

131526

9-12

**ZAMAN SERİLERİNDE NEDENSELLİK
ÇÖZÜMLEMESİ ve GRANGER , SİMS-
NEDENSELLİK TESTLERİ ÜZERİNE
BİR UYGULAMA**

MERAL TÜRKÖZ /
Yüksek Lisans Tezi

İstatistik Anabilim Dalı

HAZİRAN-1998

Atılım Üniversitesi
Merkez Kütüphane

MERAL TÜRKÖZ' ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı
“ZAMAN SERİLERİNDE NEDENSELLİK ÇÖZÜMLEMESİ VE GRANGER,
SİMS NEDENSELLİK TESTLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA”
başlıklı tez30.06.1998.....tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü
Öğretim Yönetmeliğinin ilgili madde uyarınca değerlendirilerek kabul
edilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı): Doç. Dr. Ahmet ÖZMEN

Üye : Prof. Dr. ZORAY CANIÖYER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZER

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...10.07.1998. tarih ve12/4..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

ZAMAN SERİLERİNDE NEDENSELLİK
ÇÖZÜMLEMESİ ve
GRANGER, SİMS NEDENSELLİK
TESTLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

MERAL TÜRKÖZ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet ÖZMEN
1998, Sayfa 67

Düşünce olarak ortaya çıkışı M.Ö. 384 'lere dayanan ve özellikle felsefecilerin üzerinde durduğu nedensellik kavramı, işlevsel bir anlam kazanarak günümüzde bilimsel araştırma sürecinin bir aşaması olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin araştırılması, nedensel ilişkinin yönünün, gecikme yapısının, hangi değişkenlerin içsel hangilerinin dışsal olduğunun belirlenmesi konularında pratik faydalar sağlamaktadır.

Çalışmada sırasıyla, nedenselliğin felsefi ve işlevsel tanımı ile nedenselliğe ilişkin bazı kavramlar açıklanmıştır. Nedensel ilişkilerin araştırılmasında zaman serileri çözümleme yaklaşımı kullanıldığından zaman serileri hakkında bilgi verilmiş; daha sonra Granger ve Sims nedensellik testlerinin teorik yapısı incelenmiştir. Son bölümde Ocak 1960-Aralık 1995 zaman aralığındaki yıllık GSMH ve Özel Tüketim Harcamaları verileri kullanılarak, Türkiye' de gelir ile tüketim arasındaki nedensel ilişki araştırılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilerek önerilere yer verilmiştir.

Çalışmada uygulamaya ilişkin istatistiksel çözümlemede ve şekillerin çiziminde SPSS 6.0 for windows, DBASE for windows, MS Excel, RATS paket programları kullanılmış ve MS Word 6.0 programında yazılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nedensellik, Granger Nedensellik Testi, Sims Nedensellik Testi

ABSTRACT
Master of Science Thesis

**CAUSALITY ANALYSIS IN TIME SERIES
AND AN APPLICATION ON
GRANGER, SIMS CAUSALITY TESTS**

MERAL TÜRKÖZ

**Anadolu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Statistics Program**

**Supervisor: Assoc.Prof. Ahmet ÖZMEN
1998, Page 67**

The concept of causality which has depended upon 384 B.C. as a thought and has been considered by philosophers is being used as a process of scientific research at present by gaining a functional feature.

Researching causal relations between variables provides practical benefits on the subjects of determining the direction of causal relation, structure of lag and the fact that what variables are internal and what variables are external.

In the study, philosophical and functional description of causality and some concepts concerning causality have been explained. In order on studying the causal relations the information about time series has been given because of the fact that the approach of analysis of time series has been used, then the theoretical structure of Granger and Sims causality tests has been studied. In the last chapter, by using the data about private consumption expenditures and the annual Gross National Product (GNP) between January 1960 and December 1995, the causal relation between income and consumption in Türkiye has been studied and by evaluating the results obtained the suggestions have been submitted.

In the study SPSS 6.0 for Windows, DBASE for Windows, MS Excel and RATS packet programmes have been used in the illustration of figures and in the statistical analysis on application and they have been written in MS Word 6.0 editor program.

Keywords: Causality, Granger Causality Test, Sims Causality Test,

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KONUYA İLİŞKİN TANIM VE KAVRAMLAR.....	3
2.1. Neden , Sonuç ve Nedensellik Kavramları.....	3
2.2. Nedenselliğin Tanımı.....	5
2.2.1. Nedenselliğin Felsefi Tanımı.....	5
2.2.2. Nedenselliğin İşlevsel Tanımı.....	8
2.3. Nedenselliğe İlişkin Bazı Kavramlar.....	9
2.3.1. Deterministik İlişki Kavramı.....	10
2.3.2. Stokastik İlişki Kavramı.....	10
2.3.3. Birlikte Değişme Kavramı.....	12
2.4. Nedenselliğin Yönü.....	13
2.4.1. Tek Yönlü Nedensellik.....	13
2.4.2. İki Yönlü Nedensellik.....	14
2.4.3. Anlık Nedensellik.....	15
2.4.4. Bağımsızlık.....	15
2.5. Nedensel İlişkilerin Örneklem Uzayı.....	16

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

3. ZAMAN SERİLERİNDE NEDENSELLİK TESTLERİ.....	17
3.1. Zaman Serileri İle İlgili Bazı Tanım ve Kavramlar.....	17
3.1.1. Zaman Serisi Tanımı.....	17
3.1.2. Zaman Serisi Türleri.....	17
3.1.3. Zaman Serisinin Özellikleri.....	18
3.2. Zaman Serisi Çözümleme Araçları.....	21
3.2.1. Kartezyen Grafik (Serpilme Diyagramı).....	21
3.2.2. Otokovaryans Fonksiyonu.....	22
3.2.3. Otokorelasyon Fonksiyonu.....	23
3.2.4. Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu.....	26
3.2.5. Çapraz Korelasyon Fonksiyonu.....	27
3.3. Zaman Serilerinde Durağanlaştırma.....	28
3.3.1. Durağanlık ve Durağanlığın Sağlanması Amacı.....	28
3.3.2. Durağanlığın Sağlanması.....	29
3.4. Nedensellik Testleri.....	33
3.4.1. Testlerin Amacı.....	33
3.4.2. Çözümlemede Kullanılan Testler.....	34
3.4.2.1. Granger Nedensellik Testi.....	34
3.4.2.2. Sims Nedensellik Testi.....	38
3.4.2.3. Haugh Nedensellik Testi.....	40
4. TÜRKİYE’ DE TÜKETİM VE GELİR ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASINDA GRANGER VE SİMS NEDENSELLİK TESTLERİ... 48	
4.1. Literatürde Tüketim ve Gelir İlişkisi.....	48
4.2. Özel Tüketim Harcamaları İle GSMH Arasındaki Nedensel İlişkinin İncelenmesi.....	49
4.3. Sonuç ve Öneriler.....	59

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

5. KAYNAKLAR.....	62
6. EKLER.....	66

EKLER

Ek-1	GSMH ve Özel Tüketim Harcamaları Serilerinin Değerleri.....	66
Ek-2	$(1-0.75L)^2$ ile Filtrelenmiş Serilerin Korelogramları.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
3.1. Zaman Serisi Türleri (Işığışok 1994).....	18
3.2. Durağan ve Durağan Olmayan Serilere Ait Teorik Korelogramlar.....	25
(a) ve (c) Durağan Serilere Ait Korelogramlar.....	25
(b) ve (d) Durağan Olmayan Serilere Ait Korelogramlar.....	25
4.1. Orjinal GSMH Serisine Ait Kartezyen Grafik.....	49
4.2. Orjinal Özel Tüketim Harcamaları Serisine Ait Kartezyen Grafik.....	50
4.3. Logaritmik GSMH Serisinin Kartezyen Grafiği.....	51
4.4. Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları Serisinin Kartezyen Gafığı.....	51
4.5. Logaritmik GSMH Serisinin Korelogramı.....	52
4.6. Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları Serisinin Korelogramı.....	52
4.7. Birinci Dereceden Farkı Alınmış Logaritmik GSMH Serisinin Korelogramı.....	53
4.8. I. Dereceden Farkı Alınmış Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları.....	54
Serisinin Korelogramı	
4.9. II. Dereceden Farkı Alınmış Logaritmik GSMH Serisinin Korelogramı.....	55
4.10. II. Dereceden Farkı Alınmış Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları.....	55
Serisinin Korelogramı	

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
2.1. Deterministik ve Stokastik Nedensellik Arasındaki Farklar.....	12
2.2. Nedensel İlişkilerin Örneklem Uzayı(Işığışok 1994).....	16
3.1. Durağan Modellerde Teorik Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon	44
Fonksiyonlarının Özellikleri	
3.2. Nedensel İlişkiler İçin Beyazlatılmış Serilerin Çapraz Korelasyonları.....	47
Üzerindeki Koşullar	
4.1. Yıllık Verilerle Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	58
4.2. Yıllık Verilerle Sims Nedensellik Testi Sonuçları.....	59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- X_t : t dönemine ait X değişkeninin değeri
 Y_t : t dönemine ait Y değişkeninin değeri
 $\bar{\Omega}$: Evrendeki tüm bilgi
 $\gamma_x(k)$: Evren için k gecikmesindeki otokovaryans katsayısı
 $c_x(k)$: k gecikmesindeki örnek otokovaryans katsayısı
 $\rho_x(k)$: Evren için otokorelasyon katsayısı
 $r_x(k)$: k gecikmesindeki örnek otokorelasyon katsayısı
 ϕ_{kk} : Kısmi otokorelasyon katsayısı
 ρ_{xy} : Çapraz korelasyon katsayısı
 ∇^d : d. dereceden fark
 ε_t : Artık terim yada hata terimi
- D.İ.E.** : Devlet İstatistik Enstitüsü
GSMH : Gayri Safi Milli Hasıla
A.C.F. : Otokorelasyon Fonksiyonu
P.A.C.F. : Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
C.C.F. : Çapraz Korelasyon Fonksiyonu
AR(p) : p. dereceden otoegresif model
MA(q) : q. dereceden hareketli ortalama modeli
ARMA(p,q) : Otoegresif-hareketli ortalama modeli
ARIMA(p,d,q) : Birleştirilmiş otoegresif hareketli ortalama modeli

1. GİRİŞ

Bir İngiliz atasözünde “Her *niçimin* bir *çünkü*sü vardır” denilir. Her nedenin bir sonucu olduğu gibi...

Nedensellik günümüze kadar , uzun yıllar boyunca batı felsefesinin sürekli olarak derinleştirdiği bir konu olmuştur. Günümüzde de hala geçerliliğini korumaktadır. Başlangıçta nedensellik sadece felsefi açıdan incelenmiş, fakat günümüzde ekonometrisyenlerin ve istatistikçilerin amprik çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. İktisatta ve genel olarak deneysel olmayan verilere dayanılarak istatistiksel araştırma yapılan disiplinlerde nedensel ilişkilerin saptanıp saptanamayacağı sorunu zaman zaman tartışılan bir konu olmuştur. Bu saptama işlemi istatistiksel yöntemlerle yapılacağından, nedenselliğin sınanabilir bir hipotez olarak ifade edilebilmesi gerekmektedir. Bu konudaki ilk çalışma Wold (1960) tarafından yapılmış, fakat Basmann (1965) ‘ın öne sürdüğü karşıt kanıtlarla sonuçsuz kalmıştır. Felsefi bir tanım olarak ortaya çıkan nedensellik, daha sonra Granger’ ın (1969) yaptığı işlevsel nedensellik tanımı ile test edilebilirlik ve tahmin edilebilirlik özelliklerine sahip olmuştur. İşlevsel nedensellik tanımını dikkate alan ekonometrisyenler ve istatistikçiler, model belirleme sürecinde iki farklı yaklaşıma başvurmuşlardır. Bunlar “Zaman Serileri Çözümlemesi Yaklaşımı” ve “Ekonometrik Yaklaşım” dır. Bu çalışmada, Granger ve Sims nedensellik testlerinin zaman serileri çözümlemesi yaklaşımı kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır.

GSMH ve özel tüketim harcaması değişkenleri arasındaki nedensel ilişkinin zaman serileri çözümleme yaklaşımıyla incelendiği bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde konunun önemi ve çalışmanın amacı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, nedenselliğin felsefi ve işlevsel tanımları verilmiştir. Ayrıca nedensellekle ilgili bazı kavramlara değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, zaman serilerinin tanımı, türleri ve özellikleri incelenmiş, nedensellik sınamalarında kullanılan bazı zaman serileri çözümleme araçları üzerinde durulmuştur. Nedensellik sınamalarının uygulanabilmesi için serilerin durağan olması gerektiği varsayımından yola çıkılarak serilerin durağanlığı, durağanlığın tesbiti ve

durağanlığın sağlanması konuları ele alınmıştır. Daha sonra nedensellik sınamalarında kullanılan Granger, Sims ve Haugh nedensellik testlerinin teorik yapısı verilmiştir.

Dördüncü bölümde Türkiye 'de 1960-1995 yılları arasındaki GSMH (Gayri Safi Milli Hasıla) ve özel tüketim harcamaları değişkenleri veri olarak alınmış ve üçüncü bölümde anlatılan yöntemler ve araçlar kullanılarak iki değişken arasındaki ilişki, Granger ve Sims nedensellik testleri ile araştırılmıştır. Granger ve Sims nedensellik test sonuçları değerlendirilerek önerilere yer verilmiştir.

2. KONUYA İLİŞKİN TANIM VE KAVRAMLAR

2.1. Neden, Sonuç ve Nedensellik Kavramları

Bilimde olaylar tek tek değil, birbirleriyle olan ilişkileri içinde incelenir. Kendi başına hiçbir olayın bilimsel önemi yoktur. Bilim mevcut bilgilere dayanarak, ilk bakışta dağınık veya kopuk gibi görünen olaylar arasındaki ilişkileri izlemeye, bu ilişkileri açıklamaya ve mümkün olduğunca geriye giderek, bilinmeyenleri ortaya koymaya çalışır. Bilimin incelediği olaylar arasındaki ilişki biçimleri çok çeşitlidir ve bazı ilişkilerin diğer ilişkilere yol açtığı genel olarak gözlenen bir durumdur. Nedeni olmayan hiçbir olay yoktur veya her olayın bir nedeni vardır denilebilir. O halde, bilimin en önemli özelliği bilinenlerden hareketle bilinmeyenleri sistematik bir yaklaşımla aramak olduğuna göre, mevcut bilgilere dayanarak olaylar arasındaki nedensel ilişkilerin aranması, bilimsel bir sürecin aşaması olarak gösterilebilir [15].

Neden ve sonuç birlikte giden, birbirlerine bağlı kavramlardır. Herhangi bir durumda "neden" olan bir olay başka bir durumda "sonuç" olabilir. Tersine bir durumda da "sonuç" olduğu belirlenen bir olay başka bir durumda neden olabilir. Buradan bir olayın aynı zamanda hem sonuç, hem de neden olabileceği sonucu çıkarılabilir. Örneğin, sıcaklığın düşmesi sürahideki suyun donmasına, suyun donması da sürahinin çatlamasına yol açabilir [28].

Nedensellik çok eski yıllardan beri filozofların araştırdığı bir konu olmuştur ve neden-sonuç kavramları için farklı tanımlar yapılmıştır. W.K. Clifford, "neden" kavramının Plato'ya göre 64, Aristoteles'e göre 48 anlamı olduğunu savunmasına rağmen, Aristoteles, neden kavramının anlamını, 4 ana başlıkta topladığını belirtmiştir. Bunlar; Madde nedeni (The Material Cause) hangi şeyden yapıldığını, biçimsel neden (The Formal Cause) hangi şeye yapıldığını, etki nedeni (The Efficient Cause) hangi şeyi yaptığını, sonuç nedeni (The Final Cause) hangi şey için yapıldığını belirtir [17].

Ampristlerden 18. yy. İngiliz filozofu John Locke (1690), herhangi basit yada karmaşık bilgiyi ortaya çıkaran şeye "neden" ve ortaya çıkardığı şeye de "sonuç" adını vermiştir. Aristotle birşeyin nedenlerinin etkilerinden ziyade o şeyin nedenlerinin üzerinde dururken Locke bu konuda tarafsız davranmıştır [14].

Günlük konuşmada “flanca olay, flancanın nedenidir” dediğimizde anlatmak istenilen ifadenin üç farklı anlamı vardır;

- i) 1. olay 2. olayı meydana getirir.
- ii) 2. olayın meydana gelmesine 1. olay neden olur.
- iii) 1. olay olmasaydı , 2. olay olmazdı.

Bu ifadelerde 1. olay, bazen yeter koşul , bazen gerekli koşul , bazen hem yeterli hem de gerekli koşul anlamında kullanılmıştır. (Bkz.2.3. nolu bölüm)

Neden ve sonuç arasındaki ilişkiye neden-sonuç ilişkisi denir. Tanımlanan X ve Y değişkenleri için "X,Y ' nin nedenidir" yada aynı anlama gelen "Y, X' in sonucudur" şeklindeki bir önerme, bu iki değişken arasında nedensel bir ilişkinin varolduğunu belirtir. Bu önerme istatistiksel olarak;

- i) X ,Y'yi açıklar.
- ii) X varsa Y'de vardır.
- iii) X ,Y'yi tam olarak açıklar anlamlarına gelmektedir.

İstatistiksel anlamda iki değişken arasındaki ilişki ise, bu değişkenlerin aldıkları değerlerin karşılıklı değişimlerini ifade eden bir bağıllık şeklinde anlaşılır. Örneğin X değişkeninin değerleri değişirken bu değişmeye bağlı olarak Y değişkeninin de değeri değişiyorsa , bu iki değişken arasında neden-sonuç ilişkisi olduğu ifade edilir. Sözkonusu neden-sonuç ilişkisinde Y değişkenine bağımlı (sonuç), X değişkenine ise bağımsız (neden) değişken denir. İktisat teorisinde gelirle tüketim arasındaki ilişki de, tüketim gelire bağlı olarak değişir. Gelir burada neden (bağımsız değişken), tüketim de sonuç (bağımlı değişken) tur. Ne var ki bir çok durumda bu kadar net ve dolaysız bir neden-sonuç ilişkisi hemen görülemez. Örneğin üniversitelere giriş sınavında alınan puanlarla, üniversitedeki yada lisedeki başarı derecesi arasındaki ilişki için durum böyledir. Bazen de bir malın fiyatı ve üretiminde olduğu gibi değişkenler birbirini karşılıklı olarak etkileyebilir. Böyle bir durumda hangi değişkenin neden hangisinin sonuç konumunda olduğu kolayca belirlenemez. Ayrıca her zaman iki değişken arasında istatistiksel açıdan

bir ilişki bulunması, neden-sonuç ilişkisinin varlığını kanıtlamaz. Sadece böyle bir ilişkinin varolabileceğini gösterir [22]. Buna karşılık, incelenen değişkenler arasında istatistiksel açıdan hiçbir ilişkinin belirlenememesi değişkenler arasında neden-sonuç ilişkisinin olmadığını ortaya koyar [6].

2.2. Nedenselliğin Tanımı

2.2.1. Nedenselliğin Felsefi Tanımı

Nedensellik kavramı, felsefe bilimine , bilim alanında akılsallığın ortaya çıkmasıyla girmiştir. Aristoteles (M.Ö.384-322) ile birlikte neden ve sonuç kavramları bilimsel anlamına kavuşmuş ve böylece "neden" kavramının pek çok tanımı yapılarak pek çok anlamı ortaya çıkarılmıştır. Aristo, neden ile sonuç arasında gerekli bir bağ olduğunu ve bu yüzden nedensiz bir sonucun meydana gelmeyeceğini düşünmüştür. İslam bilgini Gazzali (1058-1111) ise neden ile sonuç arasındaki bağı reddetmekle birlikte, bunun zorunlu bir bağlantı değil , sadece bir alışkanlıktan kaynaklandığını düşünmüştür. Ona göre ateşin herhangi bir şeyi yakması , pamuğun ise yanması olayları arasında zorunlu bir bağ yoktur ve diğer düşünürlerin ulaştıkları bu tür sonuçlar matematikteki sonuçlar gibi kesin değildir. Ayrıca Gazzali " Bir şeyin bir şeyle beraber bulunmasının , o şeyin bu 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 " şeklinde ki teknik bir açıklamanın benzerini , yüzyıllar önce felsefi açıdan belirtmiştir [11].

Felsefe bilminde nedensellik kavramı ampirik görüşü savunan ve rasyonalist görüşü savunan filozoflar tarafından tartışılan bir konu olmuştur. Farklı görüşleri savunan filozoflar farklı tanımlar yapmışlardır.

Ampirik görüşe göre nedensellik ilişkisi, olaylar arasındaki bağıllık olarak tanımlanmaktadır. X ve Y iki olayı belirttiğinde , " X, Y' nin nedenidir " demek "Y' nin

daima X' i izlediği” yada “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 [15]. Nedensellik kavramının bunun ötesinde bir anlamı yoktur.

Rasyonalist görüş açısından ise, bu görüş yüzeysel kalmaktadır. Çünkü rasyonalistler, nedensellik kavramında gözlemin payını inkar etmemektedirler. Ancak nedenselliği sadece gözlemsel verilere bağlamayı da yetersiz görmektedirler. Onlar nedenselliği gözlemsel verilere bağlamanın yanında, zorunlu bağıntı denilen bir kavramı da ortaya çıkarmışlardır. Yani rasyonalistlere göre “X , Y'nin nedenidir” diyerek “X ve Y birlikte gitmektedir” demek değil “X ve Y zorunlu olarak birlikte gitmektedir” demektir. Görülüyor ki , rasyonalist açıdan nedensel ilişki, gözlem konusu bir birlikte gitme ile gözlemi aşan zorunlu bir bağıntı içermektedir. Ampristler ise zorunlu bağıntının yada zorunlu olarak birlikteliğin bilimsel açıklama için gerekli olmadığını “sürekli birlikte gitme” nin nedensel ilişkiyi tümüyle açıkladığını savunmuşlardır [28].

Ampristlerden İngiliz filozofu David Hume, neden olarak isimlendirilen önceden ortaya çıkmış olayın, etki adı verilen önceden ortaya çıkmış olay tarafından sürekli olarak izlendiği fikrini savunmuştur. Hume nedensellik analizinde üç temel kriter kullanmıştır[15] ;

- i) Uzaysal / Zamansal yakınlık (birliktelik) ; (Spatial / Temporal contiguity)
- ii) Zamansal olarak birbirini izleme ; (Temporal succession)
- iii) Sabit birliktelik ; Birlikte varlık/yokluk ; (constant conjunction)

X, Y' ye neden olduğunda bu kriterlerin analizdeki anlamları aşağıdaki gibidir;

- i) X ve Y uzayda ve zaman içinde birliktedirler.
- ii) X zaman içinde Y' den önce gelir.
- iii) X ve Y daima ya birlikte vardır yada birlikte yoktur.

Zamansal olarak birbirini izleme (temporal succession) konusu bağımlı (response,açıklanan) değişkenin tanımlanan özelliklerinden biri gibi modele kabul edilir.

Zaman içinde bir sonucun bir nedenden önce gelmesi fikri Hume tarafından modelde anlamsız sayılmaktadır. Hume'un analizinin eksik yanı herhangi bir yerde nedenleri belirtmemesidir. Hume'a göre herhangi bir şey, bir neden olabilir [14]. Kısaca Hume'a göre nedensellik algılanamaz, kanıtlanamaz ancak düşünülebilir. Hume, olaylar birbirlerini takip ettiklerinde yani sık sık olaylar birlikte görüldüğünde onların birbirleriyle ilişkili olduklarını ifade etmiştir. Yani bir X olayı bir Y olayını sürekli olarak izlediğinde iki olay arasında zorunlu bir bağıntı olduğu düşünülebilir ve nedenselliğin alışkanlıklardan doğan bir inanç olduğu söylenebilir.

Felsefede eleştiri görüşünün savunucularından Kant , Hume' un inanç diye düşündüğü nedensellik ilkesini kesin ve zorunlu bir ilke olarak belirtmiş ve “her türlü bilgi deneyle başlar, ama deneyden çıkmaz” demiştir [7].

Çağımız mantıksal ampristlerinden Reichenbach ise nedensel ilişkiyi rastlantısal (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. Bir örnekle şöyle açıklamıştır; Sinemada gösterilen bir filmde bir kereste deposunun havaya uçtuğu sırada hafif bir deprem sinemayı sarsmış ve seyirciler bir an perdedeki patlamanın bu sarsıntıya yol açtığını düşünmüşler. Burada iki olay arasında gerçek bir ilişki yoktur. Çünkü her iki olayında bir daha aynı anda tekrarlanmayacağı düşünülür. Eğer filmde yer alan her patlama sırasında sinema daima sarsılırsa, o zaman iki olay arasındaki ilişkiyi nedensel bir ilişki saymak gerektiğini belirtmiştir [28].

Nedensellik dedenildiğinde sadece birliktelik ve süreklilik kavramlarının söz konusu olduğunu kabul etmek doğru değildir. Örneğin gece ile gündüzün birbirini izlemesi olayında birliktelik ve süreklilik vardır. Gece ile gündüz arasında nedensel bir ilişkinin olup olmadığı sorusuna Ampristler “Daha yüksek düzeyde bir ilişkinin özel halı olmayan veya olduğu gösterilemeyen her ilişki nedensel sayılmak zorundadır” şeklinde çözüm getirmişlerdir. Eğer gece ile gündüz arasındaki ilişki, kendi etrafında dönen dünya ile güneş arasındaki ilişkiye bağlanmamış olsaydı bu ilişki nedensel bir ilişki olarak kabul edilebilirdi. Fakat daha üst düzeyde bir ilişki bulunduğundan, süreklilik olsa bile bu ilişki nedensel bir ilişki olarak kabul edilmemiştir [28].

Temel olarak felsefe ile başlayan nedensellik, fizik ve toplumbilimlerin işe karışmasıyla değişikliğe uğramıştır. Gerçekten de nedensellik , biri matematiksel diğeri fiziksel nitelikte olan olasılık ve alan kavramlarına bağlanmıştır. Nedensellik günümüzde istatistiksel çıkarımların tümü olarak anlaşılabilir. Bu durumda nedensellik felsefi boyuttan çıkmış, işlevsel bir anlam kazanmıştır.

2.2.2. Nedenselliğin İşlevsel Tanımı

Nedensellik tanımı , ilk olarak filozoflar tarafından ortaya çıkarıldığından felsefi anlamdaki nedensellik tanımı kuramsal kalmaktadır. Bu tanımı istatistikçiler ve ekonometrisyenler işlevsel hale getirmişlerdir. Böylece tanım, test edilebilirlik ve tahmin edilebilirlik özelliklerine sahip olmuştur.

Nedenselliğin işlevsel hale gelmesinde en büyük katkısı Feigl (1953) sağlamıştır. Feigl 'in tanımı pek çok çalışmaya ışık tutmuştur. Daha sonra Granger(1969) verdiği nedensellik tanımı ile nedenselliğin tam anlamıyla işlevsel hale gelmesini sağlamıştır. Günümüzde de hala geçerliliğini korumakta olan bu tanım, nedenselliğin tespitinin ve yönünün saptanmasına olanak vermektedir.

Granger 'in nedensellik tanımı üç varsayıma dayanmaktadır. Bu varsayımlar [5];

i) Geçmiş ve şimdiki dönem gelecek döneme neden olabilir. Gelecek dönem geçmiş döneme neden olmaz.

Tam anlamıyla nedensellik , sadece geçmişin içinde bulunduğumuz anı veya geleceği etkilemesiyle söz konusudur [11].

ii) Tüm nedensel ilişkiler zamana rağmen sabit kalır.

iii) Nedensellik sadece bir grup stokastik süreç için belirlenir. İki deterministik süreç arasındaki nedenselliği belirlemek mümkün değildir.

Zaman serileri arasında nedenselliğin varlığının ve yönünün saptanmasına olanak veren , Granger 'in nedensellik tanımı daha geniş olarak açıklanırsa; X ve Y, zaman içindeki değerleri bilinen iki değişken olarak kabul edildiğinde, eğer X ve Y

değişkenlerinin geçmişteki değerleri kullanılarak elde edilen Y değişkeninin gelecek değeri, sadece Y değişkeninin geçmişteki değerlerine dayanılarak elde edilen Y değişkeninin gelecek değerinden daha iyi öngörülebiliyorsa, X değişkeni Y değişkeninin nedenidir biçiminde tanımlanabilir. Başka bir deyişle , Y değişkeninin gelecek değeri, hem Y 'nin geçmişteki değerlerine dayanılarak öngörüldüğünde, hem de X ve Y değişkenlerinin ikisinin birden geçmişteki değerlerine dayanılarak öngörüldüğünde, eğer ikinci öngörü birinci öngörüden daha iyi ise "X , Y 'ye neden olmaktadır" denilmektedir. Hangi öngörünün daha iyi olduğu öngörü hatalarının varyansları karşılaştırılarak bulunabilir [12]. Nedensellikte ortaya çıkan sorun, Y değişkeninin yanında X' in bugünkü ve/veya geçmiş değerlerini kullanmanın, yalnızca Y ' nin geçmiş değerlerini kullanmaktan daha iyi sonuç verip vermeyeceğidir.

Nedenselliği kavramsal olarak tanımlayan filozoflar, Granger'ın tanımındaki 'neden' kelimesini tam olarak kabul etmemişlerdir. Bu yüzden de Granger bu kelime yerine "zamansal olarak ilişkili" (Temporally related) kavramını önermiş fakat bunu çok basit bulduğundan yine neden kelimesinin kullanılmasının gerektiğini belirtmiştir [15].

2.3. Nedenselliğe İlişkin Bazı Kavramlar

Değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin açıklanması deneysel araştırmanın en büyük amaçlarından biridir. Bilimde Aristoteles geleneğindeki "neden" arama çabası modern bilimde yerini "nedensel ilişki" bulma çabasına bırakmıştır. Bu yüzden değişkenler arasındaki ilişkiler önem kazanmıştır.

Nedensel ilişki yada neden-sonuç ilişkisi basit olarak, X ve Y birer olay olduğunda "X, Y'nin nedenidir" yada "Y, X'in sonucudur" şeklindeki önermelerdir. Bu önermeler istatistiksel anlamda aşağıdaki gibi üç farklı şekilde kullanılabilir [15];

i) X, Y'yi açıklar \Rightarrow X, Y için gerekli koşuldur. Yani Y'yi X dışında açıklayan başka değişkenler vardır. Bu değişkenlerin her biri gerekli koşulu ifade eder.

ii) X varsa Y 'de vardır \Rightarrow X,Y için yeterli koşuldur. Değişkenlerin hepsi birden yeterli koşulu ifade eder.

iii) X, Y 'yi tam olarak açıklar. \Rightarrow X, Y için hem yeterli hem de gerekli koşuldur. Değişkenlerin tamamı dikkate alındıktan sonra Y'yi açıklayan başka bir değişken kalmamışsa X veya X'ler Y için yeterli ve gerekli koşul sayılır.

2.3.1. Deterministik İlişki Kavramı

Bazı değişkenler arasında matematiksel bir fonksiyonla ifade edilebilen $Y=f(x)$ tipinde kesin ilişkiler vardır. Çok sağlam teorilere dayanan ve günümüzde geçerliliği kanıtlanmış bu ilişkilere "Deterministik İlişki" denir. Örneğin; kibritin yanması olayı (Y) ele alındığında , kibritin yanabilmesi için oksijenin olması (O), kibritin kuru olması (K) ve sürtünme (S) olayının gerçekleşmesi gerekir [17]. Yani bu değişkenlerin tamamının bir arada bulunması gerekmektedir. Bu değişkenlerin her biri gerekli , hepsi birlikte yeterlidir Değişkenlerin hepsinin yeterli olması değişkenler arasında deterministik bir ilişkinin olduğunu kanıtlar. Bu deterministik ilişki aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$Y=f(O,K,S) \quad (2-1)$$

$Y=kX$ matematiksel ifadesinde "k" sabit bir sayı iken kesin bir ilişki söz konusudur. X 'in neden, Y'nin de sonuç olduğu herhangi bir fonksiyonel ilişkide ölçme hataları bulunmamak şartıyla X bilindiğinde Y' nin değeri tam olarak hesaplanabiliyorsa bu tür ilişkiye de "deterministik ilişki " denir [22].

2.3.2. Stokastik İlişki Kavramı

Stokastik ilişki , herhangi bir olayın açıklanmasında değişkenlerin gerekli fakat yetersiz olduğu ilişkilere denir. Stokastik ilişkileri , deterministik ilişkilerdeki gibi eşitliklere benzer şekilde ifade etmek mümkün değildir. Günlük hayatta bireylerin davranışlarındaki farklılıklar nedeniyle deterministik ilişkiden daha çok stokastik (olasılıklı) ilişkilere rastlanır. Uygulamada veri toplanamaması nedeniyle bütün değişkenleri modele dahil etmek mümkün olamamaktadır. Bu durumda modele dahil

edilmeyen değişkenler hata terimi (u) değişkeni olarak modelde yer almaktadır Hata terimi (u) ortalaması sıfır ve varyansı sabit olmak üzere normal dağılım gösterir [1].

Yakın geçmiş felsefecilerinden Patrick Suppes günlük konuşmalarda olduğu gibi çağdaş fizik ve sosyal bilim dallarında da nedenselliğin deterministik nitelikte olmadığını belirtmekte, bu alanlarda inceleme konusu ilişkilerin olası bir nitelik taşıdığını ileri sürmektedir. Bu bilim dallarında ki inceleme konusu ilişkiler, determinist ilişkilerin tersine, ne tam ne de kesindir. Bu nedenle modern bilim, incelediği ilişkilerin niteliğine daha uygun düşen olasılık teorisine başvurma yoluna gitmiştir [28].

İlk bakışta “nedensellik” ve olasılığın bağdaşmaz görülen iki kavram olduğu düşünülebilir. Bu nedenselliğin daha önce belirtildiği gibi determinist açıdan yorumlanmasından ileri gelmektedir. Nedensel olarak kabul edilen pek çok ilişkinin deterministik nitelikte olmadığı anlaşıldığında iki kavramın aslında birbiriyle bağdaştığı görülür. Patrick Suppes [15], olasılıkla nedensellik arasındaki ilişkiyi “Y’nin meydana gelmesi X’in meydana gelmesini *yüksek bir olasılıkla* izliyor ve bu durumu etkileyen 3. bir değişken de yoksa , X ,Y’nin nedenidir.” şeklinde tanımlamış ve nedenselliği "deterministik nedensellik" ve "stokastik nedensellik" olarak ikiye ayırmıştır.

Deterministik nedensellikte X bağımsız değişkeni Y değişkeninin kesin nedeni iken, stokastik nedensellikte belirli bir α anlamlılık düzeyi ile X değişkeni Y değişkeninin nedeni olabilmektedir. Deterministik nedensellikte X değişkeninin Y değişkeninin nedeni olma olasılığı ya sıfır yada 1 olmasına karşın, stokastik nedensellikte söz konusu olasılık sıfır ile 1 arasındadır. Bu durumda stokastik nedenselliğin daha geniş açıklama gücüne sahip olduğu söylenir.

2.1 nolu çizelgede deterministik nedensellik ile stokastik nedensellik arasındaki farklar belirtilmiştir [28].

Çizelge 2.1 Deterministik ve Stokastik Nedensellik Arasındaki Farklar

DETERMİNİSTİK NEDENSELLİK	STOKASTİK NEDENSELLİK
X ,Y'nin kesin nedenidir.	X ,Y'nin belirli bir anlam düzeyinde nedenidir.
X değişkeninin Y değişkeninin nedeni olması olasılığı 0 yada 1'dir.	X değişkeninin Y değişkeninin nedeni olması olasılığı 0 ile 1 arasındadır. (bu yüzden daha çok açıklama gücüne sahiptir.)

2.3.3. Birlikte Değişme Kavramı

Deterministik ve stokastik ilişki dışında , değişkenler arasında birlikte değişme de sözkonusu olabilir. X açıklayıcı değişken/değişkenlerinin Y değişkenini açıklamada gerekli ve yeterli olup olmadığı bilinmediği halde, sadece her ikisinin de aynı yönde veya ters yönde değiştiği bilindiğinde sözkonusu ilişki “birlikte değişme” olarak adlandırılır. Deterministik ve stokastik ilişkilerde X ile Y arasında fonksiyonel bir ilişki olmasına karşılık, birlikte değişmede böyle bir durum sözkonusu değildir.

Ayrıca birlikte değişmede hangi değişkenin neden hangisinin sonuç olduğu ile ilgilenilmez ve korelasyon tekniği kullanır. İki değişken arasındaki ilişkiyi belirten korelasyon, fonksiyonel ilişki tarafından matematiksel olarak formüle edilerek tahmin edilir. Tahmin edilen katsayının mantıksal olarak gerçeğe uygun olması durumunda aradaki ilişki, korelasyon olarak aksi halde birlikte değişme olarak ifade edilir [15]. Ayrıca değişkenler arasında çıkan yüksek bir korelasyon onların nedensel olarak ilişkili olduğunu göstermez. Eğer bulunan korelasyon katsayısı (r) nin değeri pozitif yada negatif olarak gözlenirse, X'teki bir değişimin Y'deki bir değişmeye neden olduğu sonucuna varmak doğru değildir [24].

2.4. Nedenselliğin Yönü

Nedenselliğin yönü iki (yada daha çok) değişken arasındaki ilişkinin , tek yönlü mü, iki yönlü mü (feedback) yoksa anlık mı değiştiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca değişkenlerin içsel değişken mi yoksa dışsal değişken mi olduklarını da belirlemektedir. Bu durum iktisadi model kurma aşamasında büyük öneme sahiptir [15].

2.4.1. Tek Yönlü Nedensellik

X_t , t dönemindeki X değişkeninin değeri, Y_t , t döneminde Y değişkeninin değeri olmak üzere eğer ;

$$\sigma^2(Y_t / \bar{\Omega}) < \sigma^2(Y_t / \bar{\Omega} - \bar{X}) \quad (2-2)$$

ise X_t 'nin Y_t 'ye neden olduğu söylenebilir [3].

$\bar{\Omega}$; Anakütlerdeki tüm bilgi

$\bar{\Omega} - \bar{X}$; Anakütlerdeki X dışındaki bilgi

X_t ' Y_t 'ye neden olduğunda, anakütlerdeki tüm bilginin kullanılmasından elde edilen t dönemi için Y_t öngörüsü , anakütlerde X dışındaki bilginin kullanılması ile elde edilen t dönemi için Y_t öngörüsünden daha iyi ise bu durumda X_t 'nin Y_t 'ye neden olduğunu söylemek mümkündür [9]. Tek yönlü nedensellik $X_t \Rightarrow Y_t$ şeklinde gösterilir.

Buna göre çıkarılacak sonuçlar şunlardır;

- X_t, Y_t 'ye neden olduğunda X_t, Y_t 'nin öncül (leading)¹ göstergesidir.
- Y_t, X_t 'ye bağlıdır ve buna bağlı olarak Y_t, X_t 'ye göre içsel değişkendir.

X_t, Y_t 'nin nedeni iken Y_t, X_t 'in nedeni değilse nedensellik, X_t 'den Y_t 'ye doğru tek yönlüdür ve X_t, Y_t 'ye göre dışsaldır [20]. Y_t, X_t 'ye, neden oluyorken , X_t, Y_t 'ye neden olmuyorsa Y_t 'den X_t 'ye doğru tek yönlü nedensellik sözkonusudur.

¹ Hacettepe Üniversitesi İ.İ.B.F İşletme Yönetimi Bölümü Öğretim üyesi Dr.Bilge Hacıhasanoğlu "yönlendirici",Uludağ Üniversitesi Öğretim Üyesi Erkan Işığışık ise "önceleyici" olarak kullanmıştır.

2.4.2. İki Yönlü Nedensellik

İki yönlü nedenselliğin diğer bir adı da geribildirim, geribesleme (feedback) dir. Nedensellik sadece X_t 'den Y_t 'ye yada sadece Y_t den X_t 'ye doğru olmaz. Karşılıklı da olabilir. Yani;

$$\sigma^2(X_t / \bar{\Omega}) < \sigma^2(Y_t / \bar{\Omega} - \bar{X}) \quad (2-3)$$

$$\sigma^2(X_t / \bar{\Omega}) < \sigma^2(X_t / \bar{\Omega} - \bar{Y}) \quad (2-4)$$

koşulları sağlanıyorsa, burada geribildirim varlığı sözkonusudur. X_t Y_t 'nin nedeni ise Y_t de X_t nin nedenidir ve $X_t \Leftrightarrow Y_t$ ile gösterilir [9].

(2-3) nolu koşulda , anakütledeki tüm bilginin kullanılması ile elde edilen t dönemi için Y_t öngörüsü, anakütleden X dışındaki bilginin kullanılması ile elde edilen Y_t öngörüsünden daha iyi ise, X_t nin Y_t 'ye neden olduğu ve bunun yanında (2-4) nolu koşulda, anakütledeki tüm bilginin kullanılması ile elde edilen t dönemi için X_t öngörüsü , anakütlede Y dışındaki bilginin kullanılması ile elde edilen X_t öngörüsünden daha iyi ise , Y_t 'nin de X_t 'ye neden olduğu ve iki yönlü nedenselliğin bulunduğu ifade edilir.

İki yönlü nedenselliğin bulunması, her iki değişkenin de modelde içsel değişken olarak yer almaları anlamını taşır. Hem X_t hemde Y_t değişkenleri aynı modelde içsel değişkenlerdir. Modelde Z_t gibi bir değişkenin dışsal değişken olarak yer alması için ise Z_t den X_t ye ve Y_t ye iki yönlü nedenselliğin sözkonusu olmaması gerekir.

X_t ve Y_t arasında tek yönlü nedenselliğin bulunması durumunda, X_t ve Y_t 'yi içeren model tek denklem modelidir. İki yönlü nedenselliğin olması durumunda X_t ve Y_t 'nin yer aldığı model yine tek denklem modelidir. Fakat bu model güvenilir olmayan sonuçlar verebilmektedir. Bu yüzden tek denklem modeli yerine, eşanlı denklem modelinin kullanılması yararlı olacağı belirtilmektedir [15].

2.4.3. Anlık Nedensellik

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

$$\sigma^2(Y_t / \bar{\Omega}, \bar{X}) < \sigma^2(Y_t / \bar{\Omega}) \quad (2-5)$$

koşulu gerçekleşirse X_t 'den Y_t 'ye anlık (instantaneous) nedensellik sözkonusudur.15].

Başka bir ifadeyle, Y'nin gerçek değerlerini öngörme de 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 [29]. Yada X_t 'den Y_t 'ye doğru anlık nedensellik sözkonusudur.

Y_t 'den X_t 'ye anlık nedensellik mevcutsa koşulun;

$$\sigma^2(X_t / \bar{\Omega}, \bar{Y}) < \sigma^2(X_t / \bar{\Omega}) \quad (2-6)$$

şeklinde olması gerekir. Burada da X'in gerçek değerlerini öngörmeye ,Y 'nin bugünkü değerinin modelde yer alması , yer almamasından daha iyi sonuç veriyorsa , Y_t 'den X_t 'ye doğru anlık nedensellik sözkonusudur.

2.4.4. Bağımsızlık

Granger 'in tek yönlü , çift yönlü ve anlık nedensellik dışında yaptığı bir başka tanım da “Bağımsızlık” tır. Bu tanım, Y_t ve X_t değişkenlerinin birbirlerinin nedeni olmadığı yani iki değişken arasında nedensel bir ilişki olmadığı anlamına gelmektedir [8].

2.5. Nedensel İlişkilerin Örneklem Uzayı

Nedensellik için test edilebilir 3 nedensel ilişki bulunmaktadır.

- 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,

Yukarıda belirtilen test edilebilir üç nedensel ilişkinin her birinin iki olası şıkkı vardır. Böylece 3 durum ve 2 şık , $2^3=8$ olası kombinasyondan oluşur. Mümkün tüm sonuçların oluşturduğu örneklem uzayı 2.2 nolu çizelge ile gösterilir [15]. Nedensel ilişkilerin olabilecek tüm mümkün sonuçları bu çizelge de belirtilmiştir. Bunlar “ X_t , Y_t 'ye neden olur.” dediğimizde olabilecek sonuçlardır.

Değişkenler iki değişkenli zaman serisi modelinin belirli bir tipi ile elde edildiğinde, önce nedensellik yapıları tanımlanmalı daha sonra da nedensel ilişkiler amprik olarak test edilmelidir.

Çizelge 2.2. Nedensel İlişkilerin Örneklem Uzayı (Işığışık,1994)

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)

3. ZAMAN SERİLERİNDE NEDENSELLİK TESTLERİ

3.1. Zaman Serileriyle İlgili Bazı Tanım ve Açıklamalar

3.1.1. Zaman Serisi Tanımı

Gözlem sonuçlarının , zaman vasfının şıkları (saat , gün , hafta , yıl , üç ay vs...) itibariyle sıralanmasıyla elde edilen rakamlar dizisine “Zaman Serisi” denir [22]. Başka bir tanım olarak , ilgilenilen zamana bağlı bir olayın , gözlem veya deney sonucu aldığı değerlerin oluşturduğu topluluğa da zaman serisi adı verilir [4]. Yıllara göre ihracat miktarları , aylara göre üretim miktarları , sayım yıllarındaki Türkiye nüfusu , günlere göre sipariş sayıları vb. gibi serileri örnek olarak gösterilebilir.

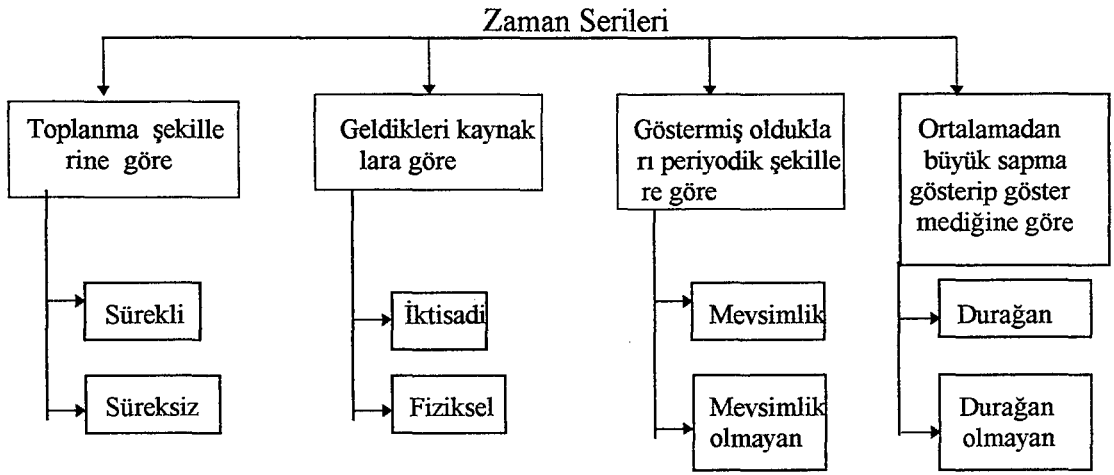
“Zaman Serisi Çözümlemesi” ise çözümlenecek zaman serisini unsurlarına ayırmak, bunların gelecekte alabileceği değerleri öngörmek ve seriyi etkileyen unsurların gelecek dönemde de devam edeceğini dikkate alarak belirli bir öngörü değerine ulaşmaktır [22]. Zaman serileri çözümlemesinde en önemli amaç, zamana bağlı değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve değişkenler için öngöründe bulunulmasıdır[4].

X bir zaman serisi olmak üzere, t zamanında aldığı değer X_t şeklinde ifade edilir ve zamanın bir fonksiyonu olarak düşünülür. t dönemine ilişkin gözlem değerine “bugünkü gözlem değeri” denir. t dönemine kadar olan tarihsel gelişimi gösteren döneme “geçmiş dönem” adı verilir ve $t=1,2,3,\dots$ değerleri için , geçmiş dönem değerleri; $X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-3} \dots$ ile simgelenir. Zamana bağlı olayla ilgili öngörülerin yapıldığı döneme de “gelecek dönem” denir ve gelecek dönem değerleri; $X_{t+1}, X_{t+2}, X_{t+3}, \dots$ ile ifade edilir[18].

3.1.2. Zaman Serisi Türleri

Zaman serileri toplanma şekillerine, geldikleri kaynaklara, göstermiş oldukları periyodik şekillere ve seri değerlerinin ortalamadan göstermiş oldukları sapmalara göre sınıflandırılmaktadır.

Belirli eşit zaman aralığına göre elde edilmiş gözlem değerlerinin oluşturdukları serilere süreksiz zaman serileri, zaman içerisinde belirli ve eşit bir zaman aralığı ile sınırlandırılmadan elde edilen gözlem değerlerin oluşturduğu seriye ise sürekli zaman serileri adı verilir. Ayrıca zaman serileri göstermiş oldukları periyodik şekillere göre mevsimlik ve mevsimlik olmayan seriler, seri değerlerinin ortalamadan büyük sapmalar gösterip göstermediğine göre de durağan (stationary) ve durağan olmayan (nonstationary) seriler şeklinde adlandırılabilir [16]. Zaman serileriyle ilgili sözü edilen bu sınıflandırma Şekil 3.1. 'de topluca verilmiştir [15].



Şekil 3.1. Zaman Serisi Türleri (Işığışık 1994)

3.1.3. Zaman Serisinin Özellikleri

Zaman serilerinin özelliklerinden biri gözlem değerlerinin birbirine bağımlı olmasıdır. Bu bağımlılığa “iç bağımlılık” denir. İç bağımlılık, zaman serileri analizini, bağımsız gözlem değerlerinden meydana gelen serilerin analizinden ayıran en önemli özelliktir.

Bu özellik sayesinde, bir zaman serisinin bugünkü ve geçmiş dönem gözlem değerlerini kullanarak gelecek dönemde alacağı değerlerin öngörüsü elde edilebilir.

Zaman serilerinin diğerk bir özelliği de “stokastik süreç” olmasıdır. Stokastik süreç olarak bir zaman serisi, iç bağımlılığı olan rassal değişkenin zaman aralıkları ile aldığı değerlerin ardarda sıralanmasıyla meydana gelen seri şeklinde tanımlanabilir [18].

İktisadi olaylar, zaman değişkenin ve bunun yanında çok çeşitli değişkenlerin etkisi altında kalırlar ve bu yüzden zamana bağlı değişkenler sadece zaman değişkeni ile açıklanamazlar[4]. Bu olaylar, zaman değişkenine bağlı olduklarından rassal (stokastik) karakterdedir. Bu gibi olaylarla ilgili serilerin gelecek dönemdeki seyrini , bugünkü ve geçmiş dönem değerlerine dayanarak incelemek için değişik bir yaklaşım gerekir. Buna deterministik olmayan , stokastik veya istatistiksel yaklaşım denilmektedir. Bu yüzden zaman serileri çözümlenirken , bu serilere bir stokastik süreç olarak bakılması gereği ortaya çıkmıştır.

Zaman serilerinin bir başka önemli özelliği ise dört unsurdan meydana gelmesidir. İktisadi olaylara ait zaman serilerinin zamana göre aldığı değerlerin seyrinde, ekonomik, sosyal, psikolojik vb. sebeplerin olay üzerindeki tesir, yön ve şiddetinin farklı olmasından dolayı inip çıkımlarla karşılaşılabilir [18]. Sözkonusu dört unsur;

- a) Trend (T)
- b) Konjonktür Dalgalanmalar (K)
- c) Mevsimlik Dalgalanmalar (M)
- d) Tesadüfi (Rassal, Düzensiz) Dalgalanmalar (D) şeklinde sıralanır.

Bu.unsurlardan herbirinin olay üzerindeki etkileri farklı yönlerde ve şiddette olabileceği gibi , aynı yönde ve şiddette olabilir.

a) Trend (T) ; Bir zaman serisinin uzun bir devre içinde gösterdiği ana eğilime denir. Örnek olarak nüfus değişikliği, teknolojik değişmeler yada üretim artışları verilebilir[13].

Ekonomide , olayların ana eğilimi olarak ifade edilir. Trendin biçiminin bilinmesi, işletmelerin uzun vadeli plan ve programlarının en iyi biçimde düzenlenmesine olanak sağlar. Ayrıca , işletmecinin doğru karar vermesine yardımcı olur [26].

b) Mevsimlik Dalgalanmalar (M) ; Kısa aralıklı zaman serilerinde (mevsimlik, aylık, üç aylık, haftalık...) görülen, tekrarlanan döngüsel hareketlerin tümüne “mevsimlik dalgalanma” adı verilir. Örneğin bir malın üretim, satış, tüketim ve fiyatında hava şartları ve alışkanlıklar nedeniyle mevsimlik değişimler başka bir deyişle mevsimsel dalgalanmalar meydana gelebilir [22]. Mevsimlik dalgalanmalar hem döngüsel hem de periyodiktir. Sözkonusu dalgalanmalar ele alınan iktisadi değişkene ilişkin aylık veya üç aylık verilerde kendini gösterir. Özellikle mevsimler itibariyle farklılık gösteren değişkenler de bu dalgalanmalar daha belirgindir [15]. Yıllık zaman serilerinde ise mevsimsel dalgalanma unsuruna rastlanmaz.

c) Konjonktürel Dalgalanmalar (K) ; Ekonomik koşullardaki değişiklik yüzünden bir yıldan uzun fakat değişik sürelerle tekrarlanan dalgalanmalardır. Bu dalgalanma genellikle, ekonomik faaliyet düzeyinin uzun yıllar aynı düzeyde kalmasını önleyen ekonomik sistemlerde ortaya çıkar. Konjonktürel dalgalanmaların tekrarlanma süreleri genellikle 3-15 yılda birdir. İktisatta konjunktur teorileri ile açıklanabilen bu dalgalanmalarda , bir müddet gelişme görülür , yükselişin max aşamasında bir kriz patlak verir. Sonra bir düşüş başlar , izleyen aşamada olay biraz hareketsiz kalır , daha sonra yeniden bir kıvılcıktanma ve canlanma başgösterir ve aynı aşamalar tekrarlanır. Konjonktürel dalgalanmalar döngüsel olmasına karşılık , mevsimlik dalgalanmaların aksine periyodik değildir [26].

d) Düzensiz Hareketler (D) ; Doğal, sosyo-ekonomik sebepler gibi rassal sebeplerle ortaya çıkan varlığı önceden tahmin edilemeyen ve etkisini ender olarak gösteren hareketlerdir. Trend, mevsimlik dalgalanmalar ve konjonktürel dalgalanmalar belirlenebildikleri halde, düzensiz hareketleri kestirmek pek mümkün değildir [26]. Düzensiz hareketlerin sebepleri arasında deprem, su baskını , don , harp , lokavt , grev , işletmelerin politikalarındaki değişiklikler verilebilir.

X zaman serisinin gerçek (gözlenmiş) değerleri (X) ile yukarıda sayılan unsurlar arasında aşağıda belirtilen şekilde çarpımsal veya toplamsal olarak gösterilebilen matematiksel bir ilişkinin olduğu varsayılır.

- $X=T+M+K+D$
- $X=T+M*K*D$
- $X=T+M+K*D$
- $X=T*M*K*D$ ' dir.

Yıllık zaman serileri mevsimlik dalgalanmaların etkilerini taşımayacağından yukarıdaki eşitliklerden M unsuru çıkarılır;

- $X=T*K*D$ biçiminde yazılır.

Zaman serilerini etkileyen bu dört unsurun seriler üzerindeki etkilerinden dolayı nedenselliğin yönü yanlış belirlenebilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için ,değişkenler üzerinde bazı dönüşümler uygulanır. Böylece dönüşüm uygulanmış seriler bu unsurlardan arındırılmış olur.

Zaman serisi çözümlemesine ilişkin iki varsayım sözkonusudur. Bunlar ;

i) Geçmiş dönemlerdeki değişimler gelecek dönemlerde de tekrarlanarak aynı eğilimi taşır.

ii) Kullanılan zaman serisi verileri olasılık kurallarına göre toplanmıştır.

Varsayım ii, gözlem değerlerinin sonsuz hacimli bir evrenden belirli olasılık kurallarına göre çekilmiş örnekler olduğunu ifade etmektedir.

3.2. Zaman Serisi Çözümleme Araçları

3.2.1. Kartezyen Grafik (Serpilme Diyagramı)

Zaman serisi çözümleme araçlarından en sık kullanılanıdır. Bir serinin durağan olup olmadığını araştırmada yada başka bir deyişle , zaman serisini etkileyen unsurların tesbitinde başvurulacak en basit yol serinin kartezyen grafiğini çizmektir.

Kartezyen grafikte, gözlem sonuçları iki eksene göre belirlenen noktalarla gösterilir. Bu eksenler biri “dikey” diğeri 90 derece açı ile öncekini kesen “yatay” iki doğrudur. Yatay eksene “apsis” dikey eksene “ordinat” adı verilir. Bu eksenlerin meydana getirdiği alana koordinat sistemi denir. Zaman serilerinin grafiklerinde apsis ekseninde zaman vasfı, ordinat ekseninde gözlem sonuçları yer alır. Gözlem sonuçları koordinat sisteminde eksenlere uzaklığı ölçülü noktalar halinde gösterilir ve bu noktaların birleştirilmesi ile “istatistiksel eğriler” oluşur [23]. Kartezyen grafikte oluşan bu istatistiksel eğriler üzerinde trend , mevsimlik dalgalanma vb... unsurların varlığı gözleniyorsa incelenen serinin durağan olmadığına karar verilir.

3.2.2. Otokovaryans Fonksiyonu

Durağan stokastik bir sürecin X_t ile X_{t+k} değerleri arasındaki kovaryansa k gecikmesindeki “otokovaryans” denir ve otokovaryans katsayısı;

$$\gamma_x(k) = \text{Cov}(X_t, X_{t+k}) = E\{(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)\} \quad (3-1)$$

$$\gamma_x(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu) \quad k=0,1,2,\dots,n \quad (3-2)$$

şeklinde formüle edilir (Işığışık 1994).

Otokovaryans fonksiyonu zaman serilerine uygulanan, bu serilerin ilişki ve özelliklerini açıklayan, bu nedenle analiz edilecek zaman serilerine uygun olabilecek modelin seçiminde yardımcı olan ve açıklayıcı bilgi oluşturan önemli fonksiyonlardan biridir.

İncelenen zaman serisine dayanarak $\gamma(k)$ otokovaryans katsayısının tahmini $c(k)$ ile gösterilir. Örnek otokovaryansı adı verilen $c(k)$ aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$c(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X}) \quad k=0,1,2,\dots,n \quad (3-3)$$

Otokovaryans fonksiyonu zaman serisi çözümlemesinde önemli bir araç olmasına rağmen, farklı ölçü birimleriyle ifade edilmiş veya terimleri farklı büyüklüklerde olan serilerin karşılaştırılmasında yanıltıcı olabileceği için yetersiz kalmaktadır. Otokovaryans fonksiyonunun bu yetersizliği, hesaplanan $\gamma(k)$ 'ların standartlaştırılmasıyla giderilebilir. Standartlaştırılmış otokovaryans fonksiyonuna “otokorelasyon fonksiyonu” denir [18].

3.2.3. Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF ; Auto Correlation Function)

Otokorelasyon fonksiyonu, hangi zaman serisi unsurunun seriyi etkilediğinin araştırılmasında, analiz edilecek seri için uygun olabilecek model yada modellerin belirlenmesinde ve seçiminde kullanılan önemli çözümleme araçlarından biridir. Otokorelasyon, aynı değişkenin farklı zaman aralıklarında aldığı kıymetler arasındaki ilişkinin derecesini de belirler [18].

Bir zaman serisinin, X_t ve X_{t+k} , gecikmeli iki değeri arasındaki ilişkinin standartlaştırılmış ölçümüne “otokorelasyon katsayısı” ve bu katsayıların k gecikmesine bağlı olarak ifadesine de “otokorelasyon fonksiyonu” denir. Evren için otokorelasyon katsayısı $\rho_x(k)$ ile gösterilir ve aşağıdaki gibi tanımlanır [4];

$$\rho_x(k) = \frac{E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)]}{E[(X_t - \mu)^2]} \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3-4)$$

$$\rho_x(k) = \frac{\gamma_x(k)}{\sigma_x^2} = \frac{\gamma_x(k)}{\gamma_x(0)} \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3-5)$$

Örnekleme zaman serisine dayanarak $\rho_x(k)$ 'nın tahmininin $r(k)$ ile gösterilir ve ;

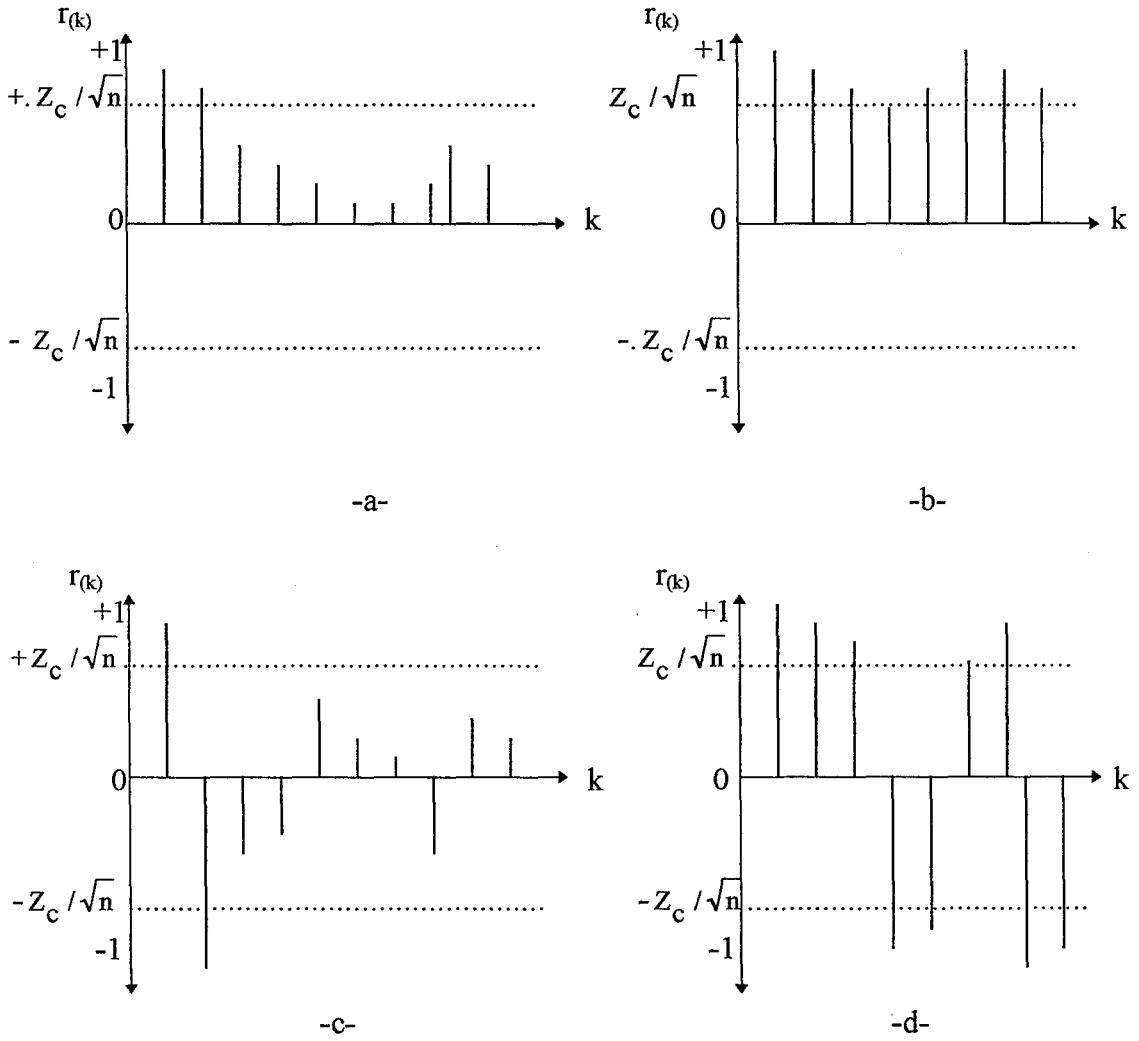
$$r_x(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \quad (3-6)$$

$$r_x(k) = \frac{c_x(k)}{c_x(0)} \quad k=0,1,2,\dots,n \quad (3-7)$$

şeklinde hesaplanır [4].

Otokorelasyon katsayıları -1 ve +1 arasında değerler alır ve otokorelasyon fonksiyonu gecikmenin simetrik fonksiyonu olduğundan, $\rho_x(k) = \rho_x(-k)$ 'dır. $k=0,1,2,\dots$ gecikme değerleri için hesaplanan otokorelasyon katsayılarının örnekleme dağılımının (normal dağıldığı varsayılırsa) ortalaması sıfır ve standart hatası yaklaşık olarak $1/\sqrt{n}$ 'dir. [16]

Korelogram, otokorelasyon katsayıları ile k gecikme değerlerinin ($k=0,1,2,\dots$) karşılıklı işaretlenmesiyle elde edilen grafiklerdir. Korelogram otokorelasyon katsayıları kümesinin $\{r(k)\}$ açıklanmasında sıfırdan farklı olup olmadıklarının saptanmasında, zaman serisinin unsurlarının tanımlanmasında özellikle çözümlenecek zaman serisine uygun modelin belirlenmesinde kullanılan faydalı bir araçtır [18]. Çeşitli gecikmeler için hesaplanan otokorelasyon katsayıları çizilen korelogramda $\pm Z_{\alpha} \cdot 1/\sqrt{n}$ aralıkları içinde ise otokorelasyon katsayılarının değerinin sıfır ve serinin rassal olduğuna karar verilir . Şekil 3.1'de durağan ve durağan olmayan serilere ait korelogramlar görülmektedir.



Şekil 3.2. Durağan ve Durağan Olmayan Serilere Ait Teorik Korelogramlar
a ve c ; Durağan Serilere Ait Teorik Korelogramlar
b ve d ; Durağan Olmayan Serilere Ait Teorik Korelogramlar

Şekil 3.2 deki a,b,c,d korelogramları incelendiğinde a ve b ile ifade edilen korelogramlarda 1. ve 2. gecikmelerden sonra otokorelasyon katsayı değerleri $\mp Z_c / \sqrt{n}$ sınırları içinde yer aldığından bu iki serinin durağan olduklarına karar verilir. Fakat c ve d korelogramlarında olduğu gibi, otokorelasyon katsayı değerleri sınırlar dışında yer aldığından katsayılar istatistiksel bakımdan sıfırdan farklıdır (anlamlıdır). Bu yüzden seri durağan değildir.

3.2.4. Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu (PACF) (Partial Auto Correlation Function)

Kısmi otokorelasyon , zamana bağlı bir değişkenin bugünkü değeri X_t 'nin diğer zaman gecikmelerinde etkisi sabit kalmak üzere, geçmiş X_{t-k} değerleriyle ilişkisini tanımlamada kullanılan bir ölçüdür. Kısmi otokorelasyon katsayısı ise, k gecikmesi için bu ilişkinin derecesini belirler ve ϕ_{kk} ile gösterilir. Otokorelasyon katsayısında olduğu gibi kısmi otokorelasyon katsayısı da ± 1 arasında değer alır ve otokorelasyon katsayısı gibi yorumlanır. Kısmi otokorelasyon katsayıları ϕ_{11} , ϕ_{22} ,....., ϕ_{kk} , Yule-Wolker denklem sistemiyle tahmin edilir. Bu denklem sistemi aşağıdaki gibi yazılır;

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \dots + \phi_{k(k-1)}\rho_{j-k+1} + \phi_{kk}\rho_{j-k} \quad j=1,2,\dots,k \quad (3-8)$$

Uygulamada (3-8) nolu denklem sisteminden yararlanarak kısmi otokorelasyon fonksiyonunun tahmin edilebilmesi için denklemlerdeki genellikle bilinmeyen otokorelasyon katsayıları ρ_j 'lerin yerine onların tahmini değerleri olan r_j 'ler kullanılır[18]. ρ_j 'lerin tahmini değerleri r_j ler, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır[15];

$$r_j = \phi_{k1}r_{j-1} + \dots + \phi_{k(k-1)}r_{j-k+1} + \phi_{kk}r_{j-k} \quad j=1,2,3,\dots,k \quad (3-9)$$

k tane bilinmeyeni içeren bu denklem sisteminin bilinmeyen kısmi otokorelasyon katsayıları (ϕ_{kk}) Cramer kuralı yardımıyla;

$$\begin{aligned}\phi_{11} &= r_1 \\ \phi_{22} &= r_2^2 - r_1^2 / (1 - r_1^2) \\ \phi_{33} &= \frac{(r_3 - r_1 r_2) - r_1(r_1 r_3 - r_2^2) + r_1(r_1^2 - r_2)}{(1 - r_1^2) - r_1(r_1 - r_1 r_2) + r_2(r_1^2 - r_2)}\end{aligned}\quad (3-10)$$

formülleri kullanılarak hesaplanır.

Kısmi otokorelasyon katsayıları AR (Auto Regressif) modellerin derecesinin belirlenmesinde kullanıldığından, AR süreçler için büyük önem taşır. AR modellerin derecesini belirleyebilmek için hesaplanan kısmi otokorelasyon katsayılarının (örnekleme ile elde edilen istatistiklerin) hangi gecikmeden sonra sıfırdan farklı olmayan değerler aldığına karar vermek gerekir. [18].

3.2.5. Çapraz Korelasyon Fonksiyonu (CCF) (Cross Correlation Function)

Çok değişkenli zaman serileri çözümlemesinde kullanılan çapraz korelasyon fonksiyonu, tek değişkenli zaman serilerinde kullanılan otokorelasyon fonksiyonuna benzemektedir. Çapraz korelasyon fonksiyonunun otokorelasyon fonksiyonunda farkı, iki serinin herhangi iki zaman gecikmesindeki gözlem değeri arasında ilişkinin derecesini göstermesidir. Çapraz korelasyon fonksiyonu, bir zaman serisinin bugünkü değeri ile, diğer zaman serisinin geçmiş, bugünkü ve gelecekteki değerleri arasındaki ilişkinin standartlaştırılmış ölçümünü gösterir [4]. X ve Y rassal serileri arasındaki k gecikmeli çapraz korelasyon katsayısı $\rho_{xy}(k)$ ile gösterilir ve;

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\gamma_{xy}(k)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3-11)$$

şeklinde formüle edilir.

Çapraz korelasyon katsayılarına, nedenselliğin hataların çapraz korelasyonları ile araştırılması aşamasında 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 serilerinin çapraz korelasyon katsayıları ile ilgilenilir.

3.3. Zaman Serilerinde Durağanlaştırma

3.3.1. Durağanlık ve Durağanlığın Sağlanması Amacı

Stokastik bir süreç olarak bir zaman serisinin tüm özellikleri , yani ortalaması, varyansı, kovaryansı ve daha yüksek dereceden momentleri zamana göre değişmiyorsa veya seri periyodik dalgalanmalardan arınmışsa, seri “durağan zaman serisi”, bu durum ise “durağanlık” olarak adlandırılmaktadır. Durağanlık uygulamalarda genellikle rastlanmayan bir durumdur.

Zaman serilerinin modellenmesinde ve nedensel ilişkilerin belirlenmesinde serilerin durağan olması gerekmektedir. Nedensel ilişkilerin belirlenmesinde “durağanlık” yeterli olmaz, bunun yanında “kovaryans durağanlık” koşulunun gerçekleşmesi de istenir. Bunun için durağan olmayan seriler (3.3.2) nolu bölümde belirtilmiş olan dönüşüm yöntemleri kullanılarak durağan serilere dönüştürülürler [29].

Bir başka açıdan durağanlık ve kovaryans durağanlık aşağıdaki biçimde tanımlanır ;

$X_t, X_{t+1}, \dots, X_{t+k}$; $(t+k)$ tane X gözlemine ilişkin bileşik (jointly) olasılık dağılım fonksiyonu $P(X_t, X_{t+1}, \dots, X_{t+k})$ ile gösterilir. Benzer olarak X değişkeninin $X_{t+s}, X_{t+s+1}, \dots, X_{t+s+k}$ gibi farklı dönemlere ilişkin bileşik olasılık dağılım fonksiyonu $P(X_{t+s}, X_{t+s+1}, \dots, X_{t+s+k})$ şeklinde ifade edildiğinde;

$$P(X_t, X_{t+1}, \dots, X_{t+k}) = P(X_{t+s}, X_{t+s+1}, \dots, X_{t+s+k}) \text{ ise } P(X_t) = P(X_{t+s}) \text{ 'dir.}$$

Bir X zaman serisinin $t, t+1, t+2, \dots, t+k$ anlarındaki $X_t, X_{t+1}, \dots, X_{t+k}$ gözlem değerlerinin bileşik olasılık dağılım şekli ile, $t+s, t+s+1, \dots, t+s+k$ anlarındaki

$X_{t+s}, X_{t+s+1}, \dots, X_{t+s+k}$ gözlem değerlerinin bileşik olasılık dağılım şekli değişmiyorsa, bir başka ifade ile stokastik bir sürecin özellikleri farklı zaman dönemlerinde değişmiyorsa seri “tam durağan”, bu durum ise “tam durağanlık” olarak ifade edilir.

Nedensel ilişkilerin araştırılmasında durağanlık yeterli olmamakta serinin kovaryans durağan olması istenmektedir. Kovaryans durağan bir süreç, farklı zaman dönemlerinde ortalamaları, varyansları ve kovaryansları değişmeyen süreçtir. Tam durağan bir süreç aynı zamanda kovaryans durağandır. Fakat kovaryans durağan bir süreç tam durağan değildir. Tam durağan olabilmesi için serinin 3. ve 4. momentlerinin de farklı zaman dönemlerinde değişmemesi gerekmektedir. Uygulamalarda tam durağanlık yerine kovaryans durağanlık yeterli olduğundan 3. ve 4. momentler ile ilgilenilmez [15].

Bir serinin durağan olup olmadığını anlamak için başvurulacak en basit yol, serinin kartezyen grafiğini çizmektir. Kartezyen grafik, trend, mevsimlik dalgalanma gibi unsurların varlığını gösteriyorsa incelenen serinin durağan olmadığına karar verilir. Ancak bu yolla karar vermek güçtür. Çünkü ilk başta durağan gibi görünen seriler zaman içinde azda olsa değişiklik gösterebilirler. Zaman serilerinde, durağanlığın incelenmesinde güvenilir araçlardan biri de serinin otokorelasyon katsayıları ve korelogramıdır [18].

3.3.2. Durağanlığın Sağlanması

Zaman serisi verilerinin olasılık kurallarına göre toplandığı şeklindeki varsayım gereği, zaman içinde ortalama, varyans, kovaryans, 3. ve 4. momentler bakımından büyük değişiklikler gösteren (durağan olmayan) verilere belirli olasılık kurallarını uygulamak, bu serilere dayanarak öngöründe bulunmak sakıncalıdır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için durağan olmayan serilerin durağan hale getirilmesi zorunludur. Bunun için çeşitli dönüşüm işlemlerine başvurulur. Söz konusu dönüşümler;

- 1) Logaritma alma
- 2) Fark alma
- 3) Filtreleme
- 4) Trendden arındırma şeklinde sıralanabilir.

Montgomery and Jonhnston [15] ' a göre iktisadi değişkenler gerçek değerleri üzerinde doğrusal değil, genellikle logaritmik değerleri üzerinde doğrusaldır. Bu nedenle serilerin gerçek değerleri yerine logaritmik değerlerinin kullanılması önerilir. Sürecin ortalaması arttıkça, gözlemlerin değişkenliğinde arttığı durumlarda logaritma almak gerekmektedir.

Seriye durağan hale getirmek için kullanılan bir başka dönüşüm fark alma dönüşümüdür. Fark alma dönüşümü seriyi ortalama durağan, logaritmik dönüşüm ise seriyi varyans durağan hale getirmektedir

Öncelikle orjinal serinin I. dereceden farkı alınır. Farklar serisinin otokorelasyon katsayıları tahmin edilir. Eğer otokorelasyon katsayı değerleri 1. ve 2. gecikmeden sonra, hızlıca sifıra yaklaşıyorsa veya korelogramda $\mp Z_c / \sqrt{n}$ sınırları içinde kalıyorsa katsayılar istatistiksel olarak anlamlı değildir, I.farklardan meydana gelen seri durağandır. Eğer I.dereceden farklar serisinin otokorelasyon katsayıları ilk iki gecikmeden sonra sifıra yaklaşmıyorsa yani seri istatistiksel olarak anlamlı ise, seride durağanlığa ulaşılamadığı anlaşılır. Durağanlığın sağlanması için I.dereceden farklar serisinin tekrar farkının alınması gerekmektedir. Fark alma derecesini gösteren "d" durağan serilerde sifır, birinci dereceden fark alma sonunda durağan hale gelen serilerde 1 , 2.dereceden fark alma işleminde durağan hale gelen serilerde 2 olur. Uygulamada d'nin değeri, genelde 1 yada 2 olarak alınır [18].

X_t , bir zaman serisini belirttiğinde birinci dereceden fark alma;

$$\nabla X_t = X_t - X_{t-1} \quad (3-12)$$

şeklinde tanımlanır.

∇ ; fark alma operatörü,

L ; geriye kaydırma operatörü yada aynı anlamda gecikme operatörü ile ifade edildiğinde fark alma dönüşümleri aşağıdaki biçimde gösterilir;

$$\nabla = 1-L \quad (\text{I.dereceden fark})$$

$$\nabla^2 = (1-L)^2 \quad (\text{II.dereceden fark})$$

.. ..

$$\nabla^d = (1-L)^d \quad (\text{d. dereceden fark})$$

Bu durumda ikinci dereceden farklar şu şekilde ifade edilir.

$$\nabla^2 X_t = (1-L)^2 X_t = (1-2L+L^2) X_t = X_t - 2X_{t-1} + X_{t-2} \quad (3-13)$$

Eşitlikte en sağda yer alan ifadeler fark denklemi gösterimidir [15]. Fark alma yönteminin kullanımı oldukça kolaydır. Ancak, fark alma işleminin kaç kez yinleneceğinin belirlenmesi bir sorun oluşturmaktadır. Bu dönüşüm, genel olarak durağanlığın sağlanması için yeterli olmaktadır[29].

Bir serinin mevsimlik hareketlerden etkilenip etkilenmediği araştırıldığında, aylık veriler kullanılıyorsa çizilen korelogramda 12,24,36,...'inci; çeyrek veriler kullanılıyorsa 4,8,12,...'inci gecikmelerindeki otokorelasyon katsayılarına bakılır. Eğer bu gecikmelerde katsayılar istatistiksel olarak anlamlı değilse yani $\mp Z_c / \sqrt{n}$ sınırları arasında kalıyorsa, seri üzerinde mevsimlik dalgalanma unsurunun etkisi yoktur, anlamlı ise vardır. Bu durumda da yine serinin durağan hale getirilmesi gerekmektedir.

Mevsimsel serilerin durağan hale getirilmesi için mevsimsel fark $(X_t - X_s)$ (s;Mevsimlik dönem genişliği) esas alınır. Aylık serilerle çalışılıyorsa 12, üç aylık serilerle çalışılıyorsa 4. dereceden fark alınması durağanlığın sağlanması açısından daha uygun olmaktadır.

Seriye mevsimlik dalgalanmadan arındırmak için fark alma dışında aşağıdaki teknikler de kullanılmaktadır;

- a) Aylık ortalama tekniği
- b) Trende oranlama tekniği
- c) Hareketli ortalamalara oranlama tekniği

Durağanlığı sağlamada diğer dönüşümlerden biri de serileri filtrelemedir. Fark alma dönüşümü aslında $(1-L)^d$ (L yerine B'de yazılabilir.) dir. L yada B gecikme operatörüdür. Kullanılan bu filtrede "d" kaçınıcı dereceden fark alındığını belirtmektedir ve genellikle d , 1 yada 2 olmaktadır. Bahsedilen bu filtre de bir fark filtresidir. Bu çalışmada Sims'in önerdiği $(1-0.75L)^2$ filtresi üzerinde durulmuştur.

Sims regresyon modellerini tahmin etmeden önce, X değişkeni $LX_t = X_{t-1}$ olan, $(1-0.75L)^2$ filtresinden geçirmiştir. Bu filtre yardımıyla hatalar yaklaşık olarak beyaz gürültü (white-noise) haline gelmiştir. Marc Nerlove ise mevsimsel olarak ayarlanmış seriye uygulamak için $(1-kL)^p$ filtresini kullanmayı düşünmüştür. Böylece trendin ortadan kalkacağını savunmuştur. Ekonomik zaman serilerinde, filtredeki k değerini $k=3/4$, p gecikme değerini ise 1,2,3 olarak ele almıştır [27].

Daha özel olarak, regresyon modelindeki gecikmeyi tahmin etmeden önce her bir regresyona tek bir filtre uygulamak yerine aşağıdaki adımlar izlenerek başka bir filtre uygulanabilir[27];

i) I. dereceden farklara sıradan en küçük kareler tekniğini uygulamak,

ii) $e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-4}$ üzerinde e_t regresyonuyla (i). adımda elde edilen e_t hatalarının otoregresif özellikleri araştırılır. e_{t-1} ve e_{t-2} gibi çoğu hataların üzerinde $(1-\alpha_1L-\alpha_2L^2)$ filtre şeklinin anlamlı olup olmadığı bulunur.

iii) (ii) adımda uygulanan filtre 1.dereceden farkı alınmış seriye uygulanır ve sıradan en küçük kareler tekniğini kullanarak gecikme profili tahmin edilir.

Bu yaklaşım, üçüncü adımda elde edilen uygun hatalarla ikinci ve üçüncü adım yinelenerek kullanılır. Gecikme profilini tahmin etmede, aynı otoregresif filtre hem gelecek gecikmelerin varlığında hem de gelecek dönem gecikmeleri olmadan kullanılabilir.

$(1-L)(1-\alpha_1L-\alpha_2L^2)$ şeklinde her bir değişkene uygulanan birinci dereceden fark ile otoregresif bir filtrenin birleştirilmesiyle oluşan filtre, ikinci dereceden birleşik otoregresif bir filtredir. Bu filtre her bir değişkene uygulandıktan sonra Sims'in $(1-0.75L)^2$ filtresine nazaran daha iyi sonuç vermiştir.

Uygulamada durağan olmayan X_t ve Y_t serilerinin uygun dönüşümlerle durağan hale geldiğini ifade etmek için X_t^* ve Y_t^* gösterimi kullanılmıştır. Yapılan dönüşümler nedenselliğin gerçek yapısını bozmamış, aksine daha güvenilir sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.

3.4. Nedensellik Testleri

3.4.1. Testlerin Amacı

Nedensellik testleri genel olarak nedensel ilişkilerin araştırılmasında kullanılır. Nedensel ilişkilerin araştırılmasının amaçları ise aşağıdaki biçimde sıralanabilir [15];

- 1) Değişkenlerin modellenmesinde hangi değişkenin bağımlı, hangilerinin bağımsız olduklarının belirlenmesi ,
- 2) Bir değişkende bugünkü dönemde meydana gelen bir değişme etkisinin kaç dönem öncesine kadar dayanacağını belirlenmesi,
- 3) X_t ve Y_t , iki zaman serisi olmak üzere , Y_t gibi bir değişkenin gelecek dönem değerlerinin sadece kendi geçmiş değerleri ile mi yoksa X_t gibi bir başka değişkenin geçmiş değerleri ile mi daha iyi öngörüleceğinin belirlenmesi,
- 4) Değişkenlerin modellenmesinde ilişkilerin yönünün belirlenmesi,
- 5) Mevcut verilere dayanarak X_t ve Y_t ' nin gelecek dönemlerdeki değerlerinin öngörülmesinde nedensellik testleri kullanılır.

Nedensel ilişkilerin araştırılması, sadece bağımlı, bağımsız ve modele dahil edilecek değişkenlerin belirlenmesi konularında yol göstericidir. Buna karşılık ekonometrik modellerden üstün değildir. Bunun sebebi , nedenselliğin operasyonel tanımının sadece zaman serilerine dayandırıldığı ve bir değişkenin gelecek dönemlerdeki değerlerini, kendi geçmiş değerlerinden veya ilişkili olduğu varsayılan diğer bir değişkenin geçmiş değerlerinden öngörmek anlamında ifade edilmesidir. Bu yüzden nedensel ilişkilerin araştırılmasında ekonometrik yaklaşım ve zaman çözümleme yaklaşımlarının birlikte kullanılması çabaları önem kazanmıştır. Zaman serisi çözümleme

yaklaşımı ile değişkenler arasındaki ilişkiler saptanmakta ve model belirleme aşamasında da ekonometrik yaklaşım kullanılmaktadır[15].

3.4.2. Çözümlemede Kullanılan Testler

3.4.2.1. Granger Nedensellik Testi

İki zaman serisi arasında nedenselliğin varlığının ve yönünün saptanmasına olanak veren, test edilebilir bir nedensellik tanımı Granger (1969) tarafından verilmiştir. Bu tanıma en büyük katkı Granger tarafından verildiği için literatürde “Granger Nedensellik Tanımı” olarak adlandırılır. Bu tanım, son yıllarda nedensellik ile ilgili çalışmalara temel oluşturmuştur. Granger nedensellik tanımı ile hem değişkenlerin birbirlerine neden olup olmadığı hipotezi, hem de değişkenler arasında anlık nedenselliğin olup olmadığı test edilebilir hale gelmiştir.

Granger’ın nedensellik tanımı ile nedensel ilişkilerin araştırılması, incelemeye alınan ekonomik değişkenlerin hepsinin bir model içinde yer almasını gerektirmektedir. Bu modelin ekonometrik model şeklinde tanımlanması, sözkonusu değişkenler arasındaki ilişkiler hakkında bazı önbilgilere ve/veya varsayımlara gerek duyduğundan uygun değildir. Nedenselliği araştırmanın amaçlarından biri de zaten değişkenler arasındaki ilişkilerin yönünü tespit etmektir.[25].

Uygulamada Granger’ın nedensellik tanımı gereği iki zaman serisi arasında nedenselliğin saptanabilmesi için önce seriler deterministik öğelerinden arındırılır. Yani her iki değişkeninde kovaryans durağan olması gerekir. Sadece rassal öğelerin kaldığı serilerin her birinde geçmişteki değerlerin bugünkü değerler üzerinde hiçbir etkisi kalmamaktadır [12].

Trend ve mevsimlik dalgalanmalar gibi durağanlığı bozan unsurlar içeren orjinal X_t ve Y_t serileri, bu unsurlardan arındırılmış kovaryans durağan seriler biçiminde X_t^* ve Y_t^* sembolleri ile gösterilmiştir. Kovaryans durağanlık koşullarını sağlayan X_t^* ve Y_t^* serileri için Granger anlamında nedensellik aşağıdaki modeller yardımıyla test edilebilir.

$$X_t^* = \sum_{i=1}^m a_i X_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m b_i Y_{t-i}^* + u_{1t} \quad (3-14)$$

$$Y_t^* = \sum_{i=1}^m c_i Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m d_i X_{t-i}^* + u_{2t} \quad (3-15)$$

Bu modellerde;

a_i, b_i, c_i, d_i : Gecikme katsayılarını,

m : Bütün değişkenler için ortak gecikme genişliğini (derecesini)

u_{1t}, u_{2t} : Korelasyonsuz beyaz gürültü (white noise) süreçlerini göstermektedir.

u_{1t} ve u_{2t} lerin birbirlerinden bağımsız oldukları varsayılır.

X_t^* ve Y_t^* 'nin kovaryans durağan olduğu varsayıldığında, (3-14) nolu model X_t^* in gelecek değerinin, X_t^* in ve Y_t^* 'nin geçmiş değerlerine, (3-15) nolu model ise Y_t^* 'nin gelecek değerinin, Y_t^* 'nin ve X_t^* 'in geçmiş değerlerine bağlı olduğunu ifade etmektedir [2]. Ayrıca modeldeki m gecikme genişliği uygulamada mevcut verilerin sonlu olmasından dolayı sonludur ve zaman serisinin örnek büyüklüğünden daha küçük bir değerdir. Modeldeki tüm m gecikme genişliğinin aynı olması Granger nedensellik testinin en çok eleştirilen kısmıdır [15].

Model (3-14) ve model (3-15) SEKK (Sıradan En Küçük Kareler) tekniği ile tahmin edildikten sonra X_t^* ve Y_t^* 'nin birbirlerine etkileri konusunda aşağıdaki dört durum sözkonusudur[2];

i) (3-14) nolu denklemde istatistiki olarak $b_i \neq 0$ yani b_i parametre değerleri belirli bir anlam düzeyinde sıfırdan farklı ve d_i parametre değerleri $d_i=0$ olması durumunda “ Y_t^* , X_t^* nin Granger nedenidir” şeklinde ifade edilir; Y_t^* 'den X_t^* 'ye tek yönlü nedensellik vardır.

ii) $b_i=0$ iken d_i parametre değerleri belirli bir anlam düzeyinde sıfırdan farklı olduğu durumda " X_t^* , Y_t^* 'nin Granger nedenidir" şeklinde ifade edilir; X_t^* 'den Y_t^* 'ye tek yönlü nedensellik vardır.

iii) Belirli bir anlam düzeyinde hem $b_i \neq 0$, hem de $d_i \neq 0$ olması halinde " X_t^* , Y_t^* nin ve aynı zamanda Y_t^* , X_t^* 'nin Granger nedenidir" ve hem X_t^* 'den Y_t^* 'ye hem de Y_t^* den X_t^* 'ye iki yönlü nedensellik veya geribildirim (feedback) vardır.

iv) Hem b_i ' nin hem d_i ' nin belirli bir anlam düzeyinde sıfıra eşit olmaları (istatistiksel olarak anlamsız olmaları, $b_i=d_i=0$) durumunda ise " X_t^* ve Y_t^* birbirinden bağımsızdır" denilir ve iki değişkenin birbirlerinin nedeni olmadığı ifade edilir.

Yukarıda belirtilen açıklamalardan hareketle test edilecek hipotezler aşağıdaki gibi formüle edilir;

I	II
$H_0: b_1=b_2=\dots=b_m=0$	$H_0: d_1=d_2=\dots=d_m=0$
$H_1: b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_m \neq 0$	$H_1: d_1 \neq d_2 \neq \dots \neq d_m \neq 0$

b_i ve d_i parametrelerine ait hipotezlerin sınamasında aşağıdaki sonuçlar elde edilebilir;

i) I. nolu hipotez sınamasında H_0 hipotezi reddedilmiş II.nolu sınamada kabul edilmiş ise " Y_t^* , X_t^* 'nin Granger nedenidir"

ii) I. nolu sınamada H_0 kabul edilmiş, II. nolu sınamada reddedilmişse, " X_t^* , Y_t^* , 'nin Granger nedenidir"

iii) I.ve II. nolu sınamalarda H_0 hipotezi reddedilmişse " X_t^* , Y_t^* , 'nin, Y_t^* de X_t^* 'nin Granger nedenidir"

iv) I.ve II. nolu sınamalarda H_0 kabul edilmişse Granger nedenselliği yoktur. Yani " X_t^* ve Y_t^* birbirinden bağımsızdır"

Yukarıdaki I ve II nolu hipotez sınamalarında yer alan b_i ve d_i parametrelerinin her birinin anlamlılığının test edilmesi için t testine başvurulur. Ancak parametrelere tek tek t testi uygulamak yerine parametreler arasındaki anlamlılık F testi ile araştırmakta mümkündür. Elde edilen F değeri belirli bir α anlamlılık düzeyinde F tablo değerinden büyük ise H_0 hipotezi reddedilir. H_0 hipotezinin reddedilmesi ile modellerde yer alan parametrelerin genelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğuna karar verilir.

(3-14) ve (3-15) nolu modeller anlık nedenselliğin araştırılmasını mümkün kılmaz. Bu türden nedensellik araştırmalarında kullanılacak modeller aşağıda verilmiştir[9];

$$X_t^* + b_0 Y_t^* = \sum_{i=1}^m a_i X_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m b_i Y_{t-i}^* + u_{1t} \quad (3-16)$$

$$Y_t^* + d_0 X_t^* = \sum_{i=1}^m c_i Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m d_i X_{t-i}^* + u_{2t} \quad (3-17)$$

Yukarıda verilen (3-16) nolu modelde, X_t^* 'nin yanında Y_t^* 'nin ; (3-17) nolu modelde de Y_t^* 'nin yanında X_t^* 'nin bugünkü değerleri ilave edilmiştir. Eğer X_t^* den Y_t^* ye doğru anlık nedenselliğin bulunması durumunda, (3-16) nolu modele dahil edilen bugünkü ve geçmiş dönemlerdeki gözlem değerlerinin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı olacaktır. (3-16) ve (3-17) nolu modellerinin SEKK (Sıradan En Küçük Kareler) tahmini elde edilerek, parametrelere ilişkin hipotezler aşağıdaki biçimde formüle edilir.

I	II
$H_0: b_0 = b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0$	$H_0: d_0 = d_1 = d_2 = \dots = d_m = 0$
$H_1: b_0 \neq b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_m \neq 0$	$H_1: d_0 \neq d_1 \neq d_2 \neq \dots \neq d_m \neq 0$

Buna göre I. nolu hipotez sınamasında H_0 hipotezi reddedilirse Y_t^* , X_t^* 'nin anlık nedeni olarak kabul edilir. Aynı mantıkla II. nolu hipotez sınamasında H_0 hipotezi reddedildiğinde ise X_t^* , Y_t^* 'nin anlık nedeni olarak kabul edilir [15].

3.4.2.2. Sims Nedensellik Testi

Sims nedensellik testi , nedensel ilişkilerin araştırılmasında kullanılan alternatif bir yaklaşımdır. Sims, serilerde varyans durağanlığı sağlamak için seri değerleri üzerinde logaritmik dönüşüm uygulamıştır. Daha sonra logaritmaları alınmış X_t ve Y_t serilerini $(1-0.75B)^2$ filtresinden geçirmiştir. Filtreden geçirilmiş seriler X_t^* ve Y_t^* olarak gösterilmiştir. Burada amaç, hataları tam olmasada yaklaşık olarak, beyaz gürültü (white-noise; hataların otokorelasyonsuz ve sorun yaratmayan bir yapı haline gelmesi) haline getirmektir [27].

Sims'in önerdiği $(1-0.75B)^2$ fitresi açık olarak , $1-1,5B+0,5625B^2$ şeklinde yazılır. Serilerin bu filtreden geçirilmesi serilerdeki değerlere; $X_{t-1}, 5X_{t-1}+0,5625X_{t-2}$ dönüşümünün uygulanması anlamına gelir [12]. Sims , kullandığı bu filtre ile yaklaşık olarak birçok zaman serisinin ihmal edilebilir bir otokorelasyon içerdiği sonucuna varmıştır.

Marc Nervole ise ekonomik zaman serilerinde durağanlığı sağlamak için Sims'in uyguladığı filtreyi $(1 -kB)^p$ olarak göstermiştir. k katsayısını $\frac{3}{4}$ yani (0.75) olarak almış, p gecikme değerini de 1,2 yada 3 olarak almayı uygun görmüştür [27]. $(1-0.75B)^2$ filtresindeki B ifadesi, L simgesi ile de gösterilebilir. B yada L ifadesi aslında $BX_t=X_{t-1}$ dir. Kovaryans durağan X_t^* ve Y_t^* değişkenlerinin otoregresif olarak gösterimi;

$$Y_t^* = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \alpha_i X_{t-i}^* + u_t \quad (3-18)$$

$$X_t^* = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \beta_i Y_{t-i}^* + v_t \quad (3-19)$$

şekindedir.

(3-18) nolu modelde $i < 0$ olduğu durumda negatif gecikmeleri için tüm β_i parametre değerleri sıfırdır yani istatistiksel olarak anlamsızdır. Diğer bir deyişle, Y_t^* bağımlı değişkeni ile, X_t^* bağımsız değişkeni ilişkisinde bugünkü ve geçmiş dönemlerine ait α_i parametreleri sıfırdan farklı iken, $X_{t+1}^*, X_{t+2}^*, \dots, X_{t+n}^*$ gelecek dönemlere ait parametreler sıfırdan farksız ise “ X_t^* ‘den Y_t^* ‘ye doğru tek yönlü nedensellik” sözkonusudur.

(3-19) nolu modelde ise X_t^* bağımlı değişkeni ile Y_t^* bağımsız değişkeni ilişkisinde $Y_t^*, Y_{t-1}^*, Y_{t-2}^*, \dots, Y_{t-n}^*$ bugünkü ve geçmiş dönemlerine ait β_i parametreleri sıfırdan farklı fakat, $Y_{t+1}^*, Y_{t+2}^*, \dots, Y_{t+n}^*$ gelecek dönem değerlerine ait parametreler sıfıra eşitse bu durumda da “ Y_t^* ‘den X_t^* ‘ye doğru tek yönlü nedensellik” sözkonusudur.

Y_t^* değişkeni ile X_t^* değişkeni ilişkisinde X_t^* ‘nin bugünkü, gelecek ve geçmiş dönem değerlerine ait tüm parametreler sıfırdan farklı yani istatistiksel olarak anlamlı ise bu durumda “iki yönlü nedensellik” sözkonusudur.

Yukarıda ifade edilen (3-18) ve (3-19) modelleri sonsuz dağılımlı gecikme modelleridir. Uygulamada verilerin sonlu olmasından dolayı sonlu dağılımlı gecikme modelleri kullanılır. Sözkonusu modeller sonlu dağılımlı gecikme modelleri şeklinde aşağıdaki gibi gösterilir.

$$Y_t^* = \sum_{i=-p}^q \alpha_i X_{t-i}^* + u_t \quad (3-20)$$

$$X_t^* = \sum_{i=-r}^s \beta_i Y_{t-i}^* + v_t \quad (3-21)$$

Burada; q, p, r, s dağılımlı gecikme genişliğinin yeterince büyük olması gerekir. u_t ve v_t hata terimlerinin beyaz gürültü olması gerekmez ve $i < 0$ olduğu durumda α_i ve β_i katsayıları yine sıfıra eşit olur

3.4.2.3. Haugh Nedensellik Testi

İki değişken arasındaki nedenselliği belirlemek için Haugh, Box, Pierce tarafından başka bir alternatif test önerilmiştir. Haugh nedensellik testi adı verilen bu testin temeli, Granger nedensellik testine dayanmaktadır [5].

Haugh nedensellik testi, nedenselliği araştırılacak serilere ARIMA modelinin uygulanması sonucu elde edilen hatalar arasındaki çapraz korelasyona dayanmaktadır. Haugh nedensellik testinin uygulanabilmesi için Granger ve Sims testlerindeki gibi serilerin kovaryans durağan olması gerekir. Testin uygulanması iki aşamada sağlanır. Bu aşamalar sırasıyla aşağıda belirtilmiştir [15];

1) Kovaryans durağan X_t^* ve Y_t^* serilerinin her biri için tek değişkenli ARIMA model tipi belirlenir.

2) Belirlenen her iki model tipi yardımıyla değişkenleri filtreleyerek, beyaz gürültü (white-noise) durumuna getirilen u_t ve v_t hatalarının çapraz korelasyonları karşılaştırılır.

İlk aşamada sözü edilen ARIMA modelleri ;

1) Doğrusal durağan modeller , ARMA (p,q)

2) Doğrusal Durağan Olmayan Modeller , ARIMA(p,d,q)

3) Mevsimsel Modeller , ARIMA(p,d,q)x(P,D,Q) şeklinde üç gruba ayrılmaktadır.

Doğrusal durağan modellerde, doğrusal durağan bir süreç gözönünde bulundurulmaktadır. Yani bu süreç istatistiksel bir dengeyi ifade etmektedir. Özellikle gözlem değerleri sabit bir ortalama etrafında değişim göstermektedir. Bu gruptaki modeller;

a)Otoregresif model [AR(p)]

b)Hareketli Ortalama Modeli [MA(q)]

c)Otoregresif-hareketli ortalama modeli [ARMA(p,q)] başlıklarıyla ele alınmaktadır.

Otoregresif Model [AR(p)] :

Bu modeller bir zaman serisinin herhangi bir dönemindeki gözlem değerlerini , aynı serinin ondan önceki belirli sayıda dönemin (geçmiş dönemin) gözlem değerlerine ve hata terimine bağlı olarak açıklayan modellerdir. Başka bir deyişle AR modelleri bir zaman serisinin herhangi bir dönemindeki gözlem değerini, aynı serinin ondan önceki belirli sayıda dönemin gözlem değerinin ve hata teriminin doğrusal bir bileşimi olarak ifade eden modellerdir. AR modelleri içerdikleri geçmiş gözlem değeri sayısına göre isimlendirilirler. Yani bir AR modeli bir tane geçmiş gözlem değeri içeriyorsa “birinci dereceden” AR modeli olarak isimlendirilir. Genelleştirirsek p tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa p. dereceden AR modeli adını alır [18].

p. dereceden otoregresif bir model [13];

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3-22)$$

Burada; x_t : Bağımlı değişken
 $x_{t-1}, x_{t-2}, x_{t-p}$: Bağımlı değişken x_t 'nin gecikmeli değerlerinden oluşan bağımsız değişkenler
 $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: x_t ile geçmiş gözlem değerleri $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p}$ arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon katsayıları
 ε_t : Model tarafından açıklanamayan rassal olayları temsil eden artık terimdir ve normal dağıldığı varsayılır.

p : Modelin derecesi

t dönemine ait x_t ve $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p}$ gözlem değerleri küçültülmüş gözlem değerleridir. Bu değerler orjinal gözlem değerlerinin ortalamadan farkı ($x_t = X_t - \bar{X}$) ile bulunur.

İncelenen zaman serisine ilişkin model belirlerken otokorelasyon fonksiyonuna ve kısmi otokorelasyon fonksiyonuna ihtiyaç vardır. İlgilenilen serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları , AR(1) ve AR(2) için düzenlenmiş hangi teorik dağılıma serinin uygunsa model ona göre belirlenir [13].

Hareketli Ortalama Modeli [MA(q)]

MA modelleri, bir zaman serisinin herhangi bir dönemdeki gözlem değerini aynı dönemdeki hata terimi ve ondan önceki belirli sayıda dönemin hata terimine bağlı olarak açıklayan modellerdir. Başka bir deyişle, bir zaman serisinin herhangi bir dönemindeki gözlem değerinin, aynı dönemin hata terimi ve belirli sayıda geçmiş dönemin hata terimlerinin doğrusal bileşimi olarak ifade edildiği modeller “hareketli ortalama (MA) modelleri”dir [18]. MA modelleri içerdikleri geçmiş dönem hata terimi sayısına göre birinci dereceden [MA(1)] , ikinci dereceden [MA(2)] ve q. dereceden [MA(q)] hareketli ortalama modelleri olarak adlandırılır.

Bir X zaman serisinin gözlem değerleri kümesi $\{X_t\}$ verildiğinde ve hata terimleri kümesi $\{\varepsilon_t\}$ ortalaması sıfır varyansı σ_ε^2 olan rassal bir değişken olarak tanımlandığında q. dereceden bir hareketli ortalama modeli aşağıdaki gibi yazılabilir [21];

$$x_t = \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q\varepsilon_{t-q} \quad (3-23)$$

Burada $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ parametreleri negatif yada pozitif olabilir.

x_t ; $(X_t - \bar{X})$ ile küçültülmüş gözlem değeri

ε_t : Artık terim yada hata terimi

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$: Artıkların geçmiş değerleridir.

Otoregresif-Hareketli Ortalama Modeli [ARMA(p,q)]

ARMA yani otoregresif-hareketli ortalama modelleri durağan zaman serilerinin modellenmesinde kullanılır ve AR ve MA modellerinin bir bileşimidir. Bu nedenle ARMA modellerine “karışık modeller” denir. Bu modellerde bir zaman serisinin herhangi bir dönemine ait gözlem değeri ondan önceki belirli sayıda gözlem değerinin ve hata teriminin doğrusal bir bileşimi olarak ifade edilir. Eğer ARMA modeli p terimli AR ve q terimli MA modelinin bir kombinasyonu ise p+q terim içerir ve ARMA (p,q) şeklinde yazılır. Bu modeller zaman serisinin modellenmesinde esneklik sağlaması ve modelde fazla parametre bulundurmasından dolayı yarar sağlamaktadır.

[ARMA(p,q)] p.dereceden otoregresif ve q.dereceden hareketli ortalama modelinin gösterimi fark denklemi şeklinde aşağıdaki gibidir [21];

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3-24)$$

(Bu modelin durağan olabilmesi için $\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_q < 1$ olması gerekir.)

AR(p) , MA(q) ve ARMA(p,q) modellerinden hangisinin ilgili seri için uygun olduğuna serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının bu modellere ait teorik otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları karşılaştırılmak suretiyle karar verilir. Bunlar toplu halde Çizelge 3.1. 'de verilmiştir [15];

Çizelge 3.1. Durağan modellerde Teorik Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon fonksiyonlarının özellikleri

MODEL	Otokorelasyon fonksiyonu	Kısmi Otokorelasyon fonksiyonu
AR(p)	Üstel ve sinüzoidal olarak gittikçe azalır	p gecikmesinden sonra katsayı aniden düşerek istatistiksel olarak anlamsız olur.
MA(q)	q gecikmesinden sonra katsayı aniden düşerek istatistiksel olarak anlamsız hale gelir.	Üstel ve sinüzoidal olarak gittikçe azalır.
ARMA(p,q)	(q-p) gecikmesinden sonra üstel ve azalan sinüs dalgalarının bir karışımı görünümündedir.	(p-q) gecikmesinden sonra üstel ve azalan sinüs dalgalarının bir karışımı görünümündedir

İktisadi zaman serileri genellikle durağan değildir. Bu serilerin durağanlığı trend, mevsimsel ve konjonktürel dalgalanmalar ve tesadüfi sebepler gibi unsurlar tarafından bozular. Durağan olmayan bu serilerin modellenmesi için serinin durağan hale dönüştürülmesi gerekir. Durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellere “entegre modeller” yada “durağan olmayan doğrusal stokastik modeller” denir. Bu serilere uygulanacak modeller ise ARIMA modelleri , yani “birleştirilmiş otoregresif-hareketli ortalama modelleri”dir [18] ve ARIMA(p,d,q) ile gösterilir.

ARIMA(p,d,q) modeli genel olarak;

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \dots + \phi_p w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3-25)$$

Bu modelde $w_t = \nabla^d x_t$ 'dir.

∇ :Fark alma operatörü

d :Fark alma derecesi

w_t :Farkı alınmış seri.

w_t bir bakıma durağan hale getirilmiş seridir. I.dereceden farkı alındığında eğer seri durağan hale geliyorsa fark operatörü;

$\nabla^1 x_t = w_t = x_t - x_{t-1}$ şeklindedir ve $\nabla x_t = (1 - B)x_t$ olarakta yazılabilir. Eğer $d=1$ yani birinci dereceden fark alma işlemi seriyi durağan hale getirmiyorsa serinin ikinci dereceden farkı alınır. Fark operatörü ;

$$\nabla^2 x_t = w_t = (1 - B)^2 x_t \quad \text{olur.}$$

Genelleştirildiğinde d . dereceden fark alma operatörü;

$$\nabla^d x_t = w_t = (1 - B)^d x_t \quad \text{şeklinde ifade edilir.}$$

Mevsimlik olmayan bu modeller dışında mevsimlik etkileri de modele yansıtmak amacıyla çarpımsal mevsimlik modeller kullanılır ve bu modeller $ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$ şeklinde sembolize edilir. Modelde yer alan p ve q nun mevsimlik olmayan model derecesini göstermesine karşılık P ve Q değerleri mevsimlik model derecesini ifade eder. d ve D sırasıyla mevsimlik olmayan ve mevsimlik fark derecesini sembolize eder. s değeri aylık seriler için 12 ve mevsimlik seriler için 4 'tür.

Haugh nedensellik testinin ikinci aşamasında belirtilen hataların k gecikmesindeki çapraz korelasyonları;

$$\rho_{uv}(k) = \frac{\sum u_{t-k} v_t}{\sqrt{\sum u_t^2 \sum v_t^2}} \quad -\infty < k < +\infty \quad (3-26)$$

şeklinde formüle edilir.

Uygun ARIMA modelinin belirlenebilmesi için ilk olarak serilerin çeşitli gecikmelerdeki otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarına bakılır.

Otokorelasyon katsayı değerleri $\mp Z_c \frac{1}{\sqrt{n}}$ değeri ile karşılaştırılır. Bu değerden büyük otokorelasyon katsayıları istatistiksel olarak anlamlı yani sıfırdan farklıdır. Belirlenen, uygun ARIMA modellerinden yukarıdaki formülle hataların çapraz korelasyonları bulunur. Anakütle için elde edilen bu çapraz korelasyon katsayıları $\rho_{uv}(k)$ 'nın yerine tahmini olan, örneklem çapraz korelasyon katsayısı $r_{uv}(k)$ kullanılır.

Çizelge 3.2 'de elde edilen çapraz korelasyon katsayılarına bakılarak nedenselliğe nasıl karar verilebileceği gösterilmiştir [15].

Çizelge 3.2' ye bakıldığında; En basit olarak her k gecikmesi için örneklem çapraz korelasyon katsayısı $r_{uv}(k)=0$ ise X ile Y arasında bağımsızlık vardır. Yani nedensel bir ilişki yoktur.

k 'nın sıfırdan büyük olduğu bazı gecikmelerde , eğer $r_{uv}(k)$ ise, bu durumda X Y' ye neden olur denilir.

k=0 gecikmesinde $r_{uv}(k) \neq 0$ ise X , Y'ye anlık olarak neden olur. Çizelge 3.2 'de diğer nedensel ilişkiler de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Nedensel İlişkiler için Beyazlatılmış Serilerin Çapraz Korelasyonları
Üzerindeki Koşullar (Işığınçok 1994)

Koşul	Nedensel İlişki	Çapraz Korelasyon	Kısıtlama
(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 iki - yönlü nedensellik vardır	$r_{uv(k)} \neq 0$	$\exists k > 0$ için
			$\exists k < 0$ için
(6)	X,Y'ye neden olur fakat anlık nedensellik yoktur	$r_{uv(k)} \neq 0$ $r_{uv(k)} = 0$	$\exists k > 0$ için
			$k=0$ 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
			$\forall k < 0$ 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
			$\forall k \neq 0$ için
(11)	X ile Y arasında tek yönlü anlık nds. 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.	$r_{uv(k)} = 0$	Tüm k 'lar için

4. TÜRKİYE' DE TÜKETİM VE GELİR ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASINDA GRANGER VE SIMS NEDENSELLİK TESTLERİ

Granger ve Sims nedensellik testleri ve değişkenler arasındaki nedenselliğin yönünün belirlenmesi konuları teorik olarak önceki bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bu bölümde ise , tüketim (C_t) ile gelir (Y_t) arasındaki nedensel ilişki araştırılmıştır. Bu değişkenlere ilişkin yıllık zaman serileri, D.İ.E.' nün yayımladığı Türkiye İstatistik Yıllıklarından elde edilmiştir. Ocak 1960- Aralık 1995 zaman aralığındaki veriler, EK-1 de verilmiştir. Düzenlenen verilerle , iktisat kuramında ileri sürülen tüketim ile gelir arasındaki ilişkinin, Türkiye için geçerli olup olmadığı Granger ve Sims nedensellik testleri yardımıyla incelenmiştir.

4.1. Literatürde Tüketim ve Gelir İlişkisi

İktisat literatüründe, tüketim harcamaları ile ilgili temel kuram “Gelir değişkeninin, tüketim değişkeninin başlıca determinantı (belirleyicisi) olduğu” şeklindedir[10]. Ancak gelir değişkeni , tüketim değişkenini belirleyen tek etmen değildir. Bunun yanında faiz oranı , fiyat beklentileri , gelir dağılımı , taksitli satışlar gibi faktörler de tüketim değişkenini etkilemektedir [19]. Ele alınan kuram birey için geçerli olduğu gibi, ekonominin bütünü için de geçerlidir. Bu nedenle mikro iktisatta tüketim değişkeni, makro ekonomik boyutta özel tüketim harcamaları ve kamu tüketim harcamaları , gelir değişkeni ise milli gelir yada GSMH (Gayri Safi Milli Hasıla) olarak ele alınmaktadır. Satın alınan mal miktarı yada toplam harcamalar (tüketim) yalnızca tüketicilerin reel gelirlerine bağlıdır. Bu yüzden toplam tüketimin harcamalarının milli gelir tarafından belirlendiği varsayılmaktadır. Bu çalışmada bu kuram doğrultusunda tüketim harcamaları değişkeni olarak özel tüketim harcamaları değişkeni ele alınmıştır.

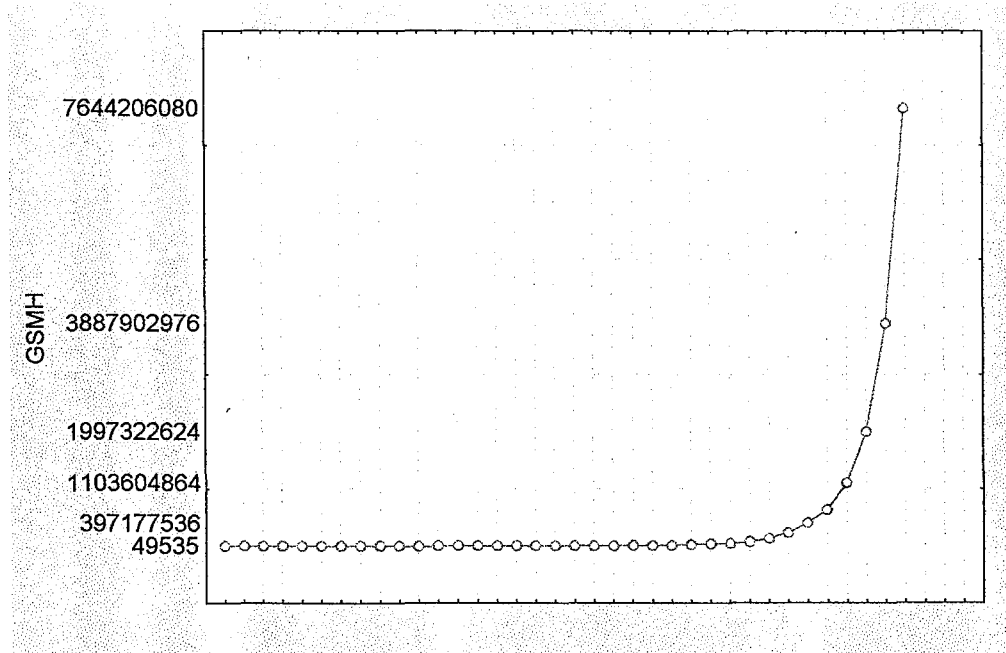
İktisat literatüründe bu değişkenler arasındaki ilişkiyle ilgili kurama bağlı olarak tüketim (C_t) ve gelir (Y_t) arasındaki fonksiyonel ilişki genel olarak $C_t=f(Y_t)$ şeklinde

gösterilir. Bu fonksiyonel ilişkide tüketim gelirin bir fonksiyonudur. Yani tüketim (C_t) bağımlı değişken, gelir (Y_t) bağımsız değişkendir. Başka bir ifade ile tüketim sonuç, gelir ise neden değişkenidir ve tüketimden gelire doğru tek yönlü nedensellik söz konusudur.

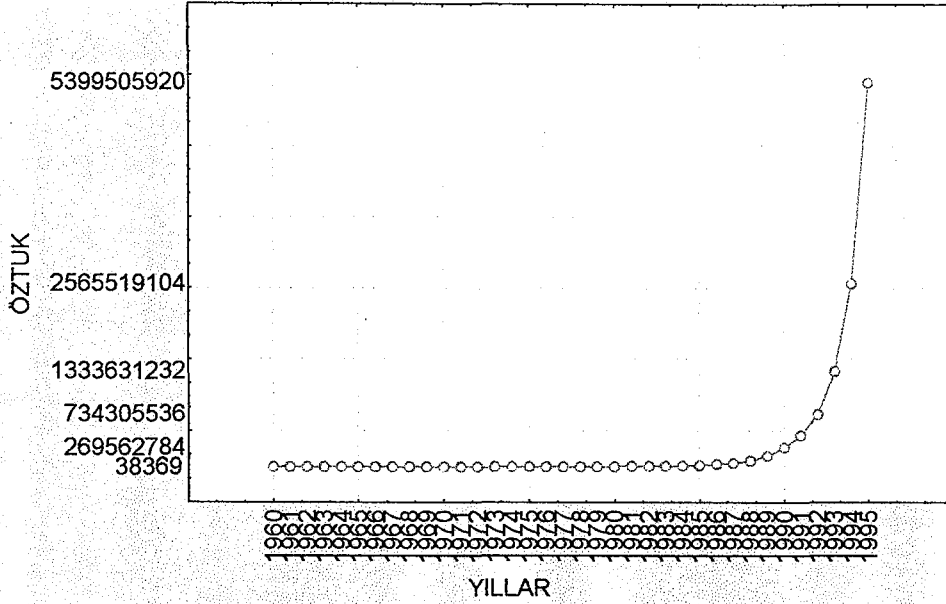
4.2. Özel Tüketim Harcamaları ile GSMH Arasındaki Nedensel İlişkinin İncelenmesi

Özel tüketim harcamaları ve GSMH arasındaki nedensel ilişkinin belirlenebilmesinde uygulanacak nedensellik testlerinin kullanılabilmesi için bu değişkenlerin kovaryans durağan olması gerekmektedir. Zaman serilerinin durağan olup olmadığını anlamak için ise en basit yol serinin kartezyen grafiğini incelemektir.

GSMH (Y_t) ve özel tüketim harcamaları (C_t) serileri için çizilen kartezyen grafikler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 'de verilmiştir.



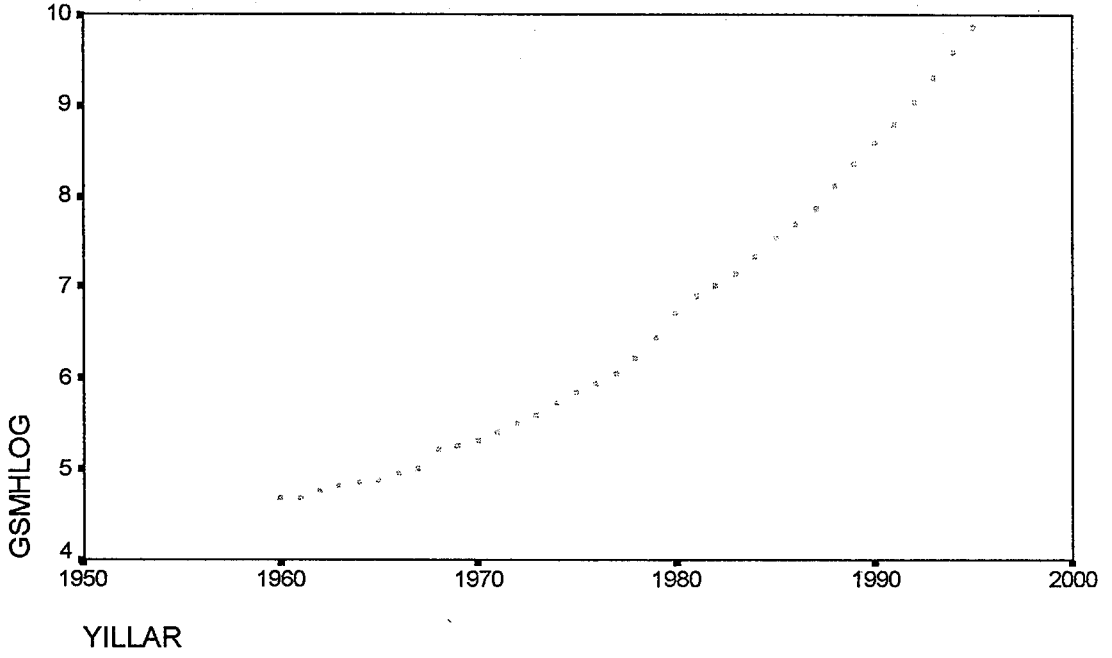
Şekil 4.1. Orjinal GSMH Serisine Ait Kartezyen Grafik



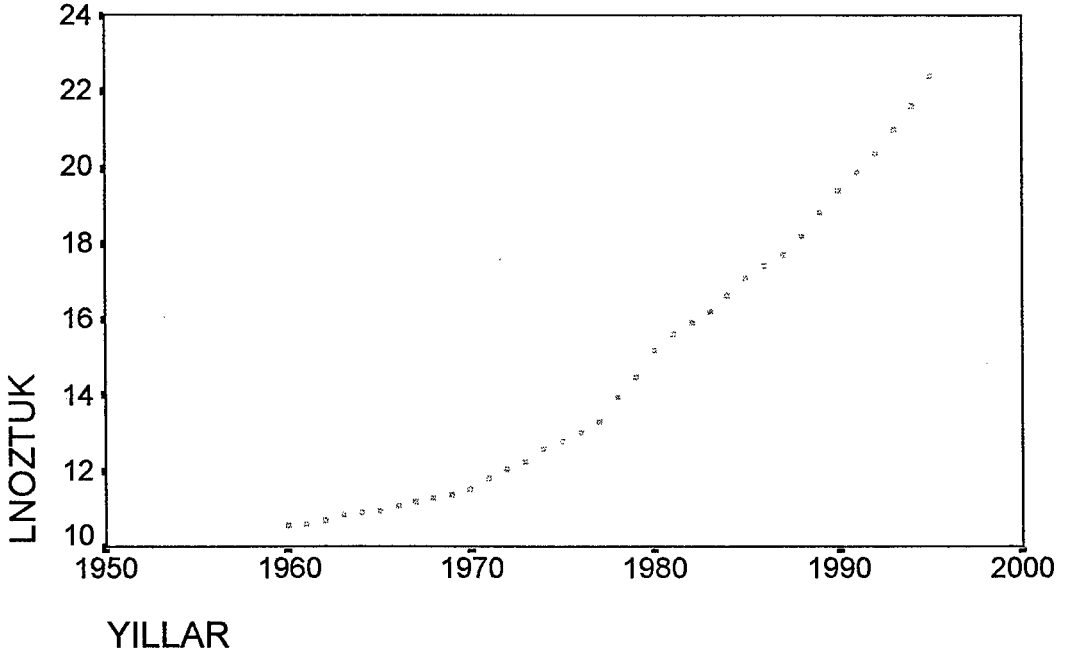
Şekil 4.2. Orjinal Özel Tüketim Harcamaları Serisine Ait Kartezyen Grafik

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 incelendiğinde , seride 1960-1988 yılları arasındaki eğilimin 1989-1995 yılları arasındaki eğilimden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Serilerin varyans durağan olmadığına karar verilir. Serilerin varyans durağan hale gelebilmesi için serilere logaritmik dönüşüm uygulanır. Varyans durağansızlığın Şekil 4.1 ve 4.2'deki kadar belirgin olmadığı zaman serilerinde durağanlık, Ortalama-Standart Sapma Serpilme Grafiği (OSSG) yardımı ile tesbit edilir [4].

Logaritmik dönüşümü yapılan GSMH ve özel tüketim harcamaları serilerine ilişkin kartezyen grafikler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 'de verilmiştir.

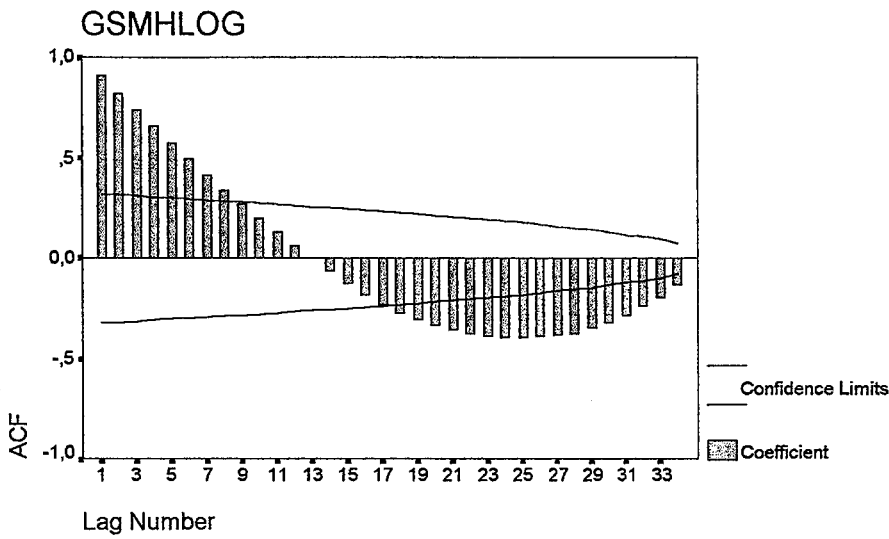


Şekil 4.3. Logaritmik GSMH Serisinin Kartezyen Grafiği

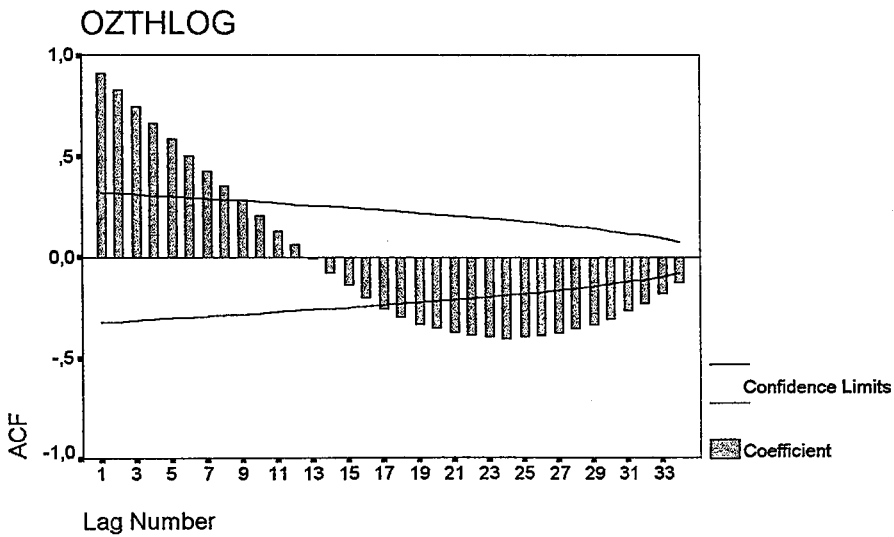


Şekil 4.4. Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları Serisinin Kartezyen Grafiği

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 incelendiğinde, yapılan dönüşümün serileri varyans durağan hale dönüştürdüğü görülmektedir. Çünkü seride, 1960 -1988 yılları arasındaki eğilim 1989-1995 yılları arasındaki eğilime yakındır. Seriler gittikçe artan trend eğilimi göstermektedir. Logaritmik GSMH ve logaritmik özel tüketim harcamaları zaman serilerini etkileyen unsurların tespiti ve serilerin tam durağan olup olmadıklarını anlamak için bu serilerin hesaplanan otokorelasyon fonksiyonları da incelenmiştir. Hesaplanan fonksiyonlar Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 'da verilmiştir.

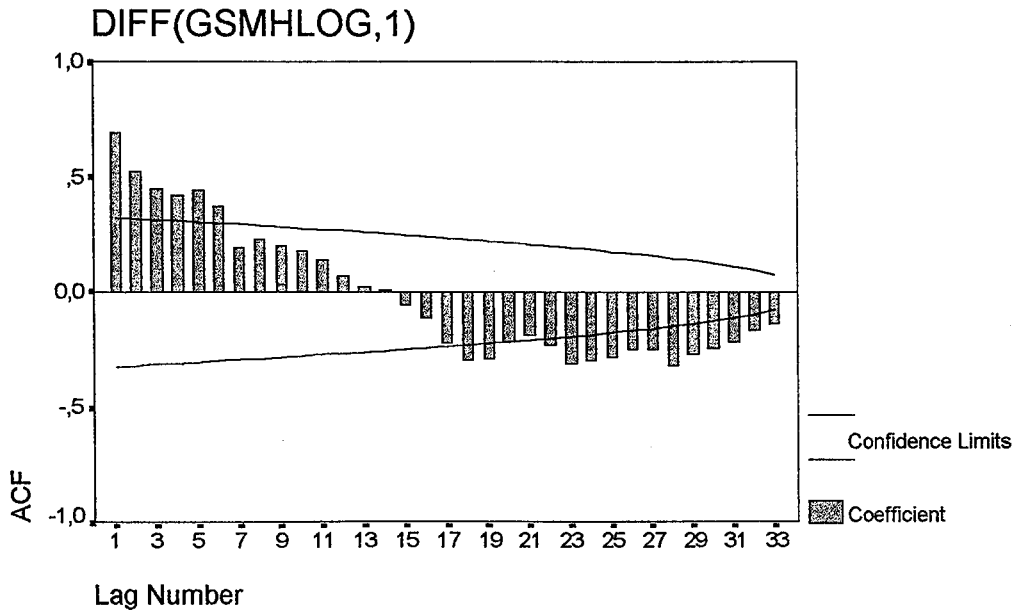


Şekil 4.5. Logaritmik GSMH Serisinin Korelogramı

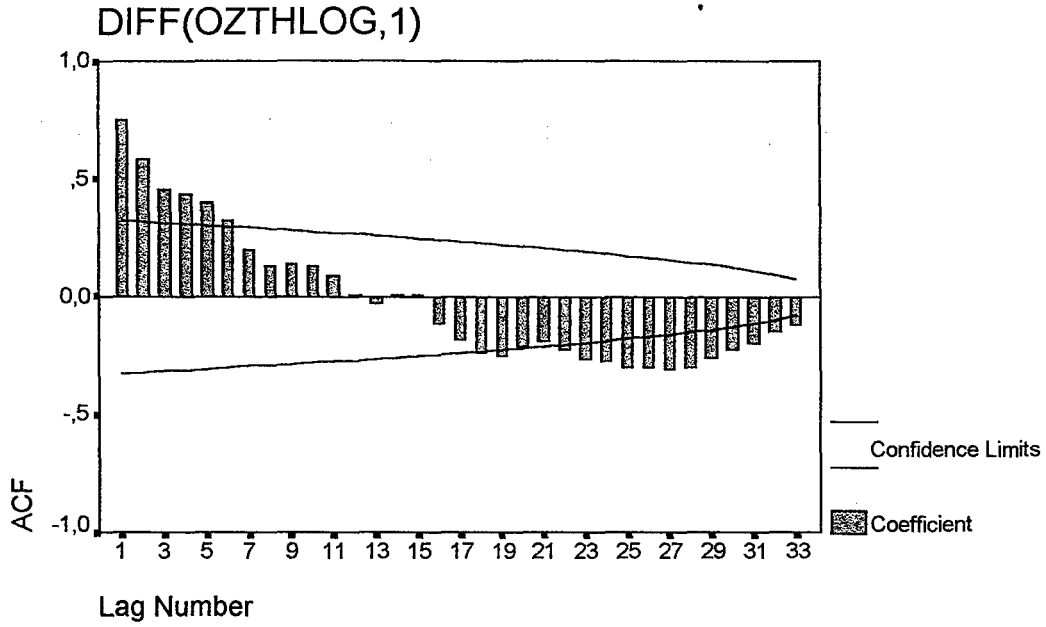


Şekil 4.6. Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları Serisinin Korelogramı

Çalışma sonuçlarına % 90 güven düzeyinde karar verilmiştir. Şekil 4.5 ve 4.6' da verilmiş olan korelogramlarda otokorelasyon katsayı değerleri %90 güven düzeyinde $\pm Z_c / \sqrt{n} = \mp 1.65 / \sqrt{35}$ formülü ile bulunan ± 0.2789 güven sınırları arasında yer almamaktadır. $k \leq 6$ ve $k \geq 18$ gecikmesinden sonra otokorelasyon katsayıları bu güven sınırları dışında yer almaktadır. Bu durum GSMH ve özel tüketim harcamaları zaman serilerinin durağan olmadığını göstermektedir. Söz konusu seriler yıllık olarak düzenlendikleri için bu seriler mevsimsel unsur içermemektedir. Ancak korelogramlarda sıralı otokorelasyon katsayısı değerlerinin sol yukarıdan sağ aşağıya doğru uzanan düzgün bir seyir izlediği $k \geq 3$ gecikmesinden sonra da anlamlı r_k değerlerinin olması seride trend unsurunun olduğunu göstermektedir. Gerek logaritmik dönüşüm yapılan serilerin serpilme diyagramından, gerekse korelogramlarından, her iki seride de durağanlığı bozan unsur trend olduğu için, durağanlığın sağlanması amacıyla $\nabla \ln(Y_t) = (\ln(Y_t) - \ln(Y_{t-1}))$ ile I. dereceden fark alma, gerekirse II. dereceden fark alma dönüşümü uygulamak uygun olacaktır. I. dereceden farkı alınmış logaritmik GSMH ve özel tüketim harcamaları serilerinin korelogramları Şekil 4.7. ve Şekil 4.8. 'de verilmiştir.

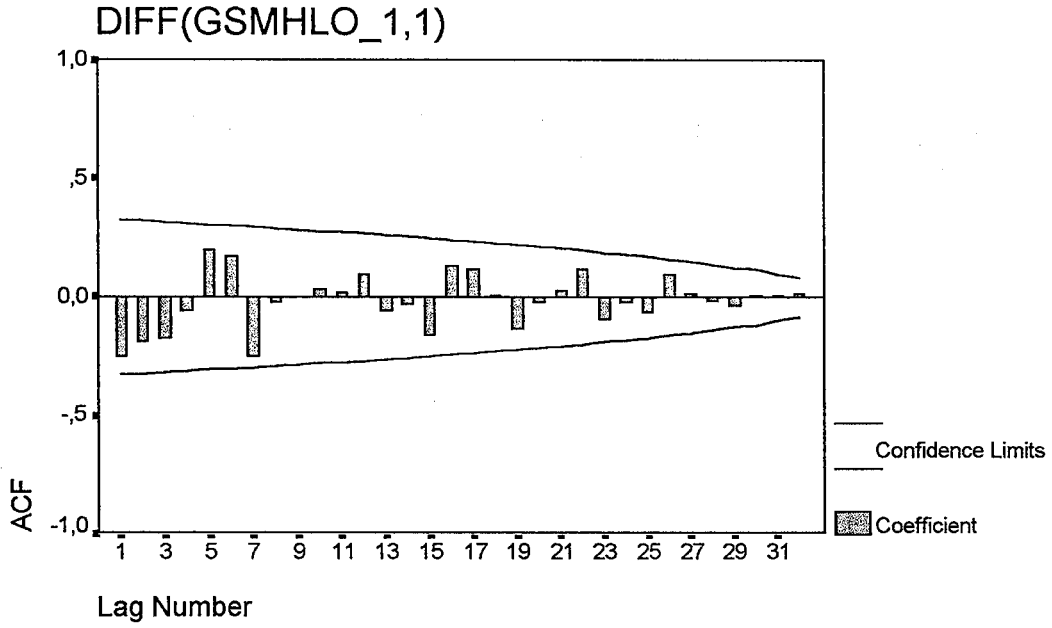


Şekil 4.7. Birinci Dereceden Farkı Alınmış Logaritmik GSMH Serisinin Korelogramı

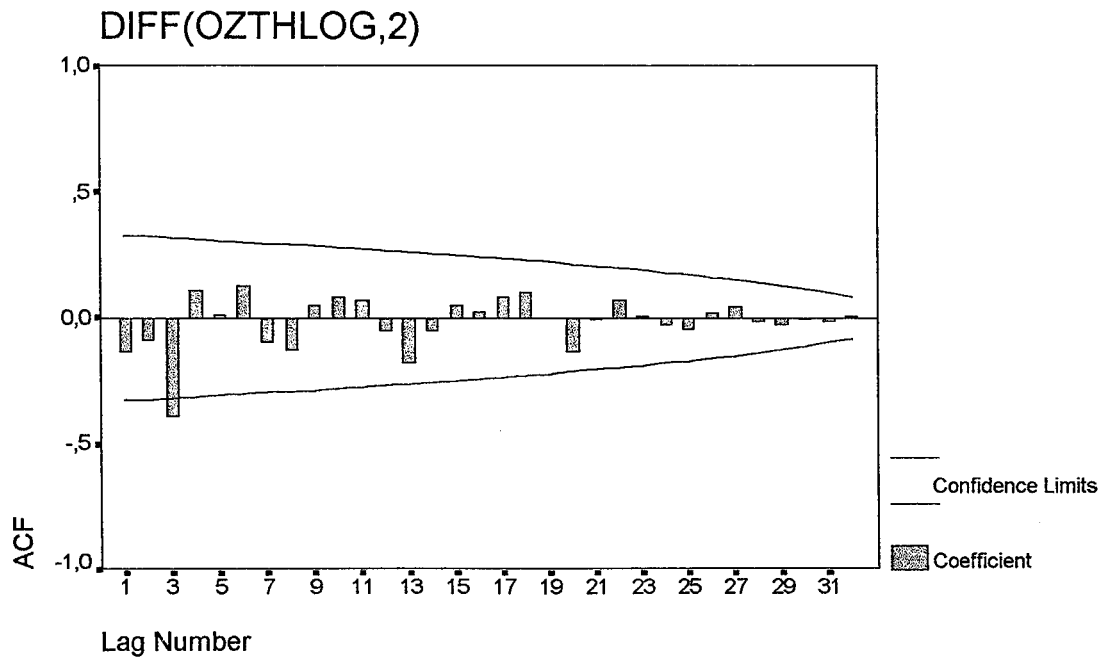


Şekil 4.8. I.Dereceden Farkı Alınmış Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları Serisinin Korelogramı

I.dereceden farkı alınmış logaritmik serilerin Şekil 4.7 ve 4.8 'de verilen korelogramlarına göre $k \geq 3$ gecikmelerindeki otokorelasyon katsayı değerleri %90 güven düzeyinde elde edilen ± 0.2789 güven sınırları dışında kaldıklarından, serilerin durağan olmadığına karar verilir ve II. dereceden fark dönüşümü uygulanır. II. dereceden farkı alınmış logaritmik GSMH ve özel tüketim harcamaları serilerinin korelogramları Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 'da verilmiştir.



Şekil 4.9. II.dereceden farkı alınmış Logaritmik GSMH Serisinin Korelogramı



Şekil 4.10. II. Dereceden Farkı Alınmış Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları Serisinin Korelogramı

İkinci dereceden farkı alınmış logaritmik seriler çizilen korelogramlarda otokorelasyon katsayı değerleri %90 güven düzeyinde ± 0.2789 güven sınırları arasında yer almaktadır. Tüm otokorelasyon katsayıları istatistiksel olarak anlamsızdır yani sifıra yakın değerler almaktadır. Otokorelasyon katsayılarının bu şekildeki görünümü logaritmik serilerin, ikinci dereceden fark dönüşümü ile durağan hale dönüştüğünü ifade etmektedir. Logaritmik özel tüketim harcamaları serisinin korelogramında (Şekil 4.10) 3. gecikmedeki otokorelasyon katsayı değerinin sınırlar dışında yer alması serinin durağan olmadığını göstermemektedir.

Nedensellik testlerinin uygulanabilmesi için zaman serilerinin deterministik öğelerden arındırılmış, kovaryans durağan seriler olması gerektiği varsayılır. Ne varki uygulamalarda karşılaşılan seriler deterministik öğeler taşıyabildikleri gibi kovaryans durağan olmaktan uzaktırlar. Bu nedenle GSMH (Y_t) ve Özel Tüketim Harcamaları (C_t) zaman serileri üzerinde nedensellik sınamaları yapılmadan önce seriler trend (yıllık veriler kullanıldığından mevsimlik etki olmaz) deterministik öğesinden arındırılmış ve kovaryans durağanlığı sağlamak için logaritmaları ile II.dereceden farkları alınarak nedenselliği bozmayan dönüşümler yapılmıştır.

GSMH ve özel tüketim harcamaları arasındaki nedenselliğin araştırıldığı bu çalışmada araştırmanın amacı doğrultusunda aşağıdaki hipotezler formüle edilmiştir. Formüle edilen sıfır hipotezleri toplu olarak ;

i) GSMH , özel tüketim harcamalarına Granger ve Sims anlamında neden olmaz.

ii) Özel tüketim harcamaları, GSMH' ya Granger ve Sims anlamında neden olmaz.

şeklindedir.

Granger nedensellik testinde öncelikle her iki değişken için iki model kurulmuştur.

$$Y_t^* = \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m b_i C_{t-i}^* + u_{1t} \quad (4-1)$$

$$C_t^* = \sum_{i=1}^m c_i C_{t-i}^* + \sum_{i=1}^m d_i Y_{t-i}^* + u_{2t} \quad (4-2)$$

(4-1) ve (4-2) nolu modellerde Y_t^* ve C_t^* nin , deterministik ögelerden arındırılmış, kovaryans durağan seriler olduğu ve u_{1t} ve u_{2t} hata terimlerinin de birbirlerinden bağımsız oldukları varsayılmaktadır. Söz konusu iki model SEKK tekniği ile tahmin edilmiştir ve Y_t^* ve C_t^* nin birbirlerine etkileri araştırılarak aralarında nedensel bir ilişkinin olup olmadığına karar verilmiştir. Belli katsayıların ortak anlamlılığını test etmek için Granger ve Sims nedensellik testlerinin her ikisinde de standart F istatistiği kullanılmıştır. GSMH ve özel tüketim harcamaları arasındaki ilişkinin RATS paket programında Granger nedensellik testi ile elde edilen sına sonuçları Çizelge 4.1 'de gösterilmiştir.

Sims nedensellik testi , nedensel ilişkilerin araştırılmasında kullanılan alternatif bir yaklaşımdır. Sims nedensellik testi uygulanmadan önce varyans durağanlığın sağlanması için orjinal iktisadi zaman serileri değerlerinin logaritmaları alınmış ve logaritmaları alınmış seriler , Sims ' in önerdiği $(1-0.75L)^2$ filtresinden geçirilmiştir. Söz konusu filtre GSMH serisi için;

$$Y_t^* = \ln Y_t - 1.5 \ln Y_{t-1} + 0.5625 \ln Y_{t-2}$$

Özel Tüketim Harcamaları serisi için;

$$C_t^* = \ln C_t - 1.5 \ln C_{t-1} + 0.5625 \ln C_{t-2}$$

şeklindedir. Sims'in önerdiği filtreden geçirilen serilerin korelogramları Ek-2 ' de verilmiştir. Filtreden geçirilmiş Y_t^* ve C_t^* değişkenleri için aşağıdaki modeller SEKK tekniği kullanılarak tahmin edilmiştir.

$$Y_t^* = \sum_{i=-p}^q \alpha_i C_{t-i}^* + u_t \quad (4-3)$$

$$C_t^* = \sum_{i=-r}^s \beta_i Y_{t-i}^* + v_t \quad (4-4)$$

Granger nedensellik testinde olduğu gibi belli katsayıların ortak anlamlılığını test etmek için standart F istatistiği kullanılmıştır. Sims nedensellik testi ile elde edilen sonuçlar çizelge 4.2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Yıllık Verilerle Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezleri	m=2		DW istatistiği	KARAR (%10 AD)
	F(2,29)	P Değeri		
(i) H_0 : Gelir \Rightarrow Tüketim Y_t, C_t ye Granger Anlamında neden olmaz.	1,77152	0,1879	1,989	H_0 KABUL
(ii) H_0 : Tüketim \Rightarrow Gelir C_t, Y_t ye Granger Anlamında neden olmaz.	2,67625	0,086	1,934	H_0 RED

Granger nedensellik testi , (i) ve (ii) hipotez sınamalarını test etmek için GSMH ve özel tüketim harcamaları serilerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçların gösterildiği Çizelge 4.1. 'de DW test istatistikleri 2 ' ye çok yakın bir değer olduğundan seriler üzerinde otokorelasyonun olmadığına karar verilmiştir. İlk olarak, GSMH 'nın özel tüketim harcamalarına neden olup olmadığı hipotezi sınanmış ve %10 anlam düzeyinde F istatistiği olasılık değerine bakılarak H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Buna göre GSMH 'nın iktisat teorisindeki kuramın aksine, özel tüketim harcamalarına neden olmadığı sonucu elde edilmiştir. (ii) ile gösterilen ve özel tüketim harcamalarının GSMH ' ya neden olmadığını ifade eden sıfır hipotezi %10 anlam düzeyinde yine F istatistiği olasılık değerine bakılarak red edilmiş ve özel tüketim harcamalarının GSMH ' ya neden olduğuna karar verilmiştir. Özel tüketim harcamalarından GSMH ' ya doğru tek yönlü nedensellik vardır

Çizelge 4.2. Yıllık Verilerle Sims Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezleri	m=2		DW istatistiği	KARAR (%10 AD)
	F(2,24)	P Değeri		
(i) H_0 : Gelir \Rightarrow Tüketim Y_t, C_t ye Sims Anlamında neden olmaz.	3,1288	0,06	2,6984	H_0 RED
(ii) H_0 : Tüketim \Rightarrow Gelir C_t, Y_t ye Sims Anlamında neden olmaz.	1,64803	0,2135	2,7118	H_0 KABUL

Çizelge 4.2 'de gösterilen Sims nedensellik testi sonuçlarında. DW test istatistikleri 2 değerinden oldukça uzaktır. Serilere uygulanan Sims fitresinin seriler üzerinde otokorelasyonu ortadan kaldırmadığı düşünülebilir. Sims filtresinden geçirilmiş logaritmik GSMH ve logaritmik özel tüketim harcamaları serilerinin korelogramları Ek-2 'de gösterilmiştir. Korelogramlar incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı otokorelasyon katsayılarının varlığı görülmektedir.

Çizelge 4.2 ' de (i) ve (ii) hipotezlerinin red yada kabulü için %10 anlam düzeyinde F istatistiği olasılık değerine bakılarak, GSMH' nın özel tüketim harcamalarına Sims anlamında neden olduğuna , özel tüketim harcamalarının ise GSMH' ya Sims anlamında neden olmadığına karar verilir. Kısaca GSMH 'dan özel tüketim harcamalarına doğru tek yönlü nedensellik söz konusudur. Sims nedensellik testinden elde edilen sonuçlar iktisat teorisindeki kuramı desteklemektedir.

4.3. Sonuç ve Öneriler

Zaman serilerinde nedensellik çözümlemesinin yapıldığı bu çalışmada Türkiye ' de 1960-1995 yılları arasındaki GSMH ve özel tüketim harcamaları değişkenleri yıllık zaman serileri şeklinde alınarak Granger ve Sims nedensellik testleri ile söz konusu iki

değişken arasındaki nedensellik ve bu nedenselliğin yönü araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda iki testten elde edilen sonuçlar farklılık göstermektedir. Sims nedensellik testi sonucuna göre; Türkiye 'de GSMH 'dan özel tüketim harcamalarına doğru tek yönlü nedensellik tespit edilirken, özel tüketim harcamalarından GSMH 'ya doğru nedenselliğin olmadığı ortaya çıkmıştır. Granger nedensellik testine göre ise, GSMH' dan özel tüketim harcamalarına doğru nedenselliğin olmadığı, tersine özel tüketim harcamalarından GSMH' ya doğru tek yönlü nedensellik saptanmıştır.

İktisat teorisinde gelir değişkeninin , tüketim değişkeni için başlıca determinant (belirleyici) olduğu varsayılmaktadır. Sims nedensellik testi sonuçları teorideki bu kuramı destekler nitelikteyken, Granger nedensellik testi sonuçları sözkonusu kuramı reddetmektedir. Granger nedensellik testi sonuçlarının iktisat teorisindeki kuramı desteklememesi, çalışmada kullanılan verilerin yeterli sayıda olmaması ve aylık yada üç aylık verilerle çalışılamaması ile açıklanabilir. Ampirik çalışmalarda görülen en önemli eksiklik teorik çalışmalarda göz önüne alınan sistemin bütününe değil, bütünü bir alt parçasının incelenmesidir. Kısmi analize alınan değişkenler arası ortaya çıkan ilişkiler sistem bütünlüğü içinde farklı olabilmektedir. Bu nedenle zaman serileri çözümleme yöntemlerinin kullanıldığı uygulamalarda, elde edilecek sonuçların daha anlamlı olabilmesi ve sistemin bütünlüğü içinde farklı sonuçların çıkmaması için verilerin yeterli sayıda olması istenmektedir. Bu çalışmada kullanılan verilerin azlığının , özel tüketim harcamalarından GSMH' ya doğru nedenselliği ortaya çıkardığı düşünülebilir. Ayrıca iktisat bilimindeki gelir ile tüketim arasındaki ilişkiye ters düşen bu sonuç , özel tüketim harcamalarını etkileyen ancak modele dahil edilmeyen değişken/değişkenlerin etkilerinden de kaynaklanabilir. Bu yüzden Granger nedenselliği incelenirken ikiden çok değişkenli modellerin kullanılması uygundur.

Sims nedensellik test sonuçlarının iktisat teorisindeki bu kuramı destekleyici sonuçlar vermesi, bu testin Granger nedensellik testinden daha iyi olduğunu göstermez. Sims nedensellik testlerinin de bazı sakıncalı ve olumsuz yanları sözkonusudur. Örneğin, Sims nedensellik testinde modele katılan değişkenle yakın ilgisi olan başka bir değişkenin modele alınması, modelle ilgili test sonuçlarının yanlış çıkmasına neden olabilmektedir. Sims 'in önerdiği $(1-0.75L)^2$ filtresinin seriyi durağanlaştırmada yetersiz olduğu, Sims

nedensellik testi sonuçlarının yer aldığı çizelge 4.2 de belirtilen Durbin-Watson test istatistiğinin 2 den oldukça uzak değerler almasından anlaşılmaktadır. EK-2 'de gösterilen filtrelenmiş serinin otokorelasyon fonksiyon grafiği incelendiğinde de otokorelasyon katsayı değerlerinin birkaçının %90 güven düzeyinde ∓ 0.2789 sınırlarının dışında yer aldığı görülmüştür. Bu yüzden serinin durağan hale getirilebilmesi için Sims'in filtresinde yer alan 0.75 katsayısı yerine 0 ile 1 arasında yer alan değerlerin denenmesi önerilmektedir. Sims'in önerdiği yaklaşım ile, değişkenlerin modellenmesi aşamasında hiçbir ekonomik teorisinin temel alınmaması araştırmacıya pratik faydalar sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. AKKAYA, Ş., PAZARLIOĞLU, M.V., *Ekonometri-I*. Anadolu Matbaacılık, İzmir,1995.
2. AKSU, H., *Türkiye’de Milli Gelir,Para Arzı ve Harcamalar Arasındaki İlişki*, Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi, Cilt:11, sayı.1-2 , 153-262 , 1995.
3. ANDERSON, O.D., *Time Series Analysis,Theory and Practice:Autoregressif Modelling of Accounting Earnings and Security Prices*. Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, 1985.
4. ASLANARGUN, A., *Transfer Fonksiyonu-Hata Modelleri ve Tasarruf Mevduatı Faiz Oranı ile Dolar Kuru Fiyatları Arasındaki İlişkinin Tanımlanması ve Öngörü Amacıyla Kullanımı*, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 1996, s.s.86.
5. BIFFIGNANDI, S., *Money and Inflation in Italy: A Study Based on Time Series Analysis*, University of Bergamo, 1982 , s.s.135.
6. ÇÖMLEKÇİ, N., *Temel İstatistik İlke ve Teknikleri*. Bilim Teknik Yayınevi, Eskişehir, 1989.
7. DİNÇER, K., *Felsefe*. AÖF Önlisans Programı Ders Kitabı, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No:703, Eskişehir.
8. ERLAT, H., *Nedensellik Sinamaları Üzerine* , ODTÜ Gelişme Dergisi, 10(1) , 65-96 , 1983.

KAYNAKLAR (devam)

9. GRANGER, C.W.J., *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods*, *Econometrica*, 37(3), 424-438, 1969.
10. GÜLLAP, T., *Gelir İstihdam ve Ekonomik Büyüme*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:763 , Erzurum, 1994.
11. GÜRSAKAL, N., *Operasyonel Bir Kavram Olarak Nedensellik ve Bu Kavrama Dayandırılan Bir Uygulama*, *Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt VII(1), 137-144, 1986.
12. HACIHASANOĞLU, B., *Türkiye'de Para Arzı ile Enflasyon Arasındaki Nedensellik İlişkisi*, *Hacettepe Üniv.İİBF Dergisi*, Cilt-1, Sayı-1, 54-61 , 1983.
13. HANKE, E.J., REİTSCH, G.A., *Business Forecasting.*, Adivision of Simon & Schuster Inc., Allyn and Bocan, 4.th Edition, 1992.
14. HOLLAND, W.P., *Statistics and Causal Inference*, *Journal of American Statistical Association*, 81, 945-959, 1986.
15. İŞİĞİÇOK, E., *Zaman Serilerinde Nedensellik Çözümlemesi*. Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 1994.
16. KAYIM, H., *İstatistiksel Öntahmin Yöntemleri*. Hacettepe Üniversitesi İİBF Yayınları, No:11, Ankara, 1985.
17. MACLELLAND , D. P., *Causal Explanation and Model Building in History, Economics and The New Economic History*. Cornell University Press, Ithaca and London, 1975.

KAYNAKLAR (devam)

18. ÖZMEN, A., *Zaman Serisi Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi*. Anadolu Üniversitesi Yayınları, No:207, Eskişehir, 1986.
19. PARASIZ, M.İ., *Makro Ekonomi -Teori ve politika*. Ezgi Kitabevi yayınları, Bursa, 1991.
20. PIERCE, A.D., *Relationships-and the Lack Thereof-Between Economic Time Series, with Special Reference to money and İnterest Rates*, Journal of American Statistical Association, 357(72), 11-21, 1977.
21. PINDCK, S.R, RUBINFELD, L.D., *Econometric Models and Economic Forecasts*. Mcgraw-Hill Book Company, 1976.
22. SERPER, Ö., *Uygulamalı İstatistik-II*, Filiz Kitabevi, İstanbul, 1983.
23. SERPER, Ö., *Uygulamalı İstatistik-I*, Filiz Kitabevi, İstanbul, 1996.
24. SINCICH, T., *Statistics By Example*. Dellen Publishing Company, Fourth Edition, San Fransisco, 1990.
25. ÜLENGİN, B., *Bütçe Açığı, Parasal Büyüme, Enflasyon, Döviz Kuru ve Üretim Arasındaki Nedensellik İlişkileri, Türkiye Üzerine Bir Uygulama*, ODTÜ Gelişme Dergisi, 22(1), 101-116, 1995.
26. ÜNVER, Ö., *Uygulamalı İstatistik Yöntemler-Giriş*. Siyasal Kitabevi, Ankara, 1995.

KAYNAKLAR (devam)

27. WILLIAMS, D., GOODHART, E.A.C., .GOWLAND, H.D., *Money ,Income and Causality: The U.K. Experience*, The American Economic Review, 66(3), 417-203, 1976.
28. YILDIRIM, C., *Bilim felsefesi*. Remzi Kitabevi, İstanbul, 1979.
29. YURDAKUL, F., *Ekonometride Yeni Eğilimler ,Hendry ve Sims Yöntemleri-Döviz Kuru Üzerine Bir Uygulama*, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, 1995.

1960-1995 Yıllarına Ait Özel Tüketim Harcamaları ve GSMH değerleri

EK-1

<u>YILLAR</u>	<u>OZTUKHR</u>	<u>GSMH</u>
1960	38369	49664
1961	39913	49535
1962	45116	57593
1963	52086	66801
1964	54485	71313
1965	57890	76726
1966	65355	91419
1967	71960	101481
1968	80109	163893
1969	89236	183356
1970	101818	207815
1971	136053	261073
1972	168553	314140
1973	207058	399089
1974	292791	537678
1975	362916	690901
1976	445106	868066
1977	594838	1108271
1978	1132011	1645968
1979	1977522	2876523
1980	4070524	5303010
1981	6087009	8022745
1982	8445305	1061185
1983	11099694	1393300
1984	17346991	2216774
1985	27240173	3535031
1986	37025105	5118475
1987	51018541	7501938
1988	82050166	1291751
1989	149140263	23036997
1990	269562775	397177547
1991	434365848	634392841
1992	734305558	1103604909
1993	1333631247	1997322597
1994	2565519057	3887902916
1995	5399505689	7644206056

EK-2

Logaritmik GSMH ve Logaritmik Özel Tüketim Harcamaları Serilerinin $(1-0.75L)^2$
ile Filtrelenmiş Değerlerinin Korelogramları

