *Holden Day*, San Francisco, 23-44, 300-329 (1970).
38. Kasap, R., “Zaman Dizileri Analizi”, (Basılmamış Lisansüstü Ders Notları), *Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi*, Ankara, (2003).
39. Yalçın, Y., ”Zaman Serilerinde Birim Köklerin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 16-80 (2001).
40. Akdi, Y., “Zaman Serileri Analizi”, No:2, *Bıçaklar Kitabevi*, Ankara (2003)
41. Charemza, W. W. Ve Deadmen, D. F., “New Direction in Econometrics Practise”, *Edward Elger Oub.Lim*, Aldershot, 98 (1997).
42. Dickey, D.A. and Fuller, W. A., “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, *Journal of the American Statistical Association*, 74: 427-431 (1981).
43. Williams, D., Goodhard, E. A. C., Gowland, H. D.,”Money, Income and Causality: The U. K. Experience”, *The American Economic Review*, 66(3): 419-420 (1976).

44. Nelson, C. R., "Applied Time Series Analysis for Managerial Forecasting", *Holden-Day*, San Francisco, 144 (1973).
45. Hannan, E. J., "Multiple Time Series", *John Willey and Sons*, New York, 153, (1970).
46. Sargent, T. T., "Macroeconomic Theory", *Academic Pres*, 283, (1979).
47. Faige, E. L. And Pearce, D. K., "The Causal Relationship Between Money and Income: Some Caveats for time Series Analysis", *Review of Economics and Statistics*, 61(3): 521-533 (1979).
48. Hamilton, D. J., "Time Series Analysis", *Princeton University Pres*, New Jersey, 305 (1994).
49. Hsiao C., "Autoregressive Modelling and Money-Income Causality Detection", *Journal of Monetary Economics*, 7: 85-106 (1981).
50. Sims, C. A., "Money, Income and Causality", *American Economic Review*, 62(4): 540-552 (1972).
51. Newbold, P., "Causality Testing in Economics", *Time Series Analysis : Theory and Practise 1*, *North Holland Publishing Company*, 704-716 (1982).
52. Pierce D. A., "Forecasting in Dynamic Models with Stochastic Regressors", *Journal of Econometrics*, North Holland, 3: 349-374 (1975).
53. Geweke, J., "A Comparison of Tests of the Independence of Two Covariance Stationary Time Series", *Journal of American Statistical Association*, 76(374): 363-373 (1981)
54. Chamberlain, G., "The General Equivalence of Granger and Sims Causality", *Econometrica*, 50(5): 569 (1982).
55. Yavuzer, H., "Çocuk ve Suç", *Remzi Kitabevi*, İstanbul, 32-166 (2001).
56. İnternet: Kriminoloji. <http://www.kriminoloji.com> (2005).
57. Yücel, M., "Çocuk Suçluluğu ve Mahkemeler: Türkiye'de Çocuğun Durumu" (1990'ların Çocuk Politikası Kongresi), *UNICEF*, Ankara, 149-175 (1989).
58. Duman, J. E., "Abnormal Child and Adolescent Psychology", *Allyn and Bacon*, Boston, 28-29 (2003).
59. Kotulak, D., "American Medical Association Complate Guide to Your Children's Health. Turkish: American Tıp Birliği Çocuk Sağlığı Rehberi", *Epsilon Kitabevi*, İstanbul, 271-283 (2002).

60. Baymur, F., "Genel Psikoloji", *ANFA Ofset*, İstanbul, 255 (1990)
61. Streit, F., "Differences Among Youthful Criminal Offenders Based on Their Perception of Parental Behavior", *Adolescence*, XVII (62): 409-413 (1981).
62. Uluğtekin, S., "Family Background and Resocialization of Turkish Delinquents", *International Journal of Offerder Therapy and Comperative Criminology*, 33(1): 27-35 (1989).
63. Walgreve, L., "The Role of Schools in Changing Society: Prevention of Juvenile Delinquency: The Role of Institutions of Socialization in a Changing Society", *Council of Europe*, Strasburg, 43-83 (1982).
64. Türkiye'de Anne ve Çocukların Durum Analizi: T.C. Hükümeti UNICEF işbirliği programı, *Pelin Ofset*, Ankara, 223 (1996)
65. İnternet: İBS Yazılım. <http://analiz.ibsyazilim.com/sozlukhtml> (2005).
66. İnternet: T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü. <http://www.die.gov.tr> (2005).
67. İnternet: T.C. Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı. <http://www.hazine.gov.tr> (2005).
68. İnternet: T.C. Merkez Bankası. <http://www.tcmb.gov.tr> (2005).
69. İnternet: İstanbul Altın Borsası. <http://www.iab.gov.tr> (2005).
70. Pukkila, T. M. and Krishnaiah, P. R., "On the Use of Autoregressive Order Determination Criteria in Multivariate White Noise Tests", *Speech and Signal Processing, IEEE Transactions on Acoustics*, 36: 9, 1396-1403 (1988).

## ÖZGEÇMİŞ

Hülya Akgönüllü, 01.09.1980 tarihinde Ankara'da doğdu. İlkokulu, Çubuk İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini ise Ankara Yabancı Dil Ağırlıklı Aydınlıkevler Lisesi'nde tamamladı. 2003 tarihinde, Gazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümünü'nden mezun oldu. 19.09.2003 tarihinde Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Programına kaydoldu. 2004 tarihinde Jandarma Genel Komutanlığı Harekât Başkanlığı Kuvvet Geliştirme Şubesi'nde İstatistikçi olarak çalışmaya başladı. Araştırmacı halen bu görevine devam etmektedir.