

**YOL ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE
PARA KRİZİ MODELLENMESİ**

**CURRENCY CRISIS MODELING
USING PATH ANALYSIS**

MEHMET MUTLU AKINCI

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

İSTATİSTİK Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

DOKTORA TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2009

KABUL VE ONAY

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **İSTATİSTİK ANABİLİM DALI** 'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....
(Prof.Dr. Ahmet YALNIZ)

Üye :.....
(Prof.Dr. Süleyman GÜNAY)

Üye :.....
(Doç.Dr. Gül ERGÜN)

Üye :.....
(Doç.Dr. Meral ÇETİN)

Üye (Danışman) :.....
(Yrd.Doç.Dr. İbrahim ZOR)

ONAY

Bu tez/...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Erdem YAZGAN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ATIF

Sevgili eşim,

Sevcan AKINCI'ya

YOL ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE PARA KRİZİ MODELLENMESİ

Mehmet Mutlu AKINCI

ÖZ

Günümüzde küreselleşme ile birlikte, bir ülkede meydana gelen para krizi, ülkenin ekonomik ilişki içinde olduğu diğer ülkelere ilişkinin gücü ölçüsünde hızla yayılabilmektedir. Bu nedenle ülkeler kendi finansal yapıları ve özellikle para krizine ilişkin göstere değişkenleri hakkında sürekli bir durum değerlendirmesi yapmanın yanında ekonomik ilişkileri olduğu diğer ülkelerin finansal yapıları hakkında da sürekli bir durum değerlendirmesi yapmaktadır.

Literatürde, para krizlerine ilişkin geliştirilen birinci, ikinci ve üçüncü nesil teorik modellerden yola çıkılarak, kriz göstergesi olarak kullanılan baskı endeksleri geliştirilmiş ve öncü göstere özelliği taşıyan değişkenler belirlenmeye çalışılmıştır. Öncü göstergeler kullanılarak, para krizi erken uyarı sistemleri geliştirilmiştir. Para krizi erken uyarı sistemlerinde, yaygın olarak kullanılan Sinyal ve İkili tercih modeli yaklaşımlarının bazı noktalarda yetersiz kaldığı belirtilmektedir. Bu noktalar, anlamlı bulunan göstergelerin kendi aralarında etki derecesinin belirlenememesi, büyük örneklem büyüklüğü ihtiyaç duyması vb. olarak sıralanabilir.

Bu tez kapsamında, Yol analizinin, Sinyal yaklaşımı ile İkili Tercih Modellerinin eksikliklerini barındırmaması nedeniyle krize ilişkin dinamiklerin daha iyi incelenmesini sağladığı iddia edilmektedir. Yol analizi yaklaşımı, değişkenlerin gecikmeli değerlerini kullanmaktadır. Yol analizi yaklaşımında, önemli değişken ve en büyük gecikme değerinin belirlenmesinde nedensellik testi, belirlenen gecikme değerlerinin önemsizlerinin ayıklanması ve optimal denklemin elde edilmesinde adimsal regresyon yöntemi kullanılmaktadır. Elde edilen dolaylı ve dolaysız etki modellerinin birleştirilmesi ile de Yol modeli elde edilmektedir. Böylelikle krize ilişkin veri kümesi tarafından yansıtılan etki sistemi ile gecikmelerin, değişkenlerin ve değişkenlerin gecikmeli değerlerinin önem derecesi belirlenebilmektedir. Ayrıca krize ilişkin etki zinciri ve süreç daha iyi anlaşılabilir. Ayrıca krize ilişkin etki zinciri ve süreç daha iyi anlaşılabilir.

Önerilen yaklaşım, Türkiye'nin finans sistemi üzerinde uygulanmış ve elde edilen sonuçlar ışığında, yaklaşımın üstün ve eksik yönleri açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Para krizleri erken uyarı sistemleri, Yol analizi, Nedensellik testleri.

Danışman: Yrd.Doç.Dr. İbrahim ZOR, Hacettepe Üniversitesi, İstatistik Bölümü, İstatistik Anabilim Dalı

CURRENCY CRISIS MODELING USING PATH ANALYSIS

Mehmet Mutlu AKINCI

ABSTRACT

With globalization, the money crisis occurring in one country spreads out to the countries which have mutual economic relations, in a speed proportional to the level of the relations of the relevant countries. For these reasons, countries not only make evaluations about their own financial structures and the leading indicators of domestic currency crisis, but also make evaluations about those of the countries which have mutual economic relations with.

In literature, by the help of the first, second and third generation theoretical models of currency crisis, pressure indexes as crisis indicators are developed and then variables which have the feature of leading indicators were developed. By using leading indicators, early warning systems of money crisis are developed. It's argued that, Signaling Approach and Binary Preferences Models which are the two widely used approaches in currency crisis early warning systems have some shortcomings; as such the significance and effect levels cannot be determined and there is need for a large sample size etc.

In this thesis, it's proposed that Path analysis is better in analyzing the dynamics of crisis which ensures us to avoid the shortcomings of the Signaling Approach and Binary Preferences Model. This approach uses the lagged values of the variables. In determining the important variables and maximum lagged value; causality test is employed; and when picking the insignificant ones of the lagged values and obtaining the optimal equation, stepwise regression method is used. After combining the direct and indirect effect models, Path model is obtained. By this, the effect system reflected by the data set of the crisis, and the significance levels of lagged values, variables and the lagged values of the variables can be determined. Moreover, the effect chain of the crisis and the process is easily understood. The proposed approach is applied on Turkish financial system and with using the results, the pros and cons of the method is explained.

Keywords: Early warning systems of currency crisis, Path Analysis, Causality tests

Advisor: Assist.Prof.Dr. İbrahim ZOR, Hacettepe University, Department of Statistics, Statistics Section

TEŞEKKÜR

Anaokulundan üniversiteye kadar uzanan yıllar süren öğrencilik hayatımda bana sabrını esirgemeyen, üzerimde emeğini bulunan ve meslek seçimimde rol model olarak önemli bir yer tutan benim için çok kıymetli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca, yardım ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, umutsuzluğa düştüğümde beni tekrar yüreklendirerek, yol gösteren başta tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. İbrahim ZOR, tez izleme komitesindeki hocalarım Prof.Dr. Süleyman GÜNAY ve Doç.Dr. Gül Ergün hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca yayınlarıyla, bu çalışmaya ve daha birçok çalışmaya ilham kaynağı olan veya teknik altyapısını oluşturan, kaynakça bölümünde adları geçen sayın hocalarıma katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tanıştığım günden bu yana yaşamı bana çok daha anlamlı kılan, hayatıma yön veren ve yaşam enerjimi katlayan sevgili eşim Yrd.Doç.Dr. Sevcan KILIÇ AKINCI'ya sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. EKONOMİK KRİZ MODELLERİ	3
2.1. Kriz kavramı	3
2.2. Ekonomik kriz ve türleri	3
2.2.1. Reel sektör krizi	4
2.2.2. Finansal kriz	4
2.3. Erken uyarı göstergelerinin belirlenmesinde para krizine teorik yaklaşımlar	6
2.3.1. Birinci nesil para kriz modelleri (Spekülatif hücum krizleri)	7
2.3.2. İkinci nesil para kriz modelleri	7
2.3.3. Üçüncü nesil para kriz modelleri	8
2.4. Baskı endeksleri	9
2.4.1. Döviz piyasası baskı endeksi	9
2.4.2. Para piyasası dalgalanma endeksi	10
2.5. Erken uyarı sistemlerinin belirlenmesinde para krizine uygulamalı yaklaşımlar	12
2.5.1. Sinyal yaklaşımı	13
2.5.2. İkili tercih modeli yaklaşımı	18
2.5.3. Yol analizi yaklaşımı	20
3. PARA KRİZİ MODELLENMESİNDE KULLANILAN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER	26
3.1. Nedensellik	26
3.1.1. Granger nedensellik testi	30
3.1.2. Sims nedensellik testi	35
3.1.3. Haugh nedensellik testi	36

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.2. Durağanlık	40
3.2.1. Zaman serilerinde temel kavramlar.....	40
3.2.2. Regresyon varsayımları	42
3.2.3. Otoregresif bütünleşik hareketli ortalama (ARIMA) modelleri	57
3.2.4. Korelasyon fonksiyonları.....	63
3.2.5. Durağanlık sınaması.....	66
3.2.5.1. Korelogram testi ile durağanlık sınaması.....	68
3.2.5.2. Birim kök testleri ile durağanlık sınaması.....	69
3.3. Yol analizi	72
4. UYGULAMA	82
4.1. Veri kümesi.....	84
4.2. Durağanlık kontrolü.....	86
4.3. Yol modelinde birinci katman modelinin elde edilmesi.....	88
4.4. Yol modelinde ikinci katmanın modellerinin elde edilmesi	90
4.5. Yol şemasının çizilmesi	93
4.6. Etki düzeylerinin elde edilmesi.....	95
5. SONUÇ.....	98
KAYNAKÇA.....	101
ÖZGEÇMİŞ	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Ocak 1988 ile Şubat 2009 tarihleri arasındaki PPDE	11
Şekil 2.2. Ocak 2008 ile Şubat 2009 tarihleri arasındaki PPDE	12
Şekil 3.1. Box–Jenkins tekniğinin akış şeması	62
Şekil 3.2. Sahte ve geçerli regresyon modellerinin örneklem büyüklüğüne göre kabul oranı.....	67
Şekil 3.3. Yol katsayısı analizi ile Nedensel içeriğin birleşimi olarak Nedensel model.....	75
Şekil 3.4. Yol modelinin, Yol şeması ve eşitlik kullanılarak gösterimi	76
Şekil 4.1. Uygulama sonucunda elde edilen Yol şeması	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Krizlerin tahminine yönelik çalışmalarda kullanılan değişkenler ve performansları	14
Çizelge 2.2	Sinyal-Kriz kombinasyonları	16
Çizelge 2.3	Logit modelde, kriz değişkeninin oluşturulmasına bir örnek	19
Çizelge 2.4	Logit modelde ilişkin sonuç çizelgesine bir örnek	19
Çizelge 3.1	Granger ve Newbold (1974)'un benzetim çalışması sonucu	34
Çizelge 3.2.	Haugh nedensellik yapısı	39
Çizelge 3.3.	Regresyon analizindeki değişkenlere ilişkin terminoloji	42
Çizelge 3.4.	Durağan özellikteki değişkenden elde edilen modellerin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının teorik özellikleri	62
Çizelge 3.5	Korelasyon fonksiyonlarının çeşitleri	63
Çizelge 3.6	Şekil 3.4'teki örnek için dolaysız etkiler	80
Çizelge 3.7	Şekil 3.4'teki örnek için dolaylı etkiler	80
Çizelge 3.8	Şekil 3.4'teki örnek için toplam etki.....	80
Çizelge 4.1	Kaminsky ve ark. (1998)'nin önerdiği değişkenlerden tez kapsamında kullanılmak üzere seçilenler	85
Çizelge 4.2	Değişkenlerin durağanlıklarına ilişkin analiz sonuçları	87
Çizelge 4.3	Değişkenler ile X_{12} arasındaki nedensellik testi sonuçları	88
Çizelge 4.4	X_{12} değişkeni için optimal tahmin denklemine ilişkin Regresyon analizi sonuçları	89
Çizelge 4.5	Değişkenler ile X_6 arasındaki nedensellik testi sonuçları.....	90
Çizelge 4.6	X_6 değişkeni için optimal tahmin denklemine ilişkin Regresyon analizi sonuçları	91
Çizelge 4.7	Değişkenler ile X_9 arasındaki nedensellik testi sonuçları.....	91
Çizelge 4.8	X_9 değişkeni için optimal tahmin denklemine ilişkin Regresyon analizi sonuçları	92
Çizelge 4.9	Değişkenlerin $X_{12(t)}$ üzerindeki etkisi.....	95
Çizelge 4.10	Gecikmelerin $X_{12(t)}$ üzerindeki etkisi.....	97

SİMGELER VE KISALTMALAR

- Δ^d : d. dereceden fark alma işleci
AR : Otoregresif
ARIMA : Otoregresif bütünleşik hareketli ortalama
ARMA : Otoregresif ve hareketli ortalama
B : Geriye doğru kaydırma ya da öteleme işleci
ÇKF : Çapraz korelasyon fonksiyonu
DFT : Dickey Fuller birim kök testi
DPBE : Döviz piyasası baskı endeksi
GDFT : Geliştirilmiş Dickey Fuller birim kök testi
GSMH : Gayri safi milli hasıla
GSYİH : Gayri safi yurtiçi hasıla
IMF : Uluslararası Para Fonu
KOF : Kısmi otokorelasyon fonksiyonu
MA : Hareketli ortalama
OECD : Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OF : Otokorelasyon fonksiyonu
PPDE : Para piyasası dalgalanma endeksi
TCMB : Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
VAR : Vektör otoregresif
VŞK : Varyans şişme katsayısı

1. GİRİŞ

Küreselleşme, sağladığı sayısız avantajın yanında bazı olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Bir ülkede ortaya çıkan kriz, diğer ülkelere ekonomik ilişkinin büyüklüğü ölçüsünde yayılmaktadır. Artık ülkeler kendi ekonomilerinin durum değerlendirmesi yanında ekonomik ilişkilerinin güçlü olduğu ülkelerin ekonomileri hakkında da durum değerlendirmesi yapmaktadırlar. Bu tür değerlendirmeler özellikle yayılma hızı yüksek olan para krizlerine ilişkin göstergeleri de kapsamaktadır. Bu nedenlerden dolayı ekonomik kriz kavramının önemi ve kriz erken uyarı sistemlerinin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Günümüzde bu değerlendirmelerde kullanılan tekil ve bileşik göstergeler; yurtdışında IMF ve OECD; yurtiçinde ise TCMB gibi daha birçok büyük finans kurumları tarafından oluşturulmakta ve takip edilmektedir.

Son yıllarda kriz erken uyarı sistemleri üzerine yapılan çalışmaların artmaya başlaması, özellikle 2008 Nobel Ekonomi ödülünü alan P. Krugman'ın da bu konuda önemli çalışmalarının bulunması, konunun giderek önem kazandığını göstermektedir.

Kriz erken uyarı sistemleri, üzerine yapılan çalışmalar para krizlerine odaklanmıştır. Bunun nedenleri arasında para krizlerinin hem yayılma hızının yüksekliği hem de sonrasında ekonomik kriz oluşturma riskinin fazla olmasıdır.

Erken uyarı sistemlerinin temeli, hiçbir krizin aniden ortaya çıkmamasına dayanmaktadır. Kriz öncesinde krize zemin hazırlayan bazı değişimler yaşandığı varsayılmaktadır. Erken uyarı sistemleri de bu değişimleri tespit etmeye çalışarak krizlere daha oluşum aşamasındayken müdahale edilmesini sağlamayı hedeflemektedir. Ancak hükümetler tarafından yapılan müdahaleler, erken uyarı sistemlerinin dayandığı dinamikleri olumsuz etkileyebilmektedir. Bu durum Granger tarafından şu şekilde belirtilmiştir.

X, Y'nin bilinen bir nedeni olsun. X'e müdahale edilerek, Y kontrol altına alınmaya çalışıldığında X'in Y üzerindeki gözlenen nedenselliği yok olabilir (Granger, 1980).

Bu nedenden dolayı erken uyarı sistemlerinin her başarısı bindiği dalı kesmesi anlamına gelebilmektedir. Erken uyarı sistemlerinde oluşturulan modeller bu

olumsuzluklardan dolayı tahmin yapma amaçlı kurulmamaktadır. Sadece durum değerlendirmesi ile krize zemin hazırlayan değişimleri oluşturan değişkenlerin tespiti ve izlenmesi amaçlanmaktadır.

Yol analizi yaklaşımının, erken uyarı sistemlerinde yaygın olarak kullanılan Sinyal ve İkili tercih modelli yaklaşımlarına göre krize ilişkin sistem dinamiklerini daha iyi yansıtacağına inanılmaktadır. Bu tez kapsamında Yol analizi yaklaşımının, erken uyarı sistemlerinde kullanılabilirliği sunulmuştur.

Tezin İkinci Bölüm'ünde, kriz kavramı, erken uyarı sistemleri, erken uyarı sistemlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar ve bu tez kapsamında önerilen yaklaşım hakkında temel bilgiler aktarılmıştır.

Tezin Üçüncü Bölüm'ünde, nedensellik kavramı açıklanmış, İkili tercih modeli ve Yol analizi yaklaşımlarının da sağlaması gereken varsayımlar ve etkileri belirtilmiş ve Yol analizi hakkında bilgiler aktarılmıştır.

Tezin Dördüncü Bölüm'ünde Yol analizi yaklaşımının algoritması ile veri kümesi üzerinde uygulaması gösterilmiştir.

Tezin Sonuç Bölüm'ünde ise elde edilen bulgular yorumlanmış ve Yol analizi yaklaşımının üstün ve eksik yönleri anlatılmıştır.

2. EKONOMİK KRİZ MODELLERİ

Bu bölümde, kriz kavramı, para krizine ilişkin teorik yaklaşımlar, bu teorik yaklaşımlardan geliştirilen baskı endeksleri ve erken uyarı sistemleri ile bu tez kapsamında önerilen Yol analizi yaklaşımı hakkında bilgiler aktarılmıştır.

2.1. Kriz kavramı

Etimolojik olarak kökeni Latince'ye dayanan kriz kelimesi dilimizde bunalım ve buhran anlamlarında kullanılmaktadır (Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük). İktisadi terminolojide ise, konjonktürdeki genişleme ve sürekli bir ilerleme döneminden sonra uzun ya da kısa daralma evresine geçerek yön değiştirmeyi ifade etmektedir (BSTS / İktisat Terimleri Sözlüğü, 2004). Kriz, doğal kriz, sosyal kriz, ekonomik kriz ve politik kriz olmak üzere; birbirinden bağımsız olmadan senkronize olarak ortaya çıkabileceği gibi ayrı ayrı da ortaya çıkabilir (Altan ve Bezirci, 2001).

Çok çeşitli kriz çeşitleri olmakla beraber, tez kapsamında ele alınacak olan ekonomik kriz kavramı, ekonominin iyileşme, refah, daralma ve kriz aşamalarından geçtiğine dayanan konjonktür teorisi ile yaygın biçimde kullanılmıştır. Schumpeter ve takipçileri tarafından geliştirilmiş olan bu teoriye göre, kapitalizmde iktisadi gelişme, birbiri ardınca gelen büyük dalgalar halinde oluşmakta ve bu dalgalardan her birinin etki ve sonuçları bütün bir dönem içerisinde yayılarak zaman içerisinde yerini bir sonraki ilerleme dalgasına bırakmaktadır (Maillet, 1983).

2.2. Ekonomik kriz ve türleri

Etkiledikleri sektörler açısından ekonomik krizler reel sektör krizleri ve finansal krizler olarak ikiye ayrılmaktadır. Finansal kriz ile reel sektör krizinin birleşmesi durumunda ekonomik krizler oluşmaktadır. Ekonomik krizlerin görünür etkisi finans piyasalarında, gerçek etkisi reel kesimde ortaya çıkmaktadır (Uzay, 2001).

Ekonomik kriz, mevcut üretim tarzının sermaye birikimini sağlayacak noktanın gerisinde kalması, sermaye birikiminin daralması, üretim ve dolaşım bütünlüğünün kesintiye uğramasıdır (Kibritçioğlu, 2001). Ekonomik kriz, finansal kriz ve reel sektör krizleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1. Reel sektör krizi

Reel krizler, mal-hizmet ve işgücü piyasalarındaki 'miktar'larda, yani üretimde ve/veya istihdamda ciddi daralmalar (durgunluk ve/veya işsizlik krizi) biçiminde ortaya çıkan kriz türüdür (Kibritçioğlu, 2001). Enflasyon krizi ve durgunluk krizi reel sektör krizlerinin başlıca türleri olarak sayılabilir.

Enflasyon Krizi

Enflasyon krizi, mal ve hizmet piyasalarındaki genel fiyat düzeyinin sürekli olarak belli bir sınırın üzerinde olması durumunda oluşur (Kibritçioğlu , 2001).

Durgunluk Krizi

Durgunluk krizi, fiyatlar genel seviyesindeki artışların, ekonomide mal ve hizmet üretiminde yatırımları teşvik edecek düzeyin altında gerçekleşmesidir. Bir başka deyişle durgunluk krizi, ekonomide yeterince yatırımın yapılmaması dolayısıyla GSMH artış hızının düşük düzeyde kalmasıdır. Bir başka reel kriz türü olan işsizlik krizi ise, emek piyasasındaki işsizlik oranlarının alışılmış seviyenin üzerinde olması şeklinde ortaya çıkan krizlerdir (Özkan, 2005).

2.2.2. Finansal kriz

Finansal kriz, finansal piyasaların etkin bir şekilde işleyememesinin sonucunda oluşmaktadır. Mishkin (1996), finansal sistemin etkin bir şekilde işlemesi sayesinde, üretime dönüştürülme fırsatı olmayanların ellerindeki fonların bu fırsatları olan kişilere aktarılmasını sağlayarak önemli bir ekonomik işlevi yerine getirdiğini belirtir. Finansal sistemin etkin işlememesinin sonucu olarak ekonomik büyümenin zarar göreceğini hatırlatarak, sistemin etkinsizleşmesinin önemli bir nedeni olan piyasalardaki asimetrik bilginin sistemde ters seçim (adverse selection) ve ahlaki tehlike (moral hazard) sorunlarının ileri boyutlara varmasına yol açacağını belirtir.

Finansal krizin kaynağında, para-maliye-kur politikalarının etkinsizliği ve uluslararası uyumsuzluğu, faiz oranı farklılıkları, spekülatif hücumlar, sermaye

piyasalarında yaşanan dalgalanmalar, bankacılıkta vade yapıları uyumsuzluğu, açık-fazla pozisyonlar vb. nedenler yer alabilmektedir (Bayraktutan, 2006).

Finansal krizler genel anlamda finansal piyasalarda işlem gören döviz kurları, bono ve hisse senetleri gibi finansal araçların fiyatlarındaki ve/veya miktarlarındaki ani ve sert değişimlere olan ihtiyaçlardan kaynaklanmaktadır (Kibritçioğlu ve ark., 1998). Finansal krizler, dış borç krizleri, bankacılık krizleri, borsa krizleri ve para krizleri olarak dörde ayrılabilir.

Dış Borç Krizi

Dış borç krizi, dış borçlarını düzenli ödemekte olan bir ülkenin, karşılaştığı dış borç ödeme sorunları nedeniyle, bu borçların ana para ve faizlerini ödemeyeceğini (borç servisinin yapılamayacağını) ilan etmesi durumudur. Bu kavram genellikle resmi dış borçlar için kullanılır (Seyidoğlu 2001).

Bu krizler, özellikle hükümetlerin dış borçların çevrilmesi ve yeni dış kredi bulma konusunda sıkıntı yaşamaları nedeniyle dış borcun yeni ödeme planlarına bağlanması veya yükümlülüklerin ertelenmesi şeklinde ortaya çıkarlar (Delice, 2003).

Bankacılık Krizi

Bankacılık krizi, finansal sisteme olan güvenin kaybolması nedeniyle, tasarruf sahiplerinin mevduatlarını geri çekmek için bankalara hücum etmeleri durumunda ortaya çıkar. Bankaların bu talepleri yerine getirmemeleri ile mali panik, krize dönüşmüş olur (Seyidoğlu, 2001).

Ancak, son zamanlardaki çoğu bankacılık krizleri, bankaların bilançolarındaki yükümlülüklerinden değil varlıklarından kaynaklanmaktadır (IMF, 1998).

Borsa Krizi

Borsada işlem gören menkul kıymetlerin değerlerinde aşırı düşüşler yaşanmasıdır. Borsa endekslerinde veya borsanın genel bileşik endeksinde görülen ani düşüşler borsa krizlerinin göstergesidir. Tarihte hissedilen en büyük borsa krizleri olan 1873, Ekim 1929 ve 1987 borsa krizleri tüm dünya piyasalarını etkilemiştir.

Para/Döviz Krizi

Para/döviz krizi, ödemeler dengesi krizleri ve döviz kuru krizleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

Sabit kur sistemleri uygulayan ülkelerdeki para krizleri ödemeler dengesi kriz diye adlandırılarak dikkat döviz rezervi azalmalarına çekilirken, esnek kur sistemi uygulanan ülkelerdeki krizlere döviz kuru krizi adı verilerek, dikkat rezerv azalmaları yerine kur değişmelerine çekilmiş bulunmaktadır (Delice, 2003). Esnek kur sistemi uygulanan ülkelerde meydana gelen kriz döviz kuru krizidir. Sermaye hareketlerinde meydana gelen bir tersine dönme ile ödemeler bilançosu açıkları artar ve rezervler tükenir. Bu da döviz kurundaki şiddetli artışa sebep olur (Özkan, 2005).

Döviz kuru krizi, beklenmedik bir olay veya kura yönelik spekülasyon bir harekete bağlı olarak ortaya çıkan kuru koruma çabalarının, faiz oranlarını önemli ölçüde yükseltmesi ve/veya rezervlerin erimesine yol açması ile yaşanan kur devalüasyonunu nitelendirmektedir (Uzun, 2006). Döviz krizlerinin belirleyicileri şu beş grup altında toplanabilir: (1) Zayıf makroekonomik göstergeler ve hatalı iktisat politikaları, (2) Finansal altyapının yetersizliği, (3) Ahlaki risk (moral hazard) ve asimetric enformasyon olgusu, (4) Piyasadaki kreditorlerin ve uluslararası finans kuruluşlarının hatalı his ve önsezileri ve (5) Siyasal suikast veya terörist saldırı gibi bazı beklenmedik olay ve tesadüfler. Denilebilir ki, hemen her döviz krizi öncesinde, bu beş grupta yer alan etkenlerin bir veya birkaçı, belirli bir süredir değer yitirmesi gerektiği halde hala hiç veya yeterince değer yitirmemiş bulunan bir ulusal paraya karşı ekonomik ajanlarca spekülasyon saldırı başlatılmasına yol açar (Kibritçioğlu, 2001).

2.3. Erken uyarı göstergelerinin belirlenmesinde para krizine teorik yaklaşımlar

Literatürde para krizlerinin nedenleri konusundaki yaklaşımlar birinci nesil, ikinci nesil ve üçüncü nesil para kriz modelleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu kriz modelleri genellikle bir ülke veya ülke gruplarında ortaya çıkan para krizlerini açıklayabilmeye odaklanmışlardır.

2.3.1. Birinci nesil para kriz modelleri (Spekülatif hücum krizleri)

Bu kriz modelleri, krizlerin uygulanan makro politikalar ve uygulanan sabit kur rejimi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklandığı fikrine dayanır.

Birinci nesil kriz modeline göre kriz, yanlış makro ekonomik politikaların bir sonucudur ve paranın reel olarak aşırı değerlendirilmesi, cari işlemler bilançosundaki artan açık ve rezervlerdeki ciddi azalma ile birlikte öngörülebilir (Karaçor ve Alptekin, 2006). Bu modeller, Krugman (1979) ve Flood ve Garber (1984)'in çalışmasına dayanmaktadır. Bu modeller, hükümetlerin genişlemeci para ve bütçe politikası karması uygulamaları durumunda sabit kur rejimini devam ettiremeyecekleri temeline dayanır.

Krugman modelinde dövizdeki istikrarsızlığın kaynağı, zayıf bankacılık sistemini desteklemek veya kamu açıklarını finanse etmede kullanılan yurtiçi kredilerin aşırı genişlemesine bağlanmaktadır. Burada sermaye piyasalarına aşırı baskı yapıldığından dolayı finansman ihtiyacının hükümet tarafından karşılanamadığı ve bu nedenle açıkların monetizasyonuna gidildiği şeklinde bir varsayım yapılmaktadır. Para arzının genişlemesi de yurtiçi faiz oranları üzerinde aşağıya doğru baskıya, sermaye çıkışına ve resmi rezervlerde kayıplara yol açmakta ve bu yüzden, ulusal para spekülatif hücumlara açık hale gelmektedir. Sonuçta, bu modellere göre, para krizleri tahmin edilebilir nitelik taşımaktadır (Shardaux, 2002).

2.3.2. İkinci nesil para kriz modelleri

Birinci nesil kriz modelleri ile 1992 Avrupa Para Sistemi ve 1994 yılındaki Latin Amerika krizleri tahmin edilemeyince yeni teoriler ortaya atılmıştır. Makro değişkenler iktisadi bozulmayı işaret etmese de, ikinci nesil finansal kriz modellerine göre gerçekte olmayan fakat beklenen politika değişimlerine iştirak edilmesiyle oluşan spekülatif ortam kriz olgusunu da beraberinde getirecektir. Zayıf makro değişkenler krizi tahmin etmek için yeterli değildir. Bu modeller, beklentilerdeki değişmeye neyin ya da nelerin neden olduğu konusuna tam manasıyla bir açıklık getirmezler (Pesenti ve Tille, 2000; Karaçor ve Alptekin, 2006).

Bu modellerde, politika daha az mekaniktir: hükümet sabit döviz kurunu korumak için kısa dönemli makroekonomik esneklik ile uzun vadeli kredibilite arasında bir tercih yapıp yapmayacağını seçecektir. Krizin mantığı, piyasanın döviz kurunu korumanın başarılı olmayacağına inanması durumunda bu korumanın pahalıya mal olacağına dayanır, çünkü döviz kurunu korumak daha yüksek faiz oranları gerektirecektir. Sonuçta, gelecekte kötü gidişe yönelik beklentiler oluşacak ve oluşan beklentilerin doğrulanmaya başlaması ile para üzerine spekülasyon hücüm oluşacaktır (Krugman, 1998).

2.3.3. Üçüncü nesil para kriz modelleri

Birinci ve ikinci nesil kriz modellerinin birçok krizi açıklayabilmiş olsa da Asya krizini açıklayamamış olmaları, araştırmacıları bu krizleri açıklayabilecek modeller geliştirmeye yöneltmiştir. Üçüncü nesil para kriz modelleri, Temmuz 1997’de Asya ülkelerinin bazılarının ekonomilerinde yaşanan krizleri açıklamaya yöneliktir. Üzerinde durulan temel nokta, finansal kesimin ve özellikle bankacılık sektörünün yaşadığı olumsuzlukların ve uluslararası finansal sistemdeki gelişmelerin tüm ekonomiyi etkileyecek nitelikte olmasıdır. Bankacılık sektörünü doğrudan etkileyen politikalardan birisi hiç kuşkusuz izlenen döviz kuru politikalarıdır. Hükümetlerin uyguladığı döviz kuru politikaları faiz oranlarının artmasına sebep olarak bankacılık sisteminde sıkıntılara yol açabilir. Hükümetlerin döviz kuru politikalarını değiştirmek yerine bankacılığa karşı güven kaybını önlemek amacıyla mevduat garantileri vermesi para krizine yol açacaktır.

Üçüncü nesil para kriz modellerine göre, krizlerin sebeplerinden bir diğeri de uluslararası finansal sistemdeki gelişmelerdir. 1980’lerde hız kazanan ve alt yapısı yetersiz olan ülkelerde görülen finansal serbestleşme hareketleri para krizlerinin oluşmasına yol açmıştır.

Bankacılık ve finans kesiminin bilanço sorunları krizlere yol açmıştır. Bu nedenden dolayı krizlerin büyük çoğunluğu ya ekonominin önemli bir kısmının (kamu ve/veya özel kesim) bilançolarının kredi verilebilirliğine, ya da döviz kurlarına uygulanan kuşkudan doğmaktadır.

2.4. Baskı endeksleri

Baskı endeksleri, krizleri öngörmek üzere hesaplanmaktadır. Hesaplanan endeks değeri, belirli bir sınır değeri aştığında kriz olacağı belirtilmektedir. Sınır değeri, endeksin standart sapması olarak alınmaktadır.

Kriz döneminin belirlenmesi konusunda yapılan araştırmalarda yaygın olarak “baskı endeksi” değişkeni kullanılmaktadır. Söz konusu endeksler literatürde Döviz Piyasası Baskı Endeksi (DPBE), Spekülatif Baskı Endeksi ya da Finansal Baskı Endeksi olarak da adlandırılmaktadır.

Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde DPBE'nin bileşenlerinden biri olan faiz değişkenine ilişkin güvenilir veri eksikliği nedeniyle DPBE'den faiz oranı çıkartılarak yeni bir endeks hesaplanır. Bu endeks ise, Para Piyasası Dalgalanma Endeksi (PPDE) olarak adlandırılmaktadır.

Literatürde yukarıda adı geçen iki baskı endeksinden başka endeksler de geliştirilmiştir (Ural ve Balaylar, 2007).

2.4.1. Döviz piyasası baskı endeksi

Eichengreen ve ark. (1996), para krizlerinin bir ülkeden diğerine bulaşarak geçtiği ve bu nedenle spekülatif hücumların birbirleriyle korelasyonunun geçici olduğunu belirtirler. Benzer makro ekonomik şartlara sahip ülkeler arasında uluslararası ticaret bağı yüksek olan ülkelere bulaşmasının daha kolay olduğunu vurgulamaktadır.

Araştırmacılar, para krizlerinin mevcut devalüasyon ve paranın dalgalanması sayesinde yeniden değerlemesi suretiyle belirlenemeyeceğini iddia ederler. Spekülatif baskıyı belirleyebilecek en ideal yöntemin döviz kurunun yapısal eşitliğine dayanan bir model olduğunu belirtirler.

Araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan DPBE, nominal döviz kuru (K), faiz oranı (F) ve rezervlerdeki (R) ağırlıklı ortalama değişmelere göre oluşturulmaktadır. Döviz talebi birbirinden çok fazla bağımsız olmayan birden fazla kanal ile karşılanabilir. Eğer spekülatif hücum başarılı ise, değer azalması veya

devalüasyon gerçekleşir. Parasal otoriteler, bu baskıyı telafi etmek için uluslararası rezervlerini azaltarak veya faiz oranlarını yükselterek karşılık verirler. Bu nedenle, Eichengreen ve ark. (1996) modelinde rezerv değişmesi, endekse negatif işaretli olarak girmektedir.

Bu yaklaşım, endeks oluşturulurken belirlenecek ağırlıklar kesin olmadığı için literatürde eleştirilmiştir. Bu yüzden serilerin standartlaştırılması bir çözüm olarak görülmüştür. Standartlaştırma, her bir gözlemden, serinin ortalaması (μ) çıkarılıp standart sapmasına (σ) bölünerek sağlanmaktadır. Standartlaştırılmış seri sıfır ortalama, birim varyansa sahip olmaktadır. Her değişken standartlaştırıldıktan sonra endeks genellikle ağırlıksız olarak hesaplanmaktadır (Ural ve Balaylar, 2007). Değişkenlerin $\left(\frac{1-B^1}{B^1}\right)$ süzgecinden geçirildikten sonra elde edilen yeni değerleri, * üst indisi ile gösterilmektedir. Söz konusu endeks, aşağıda sunulan eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$DPBE = \frac{K_t^* - \mu_{K^*}}{\sigma_{K^*}} + \frac{F_t^* - \mu_{F^*}}{\sigma_{F^*}} - \frac{R_t^* - \mu_{R^*}}{\sigma_{R^*}} \quad (2.1)$$

Endeks standartlaştırılmış değişkenlerin toplamına eşit olduğundan ortalaması sıfırdır. Dolayısıyla, endeks için hesaplanacak sınır değer standart sapmanın 1,5 katı olarak alınmaktadır. Herhangi bir dönem endeks değeri standart sapmasını 1,5 kat aştığında kriz olduğu kabul edilmektedir (Ural ve Balaylar, 2007). Ancak literatürde, sınır değerlerin tespitine ilişkin kesin bir kural bulunmamaktadır, standart sapmanın 1,5, 2 veya 2,5 katı alındığı çalışmalara rastlanmıştır.

2.4.2. Para piyasası dalgalanma endeksi

Diğer bir endeks ise, Kaminsky ve Reinhart (1999) tarafından geliştirilen Para Piyasası Dalgalanma Endeksidir.

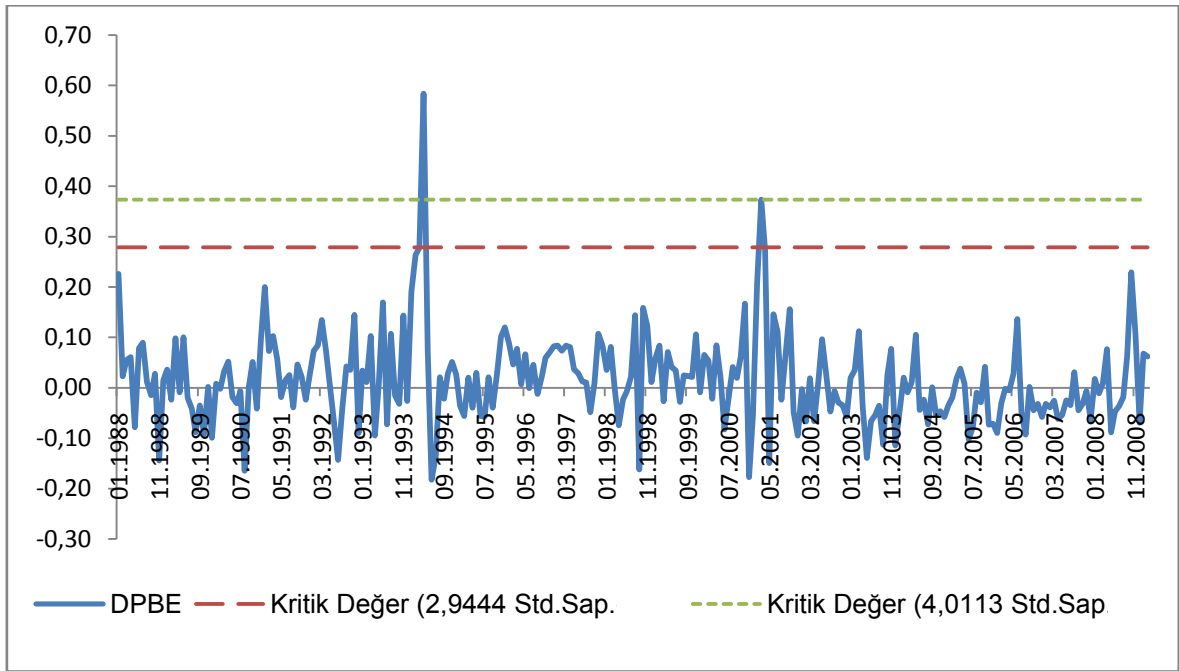
Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde faiz değişkenine ilişkin güvenilir veri eksikliği nedeniyle DPBE'den faiz oranı çıkartılarak PPDE hesaplanır. Bu endeks, nominal döviz kurunun aylık değişim oranının, rezervin aylık değişim oranının standart sapmalar ile ağırlıklandırılarak çıkartılmasıyla elde edilir. Standart

sapmalar ile ağırlıklandırma, nominal döviz kurunun aylık değişim oranının standart sapmasının, rezervin aylık değişim oranının standart sapmasına bölünmesiyle bulunur. Değişkenlerin $\left(\frac{1-B^1}{B^1}\right)$ süzgecinden geçirildikten sonra elde edilen yeni değerleri, * üst indisi ile gösterilmektedir. Söz konusu endeks, aşağıda sunulan eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$PPDE = K_t^* - \left[\frac{\sigma_{K^*}}{\sigma_{R^*}} R_t^* \right] \quad (2.2)$$

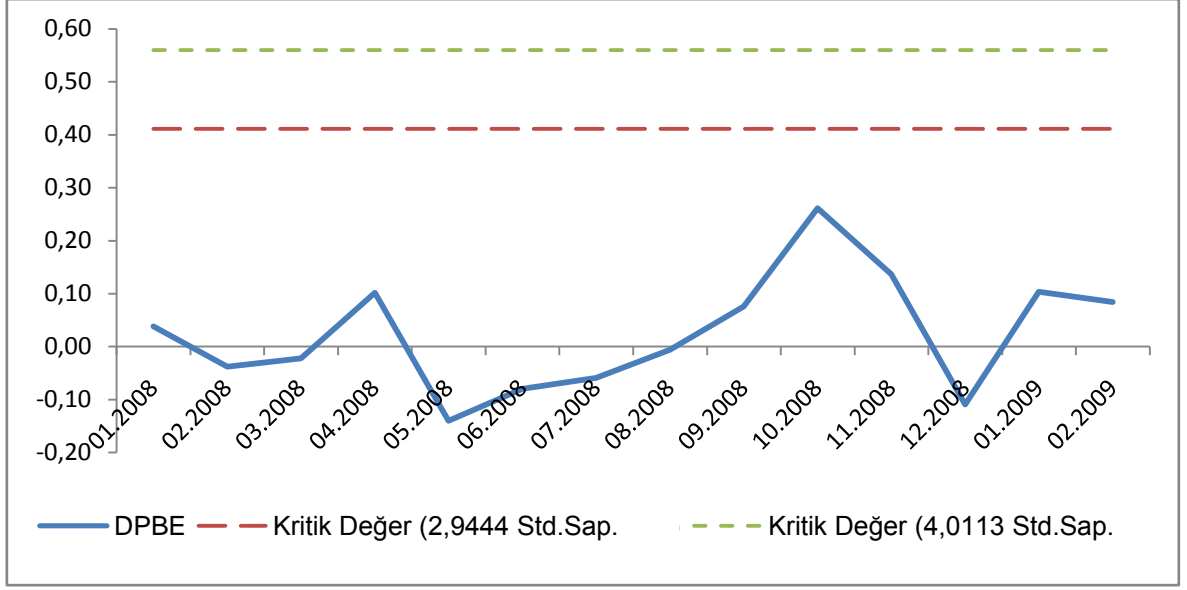
PPDE $2,5\sigma$ ya da 3σ 'dan büyük eşit ise bu durum kriz göstergesi olarak algılanmaktadır (Gerni ve ark., 2005).

PPDE'nin Ocak 1988 ile Şubat 2009 tarihleri arasındaki seyri Şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2.1: Ocak 1988 ile Şubat 2009 tarihleri arasındaki PPDE.

PPDE, içerdiği değişkenlerin standartlaştırılmış değerlerinden oluştuğu için son zamanlarda meydana gelen küresel krizin etkilerini daha iyi sunabilmek için Şekil 2.1'deki zaman aralığının başlangıcı Ocak 1988'den Ocak 2008'e kaydırılarak Şekil 2.2 elde edilmiştir.



Şekil 2.2: Ocak 2008 ile Şubat 2009 tarihleri arasındaki PPDE.

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de sunulan kritik değerler, Ocak 1988 ile Şubat 2009 tarihleri arasında sadece Nisan 1994 ve Mart 2001’i gösterecek şekilde belirlemişdir. Türkiye’ye ilişkin çalışmalarda, PPDE’nin krize ilişkin eşik değeri 3σ ile 4σ arasında bir değer alınabilir.

2.5. Erken uyarı sistemlerinin belirlenmesinde para krizine uygulamalı yaklaşımlar

Literatürde erken uyarı sistemlerinin belirlenmesinde para krizine uygulamalı olarak iki yaklaşım yaygın olarak kullanılmaktadır.

Birinci yaklaşım, Kaminsky ve ark. (1998) tarafından önerilen Sinyal yaklaşımıdır. Sinyal yaklaşımı, değişkenlerin bir eşik değerini tek tek ya da bileşik bir endeks olarak aşmış aşmadıklarını sıklık değerleri ile izlemektedir. Değişkenlerin anlamlılıkları ve sonuçlar ile ilgili test yapılmaması olumsuz yönlerini oluşturmaktadır.

İkinci yaklaşım ise, İkili tercih modeli yaklaşımıdır. Bağımlı değişken olarak krizin oluşup oluşmadığını göstermek üzere kukla değişkeni kullanan bu modellerden, literatürde en yaygın olarak kullanılanı Logit modelidir. Bu yaklaşım, açıklayıcı değişkenlerin anlamlılıkları ile bir veya birkaç dönem öncesinden kriz olmasını test edilmektedir. Sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için büyük örneklem

gerektirmesi ve değişkenlerden hangisinin krizi açıklama gücünün daha yüksek olduğu konusunda bilgi vermemesi bu yöntemin olumsuz yönlerini oluşturmaktadır (Değirmen ve ark., 2006). İkili tercih modeli yaklaşımında Logit model açıklanmıştır.

2.5.1. Sinyal yaklaşımı

Erken uyarı sistemleri, belirli göstergelerin krizin oluşmasından bir önceki dönemdeki olağan dışı hareketler üzerine yoğunlaşır. Herhangi bir değişkenin normal kabul sınırları aşması durumunda eşik değerini aştığı kabul edilir ve bu gelecek belirli bir zaman döneminde bir finansal kriz oluşacağına ilişkin bir sinyal olarak algılanır (Zhuang ve Dowling, 2002).

Kaminsky ve Reinhardt (1998), 5 gelişmiş ve 15 gelişmekte olan ülkede 1970-1995 yılları arasında ortaya çıkan krizleri incelemiş ve sinyal yaklaşımı ile krizlerin ne şekilde öngörülebileceğini araştırmışlardır.

Kaminsky ve ark. (1998), geniş bir literatür araştırması sonucunda, kriz tahmininde kullanılan değişkenleri 10 başlıkta gruplandırmış ve anlamlı bulunup bulunmadıklarını incelemiştir. Kaminsky ve ark. (1998)'nin elde ettiği sonuçlar ile değişkenlerin performansları Çizelge 2.1'de sunulmuştur. Kriz tahmininde kullanılacak en yararlı değişkenlerin belirlenmesinde başlıca üç kriter kullanmışlardır (Kaminsky ve ark., 1998). Bunlar sırasıyla, (1) seçilecek değişkenin, olası bir krizin tahmin edilmesinde kullanılmış olması, (2) değişkenlerin kriz öncesindeki davranışları, kontrol grup (ya aynı ülke için kriz olmayan dönem ya da krizin olmadığı bir ülke) ile sistematik olarak karşılaştırılmış olması, (3) olası krizleri öngörme kabiliyeti olan değişkenler belli bir dönem içerisinde incelenmiş olması gerekmektedir.

Çizelge 2.1: Krizlerin tahminine yönelik çalışmalarda kullanılan değişkenler ve performansları (Kaminsky ve ark., 1998).

Sektör	Değişken	Kullanıldığı Çalışma Sayısı	Anlamlı Bulunma Sayısı
Sermaye Hesabı	Uluslararası Rezervler	12	11
	Kısa Dönemli Sermaye Akışları	2	1
	Doğrudan Yabancı Yatırımlar	2	2
	Sermaye Hesabı Dengesi	1	---
	Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı	2	1
Borç Yapısı	Dış Yardımlar	1	---
	Dış Borçlar	2	---
	Kamu Borçları	1	---
	Ticari Banka Kredilerinin Payı	1	2
	İmtiyazlı Kredilerin Payı	2	2
	Değişken Faizli Borçların Payı	2	---
	Kısa Dönemli Borçların Payı	2	---
	Çok Taraflı Kalkınma Bankası Borçlarının Payı	1	---
Cari Hesaplar	Reel Döviz Kuru	14	12
	Cari İşlemler Dengesi	7	2
	Ticaret Dengesi	3	2
	İhracat	3	2
	İthalat	2	1
	Dış Ticaret Hadleri	3	2
	İhracat Fiyatları	1	---
	Tasarruflar	1	---
	Yatırımlar	2	---
	Döviz Kuru Beklentisi	1	---
Uluslararası Göstergeler	Yabancı Reel GSMH Büyüme Hızı	2	1
	Dış Faiz Oranları	4	2
	Dış Fiyat Seviyesi	2	1
Finansal Serbestleşme	Reel Faiz Oranları	1	1
	Kredi Büyümesi	7	5
	Borç Açığının Faiz Artışı	1	---
Diğer Finansal	M2 Çoğaltanı	1	1
	Paralel Piyasa Piriimi	1	1
	Merkezi Parite	1	1
	Bant Aralıkları Pozisyonu	1	1
	Para Talep-Arz Açığı	1	1
	Banka Mevduatlarındaki Değişmeler	1	---
	Merkez Bankasının Bankalara Kredileri	1	1
	Para	3	2
	M2/ Uluslararası Rezervler	3	3

Çizelge 2.1: devam ediyor.

Sektör	Değişken	Kullanıldığı Çalışma Sayısı	Anlamli Bulunma Sayısı
Reel Sektör	Enflasyon	5	5
	Reel GSMH Büyüme Hızı	9	5
	Üretim Açığı	1	1
	İstihdam/İşsizlik Oranı	3	2
	Menkul Kıymet Fiyatlarındaki Değişmeler	1	1
Mali Sektör	Herhangi Bir Yerde Kriz Olup Olmadığı	1	1
	Mali Açık	5	3
	Kamu Tüketimi	1	1
	Kamu Sektörüne Krediler	3	3
Kurumsal / Yapısal Faktörler	Çoklu Döviz Kurları	1	---
	Döviz / Sermaye Kontrolleri	2	1
	Açıklık	1	1
	Ticari Merkezleşme	1	---
	Banka Krizleri	1	1
	Finansal Serbestleşme	2	1
	Askılanmış Döviz Kurundaki Aylık Harcamalar	1	1
	Döviz Piyasası Geçmiş Krizleri	1	1
	Döviz Piyasası Geçmiş Dalgalanmaları	1	---
	Politik Faktörler	Hükümetin Seçim Zaferi	1
Hükümetin Seçim Yenilgisi		1	1
Yönetici Yasal Transferi		1	1
Yönetici Yasal Olmayan Transferi		1	1

Kaminsky (1999), para krizlerine yönelik sinyal yaklaşımını aşağıdaki şekilde açıklamaktadır:

$$S_t^j = \begin{cases} 1, & |X_{it}| > |\hat{X}_i| \\ 0, & |X_{it}| < |\hat{X}_i| \end{cases} \quad (2.3)$$

X_{it} , i. gösterge değişkeninin t zamanında aldığı değeri, \hat{X}_i ise i. gösterge değişkenine ait eşik değerini göstermektedir.

Yukarıdaki denklemde, değişkenlerden bazılarının krizden önce aşırı düşmesi veya yükselmesinin, krize ilişkin bir sinyal olabileceği düşünüldüğü için, mutlak değer olarak ifade edilmiştir.

Sinyal yaklaşımına göre, her bir öncü göstergenin bir eşik değeri bulunmaktadır ve bu değer, dağılımı normal bölge ve anormal bölge olarak ikiye ayırır. Göstergenin gözlemlenen değeri herhangi bir ayda anormal bölgeye düşüyorsa bu göstergenin erken uyarı sinyali gönderdiği kabul edilir. Her göstergenin etkinliğinin belirlenmesinde aşağıda sunulan Çizelge 2.1'den yararlanılır.

Çizelge 2.2: Sinyal-Kriz kombinasyonları.

	24 Ay İçerisinde Kriz Varsa	24 Ay İçerisinde Kriz Yoksa
Gösterge Sinyal Veriyorsa	A	B
Gösterge Sinyal Vermiyorsa	C	D

Çizelge 2.2'de A değeri, değişkenin sinyal verdikten sonra 24 ay içinde kriz olmuşsa bu doğru sinyallerin toplamını vermektedir. B değeri, değişkenin sinyal verdikten sonra 24 ay içinde kriz olmamışsa bu hatalı sinyallerin toplamını vermektedir. C değeri, değişkenin sinyal vermemesine rağmen 24 ay içinde kriz olmuşsa bu hatalı durumların toplamını vermektedir. D değeri, değişkenin sinyal vermemesine rağmen 24 ay içinde kriz olmamışsa bu doğru durumların toplamını vermektedir (Zhuang ve Dowling, 2002).

Sinyal yaklaşımında; öncü göstergelerin belirlenmesi kadar eşik değerlerinin doğru tespit edilmesi de çok önem kazanmaktadır. Eğer eşik değeri ortalamaya yakın olarak belirlenirse göstergenin vereceği hatalı sinyal sayısı çok olacaktır. Eğer eşik değeri ortalamadan çok uzak olursa bazı krizleri ıskalama durumu ortaya çıkacaktır. Uygulamada eşik değerleri belirlenirken yaygın olarak hatalı sinyal/doğru sinyal oranına (HSDSO) bakılarak değerlendirme yapılmaktadır. Eşik değerleri HSDSO'yu en küçükleyecek ve koşullu kriz olasılığını en büyükleyecek şekilde belirlenmektedir (Değirmen ve ark., 2006).

HSDSO basitçe Eş. 2.4'te tanımlanmıştır (Herrera ve Garcia, 1999):

$$HSDSO = \frac{B / (B + D)}{A / (A + C)} \quad (2.4)$$

Bir diğer değerlendirme kriteri ise herhangi bir göstergenin sinyal vermesini takip eden 24 ay içinde kriz olma olasılığıdır. Bu koşullu olasılık değeri büyüdükçe göstergenin krizi tahmin gücü de artmaktadır. Koşullu olasılık Eş. 2.5'te sunulan eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Zhuang ve Dowling, 2002).

$$P(C/S) = \frac{A}{A + B} \quad (2.5)$$

Sinyal yaklaşımının son aşaması bileşik öncü gösterge endeksi oluşturulması ve kriz tahminlerinin yapılmasıdır. Ne kadar çok sayıda değişken sinyal verirse kriz olasılığının o ölçüde yüksek olacağı varsayımı yapılmaktadır. Bu durumda tek tek öncü göstergelere bakmak yerine bu değişkenlerden en iyi performans (minimum HSDSO) gösterenlerin ağırlıklı ortalamasından bileşik bir endeks oluşturmak krizi önceden tahmin etme olasılığını arttıracaktır. Kaminsky (1999) takip edilerek göstergelerin ağırlıkları minimum hatalı sinyal/doğru sinyal oranının tersi hesaplanarak elde edilir. Oluşturulan bileşik endeksi (BE) Eş. 2.6'da sunulmuştur.

$$BE_t = \sum_{i=1}^k \frac{1}{\min HSDSO_i} S_{it} \quad (2.6)$$

Burada S_{it} seçilen öncü göstergelerin herbirini, $HSDSO_i$ ise ilgili göstergeden elde edilen hatalı sinyal sayısının doğru sinyal sayısına oranını göstermektedir. k , toplam değişken sayısını göstermektedir.

Bileşik endekse girecek değişkenlerin seçiminde dikkat çeken konulardan birisi öncü göstergenin ne kadar süre önce sinyal vermeye başladığıdır. Kullanılan değerlendirme kriterleri ($HSDSO$, $P(C/S)$ vs.) bir dönem önce sinyal veren değişken ile on dönem önce sinyal veren değişken arasında bir ayırım yapmamaktadır. Erken uyarı sistemi oluşturma bağlamında daha uzun süre önce sinyal veren değişken tercih edilmelidir (Değirmen ve ark., 2006).

Bu yaklaşımda en çok kullanılan değişkenler, ihracat, reel döviz kurunun trendden sapması, M2'nin uluslararası rezervlere oranı ve hasıladır (Kaminsky ve ark.,1998).

2.5.2. İkili tercih modeli yaklaşımı

Literatürde, para krizi erken uyarı sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalarda modelde bağımlı değişkenin iki değerli kukla değişken olduğu yaklaşımlar genel bir başlık altında toplanmamıştır. Her model kendi ismi ile anılmış veya Logit ya da Logit/Probit modeller başlığı kullanılmıştır.

Bağımlı değişken olarak, evet-hayır, var-yok gibi tercih veya karar belirten sadece iki (1 ve 0 gibi) değer alan iki değerli kukla değişkenin kullanıldığı model, ikili tercih modeli olarak adlandırılmaktadır (Güriş ve Çağlayan, 2000).

Yukarıdaki tanımlamadan yararlanarak, bu tez kapsamında söz konusu modeller İkili tercih modelleri yaklaşımı başlığı altında değerlendirilmiştir.

Para krizi erken uyarı sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalarda, en çok kullanılan ikili tercih modeli sırasıyla Logit, Probit ve Doğrusal olasılık modelidir.

Gerni ve ark. (2005), uygulamada Logit modelin, Probit modelden üstü olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Gerni ve ark. (2006) yaptıkları çalışma ile Logit modelin, Doğrusal olasılık modelinden daha sağlıklı sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

Logit model (L_t) ve bileşenleri (P_t) Eş. 2.7'de sunulmuştur:

$$P_t = E(Y = 1/X_{1t}) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_{1t})}} = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_{1t})}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_{1t})}} \quad (2.7)$$
$$L_t = \ln \left(\frac{P_t}{1 - P_t} \right)$$

P_t , 0,5'ten küçük ise, L_t 0'dan küçük, 0,5'ten büyük ise de, L_t 0'dan büyük olur. Logit model, P_t olasılık değerini kullanarak kukla değişkenin değerini hesaplamaktadır (Gujarati, 2004).

Logit model, para kriz erken uyarı sistemlerinde aşağıdaki sunulan şekilde uygulanmaktadır.

Öncelikle kriz tahmini için seçilen bağımsız değişkenlerden oluşan Eş. 2.8'de sunulan model oluşturulur,

$$\text{Kriz}_t^j = \beta_0^j + \beta_1^j X_{1t} + \dots + \beta_k^j X_{kt} + \varepsilon_t^j \quad (2.8)$$

Eş. 2.8'deki j değeri, modelin krizden kaç adım öncesinin incelendiğini göstermektedir. Her j değeri için kriz değişkeni ayrı olarak oluşturulur. Örnek olarak, 99 birimlik bir zaman büyüklüğünde veriler elde edilmiş olsun. Bu zaman diliminin 82. anında kriz gerçekleşmiş kabul edilsin. Açıklayıcı değişken olarak da modelde dört adet değişken yer alsın. Bu bilgiler doğrultusunda ve en büyük j değerini 8 olarak alındığı varsayımında oluşturulacak $Kriz_t^j$ değerleri Çizelge 2.3'te sunulmuştur.

Çizelge 2.3: Logit modelde, kriz değişkeninin oluşturulmasına bir örnek.

$j \backslash t$	1	2	...	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	...	99	
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	
1	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	...	0
2	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	...	0
3	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	...	0	
4	0	0	...	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	...	0	
5	0	0	...	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	...	0	
6	0	0	...	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	...	0	
7	0	0	...	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	...	0	
8	0	0	...	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	...	0	

j , sıfırdan en büyük değerine kadar $\forall j$ değerleri için oluşturulan kriz modeline Lojistik regresyon analizi uygulanarak, katsayıların tahmin ve anlamlılık değerleri elde edilir. Elde edilen sonuçlar ile Çizelge 2.4 oluşturulur.

Çizelge 2.4: Logit modelde ilişkin sonuç çizelgesine bir örnek.

	$j=0$	$j=1$...	$j=8$
β_1^j	Katsayı Değeri			
	Anlamlılık Değeri			
β_2^j	Katsayı Değeri			
	Anlamlılık Değeri			
β_3^j	Katsayı Değeri			
	Anlamlılık Değeri			
β_4^j	Katsayı Değeri			
	Anlamlılık Değeri			

İncelenen modele uygun bir şekilde, örneği yukarıda sunulan, sonuç çizelgesi oluşturularak sonuçlar yorumlanır.

İkili tercih modeli yaklaşımının sonucunda değişkenlerin hangi gecikme değerlerinde önemli oldukları ve etki yönleri belirlenebilmektedir (Gerni ve ark., 2006).

2.5.3. Yol analizi yaklaşımı

Bu bölümde Yol analizi yaklaşımının felsefi açıdan temelleri ve uygulamada dikkat edilmesi gereken konular gerekçeleriyle açıklanmıştır. Yaklaşımına ilişkin algoritma ise veriler üzerinden açıklamalı olarak Uygulama Bölümü'nde sunulmuştur.

Yol analizi yaklaşımı, Yol analizini temel almakta, değişken seçimi ve model oluşturulması aşamasında nedensellik testlerinden ve adımsal regresyon yönteminden yararlanmaktadır. Yol analizinin temel alınmasındaki sebep Üçüncü Bölüm'de Yol analizi Başlığı altında, Yol analizinin, Regresyon analizine olan üstünlükleri olarak sunulmuştur.

Yol analizi yaklaşımı ile Para krizi erken uyarı sistemlerinde, krizi tetikleyen değişkenlerin oluşturduğu etkileşim sistemi hakkında daha net bilgi sahibi olmak amaçlanmaktadır. Değişkenler arası etkileşim sisteminin Yol şeması aracılığı ile daha görsel bir şekilde sunumu, krize ilişkin dinamiklerin daha kolay anlaşılabilmesini sağlayacaktır. Krize ilişkin dinamiklerin anlaşılmasıyla, krize müdahale etme gücü olan devlet finans kurumlarının, değişkenlerin sadece dolaysız etkisi ile karar vermek zorunda kalması yerine, krize neden olabilecek zincirleme tepkime hakkındaki bilgiye sahip olarak daha etkili karar vermesi sağlanabilecektir.

Bu amaca hizmet etmesi için kriz göstergesi sayılabilecek, baskı endekslerinin bağımlı değişken olduğu Yol modelinin oluşturulması gerekmektedir. Zincirleme tepkimenin zamanda tersinemezlik koşulu içermesi nedeniyle, Yol modeli, krize neden olabilecek zincirleme tepkimeye ışık tutabilmesi için sadece değişkenlerin gecikmeli değerlerinden oluşması gerekmektedir. Bu durum, modelde yer alacak aşırı sayıda değişken olması anlamına gelmektedir.

Blank ve Schmiesing (1988), Amerikan mısır piyasasındaki fiyat ilişkilerinin modellenmesi üzerine yaptıkları çalışmada Nedensellik analizi ile Yol analizini birleştirerek kullanmışlardır. Bu analizlerin birleşimi, ortaya tekil kullanımlarından

daha etkili bir analiz çıkartmaktadır. Nedensellik ve Yol analizlerinin birleşimi, ilk defa ekonomik teorideki bazı kavramlar arasındaki nedenselliğin tanımlanmasında ve incelenmesinde kullanılmıştır. Ekonomi teorisyenleri, incelemek istedikleri tüm değişkenlerden oluşan modeli, Yol analizi yardımıyla oluşturmuş ve nedensellik ifade etmeyen tüm anlamlı ilişkileri Granger nedensellik testi ile eleyerek daha etkin bir modele ulaşmıştır.

Ancak Yol analizi yaklaşımında, Yol modelinin oluşturulup sonrasında önemsiz değişkenlerin elenmesi, geriye doğru seçim yönteminin felsefesine dayanmaktadır. Bu durumda eğer model, 10 değişkenin her birisinin 12 gecikmeli değerleri ile oluşturulmuşsa 120 değişkenli bir model üzerinde çalışılmasını gerektirmektedir. Böylesi büyük bir modelin, zaman serisi özellikli ekonomik verilerin getirdiği sorunlarla birleşmesi muhakkak ciddi sorunlar ortaya çıkartacaktır. Oysaki model ileriye doğru seçim yönteminin felsefesiyle oluşturulursa, bu tür sorunların ortaya çıkması engellenebilir.

Bu nedenle Yol modelinin oluşturulmasında ileriye doğru seçim yönteminin felsefesi benimsenmiştir. İlk adım olarak baskı endeksinin bağımlı değişken olduğu modelin oluşturulması gerekmektedir. Değişken seçimi ise nedensellik testleri yardımıyla yapılır.

Nedensellik testlerinin kullanılmasına ve değişkenler arasında anlamlı nedenselliğin test sonucunda bulunmasına karşın, Üçüncü Bölüm'de Yol analizi kısmında anlatılan gerekçelerden ötürü, Yol analizinde değişkenler ya da gecikmeli değerler arasındaki yollar yorumlanırken “nedeni olmaktadır” yerine “etkilemektedir” ifadesi kullanılmıştır. Ayrıca “Nedensel model” ifadesi yerine de “Yol modeli” ifadesi tercih edilmiştir.

Bu sayede bağımlı değişken ile anlamlı korelasyona sahip olan ama nedensellik etkisi bulunmayan değişkenlerin modele girmesi engellenmiş olur. Ancak literatürde en çok tercih edilen ve bu yaklaşımda da kullanılan Granger nedensellik testi avantajlarının yanında dezavantajları da beraberinde getirmektedir.

Granger nedensellik testinde önemli bulunan gecikme değerlerinden testin yapısı gereği optimal tahmin denklemlerine ulaşılamayacağı açıktır. Çünkü gecikme değeri 7 bulunduğu model yedinci dereceden AR modelidir. Bu model önemli

gecikme değerlerini barındırdığı gibi önemsiz gecikme değerlerini de barındırabilmektedir ve dolayısıyla optimal tahmin denklemi değildir (Kadılar, 2000).

Ayrıca yukarıda verilen örnek göz önüne alındığında 10 değişkenin 12 gecikme değerinde bağımlı değişken ile nedensellik testine tabi tutulması yukarıda belirtilen sorun ile tekrar karşılaşılması anlamına gelmektedir.

Üçüncü Bölüm'de aktarıldığı üzere, X_i , (Granger'ın nedensellik tanımının ikinci maddesi uyarınca), Y 'ye ilişkin başka hiçbir kaynaktan elde edilemeyecek benzersiz bilgiyi barındırmaktadır. Bunun sonucunda Y 'nin kestirimine ilişkin sadece kendi geçmiş değerlerinden oluşan modele, X_i 'in geçmiş değerleri eklendiğinde modelin hata varyansı küçülür. Bu durum Eş. 2.9'de gösterilmiştir:

$$\sigma^2(Y_t/X_{i,t}, Y_{t'}) < \sigma^2(Y_t/Y_{t'}) \quad (2.9)$$

Eş. 2.9'i, genelleyerek, Eş. 2.10'daki koşulun sağlandığı durumda Eş. 2.11'a ulaşabiliriz.

$$\sigma^2(Y_t/X_{s,t}, Y_{t'}) < \sigma^2(Y_t/Y_{t'}) \quad (2.10)$$

$$\sigma^2(Y_t/X_{i,t}, X_{s,t}, Y_{t'}) < \sigma^2(Y_t/Y_{t'}) \quad (2.11)$$

X_i ve X_s değişkenleri bir miktar ortak bilgi barındırsa da ve bu sebepten önemsiz gecikmeli değerleri Eş. 2.12'de yer alsın da eşitlik yine de geçerli olacaktır.

$$Y_t = \sum_{j=1}^{m_Y} a_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^{m_{X_i}} b_{ij} X_{it-j} + \sum_{j=1}^{m_{X_s}} b_{sj} X_{st-j} + \varepsilon_{(X_i X_s Y)t} \quad (2.12)$$

Granger nedensellik testinde, X_i 'nin Y 'nin b_{ij} nedeni olduğunun kabulü $\forall j$ için b_{ij} sıfırdan farklı ve anlamlı olduğunun gösterir. $\forall i$ için m_{X_i} değerleri birbirlerinden farklı olabilir. Y 'ye ait m_Y 'nin değeri, en büyük m_{X_i} değerine eşittir.

Bu bilgiler ışığında en büyük 12 gecikme değerinden başlayarak önemli bir nedensellik bulunana kadar gecikme değerini bir azaltarak 10 bağımsız değişkeni, tek tek bağımlı değişken ile nedensellik testine tabi tutalım. Her defasında en fazla

24 değişkenli bir model incelenerek önemli nedensellik barındıran bağımsız değişkenler (X_i) en büyük gecikme değeri (m_{X_i}) ile tespit edilebilir. Bu sayede bağımlı değişken üzerinde etkili değişkenlerin önemli gecikmeli değerleri elde edilmiş olur. Ancak bu gecikmeli değişkenlerin hepsi ile oluşturulacak bir model içerisinde büyük miktarda bilgi tekrarı ve bağımsız değişkenler arasında güçlü bir korelasyon barındırabilir. Bağımsız değişkenler arasındaki güçlü korelasyonun yol açtığı sorunlar Üçüncü Bölüm'de Durağanlık Başığı altında aktarılmıştır. Bu sorunlardan ve modelde bilgi tekrarından kaçınmak için elde edilen gecikmeli değerler, adımsal regresyon yöntemi ile önemsiz gecikmeli değerlerden arındırılır ve nedensel etkiye sahip değişkenlerin anlamlı gecikmelerinde oluşan bir model elde edilir.

Bu sayede Yol modelinin dolaysız etkileri barındıran birinci katman modeli elde edilmiş olur. Aynı sürecin, birinci katman modelinde anlamlı gecikmesiyle bağımsız değişken olarak yer alan her değişkene uygulanmasıyla, dolaylı etkileri barındıran ikinci katman modeli ya da modelleri elde edilir.

Yol modelinin sağlıklı bir şekilde kurulabilmesi için bu aşamaya kadar elde edilen tüm modellerin ve modellerde yer alan katsayıların anlamlı bulunmuş olması gerekmektedir. Regresyon modelindeki katsayının anlamlı olması, o katsayıya karşılık gelen Yol katsayısının da anlamlı olduğunu göstermektedir.

İkinci katman modellerinin, birinci katman modeline bağlanmasıyla Yol modeli oluşturulur. Yol modelinde yer alan Yol katsayıları, Regresyon katsayılarının standartlaştırılmış halidir. Bu standartlaştırma, katsayının değişkenin ölçüm biriminden arındırılmış etki kuvvetini belirtmesini sağlamaktadır. Böylelikle modelde yer alan gecikmeli değerler, etki gücü açısından birbirleriyle karşılaştırılabilir.

Yol modelinin oluşturulmasından sonra Yol şeması çizilebilir. Dolayısıyla veri kümesindeki değişkenlerin baskı endeksine ilişkin sahip olduğu bilgi miktarınca baskı endeksi üzerindeki etki sistemi aydınlatılmış olur.

Ancak her kriz önleme müdahalesi Yol modelini oluşturan içsel ve dışsal değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki yapıyı olumsuz yönde etkilemektedir.

Kontrol edilebilirlik, nedensellikten daha derin bir konudur. X'in, Y'nin nedeni olması, Y'nin X kullanılarak kontrol edilebileceği anlamına gelmez. X, Y'nin bilinen bir nedeni olsun. X'e müdahale edilerek, Y kontrol altına alınmaya çalışıldığında X'in Y üzerindeki gözlenen nedenselliği yok olabilir. Kontrol değişkeni ile herhangi bir kavram arasında nedensellik bulunuyorsa, (hareketlerin geçmişteki gözlemlere yakın olması şartıyla) bu durum kontrolün nasıl yapılacağı konusunda faydalı olacaktır. Geçmiş dönemlerde devletlerin kontrol için kullandığı bazı değişkenler o kadar etkisiz değişkenlerdir ki nedensellik tespit edilememektedir (Granger, 1980).

Yol modeli yukarıda belirtilen şekilde müdahaleli veriler üzerinde oluşturulduğu için normal şartlarda bir bütün olarak anlamlı bulunması çok zordur. Bu nedenden dolayı, Yol modelinin anlamlılığının denetlenmesinde, modelinin bir bütün olarak test edilmesi yerine, modeli oluşturan Regresyon modellerinin ve katsayılarının tek tek anlamlılıklarının incelenmesi tercih edilmiştir.

Buraya kadar anlatılan süreç incelendiğinde, zaman serisi özelliği taşıyan değişkenlerin ve Regresyon analizinin kullanıldığı görülmektedir. Üçüncü Bölüm'de Durağanlık Başlığı altında bu durumda karşılaşılabilecek sorunlar ve bu sorunların kaynakları açıklanmıştır. Özellikle değişkenlerin durağan olmadığı durumda karşılaşılabilecek sahte korelasyon ve sahte regresyon sorunları, nedensellik testinin geliştiricisi C.W.J. Granger ile P.Newbold tarafından 1974 yılındaki çalışmalarıyla ortaya konmuştur.

Yol analizi yaklaşımında, değişkenlerin durağanlıklarının kontrolünde literatürde ağırlıklı olarak tercih edilen Geliştirilmiş Dickey-Fuller testi kullanılmaktadır. Teste ilişkin bilgiler Üçüncü Bölüm'de Durağanlık Başlığı altında sunulmuştur. Testte durağanlığın sınanmasında kullanılan modeller aşağıda sunulmuştur.

$$(I. Model) \Delta X_t = \delta X_{t-1} + \sum_{s=1}^m (\alpha_s \Delta X_{t-s}) + \varepsilon_t \quad (2.13)$$

$$(II. Model) \Delta X_t = \beta_0 + \delta X_{t-1} + \sum_{s=1}^m (\alpha_s \Delta X_{t-s}) + \varepsilon_t \quad (2.14)$$

$$(III. Model) \Delta X_t = \beta_0 + \beta_e t + \delta X_{t-1} + \sum_{s=1}^m (\alpha_s \Delta X_{t-s}) + \varepsilon_t \quad (2.15)$$

D.A. Dickey ve W.A. Fuller, testin geçerli olması için m değerinin, hataların otokorelasyonsuz olmasını sağlayacak kadar büyük olması gerektiğini belirtmiştir (Gujarati, 2004). Bu durum da göstermektedir ki test sonucunda durağanlığın bulunması tek başına gereklidir ama yeterli değildir. Testte kullanılan modelin hatalarının otokorelasyonsuz olması ile birlikte elde edilen sonuç geçerli olmaktadır. Literatürde birçok çalışmada sadece test sonucu ile durağanlık kontrolünün yapıldığı, modelin hatalarının otokorelasyonsuz olup olmadığının incelenmediği görülmektedir. Bu durumda belki de durağan olmayan değişkenler modele dahil edilmekte ve gerçek olmayan sonuçlar elde edilmektedir. Bu nedenle Yol analizi yaklaşımında, durağanlık testinde kullanılan modelin geçerliliği Korelogram testi ile kontrol edildikten sonra testin sonucu geçerli kabul edilmiştir.

Durağanlık dışında dikkat edilmesi gereken sorunlardan bir diğeri de Regresyon modelinin, bağımlı değişken üzerindeki önemli bir ya da birden çok bağımsız değişkenin ihmal edilerek tanımlanmış olmasıdır. Bu ihmal hata terimlerinde değişen varyans ve otokorelasyon sorunlarının ortaya çıkma sebepleri arasında yer almaktadır.

Uygulamalı çalışmalarda, veri kümesi ne kadar çok değişkenden oluşursa oluşsun, her zaman büyük miktarda önemli bilgiyi barındıran bir değişken kümesi, imkansızlıklardan dolayı, veri kümesi dışında kalmaktadır.

Görülmektedir ki daha model oluşum aşamasında sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sebeple, Yol analizi yaklaşımının her aşamasında elde edilen modelin geçerli olup olmadığı, varsayımları sağlayıp sağlamadığı incelenmek zorundadır.

Bu nedenle bu tez kapsamında, Regresyon varsayımlarına ve durağanlık konusuna geniş yer verilmiştir.

3. PARA KRİZİ MODELLENMESİNDE KULLANILAN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

Bu bölümde, nedensellik kavramı açıklanmış, İkili tercih modeli ve Yol analizi yaklaşımlarının da sağlaması gereken varsayımlar ve etkileri belirtilmiş ve Yol analizi hakkında bilgiler aktarılmıştır.

3.1. Nedensellik

Nedensellik ve onunla ilişkili bazı kavramların Türk Dil Kurumu Sözlüğündeki karşılıkları aşağıdaki şekildedir:

“Nedensellik: Neden ile etki arasındaki bağlantı.

Nedensellik yasası: Her olayın bir nedeni olduğunu dile getiren yasa.

Nedensellik ilkesi: Neden ile etki arasındaki bağlantının zorunluluğunu dile getiren ilke.

Nedensellik Formülü: Her etkinin zorunlu olarak bir nedeni vardır. Nedensellik ilkesi ve nedensellik yasası türlü biçimlerde temellendirilmiş ve açıklanmıştır. Olayların nedensel bağlantısında söz eden kişi Demokritos'tur. Aristoteles "ortaya çıkan her şeyin, bir şey yoluyla bir şeyden, belli bir şey olarak ortaya çıktığını" söyler. Doğa bilimlerinin gelişmesiyle nedensellik açıklık kazanmıştır.” (Akarsu, 1975). Nasuhoğlu ve ark. (1983), nedenselliği Olaylarla¹ bu olayları oluşturan nedenler arasındaki bağıntı olarak tanımlamıştır.

Nedensellik, kolaylıkla korelasyon (birlikte değişim) ile karıştırılabilmektedir. Her iki kavram da değişkenler arasındaki ilişki ile ilgilidir. İki değişken arasında nedensellik var ise anlamlı bir birlikte değişim vardır. Ancak iki değişken arasında anlamlı bir birlikte değişim olması nedenselliğin de olacağı anlamına gelmemektedir. Birlikte değişim, sadece iki olay arasındaki ilişkinin miktarını gösterirken, nedensellik bu ilişkinin yönünü (neden sonuç ilişkisini) gösterir. Fizikteki güç ve kuvvet arasındaki bağıntı, bu konuya benzerlik göstermesi açısından örnek olarak verilebilir.

¹ Bu tez kapsamında, olay kavramı yerine değişken kavramının kullanılması tercih edilmiştir. Değişken ile nedenleri arasındaki bağıntı, neden sonuç ilişkisi ya da nedensel ilişki olarak da ifade edilmektedir.

Granger (1969), ilgili önceki çalışmalar doğrultusunda nedenselliği sadece bir kavram olarak değil elde edilebilen ve geçerliliği test edilebilen bir şekle dönüştüren işlevsel (operasyonel ya da işlemsel) nedensellik biçiminde tanımlamıştır. Granger'ın nedensellik tanımı hala geçerliliğini korumakta ve nedensellik ile ilgili çalışmalara temel oluşturmaktadır.

Granger'ın nedensellik tanımı iki temel varsayıma dayanmaktadır (Granger ve Newbold, 1986; Granger, 1988):

- i. Neden, sonuçtan önce gerçekleşir ve gelecek, geçmişin nedeni olamaz. Nedensellik ancak ve ancak, şimdiki zamanın veya geleceğin nedeninin geçmiş olmasıyla ortaya çıkar.
- ii. Neden, sonuca ilişkin başka hiçbir kaynaktan elde edilemeyecek benzersiz bilgiyi barındırır.

Sonuç sadece tek bir nedene bağlı olabileceği gibi birden çok nedene de bağlı olabilir. Eğer neden tek ise gerekli ve yeterli, birden fazla sayıda ise nedenler tek başlarına gerekli, toplu olarak gerekli ve yeterlidir.

Konu hakkında literatürde birçok çalışma bulunmakla beraber Türkçe literatürdeki en kapsamlı çalışmalardan bir tanesi Işığışık (1994) tarafından yapılmıştır. Bu tezde, nedenin, gerekli ve yeterli olduğu durumun olasılıksal olarak gösteriminde Işığışık (1994) tarafında kullanılan gösterimden yararlanılmıştır.

X değişkeni, Y değişkeninin gerekli ve yeterli koşulu olduğu varsayalım. t indisi ile ilgili değişkenin t zamanındaki değeri gösterilmektedir. 't, t zamanından önceki dönemi, t' ise t zamanından sonraki dönemi göstermektedir.

$$\begin{aligned} P(X_t) &\geq 0 \\ P(Y_t) &\geq 0 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Eş. 3.1'deki koşulların sağlandığı durumda,

$$P(Y_t/X_{t'}) \neq P(Y_t) \tag{3.2}$$

Eş. 3.2 sağlanırsa nedensellik vardır denilmektedir. Eş. 3.2'nin dört alt durumu vardır.

$$\begin{aligned} P(Y_t/X_{t'}) > P(Y_t) & \text{ ise } X, Y\text{'yi olumlu etkileyerek nedeni olmaktadır.} \\ P(Y_t/X_{t'}) < P(Y_t) & \text{ ise } X, Y\text{'yi olumsuz etkileyerek nedeni olmaktadır.} \\ P(Y_t/X_{t'}) = 1 & \text{ ise } X, Y\text{'nin kesin nedenidir.} \\ P(Y_t/X_{t'}) = 0 & \text{ ise } X, Y\text{'nin kesin nedenidir.} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Nedensellik; yapısı itibariyle, kesin (deterministik) ve olasılıksal (stokastik) nedensellik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tez kapsamında incelenen nedenselliklerin hepsinin Eş. 3.3'ün ilk iki maddesindeki gibi olasılıksal olması nedeniyle, bu noktadan ileride, olasılıksal nedensellik yerine sadece nedensellik terimi kullanılmıştır.

Nedenselliğin gösteriminde \rightarrow sembolü tercih edilmiştir. Örnek olarak Eş. 3.2'nin sağlandığı durum için nedensellik $X \rightarrow Y$ şeklinde gösterilir.

Eş. 3.2 deki eşitsizliğin eşitlik olması durumu aşağıda incelenmiştir.

$$P(Y_t/X_{t'}) = \left(\frac{P(Y_t) \cap P(X_{t'})}{P(X_{t'})} \right) \quad (3.4)$$

Eğer X ve Y birbirlerinden bağımsız iseler Eş. 3.4, Eş. 3.5 şeklinde yazılabilir.

$$P(Y_t/X_{t'}) = \left(\frac{P(Y_t) P(X_{t'})}{P(X_{t'})} \right) \quad (3.5)$$

Eş. 3.5'in sağ tarafındaki $P(X_{t'})$ terimleri sadeleştirilerek, Eş. 3.2 deki eşitsizlik durumunun eşitlik durumuna ulaşılır.

$$P(Y_t/X_{t'}) = P(Y_t) \quad (3.6)$$

Eş. 3.6, ancak ve ancak X ve Y birbirlerinden bağımsız olursa sağlanabilmektedir. Bu durumda X ve Y arasında nedensellik olmadığı açıkça görülmektedir.

Uygulamalarda genellikle nedenin gerekli olduğu durum ile karşılaşılr. Nedenin gerekli olduğu durumun olasılıksal olarak gösteriminde, Granger (1980), Granger ve Newbold (1986) tarafından kullanılan gösterimden yararlanılmıştır.

Ω , evrendeki tüm bilgiyi barındıran bilgi kümesi olsun. X ve $Y \in \Omega$ olsun.

Eş. 3.1'teki koşulların sağlandığı durumda,

$$P(Y_t/\Omega_{t'}) \neq P(Y_t/\Omega_{t'} - X_{t'}) \quad (3.7)$$

Eş. 3.7 sağlanırsa nedensellik ($X \rightarrow Y$) vardır denilmektedir. Nedenin gerekli olduğu durumda Eş. 3.3'teki nedenin gerekli ve yeterli olduğu durumdakine benzer sonuçlar oluşur:

$$P(X_t/\Omega_{t'}) \neq P(X_t/\Omega_{t'} - Y_{t'}) \quad (3.8)$$

Eş. 3.7 ile Eş. 3.8'in beraber de sağlandığı durumda, geribildirim (iki yönlü nedensellik) söz konusu olur ve $X \leftrightarrow Y$ şeklinde gösterilir.

$$P(Y_t/\Omega_{t'}) \neq P(Y_t/\Omega_{t'} - X_{t'} + X_t) \quad (3.9)$$

Eş. 3.9'un sağlanması durumunda ise anlık nedensellikten bahsedilebilir. Granger ve Newbold (1986), değişkenlerin gözlem zaman aralıklarının farklılığından (bir değişkenin günlük diğer değişkenin ise aylık verilerden elde edildiği durumda) kaynaklandığını belirtmiştir. Örnek olarak günlük verilerden oluşan bir değişken, günlük veriler birleştirilerek aylık verilerden elde edilmiş bir değişken gibi analize sokulsun. Eğer neden değişkenine ilişkin açıklayıcı bilgi, bu örnek için son bir ay içinde kalıyorsa, birleştirme sonucunda, neden sonuç ile aynı zaman diliminde oluşuyormuş gibi gözükmeye başlar. Eş. 3.9'da gösterilen anlık nedensellik, Granger'in işlevsel nedensellik tanımındaki nedenin sonuçtan önce gelmesi koşuluna ters düşer gibi gözükmesine karşılık gerçekte böyle bir anlık nedensellik olmadığı için sorun teşkil etmemektedir. Bu durum sadece değişkenlerin zaman türleri arasındaki farklılığın giderilmesi için verilerin birleştirilmesi sırasında ortaya çıkabilmektedir. Işığışok (1994), verilerin bu tarz birleştirilmesi sonucunda gerçekte

olan nedenselliğin hesaplamalar sonucunda iki yönlü nedensellik olarak da elde edilebileceğini aktarmıştır.¹

Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı, araştırmacılar analiz yaparken bu tür birleştirmelerden kaçınmak zorundadırlar. Eğer verilerin birleştirilmesi kaçınılmaz bir gereklilik ise sonuçlar yorumlanırken bu sorun göz önünde tutulmalıdır. En iyi sonucun elde edilebilmesi için araştırmalarda değişkenlerin gözlem zaman aralıklarının olabildiğince küçük olmasına özen gösterilmelidir.

Nedenselliğin araştırılmasında, sıklıkla C.W.J. Granger tarafından üretilen Granger nedensellik testi, C.A. Sims tarafından üretilen Sims nedensellik testi ve L.D. Haugh tarafından üretilen Haugh nedensellik testi kullanılmaktadır. Hepsinin temelinde Granger'ın geliştirdiği nedensellik tanımı vardır. Genellikle bu testler, iki değişken arasındaki nedenselliğin varlığının test edilmesinde kullanılır. Literatürde, en çok Granger nedensellik testi tercih edilmektedir.

3.1.1. Granger nedensellik testi

Granger nedensellik testinde sonuç değişkeninin, sadece kendi geçmiş değerlerinden oluşan modele, neden değişkeninin geçmiş değerlerinin yaptığı katkının anlamlılığı incelenir. Eğer nedensellik var ise bu katkının anlamlı düzeyde olması beklenir.

Y'nin sonuç, X'in neden değişkeni olduğu varsayalım. Eş. 3.10, Y'nin kestiriminde sadece kendi geçmiş değerlerinin kullanıldığı modelin hata varyansını, Eş. 3.11 ise, Y'nin kestiriminde kendi geçmiş değerleri ile X'in geçmiş değerlerinin birlikte kullanıldığı modelin hata varyansını gösterebilir.

$$\sigma^2 (Y_t/Y'_{t-1}) \quad (3.10)$$

$$\sigma^2 (Y_t/X'_{t-1}, Y'_{t-1}) \quad (3.11)$$

¹ Işığışık (1994)'un, yararlandığı kaynaklardan başlıca iki tanesi aşağıda sunulmuştur.

Newbold, P., 1978, Feedback Induced by Measurement Errors, *International Economic Reviews*, 19(3), pp. 787-791.

Tiao, G.C. and Wei, W.S., 1976, Effect of Temporal Aggregation on the Dynamic Relationship of Two Time Series Variables, *Biometrika*, 63(3), pp. 513-523.

X, (Granger'ın nedensellik tanımının ikinci maddesi uyarınca), Y'ye ilişkin başka hiçbir kaynaktan elde edilemeyecek benzersiz bilgiyi barındırmaktadır. Bunun sonucunda Y'nin kestirimine ilişkin sadece kendi geçmiş değerlerinden oluşan modele, X'in geçmiş değerleri eklendiğinde modelin hata varyansı küçülür. Bu bilgiden yararlanarak Eş. 3.12 elde edilir.

$$\sigma^2(Y_t/X_{t-1}, Y_{t-1}) < \sigma^2(Y_t/Y_{t-1}) \quad (3.12)$$

Eş. 3.12 aynı zamanda hata kareler ortalaması ile de gösterilebilir.

$$\text{HKO}(Y_t/X_{t-1}, Y_{t-1}) < \text{HKO}(Y_t/Y_{t-1}) \quad (3.13)$$

Ayrıca, yukarıdaki ifadeler ρ^2 yardımıyla da ifade edilebilmektedir (Pierce, 1979).
t, $-\infty < t < \infty$ olsun.

$$\rho^2 = (\sigma^2(Y) - \sigma^2(Y/X)) / \sigma^2(Y) \quad (3.14)$$

Eş. 3.14'te sunulan ρ^2 ifadesine zaman faktörü eklenerek Eş. 3.15'e ulaşılır.

$$\rho^2 = (\sigma^2(Y_t/Y_{t-1}) - \sigma^2(Y_t/X_t, Y_{t-1})) / \sigma^2(Y_t/Y_{t-1}) \quad (3.15)$$

Pierce (1979), nedenselliği göstermek için Eş. 3.16'da sunulan $\rho_*^2(l)$ ifadesinden yararlanmıştır.

$$\rho_*^2(l) = (\sigma^2(Y_t/Y_{t-1}) - \sigma^2(Y_t/X_s, Y_{t-1})) / \sigma^2(Y_t/Y_{t-1}), \quad X_s: \{X_t, \dots, X_{t-l}\} \quad (3.16)$$

$\rho_*^2(l)$ 'nin, tahmin edicisi $r_*^2(l)$ ile gösterilsin.

Pierce (1979), Pierce ve Haugh (1977)'un nedensellik tanımından yararlanarak,

(a) ancak ve ancak $r_*^2(1) \neq 0 \Rightarrow X, Y$ 'nin nedeni,

(b) ancak ve ancak $r_*^2(0) \neq 0$ ve $r_*^2(1) \neq 0 \Rightarrow X, Y$ 'nin anlık nedensellik içeren nedeni,

(c) ancak ve ancak $r_*^2(-\infty) \neq r_*^2(0) \Rightarrow Y, X$ 'in nedeni olduğunu belirtmiştir.

Varyanstaki küçülme miktarı esas alınarak katkının ölçülmesinde Eş. 3.17'de sunulan Granger (1969)'in basit nedensel modeli ile Eş. 3.18'te sunulan model kullanılır. Ortak gecikme değeri (m), örneklem büyüklüğü (n)'den küçük ama nedenselliğin araştırılması için de yeterince büyük olmalıdır.

$$Y_t = \sum_{j=1}^m a_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j X_{t-j} + \varepsilon_{(XY)t} \quad (3.17)$$

$$Y_t = \sum_{j=1}^m c_j Y_{t-j} + \varepsilon_{(Y)t} \quad (3.18)$$

Granger nedensellik testinde,

(X → Y hipotezi)

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

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

hipotezi sınanır. Eğer yokluk hipotezi kabul edilirse X'in, Y'nin Granger nedeni olmadığı alternatif hipotez kabul edilirse de X'in, Y'nin Granger nedeni olduğu testin güven düzeyinde söylenebilir. Hesaplama hipotezdeki her bir parametrenin anlamlılığının t testi ile test edilmesi yerine topluca F testi ile test edilmesi benimsenmektedir. Bu testte Eş. 3.17 ve Eş. 3.18'te sunulan modellerin hata terimlerinin tahmin edicileri arasındaki yapıdan yararlanan ve Eş. 3.19'da sunulan Wald F istatistiği¹ kullanılmaktadır. $e_{(XY)t}$, $\varepsilon_{(XY)t}$ 'nin ve $e_{(Y)t}$ de $\varepsilon_{(XY)t}$ 'nin tahmin edicisi olsun.

$$F_{(m,n-2m)} = \frac{\left(\sum_{t=1}^n e_{(Y)t}^2 - \sum_{t=1}^n e_{(XY)t}^2 \right) / m}{\left(\sum_{t=1}^n e_{(XY)t}^2 \right) / (n - 2m)} \quad (3.19)$$

X, Y'nin nedeni olduğu durumla ilgili modeller ve hipotez aşağıda sunulmuştur.

¹ Wald F test istatistiğinin çıkarsaması için bkz.

Vogelvang, B., 2005, *Econometrics: Theory and Applications with E-Views*, Prentice Hall, Harlow, 379p.

$$X_t = \sum_{j=1}^m f_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m g_j Y_{t-j} + \varepsilon_{(YX)t} \quad (3.20)$$

$$X_t = \sum_{j=1}^m h_j X_{t-j} + \varepsilon_{(X)t} \quad (3.21)$$

(Y → X hipotezi)

$$H_0 : g_1 = g_2 = \dots = g_m = 0$$

$$H_A : g_1 \neq g_2 \neq \dots \neq g_m \neq 0$$

Eğer hem $X \rightarrow Y$ 'deki hem de $Y \rightarrow X$ 'deki yokluk hipotezleri birlikte reddedilirse iki değişken arasında geribildirim olduğu her iki testin ortak güven düzeyinde söylenebilir.

Ortak gecikme değeri ise genellikle araştırmacılar tarafından belirlenmektedir. Ortak gecikme değeri (m) ile ilgili bir ön bilgi bulunmamakla beraber, örneklem büyüklüğün (n)'den küçük olduğu sürece keyfi olarak seçilebilir. Literatürde aylık veriler kullanılan çalışmalarda ortak gecikme değerleri 12 ya da 24, mevsimsel veriler kullanılan çalışmalarda ise 4 ve 8 ya da 12 olmak üzere çoğunlukla aynı büyüklükte ele alınmaktadır (Kadılar, 2000).

Granger nedensellik testi kullanılırken dikkat edilmesi gereken nokta, testin yapısında regresyon analizi yer aldığından, regresyon analizine ait varsayımların sağlandığından emin olunmasıdır. Varsayımların sağlanmadığı durumda, test sonucu yanıltıcı olabilmekte ve gerçekte olmayan bir nedensellik kabul edilebilmektedir.

Regresyon analizinin başlıca varsayımları, bağımlı değişkenin sürekli olması, analizde kullanılan değişkenlerin durağan olması, hata teriminin akgürültü (sıfır ortalama ve sabit varyansla normal dağılıma sahip ($e_t \sim N(0, \sigma^2)$) ve ayrıca birbirleriyle ilişkisiz (otokorelasyonsuz - $Kov(e_t, e_{t+s}) = 0, s \neq 0$) olmasıdır (Enders, 2004; Kutlar, 1998).

Regresyon analizine ilişkin varsayım bozukluğundan kaynaklanan ve nedensellik araştırmalarında en çok rastlanan sorun sahte regresyondur. Sahte regresyon

kavramı ile ilgili ilk çalışma 1926 yılında G.U. Yule tarafından yapılmıştır (Gujarati, 2004). Yule (1926), fiziki hiçbir ilişkisi olmayan zaman serileri arasında bulunan anlamlı ilişkinin nedenlerini araştırmış ve bu sorunu anlamsız ilişki olarak adlandırmıştır. Granger ve Newbold (1974), anlamsız ilişkinin yapısını ve ortaya çıkış nedenlerini, yaptıkları benzetim çalışmasında incelemişlerdir. Çalışmada, anlamsız ilişki, sahte ilişki ve elde edilen anlamsız regresyon eşitliği de sahte regresyon olarak adlandırılmıştır. Bu adlandırma literatürde kabul görmüştür. Çalışma sonucunda, regresyon analizinde kullanılan değişkenlerin ekonomi ile ilgisi varsa, büyük ihtimalle hatalarda güçlü bir otokorelasyon sorunu olduğu veya değişkenlerin durağan olmadığı ve ayrıca sahte regresyon sorununda anlamlı yüksek ilişki ile düşük Durbin–Watson d istatistiğine birlikte rastlanıldığı belirtilmiştir.

Benzetim çalışması sonucunda değişkenlere fark alma işlemi uygulandığında ($\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$) daha tatminkar sonuçlara ulaşıldığını göstermiştir. Fark alma işleminin etkileri Çizelge 3.1’de aktarılmıştır.

Bu nedenlerden dolayı Granger, özellikle nedensellik testinin ön koşulu olarak değişkenlerin durağan olmaları gerekliliğini belirtmiştir.

Çizelge 3.1: Granger ve Newbold (1974)’un benzetim çalışması sonucu.

		İlişkinin Yokluğuna Dair Hipotezin Reddedilme Yüzdesi	Durbin-Watson d İstatistiğinin Ortalaması	\bar{R}^2 Ortalaması	$\bar{R}^2 > 0,7$ Olma Yüzdesi
<i>Rasgele Yürüyüş</i>					
Düzey	k=1	76	0,32	0,26	5
	k=2	78	0,46	0,34	8
	k=3	93	0,55	0,46	25
	k=4	95	0,74	0,55	34
	k=5	96	0,88	0,59	37
Fark	k=1	8	2,00	0,004	0
	k=2	4	1,99	0,001	0
	k=3	2	1,91	-0,007	0
	k=4	10	2,01	0,006	0
	k=5	6	1,99	0,012	0

(k regresyon eşitliğinde yer alan bağımsız değişken sayısını, \bar{R}^2 ise düzeltilmiş R^2 değerini göstermektedir.)

Çizelge 3.1. devam ediyor.

		İlişkinin Yokluğuna Dair Hipotezin Reddedilme Yüzdesi	Durbin-Watson d İstatistiğinin Ortalaması	\bar{R}^2 Ortalaması	$\bar{R}^2 > 0,7$ Olma Yüzdesi
<i>ARIMA (0, 1, 1)</i>					
Düzyey	k=1	64	0,73	0,20	3
	k=2	81	0,96	0,30	7
	k=3	82	1,09	0,37	11
	k=4	90	1,14	0,44	9
	k=5	90	1,26	0,45	19
Fark	k=1	8	2,58	0,003	0
	k=2	12	2,57	0,010	0
	k=3	8	2,53	0,005	0
	k=4	9	2,53	0,025	0
	k=5	13	2,54	0,027	0

(k regresyon eşitliğinde yer alan bağımsız değişken sayısını, \bar{R}^2 ise düzeltilmiş R^2 değerini göstermektedir.)

3.1.2. Sims nedensellik testi

Sims (1972), para ile gelir arasındaki ilişkide, paranın gelir üzerinde anlamlı bir neden olup olmadığına dair sınavında, Granger nedensellik tanımını temel alarak iki değişken arasındaki nedenselliği inceleyen alternatif bir nedensellik testi geliştirmiştir. C.A. Sims, regresyon katsayılarının, grup olarak anlamlılıklarının incelenmesinde kullanılan F testinin uygulanmasında, testin varsayımlarından olan hataların otokorelasyonsuz olmasının sağlanması gerektiğini belirtmiştir. Hatalardaki otokorelasyon sorunu ile karşılaşılması için Granger ve Newbold (1974)'un kullandığı (1-B) süzgecinin aksine, değişkenlerin doğal logaritmasının alınıp, $(1-0,75B)^2$ süzgecinden geçirilmesini önermiştir. Önerilen dönüşüm Eş. 3.22'da sunulmuştur. Y^* , Y 'nin dönüşüm uygulanmadan önceki ham halini gösterebilir.

$$Y_t = \ln(Y_t^*) - 1,5 \ln(Y_{t-1}^*) + 0,5625 \ln(Y_{t-2}^*) \quad (3.22)$$

Sims (1972), ekonomik değişkenlerin kullanıldığı birçok regresyon modellerinin hatalarında otokorelasyon sorunun olduğunu ve bu dönüşüm işlemi ile hatalardaki otokorelasyon sorununun çözülebileceğini belirtmiştir.

Granger'ın nedensellik modelinden farkı, sonuç değişkenine ait değerlerin modelden çıkartılması ve nedene ilişkin geçmiş değerlerinin yanında anlamlı ve

gelecek değerlerinin de modele dahil edilmesidir. Sims nedensellik testinde Eş. 3.23'te sunulan model kullanılır. Ortak gecikme değerleri (m ve r) toplamı, örneklem büyüklüğünden (n) küçük ama nedenselliğin araştırılması için de yeterince büyük olmalıdır.

$$Y_t = \sum_{j=-r}^m a_j X_{t-j} + \varepsilon_{(XY)t} \quad (3.23)$$

Sims nedensellik testinde, $X \rightarrow Y$ ve $X \leftrightarrow Y$ hipotezleri sınanır.

($X \rightarrow Y$ hipotezi)

($X \leftrightarrow Y$ hipotezi)

$$H_0 : a_1 = a_2 = \dots = a_m = 0 \quad H_0 : a_{-r} = \dots = a_{-2} = a_{-1} = a_1 = a_2 = \dots = a_m = 0$$

$$H_A : a_1 \neq a_2 \neq \dots \neq a_m \neq 0 \quad H_A : a_{-r} \neq \dots \neq a_{-2} \neq a_{-1} \neq a_1 \neq a_2 \neq \dots \neq a_m \neq 0$$

Eğer $X \rightarrow Y$ hipotezindeki yokluk hipotezi kabul edilirse X'in, Y'nin nedeni olmadığı, alternatif hipotez kabul edilirse de X'in, Y'nin nedeni olduğu testin güven düzeyinde söylenebilir. Ayrıca $X \leftrightarrow Y$ hipotezindeki yokluk hipotezi kabul edilirse X'in, Y'nin nedeni olmadığı, reddedilirse X ile Y arasında geri bildirim olduğu testin güven düzeyinde söylenebilir.

3.1.3. Haugh nedensellik testi

L.D. Haugh, 1972 yılında Granger nedensellik tanımını temel alarak iki değişken arasındaki nedenselliği inceleyen alternatif bir nedensellik testi önermiştir. L.D. Haugh tarafından önerilen test, 1975 ve 1977 yıllarında D.A. Pierce, 1977 yılında L.D. Haugh ve G.E.P. Box ve aynı yıl D.A. Pierce ve L.D. Haugh tarafından yapılan çalışmalar ile geliştirilerek bugünkü halini almıştır (Işığışık, 1994).

Haugh nedensellik testinde iki değişkenin hatalarının çapraz korelasyonu incelenerek nedensellik araştırılır. Testte hataların çapraz korelasyonunun kullanılmasının sebebi matematiksel olarak değişkenlerin çapraz korelasyonunun elde edilmesinden daha kolay olmasıdır (Haugh, 1976). Değişkenlere ilişkin

hataların elde edilmesinde aşağıdaki eşitlikte sunulan ARIMA(p,d,q) modelinden yararlanılmaktadır (Haugh ve Box, 1977).

$$\phi_{y;p}(B)(1-B)^{d_y}y_t = \theta_{y;q}(B)\varepsilon_{yt} \quad (3.24)$$

d_y , Y'nin durağanlığının sağlanması için kaçınıcı dereceden fark alınması gerektiğini göstermektedir. ε_{yt} , akgürültü olmak üzere,

$$\phi_{y;p}(B) = 1 - \phi_{y1}B - \dots - \phi_{yp}B^p \quad (3.25)$$

$$\theta_{y;q}(B) = 1 - \theta_{y1}B - \dots - \theta_{yq}B^q \quad (3.26)$$

$B, (y_t - y_{t-1})$ 'i göstermektedir. Eş. 3.24-25, Eş. 3.27'de tanımlanan $T_{y;p,d,q}(B)$ transfer fonksiyonu yardımıyla Eş. 3.28'deki gibi tekrar yazılabilir.

$$T_{y;p,d,q}(B) = \frac{\theta_{y;p}(B)}{(1-B)^{d_y}\phi_{y;q}(B)} \quad (3.27)$$

$$y_t = T_{y;p,d,q}(B)\varepsilon_{yt} \quad (3.28)$$

Aynı şekilde X değişkeni için de ε_{xt} hata terimine ulaşılır. Elde edilen ε_{yt} ve ε_{xt} terimleri kullanılarak, l . gecikmedeki çapraz korelasyon Eş. 3.29'daki şekilde yazılır.

$$\rho_{\varepsilon_x\varepsilon_y}(l) = \frac{\sum_{t=l+1}^N \varepsilon_{x(t-l)}\varepsilon_{yt}}{\sqrt{\sum_{t=1}^N \varepsilon_{xty} \sum_{t=1}^N \varepsilon_{yt}}}, \quad -\infty < l < \infty \quad (3.29)$$

Eş. 3.29'da sunulan kitleye ilişkin çapraz korelasyonun tahmin edicisi $r_{\varepsilon_x\varepsilon_y}(l)$, Eş. 3.30'da sunulmuştur.

$$r_{\varepsilon_x\varepsilon_y}(l) = \frac{\sum_{t=l+1}^n \varepsilon_{x(t-l)}\varepsilon_{yt}}{\sqrt{\sum_{t=1}^n \varepsilon_{xty} \sum_{t=1}^n \varepsilon_{yt}}}, \quad -\infty < l < \infty \quad (3.30)$$

$r_{e_x e_y}(l)$ için hata terimlerinin asimptotik olarak ilişkisiz ve N^{-1} varyans ile normal dağıldığı varsayılmaktadır (Haugh ve Box, 1977). Haugh (1976), yaptığı benzetim sonucunda $N=50$ gibi küçük örneklerde bile varyansı N^{-1} bulmuştur. Ancak l gecikme sayısı N 'e göre göreceli olarak büyüdüğünde varyansın N^{-1} yerine $(1 - |l/N|)N^{-1}$ şeklinde değiştiğini bildirilmiştir.

Haugh (1976), hata terimleri arasındaki bağımsızlığın testi için Eş. 3.31'de sunulan S_m istatistiğini önermiştir. S_m istatistiği, $2m + 1$ serbestlik derecesi ile Ki kare dağılımına uymaktadır:

$$S_m = n \sum_{l=-m}^m r_{e_x e_y}^2(l) \quad (3.31)$$

Eğer $m > (n/10)$ ise Eş. 3.31'deki S_m istatistiği yerine Eş. 3.32'de sunulan S_m^* istatistiği kullanılmalıdır.

$$S_m^* = n^2 \sum_{l=-m}^m (n - |l|)^{-1} r_{e_x e_y}^2(l) \quad (3.32)$$

S_m istatistiği ile hata terimleri arasındaki bağımsızlık koşulunun sağlandığı, testin güven düzeyinde bulunduktan sonra değişkenler arasındaki nedensellik, hataların çapraz korelasyonuna bakılarak incelenir. Değişkenler arasındaki nedenselliğe ilişkin durumlar Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2: Haugh nedensellik yapısı (Pierce ve Haugh, 1977).

Durum	Çapraz Korelasyon	Nedensel İlişki'nin Yapısı
$\exists l > 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	X, Y'ye neden olur ve anlık nedensellik vardır.
$l = 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	
$\forall l < 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	
$\exists l > 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	X, Y'ye neden olur ve anlık nedensellik yoktur.
$\forall l \leq 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	
$\forall l \geq 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	X, Y'ye kesinlikle neden olmaz.
$\exists l < 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	Y, X'e neden olur ve anlık nedensellik vardır.
$l = 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	
$\forall l > 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	
$\exists l < 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	Y, X'e neden olur ve anlık nedensellik yoktur.
$\forall l \geq 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	
$\forall l \leq 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	Y, X'ye kesinlikle neden olmaz.
$\exists l > 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	X ile Y arasında geribildirim ve anlık nedensellik vardır.
$l = 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	
$\exists l < 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	
$\exists l > 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	X ile Y arasında sadece geribildirim vardır.
$l = 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	
$\exists l < 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	
$\forall l > 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	X ile Y arasında sadece anlık nedensellik vardır.
$l = 0$	$r_{e_x e_y}(l) \neq 0$	
$\forall l < 0$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	
$\forall l$	$r_{e_x e_y}(l) = 0$	X ile Y arasında bağımsızlık vardır.

($|l| \leq m$)

3.2. Durağanlık

Zamana bağlı değişkenler ile yapılan analizlerde ve modellemelerde en çok karşılaşılan varsayım bozukluğu, değişkenin durağanlık varsayımını sağlamamasıdır. Granger ve Newbold (1974), özellikle ekonomi ile alakalı değişkenlerde sıklıkla durağanlık varsayımının bozulmasına rastlandığını ve bu değişkenler ile modelleme yapılırken öncelikle durağanlık kontrolünün yapılmasını ön koşul olarak belirtmişlerdir.

Bu kısımda durağanlık varsayımının testi ve duranlığın nasıl sağlanacağı anlatılacaktır. Ancak bunların öncesinde bu konulara temel teşkil etmesi açısından zaman serilerinde temel kavramlar, regresyon varsayımları, ARIMA modelleri, korelasyon fonksiyonları (otokorelasyon fonksiyonu, kısmi otokorelasyon fonksiyonu, çapraz korelasyon) konularına kısaca değinilecektir.

3.2.1. Zaman serilerinde temel kavramlar

Değişkenlerin aldığı değerlerin gün, hafta, ay, yıl gibi zaman birimlerine göre dağılımını gösteren serilere zaman serisi denir (Güriş ve Çağlayan, 2000).

Zaman serisi özelliği taşıyan X değişkenin t anındaki değeri X_t ile gösterilir. t, 1'den toplam gözlem sayısı N'e kadar gider. Bazı çalışmalarda toplam gözlem sayısı T ile gösterilmektedir. X rassal bir değişkendir ve zamana göre sıralanmış veriler ile olasılıksal süreç özelliği gösterir. Zaman serileri analizinde ilgilenilen değişkenin olasılıksal süreç özelliği gösteren rassal bir değişken olması temel koşuldur. Ekonomik verilerden (günlük, haftalık vb.) elde edilen değişkenler, kesikli zaman serileridir.

Zaman serilerinin gösteriminde bazı işleçler (operatörler) kullanılmaktadır. Başlıca işleçler aşağıda sunulmuştur (Işığışık, 1994).

Geriye doğru kaydırma işleci B, gecikme işleci L ile gösterilmektedir. Her iki işleç de aynı anlama gelmektedir.

$$X_{t-i} = B^i X_t = L^i X_t \quad (3.33)$$

Fark alma işleci Δ ya da ∇ ile gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
\Delta X_t &= \nabla X_t = (1 - B)X_t = (1 - L)X_t = X_t - X_{t-1} \\
\Delta^2 X_t &= \nabla^2 X_t = (1 - B)^2 X_t = (1 - 2B + B^2)X_t = (1 - 2L + L^2)X_t \\
&= X_t - 2X_{t-1} + X_{t-2} \\
&\vdots \\
\Delta^d X_t &= \nabla^d X_t = (1 - B)^d X_t = (1 - L)^d X_t
\end{aligned} \tag{3.34}$$

Tez kapsamında, yukarıda gösterilen işlemlerin gösteriminde B ve Δ kullanılmıştır.

Zaman serileri analizinde amaç, elde edilen veriden makul basitlikte modelleme ile ilgilenilen konulardaki hipotezleri test etmek, yorumlamak ve öngöründe bulunmaktır. Zaman serisi özelliği taşıyan bir değişkenin diğer değişkenlerden başlıca farkı barındırdığı eğilim, mevsimsellik, dönemsellik ve düzensiz hareketlerdir. Bu bileşenlerin genel kabul görmüş gösterim şekli aşağıda sunulmuştur.

Eğilim : $T_t = 1 + 0,1t$

Mevsimsellik : $S_t = 1,6 \sin(t\pi/6)$

Dönemsellik : C_t

Düzensiz Hareketler : $I_t = 0,7I_{t-1} + \varepsilon_t$

Eğilim, yukarıdaki gibi kesinlik gösterebileceği gibi olasılıksal bir yapı da gösterebilir. Değişkenin zamana bağlı olarak ortalama değişimini gösterir. Kabaca değişkenin uzun dönemdeki gidişatı hakkında yararlı bilgi verebilmektedir.

Mevsimsellik, genellikle değişkenin yıl içindeki belli dönemselliklerden (örneğin mevsimler vb.) etkilenmesine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Genellikle, değişken günlük, haftalık, aylık ya da üç aylık verilerden elde edildiğinde ortaya çıkmaktadır. Mevsimsellik barındıran değişkenlerde, yıllık veri kullanımında veri birleştirmesi sırasında mevsimsellik kaybolmaktadır.

Dönemsellik, eğilim çevresinde periyodu ve etki süresi belirsiz bir şekilde uzun dönemli dalgalanmalar olarak ortaya çıkmaktadır. Mevsimsellikte bazı benzerliklere sahip gözükmesine karşın periyodu ve etki süresi belirsizdir.

Düzensiz hareketler, diğer üç bileşenin tahmin edilebilirliğine karşın, iyi tanımlanmış bir gecikme kalıbı ile bir dereceye kadar ancak tahmin edilebilir. Bazı ekonomik, toplumsal vb. olaylar tarafından şekillenir. Uygulamada genellikle tahmin edilebilmesi pek mümkün olmamaktadır. Ayrıca, düzensiz hareketler, öngöründe bulunulan zaman diliminde sıfır olma eğilimi gösterir (Işığışık, 1994; Enders, 2004).

3.2.2. Regresyon varsayımları

Regresyon terimi ilk olarak Francis Galton tarafından 1886 yılındaki çalışmasında¹ kullanılmıştır. Çalışmada, ebeveyn boy uzunluğunun, çocuklarının boy uzunluğuna etkisi araştırılmıştır. Günümüzde kullanılan tanımıyla regresyon analizi, açıklayıcı bağımsız değişken ya da değişkenler kullanılarak, ilgilenilen bağımlı bir değişkene ilişkin model oluşturulabilmesini ve tahminlerde bulunulabilmesini sağlayan bir yöntemdir. Çizelge 3.3'te kullanılan değişkenlere ilişkin terminoloji sunulmuştur. Uygulamada regresyon analizi, korelasyon analizi ve nedensellik arasındaki farklılığın bilinmesi önem arz etmektedir (Gujarati, 2004).

Çizelge 3.3: Regresyon analizindeki değişkenlere ilişkin terminoloji (Kutlar, 1998; Gujarati, 2004).

Bağımlı Değişken (Dependent variable)	Bağımsız Değişken (Independent variable)
Açıklanan Değişken (Explained variable)	Açıklayıcı Değişken (Explanatory variable)
Öngörülen (Predictand)	Öngören (Predictor)
İçsel Değişken (Endogenous)	Dışsal Değişken (Exogenous)
Kontrollü (Denetimli) Değişken (Controlled variable)	Kontrol Değişkeni (Control variable)
Yanıt Değişkeni (Response)	Uyarıcı Değişken (Stimulus)
Regresand (Regressand)	Regresor (Regressor)
Sonuç Değişkeni (Outcome)	... (Covariate)

¹ Galton, F., 1886, Family Likeness in Stature, Proceedings of Royal Society, 40, pp. 42–72.

Regresyon analizinin öncelikli amacı, bağımsız değişkenleri kullanarak bağımlı değişkene ilişkin Eş. 3.35'deki gibi bir model oluşturulması ve bağımlı değişkene ilişkin tahminde bulunulmasıdır. Bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenler tarafından açıklanması varsayımının yanında bu iki grup arasında elde edilen model asimetrik bir yapıdadır.

$$Y_t = E(Y_t/X_{1t}, \dots, X_{kt}) + \varepsilon_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t \quad (3.35)$$

Korelasyon analizinin öncelikli amacı, değişkenlerin arasındaki ilişkinin (birlikte değişimin), derecesinin ve gücünün ölçümüdür. Değişkenlerin açıklayıcı ya da açıklanan olması gibi bir varsayımı yoktur ve değişkenler arasındaki yapı simetriktir.

Nedenselliğin öncelikli amacı, değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkisinin varlığının ve hangi değişkenin sonuç hangi değişken ya da değişkenlerin neden olduğunun tespitidir. Neden ile sonuç arasında bir simetrik yapı yoktur. Her ne kadar regresyon analizi sonucunda anlamlı bir model elde edildiğinde açıklayıcı değişkenin neden, açıklanan değişkenin sonuç olduğu gibi bir izlenime kapılınsa da bu neden-sonuç yapısı bir teori ya da nedensellik tespitinde kullanılan test ile ispatlanmadıkça geçerli değildir. Çünkü regresyon modeli asimetrik bir yapıda olmasına karşın, açıklayıcı değişken ile açıklanan değişkenin yer değiştirmesine ilişkin bir kısıt yoktur. Bir regresyon analizinde boy açıklayıcı değişken, kilo açıklanan değişken olarak kullanılabilirken bir başka regresyon analizinde kilo açıklayıcı değişken, boy açıklanan değişken olarak kullanılabilir. Oysa nedensellikte böyle bir tersinebilirlikten asla bahsedilemez. Sonuç asla nedenin nedeni olamaz (Gujarati, 2004).

Regresyon analizinden elde edilen modelin ve tahminlerin geçerli olması için aşağıdaki varsayımların sağlanması gerekmektedir (Kutlar, 1998; Gujarati, 2004; Wooldridge, 2006).

V1. Bağımlı değişken, sürekli olmalıdır. Değişkenler rassal olmalıdır.

V2. Eğer bağımsız değişkenin bir değerine karşılık bağımlı değişkene ilişkin birden fazla değer elde edilirse, bu değerler regresyon denklemi etrafında dağılmalıdır.

Aşağıda sunulan 3., 4. ve 5. varsayımların sağlanması ve hataların birbirlerinden bağımsız olarak aynı $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ olasılık dağılımına sahip olmaları, hataların akgürültü olması koşulunun sağladığını göstermektedir.

V3. Hataların ortalaması sıfır olmalıdır.

$$E(\varepsilon_t) = \mu_{\varepsilon_t} = 0 \quad (3.36)$$

V4. Hatalar eşvaryanslı (homoscedasticity), zamandan bağımsız olmalıdır.

$$V(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t - E(\varepsilon_t))^2 = E(\varepsilon_t - \mu_{\varepsilon_t})^2 = E(\varepsilon_t^2) = \sigma_{\varepsilon_t}^2 = \sigma_\varepsilon^2 \quad (3.37)$$

Hataların, zamana göre farklı varyanslara sahip olması, parametre tahmin edicilerinin varyanslarını olduğundan daha küçük ya da daha büyük bulunmasına yol açar. Ekonomi ile ilgili değişkenlerde, varyans gerçek değerinden daha küçük tahmin edilmektedir. Bu durum kabul edilmemesi gereken bazı tahminlerin kabul edilmesine yol açmaktadır. Farklı varyans sorununu gidermenin yollarından birisi eğer $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ biliniyorsa regresyon denklemindeki tüm terimler $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ 'e bölünerek yeni bir regresyon denklemi oluşturularak çözümlenmelere gidilir. Bir diğer yol ise $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ bilinmediği durumda modeldeki tüm değişkenlerin doğal logaritmalarını alarak çözümlenmelerin yapılmasıdır (Güriş ve Çağlayan, 2000).

Varyansın zamana göre sabit ve değişen olduğu durumlarda parametre tahmin edicilerdeki ve bu tahmin edicilere ilişkin varyanslardaki değişim, tek değişkenli regresyon modeli aracılığıyla aşağıda sunulmuştur.

$$\text{KRF: } Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \varepsilon_t \text{ ve ÖRF: } Y_t = b_0 + b_1 X_{1t} + e_t \quad (3.38)$$

En küçük kareler tahmin edicileri, b_0 ve b_1 'i elde edebilmek için,

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^n e_t^2 &= \sum_{t=1}^n (Y_t - b_0 + b_1 X_{1t})^2 \\ &= \sum_{t=1}^n (Y_t^2 + b_0^2 + b_1^2 X_{1t}^2 - 2b_0 Y_t - 2b_1 X_{1t} Y_t + 2b_0 b_1 X_{1t}) \end{aligned} \quad (3.39)$$

Eş. 3.39, b_0 ve b_1 'e göre türevi alınarak elde edilen eşitliklerin sıfıra eşitlenmesiyle en küçükleme işlemine tabi tutulur. Elde edilen tahmin ediciler Eş. 3.40-41'de sunulmuştur.

$$b_0 = \frac{(\sum_{t=1}^n X_{1t}^2)(\sum_{t=1}^n Y_t) - (\sum_{t=1}^n X_{1t})(\sum_{t=1}^n X_{1t}Y_t)}{n(\sum_{t=1}^n X_{1t}^2) - (\sum_{t=1}^n X_{1t})^2} = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 \quad (3.40)$$

$$b_1 = \frac{n(\sum_{t=1}^n X_{1t}Y_t) - (\sum_{t=1}^n X_{1t})(\sum_{t=1}^n Y_t)}{n(\sum_{t=1}^n X_{1t}^2) - (\sum_{t=1}^n X_{1t})^2} = \frac{\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(Y_t - \bar{Y}))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \quad (3.41)$$

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \varepsilon_t \quad (3.42)$$

Eş. 3.42'nin her iki tarafı da n'e bölünerek Eş. 3.43 elde edilir.

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= \beta_0 + \beta_1 \bar{X}_1 + \bar{\varepsilon} \\ \beta_0 &= \bar{Y} - \beta_1 \bar{X}_1 - \bar{\varepsilon} \end{aligned} \quad (3.43)$$

Eş. 3.43'ten elde edilen β_0 , Eş. 3.42'de yerine konulursa, Eş.3.44'teki ifadeye ulaşılır.

$$\begin{aligned} Y_t &= \bar{Y} - \beta_1 \bar{X}_1 - \bar{\varepsilon} + \beta_1 X_{1t} + \varepsilon_t \\ (Y_t - \bar{Y}) &= \beta_1 (X_{1t} - \bar{X}_1) + (\varepsilon_t - \bar{\varepsilon}) \end{aligned} \quad (3.44)$$

Eş. 3.41'deki b_1 tahmin edicisinde $(Y_t - \bar{Y})$ yerine Eş. 3.44'teki $(Y_t - \bar{Y})$ 'nin karşılığı yazılarak Eş. 3.45'te sunulan β_1 cinsinden elde edilen b_1 'e ulaşılır.

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(Y_t - \bar{Y}))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \\ &= \frac{\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(\beta_1(X_{1t} - \bar{X}_1) + (\varepsilon_t - \bar{\varepsilon})))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \\ &= \frac{\beta_1 \sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2 + \sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(\varepsilon_t - \bar{\varepsilon}))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \\ &= \beta_1 + \frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t(X_{1t} - \bar{X}_1)) - \bar{\varepsilon} \sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \\ &= \beta_1 + \frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t(X_{1t} - \bar{X}_1))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \end{aligned} \quad (3.45)$$

5. varsayımın sağlandığı kabulünden yola çıkarak ($E[(\varepsilon_t)(\varepsilon_s)] = 0$ ($t \neq s$)),

$$\begin{aligned}
V(b_1) &= E(b_1 - \beta_1)^2 = E\left(\beta_1 + \frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t (X_{1t} - \bar{X}_1))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} - \beta_1\right)^2 \\
&= E\left(\frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t (X_{1t} - \bar{X}_1))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2}\right)^2, \left\{k_{1t} = \frac{(X_{1t} - \bar{X}_1)}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \text{ olsun} \right\} \\
&= E\left(\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t k_{1t})\right)^2 \\
&= E(\varepsilon_1^2 k_{11}^2 + \dots + \varepsilon_n^2 k_{1n}^2 + 2\varepsilon_1 \varepsilon_2 k_{11} k_{12} + \dots + 2\varepsilon_1 \varepsilon_n k_{11} k_{1n}) \\
&= k_{11}^2 E(\varepsilon_1^2) + \dots + k_{1n}^2 E(\varepsilon_n^2)
\end{aligned} \tag{3.46}$$

Zamana göre sabit varyans durumu için ($E(\varepsilon_t^2) = \sigma_{\varepsilon_t}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2$),

$$\begin{aligned}
V(b_1) &= k_{11}^2 E(\varepsilon_1^2) + \dots + k_{1n}^2 E(\varepsilon_n^2) \\
&= k_{11}^2 \sigma_{\varepsilon}^2 + \dots + k_{1n}^2 \sigma_{\varepsilon}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2 \sum_{t=1}^n k_{1t}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2 \sum_{t=1}^n \left(\frac{(X_{1t} - \bar{X}_1)}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2}\right)^2 \\
&= \sigma_{\varepsilon}^2 \frac{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2}{\left(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2\right)^2} = \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2}
\end{aligned} \tag{3.47}$$

Zamana göre değişen varyans durumu için ($E(\varepsilon_t^2) = \sigma_{\varepsilon_t}^2$),

$$\begin{aligned}
V(b_1) &= k_{11}^2 E(\varepsilon_1^2) + \dots + k_{1n}^2 E(\varepsilon_n^2) \\
&= k_{11}^2 \sigma_{\varepsilon_1}^2 + \dots + k_{1n}^2 \sigma_{\varepsilon_n}^2 = \sum_{t=1}^n (k_{1t}^2 \sigma_{\varepsilon_t}^2) = \frac{\sum_{t=1}^n (\sigma_{\varepsilon_t}^2 (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)}{\left(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2\right)^2}
\end{aligned} \tag{3.48}$$

Eş. 3.47 ve Eş. 3.48, karşılaştırıldığında, değişen varyans durumunda $V(b_1)$, hem $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ 'deki hem de $(X_{1t} - \bar{X}_1)^2$ 'deki değişimlerden etkilenmektedir.

Hataların farklı varyansa sahip olmasının bazı sebepleri aşağıda sunulmuştur,

1. İnsanlar zaman içerisinde hatalarından ders alarak, hatalarını azaltmaya çalışırlar. Bu durumda $\sigma_{\varepsilon_t}^2$, zaman içerisinde değişkenlik gösterir. Beklenen değişim şekli, zamanla azalan bir yapı sergilemesidir.

2. Gelir arttıkça, geliri kullanma üzerindeki fırsatlar artar. Fırsatların artmasıyla, tasarruf yerine gelirin başka alanlarda kullanım oranı artar. Bunun sonu olarak gelirin, tasarrufu açıkladığı modelin $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ 'si zaman içerisinde değişkenlik gösterir.
3. Veri toplama teknikleri geliştikçe yapılan ölçüm hatalarının azalması beklenir. Bu durumda $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ 'nin zaman içerisinde azalarak değişkenlik göstermesine yol açar.
4. Savaş, afet, kriz vb. etkenler bazı dönemlerde değişkenlerde uç değerlerin oluşmasına yol açarak, $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ 'nin zaman içerisinde değişkenlik göstermesine neden olur.
5. Regresyon modelinin, bağımlı değişken üzerindeki önemli bir ya da birden çok bağımsız değişkenin ihmal edilerek tanımlanmış olması, ihmal edilen değişkenlerden kaynaklanarak $\sigma_{\varepsilon_t}^2$, zaman içerisinde değişkenlik gösterir.
6. Eğer bir ya da birden çok bağımsız değişken çarpık bir dağılım sergiliyorsa, bu durum $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ 'nin zaman içerisinde değişkenlik göstermesine yol açar.
7. Değişkenlere hatalı dönüşüm uygulanması veya değişkenlerin modelde hatalı fonksiyonlarla (doğrusal, üstel, logaritmik vb.) tanımlanması, $\sigma_{\varepsilon_t}^2$ 'nin zaman içerisinde değişkenlik göstermesine neden olur.

V5. Hatalar arasında otokorelasyon (ardışık bağımlılık) olmamalıdır.

$$\begin{aligned} \text{Kov}(\varepsilon_t, \varepsilon_s) &= E[(\varepsilon_t - E(\varepsilon_t))(\varepsilon_s - E(\varepsilon_s))] = E[(\varepsilon_t - \mu_{\varepsilon_t})(\varepsilon_s - \mu_{\varepsilon_s})] \\ &= E[(\varepsilon_t)(\varepsilon_s)] = \gamma_{\varepsilon_t \varepsilon_s} = 0 \quad (t \neq s) \end{aligned} \quad (3.49)$$

Regresyon analizinde, hatalarda otokorelasyon olması durumunda karşılaşılan başlıca sorunlar (Granger ve Newbold, 1974; Kutlar, 1998):

1. Regresyon katsayılarının tahminlerinin etkin olmaması,
2. Regresyon denklemleri temel alınarak yapılan öngörülerin vasat olması,
3. Varyans ile ilgili tahmin değerinin, gerçek değerden çok küçük bulunması,
4. R^2 ile ilgili tahmin değerinin, gerçek değerden büyük bulunması,

5. Regresyon katsayıları ve regresyon modeli ile ilgili alışlagelmiş anlamlılık (t ve F) testlerinin geçersiz olması.

Yukarıda belirtilen sorunların başlıca kaynağı, hatalardaki otokorelasyonun varlığının varyanslara olan etkisidir. Bu etki aşağıda gösterilmiştir.

4. varsayımın ($V(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t^2) = \sigma_{\varepsilon_t}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2$), sağlandığı kabulünden yola çıkarak $V(b_1)$, $E[(\varepsilon_t)(\varepsilon_s)] = 0$ ($t \neq s$) koşulunda Eş. 3.47'de elde edilmiştir. Bu koşulun sağlanmadığı durumda ise $V(b_1)$, elde edilişi aşağıda sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
 V(b_1) &= E(b_1 - \beta_1)^2 = E\left(\beta_1 + \frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t (X_{1t} - \bar{X}_1))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} - \beta_1\right)^2 \\
 &= E\left(\frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t (X_{1t} - \bar{X}_1))}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2}\right)^2, \left\{k_{1t} = \frac{(X_{1t} - \bar{X}_1)}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \text{ olsun} \right\} \\
 &= E\left(\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t k_{1t})\right)^2 \\
 &= E(\varepsilon_1^2 k_{11}^2 + \dots + \varepsilon_n^2 k_{1n}^2 + 2\varepsilon_1 \varepsilon_2 k_{11} k_{12} + \dots + 2\varepsilon_1 \varepsilon_n k_{11} k_{1n}) \\
 &= k_{11}^2 E(\varepsilon_1^2) + \dots + k_{1n}^2 E(\varepsilon_n^2) + 2k_{11} k_{12} E(\varepsilon_1 \varepsilon_2) + \dots + 2k_{11} k_{1n} E(\varepsilon_1 \varepsilon_n)
 \end{aligned} \tag{3.50}$$

Eş. 3.50'nin son satırındaki $(k_{11}^2 E(\varepsilon_1^2) + \dots + k_{1n}^2 E(\varepsilon_n^2))$ ifadesinin sonucu, Eş. 3.47'de elde edilmiştir. Amacımız $(2k_{11} k_{12} E(\varepsilon_1 \varepsilon_2) + \dots + 2k_{11} k_{1n} E(\varepsilon_1 \varepsilon_n))$ ifadesinin çözümüne ulaşmaktır. Bunun için hatalar arasındaki ilişkiyi gösteren Eş. 3.51'de sunulan basit model kullanılacaktır. ρ , ε_t ile ε_{t-1} arasındaki korelasyonu göstermektedir. ρ , -1 ile 1 arasında değerler almalıdır. Eğer ρ , -1 ya da 1 'e eşit olursa, Eş. 3.53'te sunulan σ_{ε}^2 'nin değeri ∞ olarak elde edilir. Bu konuya durağanlık kontrolü kısmında değinilmiştir. Bu kısımda ρ 'nun, -1 ile 1 arasında değerler aldığı varsayılmıştır.

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + U_t \quad (-1 < \rho < 1) \tag{3.51}$$

3. ve 4. varsayımların sağlandığı kabulünden yola çıkarak $E(\varepsilon_t) = 0$,

$$E(\varepsilon_t) = \rho E(\varepsilon_{t-1}) + E(U_t) \Rightarrow E(U_t) = 0 \tag{3.52}$$

$$\text{ve } V(\varepsilon_t) = \sigma_{\varepsilon_t}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2,$$

$$V(\varepsilon_t) = \rho^2 V(\varepsilon_{t-1}) + V(U_t)$$

$$\sigma_{\varepsilon}^2 = \rho^2 \sigma_{\varepsilon}^2 + \sigma_U^2 \Rightarrow \sigma_{\varepsilon}^2 = \left(\frac{\sigma_U^2}{1 - \rho^2} \right) \quad (3.53)$$

elde edilir. İşlem kolaylığı açısından $E(\varepsilon_{t-s}, \varepsilon_t)$ 'nin karşılığının bulunması gerekmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Kov}(\varepsilon_{t-s}, \varepsilon_t) &= E(\varepsilon_{t-s} \varepsilon_t) = E(\varepsilon_{t-s}(\rho \varepsilon_{t-1} + U_t)) = E(\rho \varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_{t-s} U_t) \\ &= E(\rho \varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-1}) + E(\varepsilon_{t-s} U_t) = E(\rho \varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-1}) + E(\varepsilon_{t-s}) + E(U_t) \\ &= E(\rho \varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-1}) = E(\rho \varepsilon_{t-s}(\rho \varepsilon_{t-2} + U_{t-1})) = E(\rho^2 \varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-2} + \rho \varepsilon_{t-s} U_{t-1}) \\ &= E(\rho^2 \varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-2}) \end{aligned} \quad (3.54)$$

⋮

$$= E(\rho^s \varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-s}) = \rho^s E(\varepsilon_{t-s} \varepsilon_{t-s}) = \rho^s \sigma_{\varepsilon_{t-s}}^2 = \rho^s \sigma_{\varepsilon}^2$$

Ayrıca $k_{1t} k_{1t+s}$ için de bir karşılık bulunması hesaplamayı kolaylaştıracaktır.

$$k_{1t} k_{1t+s} = \frac{(X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{1t+s} - \bar{X}_1)}{\left(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2 \right)^2} \quad (3.55)$$

$(2k_{11}k_{12}E(\varepsilon_1\varepsilon_2) + \dots + 2k_{11}k_{1n}E(\varepsilon_1\varepsilon_n))$ ifadesindeki $k_{1t}k_{1t+s}$ terimleri incelendiğinde,

$$\frac{\sum_{t=s+1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{1t+s} - \bar{X}_1))}{\left(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2 \right)^2}, \quad s = 1, \dots, n-1 \quad (3.56)$$

Eş. 3.56'ya ulaşılır. Eş. 3.56, aynı zamanda Eş. 3.57 şeklinde de yazılabilir.

$$\begin{aligned} \frac{r_{x_t x_{t+s}}}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} &= \frac{\sum_{t=1}^{n-s} ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{1t+s} - \bar{X}_1))}{\left(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2 \right)^2}, \quad s = 1, \dots, n-1 \\ \frac{r_{x_t x_{t-s}}}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} &= \frac{\sum_{t=s+1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{1t-s} - \bar{X}_1))}{\left(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2 \right)^2}, \quad s = 1, \dots, n-1 \end{aligned} \quad (3.57)$$

$s = 1$ için; (Korelasyonun simetrik yapısından yararlanarak)

$$r_{x_t x_{t+1}} = r_{x_t x_{t-1}} = r \Rightarrow r_{x_{t-1} x_{t+1}} = r^2 = r_{x_t x_{t+2}} \Rightarrow r_{x_t x_{t+s}} = r^s$$

$$\sum_{t=1}^{n-s} (k_{1t} k_{1t+s}) = \frac{r^s}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2}$$

$V(b_1)$ 'nin, elde edilmesinde Eş. 3.52-57'ye kadar elde edilen sonuçlar yardımıyla, Eş. 3.50'deki kalınan yerden Eş. 3.58'de devam edilmiştir.

$$\begin{aligned}
&= [k_{11}^2 E(\varepsilon_1^2) + \dots + k_{1n}^2 E(\varepsilon_n^2)] + [2k_{11}k_{12}E(\varepsilon_1\varepsilon_2) + \dots + 2k_{11}k_{1n}E(\varepsilon_1\varepsilon_n)] \\
&= \left[\frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \right] \\
&+ \left[2 \sum_{t=1}^{n-1} (k_{1t}k_{1t+1}E(\varepsilon_t\varepsilon_{t+1})) + 2 \sum_{t=1}^{n-2} (k_{1t}k_{1t+2}E(\varepsilon_t\varepsilon_{t+2})) + \dots + 2k_{11}k_{1n}E(\varepsilon_1\varepsilon_n) \right] \\
&= \left[\frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \right] \\
&+ \left[2 \left(\frac{r}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \rho \sigma_\varepsilon^2 \right) + \dots + 2 \left(\frac{r^{n-1}}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \rho^{n-1} \sigma_\varepsilon^2 \right) \right] \quad (3.58) \\
&= \left[\frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \right] \\
&+ \left[2\rho r \left(\frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \right) + \dots + 2\rho^{n-1}r^{n-1} \left(\frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \right) \right] \\
&= \left[\frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \right] [1 + 2\rho r + \dots + 2\rho^{n-1}r^{n-1}] \\
&= \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \left(\frac{1 + \rho r}{1 - \rho r} \right) = V(b_1)
\end{aligned}$$

Benzer bir şekilde $E(\hat{\sigma}_\varepsilon^2)$ de elde edilebilir. Hatalar arasındaki otokorelasyonun varlığının $E(\hat{\sigma}_\varepsilon^2)$ ve $V(b_1)$ etkisi Eş. 3.59 ve Eş. 3.60'ta sunulmuştur.

$E[(\varepsilon_t)(\varepsilon_s)] = 0$ ($t \neq s$) koşulunda;

$$V(b_1) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2}, \quad E(\hat{\sigma}_\varepsilon^2) = \sigma_\varepsilon^2 \quad (3.59)$$

$E[(\varepsilon_t)(\varepsilon_s)] \neq 0$ ($t \neq s$) koşulunda;

$$V(b_1) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2} \left(\frac{1 + \rho r}{1 - \rho r} \right), \quad E(\hat{\sigma}_\varepsilon^2) = \sigma_\varepsilon^2 \frac{\left[n - \frac{2}{1 - \rho} - 2\rho r \right]}{n - 2} \quad (3.60)$$

Hatalar arasındaki otokorelasyonun varlığının incelenmesinde Durbin-Watson d testi başta olmak üzere birçok test geliştirilmiştir.

Durbin-Watson d testi

Hatalar arasındaki otokorelasyonun varlığının incelenmesinde en çok kullanılan testtir. Test istatistiği Eş. 3.61'de gösterilen şekildedir. İstenilen sonuç test istatistiğinin yaklaşık olarak 2'ye eşit olmasıdır.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t^2 + \sum_{t=2}^n e_{t-1}^2 - 2 \sum_{t=2}^n (e_t e_{t-1})}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (3.61)$$
$$d \approx 2 \left(1 - \frac{\sum_{t=2}^n (e_t e_{t-1})}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \right)$$

Eş. 3.61'den görüldüğü üzere test istatistiği sadece 1. dereceden farkları kapsamaktadır. Eğer daha yüksek dereceden farklar arasında korelasyon var ise bu test istatistiği sorunun teşhisinde yetersiz kalmaktadır.

Durbin-Watson testi, regresyon modelinin sabit terimi içermesi, hata terimlerinin normal dağılması, veri setinde kayıp gözlem olmaması gibi varsayımlarının yanında bağımsız değişkenin gecikmeli değerlerinin bağımsız değişken olarak modele dahil edilmemesi varsayımlarına sahiptir. Bu varsayımlardan en kritik olanı sonuncusudur. Eğer bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri bağımsız değişken olarak modelde yer alırsa elde edilen d istatistiği çoğu durumda yaklaşık olarak 2 bulunur. Bu durumda da testten, hatalarda otokorelasyon olsa dahi yokmuşçasına sonuç elde edilir.

Bu tür durumlarda Durbin-Watson testi yerine Breusch–Godfrey testi kullanılmaktadır.

Breusch–Godfrey testi

Breusch–Godfrey testi, özellikle Durbin-Watson testinin eksik kaldığı yüksek dereceden farklar arasında korelasyon ve bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri bağımsız değişken olarak modelde yer alması sorunlarına çözüm olması için geliştirilmiştir.

Breusch–Godfrey testinde, kullanılan modeller aşağıda sunulmuştur.

İncelenen regresyon modeli,

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 Y_{1t-1} + \varepsilon_t \quad (3.62)$$

Eş. 3.62'de, testte kullanılan model ise,

$$\varepsilon_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1t} + \alpha_2 Y_{1t-1} + \rho_1 \varepsilon_{t-1} + \rho_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \rho_p \varepsilon_{t-p} + U_t \quad (3.63)$$

Eş. 3.63'te sunulmuştur.

Breusch–Godfrey testinde,

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$$

$$H_A : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_p \neq 0$$

hipotezi sınanır. Eğer yokluk hipotezi kabul edilirse hatalar arasında otokorelasyon olmadığı testin güven düzeyinde söylenebilir.

Ayrıca Eş. 3.63'ten elde edilen korelasyon değerinin $(n - p)$ ile çarpımı p serbestlik derecesinde Ki-Kare dağılımına uymaktadır $((n - p)R^2 \sim \chi_p^2)$. Eğer $(n - p)R^2$, kritik Ki-Kare değerini aşmaz ise yokluk hipotezi kabul edilir ve hatalar arasında otokorelasyon olmadığı testin güven düzeyinde söylenebilir.

Teste kullanılan gecikme değeri p keyfi olarak seçilmektedir. Ancak istendiği takdirde Eş. 3.63'te sunulan modelden çeşitli p değerlerinde elde edilen en küçük Akaike veya Schwarz bilgi kriteri değerine sahip model kullanılabilir.

Bu tez kapsamında incelenen regresyon modellerinin tamamı bağımsız değişken olarak, bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini barındırdığı için hatalar arasındaki otokorelasyonun varlığının incelenmesinde Breusch–Godfrey testi kullanılmıştır.

Hatalar arasında otokorelasyon oluşmasına neden olan bazı sebepler aşağıda sunulmuştur,

1. Savaş, afet, kriz vb. etkenler bazı dönemlerde, bazı ekonomik değişkenler birlikte azalma eğilimi göstermektedir. Ekonomideki iyileşme süreçlerinde de bazı ekonomik değişkenlerin birlikte artma eğilimi göstermektedir. Değişkenler arasında

belirtilen veya benzeri sebeplerden değişkenler arasında birliktelik veya benzerlik oluşması,

2. Regresyon modelinin, bağımlı değişken üzerindeki önemli bir ya da birden çok bağımsız değişkenin ihmal edilerek tanımlanmış olması,

3. Değişkenlerin modelde hatalı fonksiyonlarla (doğrusal, üstel, logaritmik vb.) tanımlanması,

4. Örümcek ağı (Cobweb) kuramı. Arz talep dengesinin, özellikle tarımsal vb. üretimleri uzunca bir zaman dilimine ihtiyaç duyan, ürünlerde bir ya da birkaç sene gecikmeli olarak oluşması,

5. Bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin bağımsız değişken olarak yer aldığı modellerde, gelirin artması gibi durumlarda, kişilerin, psikolojik, teknolojik ve geleneksel sebeplerden bazı değişimlere davranışsal olarak gecikmeli cevap vermesi. Bu gecikmenin bağımlı değişkenlerin gecikmeli değerlerinin modele etkisini bozması,

6. Aylık verilerin birleştirilerek üç aylık, yıllık vb. veriye çevrilmesi. Üç aylık vb. verilerin, çeşitli işlemlerle aylık veriye çevrilmesidir. Bu tür işlemler ile verilerin orijinalliğinin bozulması,

7. Değişkenlere hatalı dönüşüm uygulanması,

8. Değişkenlerin durağan olmaması.

V6. Bağımsız değişkenler arasında tam çoklu doğrusallık (perfect multicollinearity) bulunmamalıdır. Başka bir ifadeyle bağımsız değişkenler arasındaki diklik koşulu sağlanmalıdır. Bağımlı değişkenin açıklanmasında kullanılan her bir bağımsız değişkenin, diğer bağımsız değişkenlerin sahip olmadığı bir bilgiye sahip olması beklenir. Bağımlı değişken üzerinde açıklayıcı etkisi olan aynı bilginin, birden fazla bağımsız değişken tarafından tekrarlanarak açıklanması, modelde gereksiz değişken varlığını gösterir. Ayrıca bu durum bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin varlığını da göstermektedir. Bu ilişkinin büyüklüğü aşağıda açıklanan sorunlara sebep olmaktadır.

Eş. 3.64'te gösterilen kovaryansın bire eşit olması tam çoklu doğrusallığı, yaklaşık olarak bir olması da güçlü tam çoklu doğrusallığın varlığını göstermektedir.

$$\text{Kor}(X_i, X_j) = \frac{\text{Kov}(X_i, X_j)}{V(X_i)V(X_j)} = \frac{Y_{x_i x_j}}{\sigma_{x_i} \sigma_{x_j}} = 1 \quad (3.64)$$

Tam çoklu doğrusallık, aynı zamanda Eş. 3.65'teki şekilde de ifade edilebilmektedir.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \varepsilon_t$$

$$X_{2t} = \lambda X_{1t} \quad (3.65)$$

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 \lambda X_{1t} + \varepsilon_t$$

Tek değişkenli regresyon modeli üzerinden, parametre tahmin edicileri ve bu tahmin edicilere ilişkin varyanslar elde edilişi 4. varsayımda açıklanmıştır. Aynı yöntemle Eş. 3.65'teki iki değişkenli regresyon modeli için parametre tahmin edicileri Eş. 3.66-68'de

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 \quad (3.66)$$

$$b_1 = \frac{(\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(Y_t - \bar{Y}))) (\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2)}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2) (\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2) - (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))^2} \quad (3.67)$$

$$- \frac{(\sum_{t=1}^n ((X_{2t} - \bar{X}_2)(Y_t - \bar{Y}))) (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2) (\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2) - (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))^2}$$

$$b_2 = \frac{(\sum_{t=1}^n ((X_{2t} - \bar{X}_2)(Y_t - \bar{Y}))) (\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2) (\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2) - (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))^2} \quad (3.68)$$

$$- \frac{(\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(Y_t - \bar{Y}))) (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2) (\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2) - (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))^2}$$

ve bu tahmin edicilere ilişkin varyanslar

$$\begin{aligned}
V(b_1) &= \frac{(\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2) \sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)(\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2) - (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))^2} \\
&= \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)}
\end{aligned} \tag{3.69}$$

$$\begin{aligned}
V(b_2) &= \frac{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2) \sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)(\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2) - (\sum_{t=1}^n ((X_{1t} - \bar{X}_1)(X_{2t} - \bar{X}_2)))^2} \\
&= \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)}
\end{aligned} \tag{3.70}$$

Eş. 3.69-70'te sunulmuştur. $X_{2t} = \lambda X_{1t}$, şeklinde bir ifadenin varlığı (aynı zamanda $r_{X_1 X_2}^2$ 'nin bire eşit olması) durumunda, elde edilecek yeni parametre tahmin edicileri ve bu tahmin edicilere ilişkin varyanslar Eş. 3.71-72'de sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{0}{0} \\
V(b_1) &= \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)} = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)(0)} = \infty
\end{aligned} \tag{3.71}$$

$$\begin{aligned}
b_2 &= \frac{0}{0} \\
V(b_2) &= \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{2t} - \bar{X}_2)^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)} = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(\sum_{t=1}^n (X_{1t} - \bar{X}_1)^2)(0)} = \infty
\end{aligned} \tag{3.72}$$

Bu durumda sonuçlara ulaşmak imkansızlaşır.

Güçlü çoklu doğrusallıkta ise sonuçlara ulaşılmaktadır. Ancak elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilen önemli hataları içermektedir.

1. Katsayılara ilişkin varyans değerleri, çoklu doğrusallığın gücüyle doğru orantılı olarak çok büyük bulunacaktır. Bu durum, değişkene ilişkin katsayının anlamlılığının incelendiği t testinde yokluk hipotezinin kabul edilmesine neden olur.

2. Modelin r^2 değeri çok yüksek bulunur. Bu durum, modelin anlamlılığının incelendiği F testinde yokluk hipotezinin reddedilmesine neden olur.

Modelde, çoklu doğrusallığın varlığının incelenmesi için Varyans şişme katsayısı (VŞK) kullanılmaktadır. Çok değişkenli regresyon modelinde VŞK elde edilişi Eş. 3.73'te sunulmuştur.

İncelenen Model : $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t$

X_i için;

$$VŞK_i = \frac{1}{(1 - r_{X_i}^2)}, \quad \left\{ \begin{array}{l} r_{X_i}^2, \\ X_i = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1t} + \alpha_2 X_{2t} + \dots + \alpha_k X_{kt} + U_t, \\ \text{regresyon modelinden elde edilmiştir.} \end{array} \right\} \quad (3.73)$$

VŞK, sıfır ile sonsuz arasında değer alır. Eğer, VŞK'nın değeri 10'dan büyük ise güçlü çoklu doğrusallığın, sonsuz ise tam çoklu doğrusallığın varlığından göstergesidir (Lin, 2008).

Çoklu doğrusallık sorununun giderilmesinde Kvanli ve ark. (2002), adimsal regresyon tekniğinin, İpek (2001) ve Maddala (1992) Ridge regresyon tekniğinin kullanılabileceğini aktarmışlardır. Lin (2008), bu sorunun giderilmesinde İç içe tahmin tekniğini önermiştir.

Bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusallık oluşmasına neden olan bazı sebepler aşağıda sunulmuştur.

1. Bazı ekonomik değişkenler, savaş, afet, kriz vb. bazı dönemlerde birlikte azalma eğilimi göstermektedir. Ekonomideki iyileşme süreçlerinde de bazı ekonomik değişkenler birlikte artma eğilimi göstermektedir. Değişkenler arasında belirtilen veya benzeri sebeplerden değişkenler arasında birliktelik veya benzerlik oluşması,

2. Değişkenlerin modelde hatalı fonksiyonlarla (doğrusal, üstel, logaritmik gibi) tanımlanması, özellikle bağımsız değişkenin aralığı küçük iken modelde çokterimli fonksiyon olarak yer alması,

3. Modeldeki bağımsız değişken sayısının, gözlem sayısından fazla olması,

4. Bağımsız değişkene ilişkin verilerin kitleden belli bir aralık değerinden elde edilmesi.

V7. Hatalar, bağımsız değişkenler ile ilişkisiz olmalıdır. Hatalar, birbirlerinden bağımsız olarak aynı $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ olasılık dağılımına sahip olmalıdır:

$$\begin{aligned} \text{Kov}(\varepsilon_t, X_{it}) &= E[(\varepsilon_t - E(\varepsilon_t))(X_{it} - E(X_{it}))] = E[(\varepsilon_t - \mu_{\varepsilon_t})(X_{it} - E(X_{it}))] \\ &= E[(\varepsilon_t)(X_{it} - E(X_{it}))] = E(\varepsilon_t)E(X_{it} - E(X_{it})) \\ &= 0 \quad (i = 1, \dots, k) \end{aligned} \quad (3.74)$$

V8. k bilinmeyen tahmin etmek için en az k denkleme ihtiyaç duyulur. Bu noktadan yola çıkarak, gözlem sayısı, bağımsız değişken sayısından fazla olmalıdır ($n > k$). Eğer regresyon modelinde sabit terim de var ise gözlem sayısı, bağımsız değişken sayısının bir fazlasından daha fazla olmalıdır ($n > k + 1$).

V9. Regresyon modeli önemli tüm bağımsız değişkenleri içermiş ve seçilen yöntem doğrultusunda en doğru biçimde tanımlanmış olup, bağımsız değişkenler, bağımlı değişkeni açıklayacak en iyi kalıba sahip olmalıdır.

3.2.3. Otoregresif bütünleşik hareketli ortalama (ARIMA) modelleri

Ekonomi ile ilgili değişkenlerin birçoğu durağan değildir. Genellikle bu değişkenler fark durağan, özellikle birinci dereceden fark durağandır (Kadılar, 2000). Zaman serisi analizindeki yaygın olarak kullanılan modellerin bazılarının (Otoregresif (AR), Hareketli ortalama (MA) ve Otoregresif ve hareketli ortalama (ARMA)) varsayımları arasında değişkenlerin durağan olması koşulu yer almaktadır. Bu nedenle çözümlenmeye geçilmeden önce değişkenlerin durağanlığının sağlanması gerekmektedir.

George E.P. Box ve Gwilym M. Jenkins, 1970 yılında AR, MA modellerini, değişkenlerin durağanlık bilgilerini de kapsayan ve standart bir gösterim şekli olan Box–Jenkins tekniğini önermişlerdir. Box–Jenkins tekniği, aynı zamanda literatürde ARIMA modelleri olarak da isimlendirilmektedir. Bu teknik, tanımlama, tahmin, kontrol ve öngörü olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Modelin gösterim şekli ARIMA(p,d,q) şeklindedir. p, Otoregresif modelin derecesini, q, Hareketli ortalama modelinin derecesini ve d, durağanlığın sağlanması için gerekli

olan fark alma derecesini göstermektedir (Gujarati, 2004). Bu gösterim şekli modelde mevsimsellik bileşeninin yer almadığı durumda kullanılmaktadır. Eğer model, mevsimsellik bileşenini içeriyorsa, mevsimsellik etkilerinin modele yansıtılması amacıyla $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$ şeklinde gösterilen çarpımsal mevsimsellik modelleri kullanılmaktadır. P ve Q mevsimsellik içeren kısmın model derecesini, D ise mevsimlik fark alma derecesini ifade etmektedir. s aylık seriler için 12 yıllık seriler için 4'tür (Işığışok, 1994). Bu tez kapsamında sadece mevsimsellik barındırmayan ARIMA modellerine değinilmiştir.

Box–Jenkins tekniğinin aşamalarının açıklanmasından önce ARIMA modelini oluşturan $I(d)$, $AR(p)$ ve $MA(q)$ bileşenleri sırasıyla açıklanmıştır.

Bütünleşik Süreç $I(d)$

Zaman serisi özelliği taşıyan bir değişkenin, durağanlık koşulunun sağlanması için gerekli olan fark alma işleminin kaçınıcı dereceden yapılması gerektiğini göstermektedir. Eğer değişkenin durağanlığının sağlanması için, d kere fark alma işleminin tekrarlanması gerekiyorsa, değişkene d. dereceden bütünleşik (d. dereceden fark durağan) değişken denilmekte ve $I(d)$ şeklinde gösterilmektedir. Fark alma işlemi ve gösterim şekli Eş. 3.75'te sunulmuştur.

$$I(0) = X_t$$

$$I(1) = \Delta^1 X_t = (1 - B)^1 X_t$$

$$I(2) = \Delta^2 X_t = (1 - B)^2 X_t \quad (3.75)$$

⋮

$$I(d) = \Delta^d X_t = (1 - B)^d X_t$$

Bütünleşik süreçler aşağıdaki özelliklere sahiptir,

1. $X_{1t} \sim I(1)$ ve $X_{2t} \sim I(0) \Rightarrow Y_t = (X_{1t} + X_{2t}) \sim I(1)$. Durağan ve durağan olmayan iki değişkenin doğrusal toplamı, durağan değildir.

2. a ve b sabit olmak üzere, $X_{1t} \sim I(d) \Rightarrow Y_t = (a + bX_{1t}) \sim I(d)$, $\{d = 0, 1, 2, \dots\}$.

Durağan bir değişkenin doğrusal fonksiyonu durağandır, durağan olmayan bir değişkenin ise doğrusal fonksiyonu durağan değildir.

3. a ve b sabit olmak üzere, $X_{1t} \sim I(d_1)$ ve $X_{2t} \sim I(d_2) \Rightarrow Y_t = (aX_{1t} + bX_{2t}) \sim I(d)$, $\{d = \max(d_1, d_2)\}$. Durağan olmayan iki değişkenin doğrusal toplamının bütünleşiklik değeri, değişkenlerden bütünleşiklik değeri en yüksek olan değişken ile aynıdır.

4. a ve b sabit olmak üzere, $X_{1t} \sim I(d)$ ve $X_{2t} \sim I(d) \Rightarrow Y_t = (aX_{1t} + bX_{2t}) \sim I(d^*)$, $\{d^* \leq d\}$. d. dereceden bütünleşik iki değişkenin doğrusal toplamı genellikle d. dereceden bütünleşiktir. Bazı durumlarda, özellikle toplamı alınan iki değişken eşbütünleşik ise iki değişkenin doğrusal toplamının bütünleşiklik değeri d'den küçük olmaktadır (Gujarati, 2004).

Otoregresif Süreç AR(p)

Zaman serisi özelliği taşıyan ve durağan bir değişkenin, p dönemine kadar kendi gecikmeli değerlerinden oluşan modele, p. dereceden Otoregresif model denilmekte ve AR(p) şeklinde gösterilmektedir.

Otoregresif modelin farklı p değerlerindeki gösterim şekli Eş. 3.76'da sunulmuştur. ε_t , akgürültü olmak üzere,

$$AR(1) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$AR(2) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \varepsilon_t$$

⋮

$$AR(p) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t$$

(3.76)

AR(p) modelinin farklı bir gösterimi ve elde edilişi Eş. 3.77'de sunulmuştur.

$$AR(p) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t$$

$$X_t = \phi_1 B X_t + \phi_2 B^2 X_t + \dots + \phi_p B^p X_t + \varepsilon_t$$

$$X_t - \phi_1 B X_t + \phi_2 B^2 X_t + \dots + \phi_p B^p X_t = \varepsilon_t$$

(3.77)

$$X_t (1 - \phi_1 B + \phi_2 B^2 + \dots + \phi_p B^p) = \varepsilon_t$$

$$X_t \phi_p(B) = \varepsilon_t$$

(Işığışık, 1994; Davidson ve MacKinnon, 2003).

Hareketli Ortalama Süreci MA(q)

Zaman serisi özelliği taşıyan ve durağan bir değişkenin, q dönemine kadar kendi öngörü hatalarının değerlerinden oluşan modele, q. dereceden Hareketli ortalama modeli denilmekte ve MA(q) şeklinde gösterilmektedir.

Hareketli ortalama modelinin farklı q değerlerindeki gösterim şekli Eş. 3.78'de sunulmuştur. ε_t , akgürültü olmak üzere,

$$\begin{aligned} \text{MA}(1) : X_t &= \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \\ \text{MA}(2) : X_t &= \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} \\ &\vdots \\ \text{MA}(q) : X_t &= \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \end{aligned} \quad (3.78)$$

MA(q) modelinin farklı bir gösterimi ve elde edilişi Eş. 3.79'da sunulmuştur.

$$\begin{aligned} \text{MA}(q) : X_t &= \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \\ X_t &= \varepsilon_t - \theta_1 B \varepsilon_t - \theta_2 B^2 \varepsilon_t - \dots - \theta_q B^q \varepsilon_t \\ X_t &= \varepsilon_t (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \\ X_t &= \varepsilon_t \theta_q(B) \end{aligned} \quad (3.79)$$

(Işığışok, 1994; Davidson ve MacKinnon, 2003).

Otoregresif ve Hareketli Ortalama Süreci ARMA(p,q)

ARMA modeli, AR ve MA modellerinin birleşiminden oluşmaktadır. Zaman serisi özelliği taşıyan ve durağan bir değişkenin, p dönemine kadar kendi gecikmeli değerlerinden ve q dönemine kadar kendi öngörü hatalarının değerlerinden oluşan modele, p. dereceden Otoregresif ve q. dereceden Hareketli ortalama modeli denilmekte ve ARMA(p,q) şeklinde gösterilmektedir.

Otoregresif ve hareketli ortalama modelin farklı p ve q değerlerindeki gösterim şekli Eş. 3.80'de sunulmuştur.

ε_t , akgürültü olmak üzere,

$$\text{ARMA}(2,0) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \varepsilon_t$$

$$\text{ARMA}(0,2) : X_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2}$$

$$\text{ARMA}(2,2) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} \quad (3.80)$$

⋮

$$\text{ARMA}(p,q) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

ARMA(p,q) modelinin farklı bir gösterimi ve elde edilişi Eş. 3.81'de sunulmuştur.

$$\text{ARMA}(p,q) : X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

$$X_t - \phi_1 B X_t + \phi_2 B^2 X_t + \dots + \phi_p B^p X_t = \varepsilon_t - \theta_1 B \varepsilon_t - \theta_2 B^2 \varepsilon_t - \dots - \theta_q B^q \varepsilon_t$$

$$X_t (1 - \phi_1 B + \phi_2 B^2 + \dots + \phi_p B^p) = \varepsilon_t (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \quad (3.81)$$

$$X_t \phi_p(B) = \varepsilon_t \theta_q(B)$$

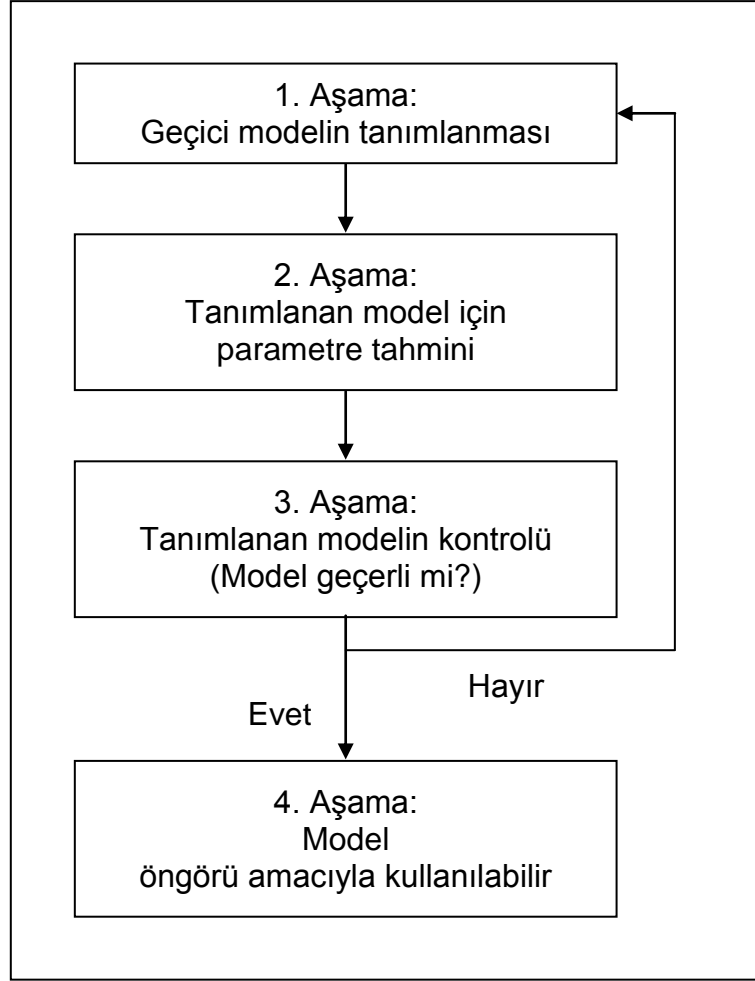
$$X_t = \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)} \varepsilon_t$$

(Işığışok, 1994; Davidson ve MacKinnon, 2003).

Box-Jenkins Tekniği

Bu teknik, işlem sırasıyla tanımlama, tahmin, kontrol ve öngörü olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Süreç, uygun model elde edilene kadar aşamaların tekrarlanmasından oluşmaktadır ve Şekil 3.1'te sunulmuştur.

Birinci aşamada, ARIMA modelinin parametreleri olan p,d ve q değerleri belirlenir. Öncelikle değişkenin durağanlık kontrolü yapılır, eğer durağan ise d'ye sıfır, durağan değil ise d'ye durağanlığının sağlanması için gerekli olan fark alma sayısı aktarılır. p ve q değerlerinin belirlenmesinde ise otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılır. Çizelge 3.4'te otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının p ve q'nun belirlenmesine yardımcı olan özellikleri sunulmuştur. Birinci aşamada Çizelge 3.4 yardımıyla elde edilen p,d ve q değerlerinden ARIMA(p,d,q) geçici modeli oluşturulur.



Şekil 3.1: Box–Jenkins tekniğinin akış şeması (Gujarati, 2004).

Çizelge 3.4: Durağan özellikteki değişkenden elde edilen modellerin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının teorik özellikleri (Işığışık, 1994).

Model	Otokorelasyon Fonksiyonu Özelliği	Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu Özelliği
AR(p)	Üstel ve sinüzoidal olarak gittikçe azalır.	p gecikmesinden sonra katsayı aniden düşerek anlamsız olur.
MA(q)	q gecikmesinden sonra katsayı aniden düşerek anlamsız olur.	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.

İkinci aşamada geçici modelin parametreleri elde edilir. Üçüncü aşamada parametrelerin ve modelin anlamlılık kontrolü yapılır. Eğer model varsayımları sağlıyorsa, özellikle modele ilişkin hatalar akgürültü ise dördüncü aşama olan modelin öngörü amacıyla kullanımına geçilir. Ancak geçici model üçüncü aşamada yapılan kontrollerden geçemez ise birinci aşamaya geri dönlür.

ARIMA modelinin gösterimi Eş. 3.82'de sunulmuştur:

$$\text{ARIMA}(p, d, q) : \phi_p(B)(1 - B)^d X_t = \theta_q(B)\varepsilon_t$$

$$X_t = \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)(1 - B)^d} \varepsilon_t \quad (3.82)$$

$$X_t = T_{p,d,q}(B)\varepsilon_t$$

(Işığıçok, 1994; Gujarati, 2004).

3.2.4. Korelasyon fonksiyonları

Kovaryans fonksiyonları, değişkenlerin ilişkileri ve özellikleri hakkında bilgi veren, model seçiminde kullanılan önemli bir araçtır. Ancak kovaryans fonksiyonu değişkenin biriminden bağımsız değildir. Farklı ölçüm birimlerine sahip değişkenlerin karşılaştırılmasında hatalı yorum yapılmasına yol açabilmektedir. Bu sorunun ortadan kaldırılması için kovaryans fonksiyonu standartlaştırılır. Standartlaştırmanın sonucunda korelasyon fonksiyonu elde edilir (Box ve Jenkins, 1970). Değişkenlerin açıklayıcı ya da açıklanan olması gibi bir varsayımı yoktur ve değişkenler arasındaki yapı simetriktir (Gujarati, 2004).

Çizelge 3.5: Korelasyon fonksiyonlarının çeşitleri.

		X_{it} ile X_{jt+s} arasındaki korelasyon	
		$(i \neq j)$	$(i = j)$
$s \neq 0$	Otokorelasyon fonksiyonu (OF)		Çapraz korelasyon fonksiyonu (ÇKF)
	Kısmi otokorelasyon fonksiyonu (KOF)		

Çizelge 3.5'te belirli koşullar altındaki korelasyon fonksiyonlarının çeşitleri sunulmuştur.

Otokorelasyon Fonksiyonu

Bir değişkenin gecikmeli iki değeri (X_{it}, X_{it+s}) arasındaki ilişkiyi vermektedir, $\rho_{x_i}(s)$ ile gösterilmektedir ve Eş. 3.83'te sunulmuştur:

$$\begin{aligned}
 OF_{x_i}(s) &= \rho_{x_i}(s) = \frac{\gamma_{x_i}(s)}{\gamma_{x_i}(0)} = \frac{\gamma_{x_{it}x_{it+s}}}{\sigma_{x_i}^2} = \frac{\text{Kov}(X_{it}, X_{it+s})}{V(X_{it})} \\
 &= \frac{E[(X_{it} - E(X_i))(X_{it+s} - E(X_i))]}{E(X_{it} - E(X_i))^2} \quad (3.83) \\
 &= \frac{\sum_{t=1}^{N-s} ((X_{it} - \mu_{X_i})(X_{it+s} - \mu_{X_i}))}{\sum_{t=1}^N (X_{it} - \mu_{X_i})^2} \quad (s = 0, 1, \dots, N - 1)
 \end{aligned}$$

$\rho_{x_i}(s)$ 'nin tahmin edicisi $r_{x_i}(s)$ ise Eş. 3.84' te sunulmuştur.

$$r_{x_i}(s) = \frac{\sum_{t=1}^{n-s} ((X_{it} - \bar{X}_i)(X_{it+s} - \bar{X}_i))}{\sum_{t=1}^n (X_{it} - \bar{X}_i)^2} \quad (s = 0, 1, \dots, n - 1) \quad (3.84)$$

Eş.3.84'ün ilk satırından s 'nin sıfıra eşit olduğu durumda $OF_{x_i}(0)$ bire eşit olmaktadır.

OF, ilişkinin belirlenmesinin yanında Box–Jenkins tekniğinde model parametreleri p ve q 'nin belirlenmesinde ve değişkenin durağan olup olmadığının kontrolünde de kullanılmaktadır (Işığıçok, 1994). Eğer X_i , akgürültü ise $r_{x_i}(s)$ yaklaşık olarak $N(0, 1/n)$ ile dağılmaktadır (Gujarati, 2004).

Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu

Bir değişkenin gecikmeli iki değeri arasındaki ilişkiyi veren $\rho_{x_i}(2)$, X_{it} ile X_{it+2} arasındaki ilişki gösterebilir. X_{it} ile X_{it+2} arasındaki ilişki, Eş. 3.57'de gösterildiği gibi X_{it} ile X_{it+1} ve X_{it+1} ile X_{it+2} arasındaki ilişkinin çarpımına eşittir. Bu durumda $\rho_{x_i}(2)$ 'nin, $\rho_{x_i}^2(1)$ olduğu görülmektedir. OF, bu tarz dolaylı ilişkileri barındırmaktadır. X_{it} ile X_{it+s} arasındaki KOF, OF'un aksine, X_{it+1} 'den $X_{it(s-1)}$ 'e

kadar olan ara değerlerin etkilerinden arındırılmış ilişkiyi vermektedir. KOF'un elde edilişi aşağıda özetlenmiştir.

Öncelikle X_i değişkenin tüm değerleri kendi ortalamasından çıkartılarak ($X_{it} - \mu_{X_i}$, $t = 1, \dots, N$), X_i^* değişkeni elde edilir. KOF(s)'nin elde edilmesi için AR(s) modelinden yararlanılır. AR(s) modelinden elde edilen hata terimi (ε_t), akgürültü olmayabilir.

$$\begin{aligned}
 \text{KOF}(1) &= \text{OF}(1) = \phi_{11}: X_{it}^* = \phi_{11}X_{it-1}^* + \varepsilon_t \\
 \text{KOF}(2) &= \phi_{22}: X_{it}^* = \phi_{21}X_{it-1}^* + \phi_{22}X_{it-2}^* + \varepsilon_t \\
 &\vdots \\
 \text{KOF}(s) &= \phi_{ss}: X_{it}^* = \phi_{s1}X_{it-1}^* + \phi_{s2}X_{it-2}^* + \dots + \phi_{ss}X_{it-s}^* + \varepsilon_t
 \end{aligned} \tag{3.85}$$

KOF için uygulamada s değeri en fazla örneklem büyüklüğünün dörtte biri ($n/4$), olarak alınır. KOF, ara değerlerin etkilerinden arındırılmış ilişkinin belirlenmesinin yanında Box–Jenkins tekniğinde model parametreleri p ve q'nun belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Enders, 2004).

Çapraz Korelasyon Fonksiyonu

Yapısal açıdan ÇKF, OF ile benzerlik göstermektedir. OF'dan farkı tek değişkenin farklı gecikme değerleri arasındaki ilişkinin yerine farklı iki değişkenin farklı gecikme değerleri (X_{it}, X_{jt+s}) arasındaki ilişkiyi vermektedir, $\rho_{X_i X_j}(s)$ ile gösterilmektedir ve Eş. 3.86'da sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
 \text{ÇKF}_{X_i X_j}(s) &= \rho_{X_i X_j}(s) = \frac{\gamma_{X_i X_j}(s)}{\gamma_{X_i}(0)\gamma_{X_j}(0)} = \frac{\gamma_{X_{it} X_{jt+s}}}{\sigma_{X_i} \sigma_{X_j}} = \frac{\text{Kov}(X_{it}, X_{jt+s})}{\sqrt{V(X_{it})V(X_{jt})}} \\
 &= \frac{E[(X_{it} - E(X_i))(X_{jt+s} - E(X_j))]}{\sqrt{E(X_{it} - E(X_i))^2 E(X_{jt} - E(X_j))^2}} \\
 &= \frac{\sum_{t=1}^{N-s} ((X_{it} - \mu_{X_i})(X_{it+s} - \mu_{X_i}))}{\sqrt{\left(\sum_{t=1}^N (X_{it} - \mu_{X_i})^2\right) \left(\sum_{t=1}^N (X_{jt} - \mu_{X_j})^2\right)}} \quad (s = 0, 1, \dots, N - 1)
 \end{aligned} \tag{3.86}$$

$\rho_{x_i x_j}(s)$ 'nin tahmin edicisi $r_{x_i x_j}(s)$ ise Eş. 3.87'de sunulmuştur.

$$r_{x_i x_j}(s) = \frac{\sum_{t=1}^{n-s} ((X_{it} - \bar{X}_i)(X_{jt+s} - \bar{X}_j))}{\sqrt{\left(\sum_{t=1}^n (X_{it} - \bar{X}_i)^2\right) \left(\sum_{t=1}^n (X_{jt} - \bar{X}_j)^2\right)}} \quad (s = 0, 1, \dots, n - 1) \quad (3.87)$$

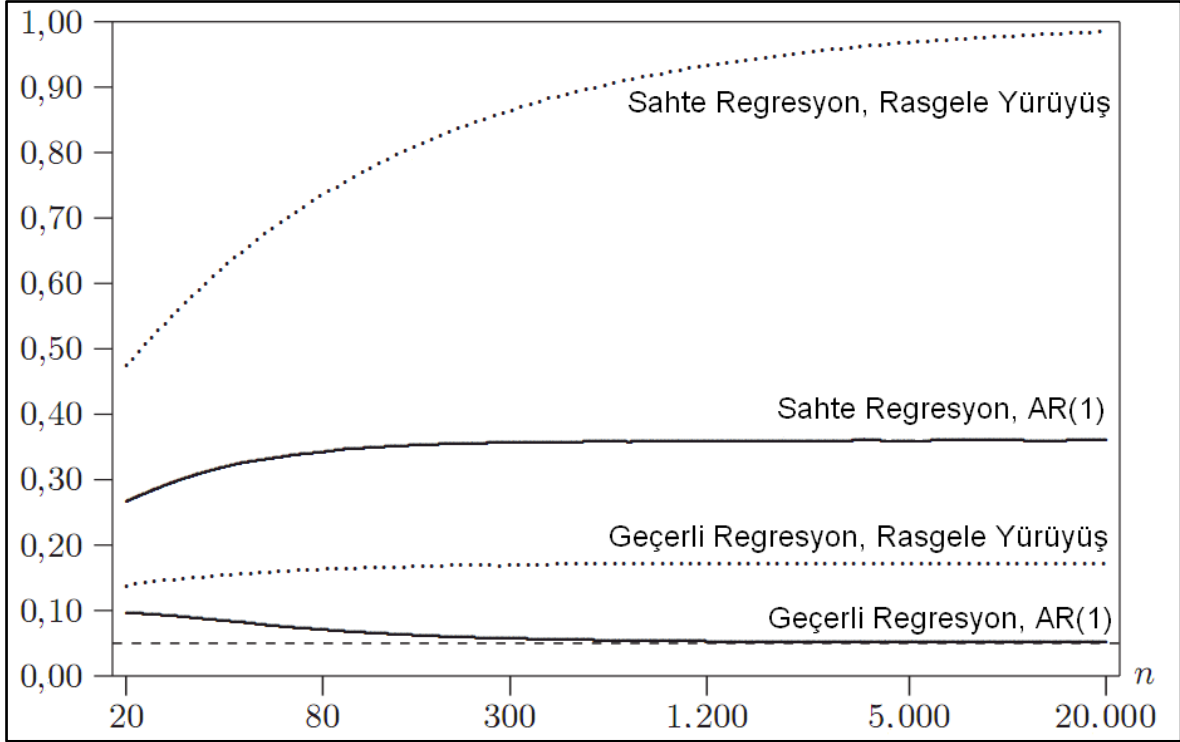
ÇKF, farklı iki değişkenin farklı gecikme değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinin yanında, iki değişken arasındaki nedenselliğin incelenmesinde de kullanılmaktadır. Ancak nedenselliğin incelenmesinde değişkenleri ARIMA modellerinden elde edilen hata terimleri temsil etmektedir (Haugh ve Box, 1977). Ayrıca ARIMA modellerinde, ÇKF incelemesi, OF incelemesiyle aynı bilgiyi vermektedir (Enders, 2004).

3.2.5. Durağanlık sınaması

Durağanlık kavramı zaman serisi özelliği taşıyan değişkenler ile yapılan analizlerde önemli bir yer teşkil etmektedir. Durağan olmayan iki değişken kullanılarak yapılan bir regresyon analizinin sonucunda, parametre tahminleri ve model anlamlı bulunabilir. Ayrıca modele ilişkin korelasyon katsayısı da anlamlı ve yüksek çıkabilir. Ancak elde edilen model ve korelasyon katsayısı geçersizdir. Elde edilen bu tarz regresyon modeline sahte regresyon denilmektedir (Kutlar, 1998). İlk olarak Granger ve Newbold (1974), sahte regresyonun yapısını ve ortaya çıkış nedenlerini, yaptıkları benzetim çalışmasında incelemiştir. Çalışma sonucunda, sahte regresyon ile karşılaşılan durumlarda, birinci dereceden fark alarak değişkenlerin durağan hale getirildiğinde sahte regresyon sorunun çözüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca regresyon analizi sonucunda anlamlı ve yüksek değerli bir korelasyon katsayısına karşın bu değerden daha küçük Durbin–Watson d istatistiğine rastlanması durumunda sahte regresyondan şüphelenilmesi ve değişkenlerin durağanlıklarının test edilmesi önerilmiştir.

Davidson ve MacKinnon (2003), sahte regresyonun, model kabulü üzerindeki etkisini yaptıkları benzetim çalışmasında incelemiştir. Çalışmada, örneklem büyüklüğü (n) 20 ile 20000 arasındaki her bir n değeri için bir milyon kere birbirinden tamamen bağımsız rasgele yürüyüş sürecinden üretilen iki

değişkenden elde edilen Şekil 3.2’te sunulan regresyon modelleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda sahte regresyon sorunun örneklem büyüklüğü ile arttığı gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Sahte ve geçerli regresyon modellerinin örneklem büyüklüğüne göre kabul oranı (Davidson ve MacKinnon, 2003).

Zaman serisi analizinde, önemli bir yeri olan durağanlık basit bir ifadeyle, değişkenin, ortalama ve varyansının zaman içerisinde sistematik olarak değişmemesidir (Gujarati, 2004). Eğer değişkenin, ortalaması ve varyansı zaman içerisinde sabit, kovaryansı ise zaman yerine kovaryans terimlerindeki zaman büyüklüğüne bağlı ise değişkene kovaryans durağan denir. Literatürde kovaryans durağan süreç yerine, zayıf durağan ya da ikinci derece durağan ifadeleri de kullanılabilir. Kovaryans durağan sürecin özellikleri aşağıda sunulmuştur (Enders, 2004). $s \neq 0$ ve $z \neq 0$ olmak üzere,

$$E(X_t) = E(X_{t+s}) = \mu_x \quad (3.88)$$

$$V(X_t) = E(X_t - E(X_t))^2 = E(X_t - \mu_x)^2 = \sigma_x^2 = V(X_{t+s}) \quad (3.89)$$

$$\begin{aligned} \text{Kov}(X_t, X_{t+s}) &= E[(X_t - E(X_t))(X_{t+s} - E(X_{t+s}))] = E[(X_t - \mu_x)(X_{t+s} - \mu_x)] \\ &= \gamma_{x_i}(s) = \text{Kov}(X_{t-z}, X_{t-z+s}) \end{aligned} \quad (3.90)$$

Eğer, N zaman diliminden elde edilmiş gözlemlerden oluşan X_i değişkenin, z gözleme $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iz})$ ilişkin bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonu ile s gecikmeyle ötelemeli gözlemlere $(X_{i1+s}, X_{i2+s}, \dots, X_{iz+s})$ ilişkin bileşik dağılım fonksiyonu birbirine Eş. 3.91'de sunulduğu gibi eşit ise ve olasılıksal sürecin özellikleri zaman içerisinde değişmiyorsa, bu sürece güçlü durağan (tam durağan) denilmektedir (Greene, 2002).

$$F_{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iz}}(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iz}) = F_{X_{i1+s}, X_{i2+s}, \dots, X_{iz+s}}(X_{i1+s}, X_{i2+s}, \dots, X_{iz+s}), \quad (s \neq 0) \quad (3.91)$$

Güçlü durağan bir süreç aynı zamanda zayıf durağan bir süreçtir. Ancak zayıf durağan süreç, güçlü durağan bir süreç değildir. Çünkü güçlü durağan süreç, zayıf durağan sürece ek olarak 3. ve 4. momentlerinin de durağanlığı sağlamaktadır. Uygulamada değişkenlerin 3. ve 4. momentlerinin elde edilmesinin zorluğu nedeniyle güçlü durağanlık yerine zayıf durağanlık kullanılmaktadır. Değişkenlerin durağanlıklarının incelenmesinde korelogram testi ile birim kök testlerinden yararlanılmaktadır (Işığışık, 1994).

3.2.5.1. Korelogram testi ile durağanlık sınaması

m gecikmeye kadar elde edilen OF katsayılarının, gecikme değerlerine karşı çizilen grafiğine korelogram denilmektedir (Gujarati, 2004).

Durağan değişkenler için, korelogramda OF katsayılarının sifıra yaklaşma, sönümleme eğilimi göstermektedir. Eğer değerler, artma eğilimine sahipse, değişenin durağan olmadığına karar verilir ve yineleme sürecine girilir. Yinelemenin i. adımında, değişkenin i. dereceden farkı alınarak tekrar korelogram çizilir ve OF katsayıları incelenir. Yineleme OF katsayılarının yukarıda belirtilen durağanlık belirtisini sağlayana kadar tekrarlanır (Maddala ve Kim, 1999).

Değişken akgürültü ise, durağandır ve örneklem OF'u $r_{x_i}(s)$ de yaklaşık olarak $N(0, 1/n)$ dağılmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak durağanlığın kontrolü için m gecikmeye kadar $(s = 1, 2, \dots, m)$ aşağıdaki hipotez yinelenerek sınanır.

$$H_0 : \rho_{x_i}(s) = 0$$

$$H_A : \rho_{x_i}(s) \neq 0$$

s değerleri $r_{x_i}(s)$, aralığında kalıyor ise, testin güven düzeyinde yokluk hipotezinin kabul edildiği söylenebilir. Eğer $\forall s$ gecikme değerleri için yokluk hipotezleri kabul edilirse, X_i değişkeninin durağan olduğu söylenebilir (Kutlar, 1998).

Box ve Pierce (1970), yukarıdaki hipotezin her bir s değeri için sınanması yerine, Eş. 3.92'de sunulan, geliştirdikleri Q istatistiği ile m adet hipotezin birleşik hipotez şeklinde sınanmasını önermişlerdir.

$$Q = \left(n \sum_{s=1}^m r_{x_i}^2(s) \right) \sim \chi_m^2 \quad (3.92)$$

Q istatistiği, $V(r_{x_i}(s))$ 'nin, $(1/n)$ olması varsayımına dayanır ve m serbestlik derecesi ile Ki kare dağılımına uymaktadır.

$$V(r_{x_i}(s)) = \frac{n-s}{n(n+2)} \approx \frac{1}{n} \quad (3.93)$$

Ljung ve Box (1978), Q istatistiğini temel alarak, Eş. 3.94'te sunulan, m serbestlik derecesi ile Ki kare dağılımına uyan \bar{Q} test istatistiğini önermişlerdir.

$$\bar{Q} = \left(n(n+2) \sum_{s=1}^m \left(\frac{r_{x_i}^2(s)}{n-k} \right) \right) \sim \chi_m^2 \quad (3.94)$$

100 örneklem büyüklüğü, 30 gecikme değeri için 1000 tekrardan oluşan benzetim çalışmalarında, \bar{Q} istatistiğinin Ki kare dağılımı içerisinde kaldığı buna karşın Q. istatistiğinin ise Ki kare dağılımını aştığı gösterilmiştir. Ayrıca küçük örneklem büyüklüklerinde \bar{Q} istatistiğinin, Q istatistiğinden daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

3.2.5.2. Birim kök testleri ile durağanlık sınaması

Literatürde durağan olmayan, rasgele yürüyüş, birim kök terimleri eşanlamlı olarak kullanılmaktadır. Rasgele yürüyüş modeli, ε_t akgürültü olmak üzere Eş. 3.95'te sunulmuştur.

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.95)$$

Rasgele yürüyüş modelinin, durağan olmadığı Eş. 3.96'da sunulmuştur.

$$X_1 = X_0 + \varepsilon_1$$

$$X_2 = X_1 + \varepsilon_2 = X_0 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

⋮

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + \sum_{s=1}^t \varepsilon_s$$

$$E(X_t) = E\left(X_0 + \sum_{s=1}^t \varepsilon_s\right) = E(X_0) = X_0 \quad (3.96)$$

$$V(X_t) = E(X_t - E(X_t))^2 = E(X_t - X_0)^2 = E\left(\sum_{s=1}^t \varepsilon_s\right)^2$$

$$= E(\varepsilon_1^2 + \dots + \varepsilon_t^2 + 2\varepsilon_1\varepsilon_2 + \dots + 2\varepsilon_1\varepsilon_t) = E(\varepsilon_1^2) + \dots + E(\varepsilon_t^2) = t\sigma_\varepsilon^2$$

Rasgele yürüyüş modelinin durağan olmamasına karşın, birinci dereceden farkı durağandır.

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$X_t - X_{t-1} = X_{t-1} - X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.97)$$

$$\Delta X_t = \varepsilon_t$$

ε_t 'nin akgürültü olması sebebiyle, ΔX_t 'de durağan olur. Bu durum birim kök testlerinin çıkış noktasıdır (Gujarati, 2004).

Literatürde birçok birim kök testi vardır. İlk geliştirilen birim kök testi, Dickey Fuller birim kök testidir (DFT) ve uygulamada en çok kullanılan birim kök testi ise aynı yazarlar tarafından önerilen ilk testin geliştirilmiş şekli olan Geliştirilmiş Dickey Fuller birim kök testidir (GDFT).

Dickey Fuller Birim Kök Testi

DFT'nin çıkış noktası Eş. 3.95'te gösterilen, rasgele yürüyüş modelinin birinci farkının durağan olmasıdır. DFT'de değişkenin duranlığının sınanması için kullanılan modelin elde edilişi Eş. 3.98'de sunulmuştur (Gujarati, 2004). ε_t akgürültü olmak üzere,

$$X_t = \rho X_{t-1} + \varepsilon_t, \quad -1 \leq \rho \leq 1$$

$\rho = 1 \Rightarrow$ Süreç rasgele yürüyüştür ve X durağan değildir.

$$\Delta X_t = (1 - \rho)X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.98)$$

$$(I. Model) \Delta X_t = \delta X_{t-1} + \varepsilon_t, \quad -2 \leq \delta \leq 0$$

$\delta = 0 \Rightarrow$ Süreç rasgele yürüyüştür ve X durağan değildir.

Eğer, model sabit terimi içeriyorsa, Eş. 3.99'da sunulan,

$$(II. Model) \Delta X_t = \beta_0 + \delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.99)$$

hem sabit terimini hem de eğilim terimini içeriyorsa, Eş. 3.100'de sunulan,

$$(III. Model) \Delta X_t = \beta_0 + \beta_e t + \delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.100)$$

model kullanılmalıdır.

DFT'de aşağıdaki hipotez sınanır,

I. Model için hipotez

$$H_0 : \delta = 0$$

$$H_A : \delta \neq 0$$

II. Model için hipotez

$$H_0 : \delta = \beta_0 = 0$$

$$H_A : \delta \neq \beta_0 \neq 0$$

III. Model için hipotez

$$H_0 : \delta = \beta_0 = \beta_e = 0$$

$$H_A : \delta \neq \beta_0 \neq \beta_e \neq 0$$

Hipotezlerin sınanması için gerekli olan t ve F istatistikleri, standart t ve F dağılımına sahip değildir. Bu nedenden dolayı, hesaplanan t ve F istatistiklerinin karşılaştırılması için gerekli olan kritik değerler D.A. Dickey ve W.A. Fuller tarafından benzetim çalışmasıyla edilmiş ve tablolştırılmıştır (Kutlar, 1998).

Geliştirilmiş Dickey Fuller Birim Kök Testi

DFT, hata terimleri (ε_t) arasında korelasyon olmadığını varsaymıştır. D.A. Dickey ve W.A. Fuller, hata terimleri arasında otokorelasyon sorunu olduğu durumları da kapsayacak şekilde DFT geliştirmişlerdir. Eş. 3.98-100. denklemlerdeki hata terimlerinde oluşabilecek otokorelasyon sorununun çözümü için, modellere m adet birinci dereceden fark alınmış gecikme değerlerini eklenmiştir. m'in değeri, hataların otokorelasyonsuz olmasını sağlayacak kadar büyük olmalıdır.

GDFT'de kullanılan modeller aşağıda sunulmuştur.

$$(I. Model) \Delta X_t = \delta X_{t-1} + \sum_{s=1}^m (\alpha_s \Delta X_{t-s}) + \varepsilon_t \quad (3.101)$$

$$(II. Model) \Delta X_t = \beta_0 + \delta X_{t-1} + \sum_{s=1}^m (\alpha_s \Delta X_{t-s}) + \varepsilon_t \quad (3.102)$$

$$(III. Model) \Delta X_t = \beta_0 + \beta_e t + \delta X_{t-1} + \sum_{s=1}^m (\alpha_s \Delta X_{t-s}) + \varepsilon_t \quad (3.103)$$

GDFT'de kullanılan hipotezler ve kritik değerler, DFT'de kullanılanlar ile aynıdır (Gujarati, 2004).

Kadılar (2000), GDFT ile değişkenin durağanlığının kontrol edilmesinden önce serilerin gecikme sayısının (m) belirlenmesi gerektiğini belirtmektedir. En sağlıklı yolun modellerin Akaike ya da Schwarz bilgi kriterlerinin değerlerine göre karşılaştırılması ve aynı zamanda artıkların akgürültü olup olmadığının kontrol edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bir değişkenin durağan olması iki kriterin aynı anda sağlanmasıyla olmaktadır. Belirlenen en büyük gecikme değerine kadar bu süreç tekrarlanır.

1. GDFT sonucunda test istatistiğine ilişkin anlamlılık değerinin, belirlenen kritik değerden küçük olması,
2. Belirlenen en büyük gecikme değerine kadar \forall gecikme değerinde, GDFT'de kullanılan modelin artıkları Korelogram testine tabi tutulması. Korelogram testinin, test istatistiğine ilişkin anlamlılık değerinin, belirlenen kritik değerden küçük olması (Kadılar, 2000).

3.3. Yol analizi

Yol analizi, Regresyon analizi ile Pearson korelasyon analizini temel almaktadır. Yol analizi, Regresyon analizini temel almasına karşın, bu analizden daha üstün yanları vardır. Suhr (2008), Yol analizinin, Regresyon analizine olan üstünlüklerini aşağıdaki maddeler halinde sıralamıştır.

1. Yol analizi, regresyon analizine göre uygulama açısından daha esnek bir yapısı vardır, daha ayrıntılı ve kapsamlıdır.

2. Regresyon analizinde değişkenler ya bağımlı ya da bağımsız değişkendir. Yol analizinde ise regresyon analizinin aksine bir değişken hem bağımlı değişken hem de bağımsız değişken olabilmektedir.

3. Grafikselle gösterim, değişkenler arasındaki karmaşık ilişkilerin gösteriminde kullanışlı ve etkilidir. Yol analizinde kullanılan ve yol şeması adı verilen grafikselle gösterim sayesinde modelin sunumunda Regresyon analizine göre çok daha üstündür.

Blank ve Schmiesing (1988), de Yol analizinin, Regresyon analizine en az üç konuda üstünlüğü bulunduğunu belirtmiştir.

1. Yol analizini kullanmak açıklayıcı değişkenler arasında bir model kurmaya ve değişkenler arasındaki içsel ilişkilerden faydalanarak bu değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisini daha iyi tahmin etmeyi sağlar.

2. Yol analizi, modeldeki hangi değişkenlerin bağımlı değişken ile en güçlü nedensel ilişkiye sahip olduğunun belirlenmesini sağlar.

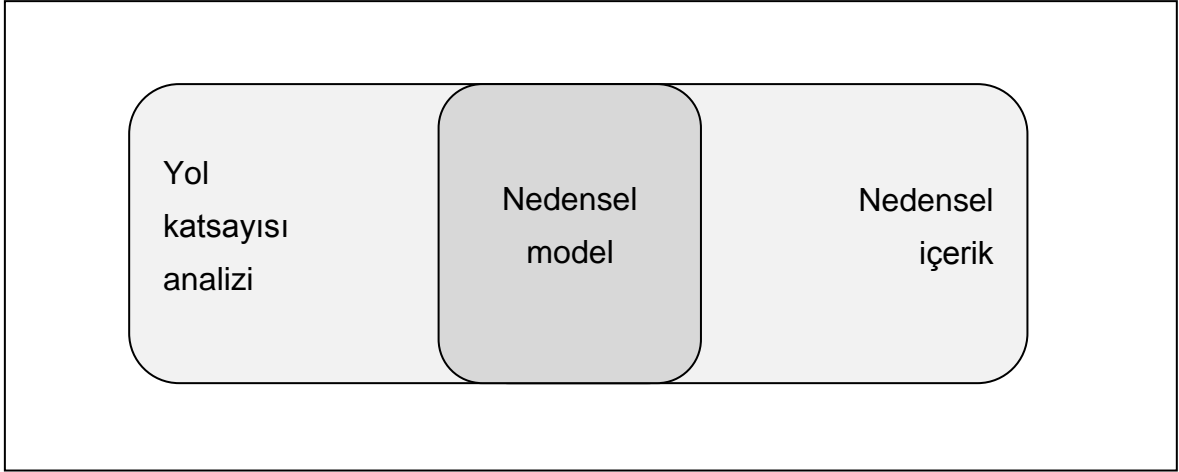
3. Yol analizi, bu nedensel ilişkinin nasıl doğduğunu ve her bir ilişkinin göreceli gücünü değerlendirmeyi sağlar.

Kuram açısından basit, uygulanabilirliği kolay ve Regresyon analizine göre birçok üstünlüğü bulunmasına ve Regresyon analizi kadar geçmişi olan bu analiz, Regresyon analizi kadar yaygınlaşmamıştır. Bunun nedeni, Yol analizinin, tüm bu üstünlüklerine rağmen uygulanmasında dikkat edilmesi gereken çok hassas noktaları olmasıdır. Bu noktaların yanlış yorumlanması veya bu noktalara dikkat edilmemesi, sonuçların hatalı yorumlanmasına neden olmaktadır. Bu hassas noktaların, daha iyi anlaşılabilmesi için Yol analizinin tarihselle gelişimine bakmak gerekir.

Yol analizi, 1921 yılında S. Wright tarafından Yol katsayısı analizi adıyla ileri sürülmüştür. Yol katsayısı analizi, incelenen değişkenler arasında dolaysız ve dolaylı nedensel ilişkilerin tanımlanmasını ve ölçülmesini sağlayan bir analiz olarak tanımlanmıştır. Wright, 20 yy.ın önde gelen evrim biyologlarından ve Kitle genetiğinin kurucularındandır. Bu ve daha birçok başarısının aksine Wright, Yol katsayısı analizini en önemli çalışmalarından birisi olarak görmüş ve ölümüne

kadar bu konuya yoğunlaşmıştır. Yaşamını konu alan çalışmalarda, Yol katsayısı analizinin Wright'ın evrim kuramı çalışmalarının bel kemiğini oluşturduğu belirtilmektedir. Wright'ın tüm bu başarılarına ve bu analize verdiği öneme rağmen, Yol katsayısı analizi, dönemin biyologları tarafından, neredeyse tamamen gözardı edilmiştir (Shibley, 2000).

Yol analizinin, kabul edilmemesinin nedeni dönemin araştırmacılarının, Wright'ın modelde empoze ettiği nedensel ilişkileri doğrulayacak bir yol görememeleri olarak gösterilmektedir. Wright, Pearson korelasyon katsayısını kullanarak, A ve B gibi iki değişken arasında bulunan anlamlı bir ilişkinin, "A'nın, B'nin nedeni ve aynı zamanda B'nin de A'nın nedeni olduğu" şeklinde yorumlanacağını belirtmiştir. Biyolojideki bazı değişkenlerin tersinemez sırada meydana gelmesinden yararlanarak, bu tarz değişkenler için Pearson korelasyon katsayısının belirttiği iki yönlü ilişkinin, gerçekte tek yönlü nedenselliği gösterdiğini belirtmiştir. Böylelikle eğer A değişkenin, B değişkeninden önce gelmesi biyolojik bir kurala ve A ile B arasında anlamlı bir korelasyon mevcut ise Wright, bunun "A, B'nin nedenidir" şeklinde yorumlanması gerektiğini belirtmiştir (Yu, 2007). Ancak incelenen her model, biyolojideki değişkenler gibi bir zamansal koşul içermeyebilir. Denis ve Legerski (2006), Yol analizinin, incelenen modeldeki nedenleri keşfetmek değil, araştırmacının tanımladığı nedensel modelin kabul edilebilirliğine ışık tutmak olduğunu aktarmıştır. Wright'ı en çok eleştiren araştırmacılardan birisi olan Niles, Yol katsayısı analizinin, matematiksel yapısından çok felsefi yapısını eleştirmiştir. Niles ve daha birçok araştırmacıya göre Yol katsayısı analizi Wright'ın belirttiği şekilde nedenselliği teşhis edememektedir. Wright tarafından önerilen yol modelde, değişkenler arasındaki bir değişkenin diğerinden önce meydana gelmesi varsayımı yer almaktadır ve bu varsayım altında elde edilen model süslü bir regresyon modelinden başka bir şey olmamaktadır. Bu görüş günümüzde de birçok araştırmacı tarafından kabul görmektedir. Yol katsayısı analizi, nedensel içerikten bağımsız olarak düşünülmelidir. Yol katsayısı veya başka herhangi bir istatistiksel analiz, nedensel içeriğe uygulanması isteniyorsa, ortaya Nedensel model çıkmaktadır ve bu durum Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Şekil 3.3'te sunulan kesişim alanı ne kadar küçükse Nedensel model o kadar zayıf, alan ne kadar büyükse Nedensel model o kadar güçlüdür (Denis ve Legerski, 2006).



Şekil 3.3: Yol katsayısı analizi ile Nedensel içeriğin birleşimi olarak Nedensel model (Denis ve Legerski, 2006).

Yol analizi ile ilgili birçok kaynak, Nedensel içerikli modellerde, Yol analizinin uygulanışı üzerinden Yol analizini açıklamaktadır. Bu nedenle, söz konusu kaynaklardan konuyu öğrenen araştırmacılar, modellerinde değişkenler arasında teorik veya istatistiksel analizlere dayandırılmayan keyfi nedensellikler tanımlayabilmekte ve elde ettikleri sonuçları nedenselliğe bağlayarak hataya düşmektedirler.

Günümüzde literatürde Yol katsayısı analizi, Yol analizi olarak geçmektedir. Bu tez kapsamında da Yol analizi terimi tercih edilmiştir.

Yol analizinin başlıca amacı, incelenen modelin bir bütün olarak, veri seti ile uyumunun test edilmesidir. Ancak, bu amacın dışında, yol analizinin, modelin içerdiği belirli değişkenlerin birbirleri üzerindeki dolaysız ya da dolaylı etkilerinin varlığının belirlenmesinde ve anlamlılıklarının denetlenmesinde kullanımı da önem arz etmektedir (Leclair, 1981).

Bu tez kapsamında, Yol analizi, incelenen modelin içerdiği değişkenlerin, bağımlı değişken üzerindeki dolaysız ve dolaylı anlamlı etkilerinin varlığının araştırılması için kullanılmıştır. Bu nedenle, Yol analizi ile ilgili bilgilerin aktarımında modelin, veri setine olan uyumunun inceleyen uyum iyiliği testlerine girilmeyecektir.

Yol analizi¹, Regresyon analizinin bir uzantısı olduğundan, doğrusallık, normallik, hata terimlerinde otokorelasyon sorunun olmaması vb. gibi Regresyon analizinin varsayımlarını içermektedir.

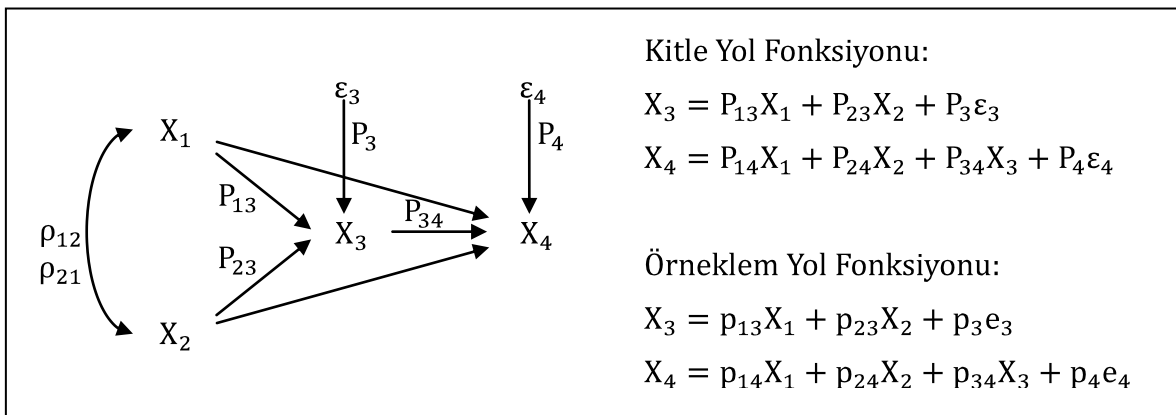
Yol analizinde, değişkenler Regresyon analizindeki gibi ya bağımlı ya da bağımsız olmadıkları için farklı bir isimlendirme kullanılmaktadır. Yol analizinde üç tip değişken vardır.

Dışsal değişken: Modelde, hiçbir değişken tarafından açıklanmayan, Regresyon analizindeki bağımsız değişkene karşılık gelen değişkendir.

İçsel değişken: Modelde, dışsal ya da başka içsel değişkenler tarafından açıklanan, başka içsel değişkenleri ve bazı durumlarda bağımsız değişkeni açıklayan değişkendir. İçsel değişken kavramı Regresyon analizinde mevcut değildir. İçsel değişken, duruma göre Regresyon analizindeki hem bağımsız hem de bağımlı değişken özelliği göstermektedir.

Bağımsız değişken: Modelde, hiçbir değişkeni açıklamayan, dışsal ve içsel değişkenler tarafından açıklanan, Regresyon analizindeki bağımlı değişkene karşılık gelen değişkendir.

Yol analizinde, araştırmacı tarafından tanımlanan Yol modeli incelenmektedir. Yol modeli, eşitlikler ile ifade edilebildiği gibi Yol şeması kullanılarak daha görsel ve daha kolay anlaşılır bir şekilde de sunulabilir. Şekil 3.4'te örnek bir Yol şeması sunulmuştur.



Şekil 3.4: Yol modelinin, Yol şeması ve eşitlik kullanılarak gösterimi

¹ Yol analizinin anlatımında Olobatuyi (2006)'den yararlanılmıştır.

Yol analizinde kullanılan X değişkenleri, X* değişkenlerinin (X*, orijinal değişkeni temsil etmek üzere) standartlaştırılmış halidir. Aynı durum hata terimleri için de geçerlidir. Dışsal değişkenler arasındaki korelasyon anlamlı ise Yol şemasında yer almalıdır.

Yol analizinin en önemli parçası, Yol katsayısıdır. Kitle Yol katsayısı P, en iyi tahmin edicisi ise p ile gösterilmiştir. Yol katsayısı, standartlaştırılmış Regresyon katsayısıdır. p_{13} için Yol katsayısı ile Regresyon katsayısı arasındaki ilişki Eş. 3.104'te sunulmuştur.

$$p_{13} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_{1t}^* - \bar{X}_1^*)}{(n-1)}}}{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_{3t}^* - \bar{X}_3^*)}{(n-1)}}} b_1, (X_3^* = b_0 + b_1 X_1^* + b_2 X_2^* + e^*) \quad (3.104)$$

Regresyon analizinde b_1 'in anlamlı bulunması, Yol analizinde p_{13} katsayısının da anlamlı olduğunu göstermektedir.

Yol katsayısı, Şekil 3.4'teki p_{13} için, X_1 değişkeninin standart sapmasındaki bir birimlik değişimin, X_3 değişkeninin standart sapmasında net p_{13} birimlik bir değişime yol açmaktadır. Net değişimden kasıt, bu değişim miktarında diğer değişkenlerin etkisinin arındırıldığını belirtmektir. Yol katsayısı, Regresyon katsayısının aksine değişkenlerin ölçüm birimlerinden bağımsızdır. Bu bağımsızlık, Yol katsayısına yorumlamada ve karşılaştırmalarda Regresyon katsayısına göre avantaj sağlamaktadır. Bu noktayı bir örnek üzerinde daha iyi açıklayabiliriz. Bağımlı değişkeni (X_3) açıklamak için birisi orandan (X_1) diğeri de parasal tutardan (X_2) elde edilen iki bağımsız değişken kullanılsın. Bu iki değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etki miktarları eşit olsun. Regresyon analizinden elde edilen katsayılar b_2 , b_1 'den çok küçük, Yol analizinden elde edilen katsayılar p_{13} ile p_{23} ise birbirlerine eşit bulunacaktır. Bu durum göstermektedir ki bağımlı değişken üzerinde hangi bağımsız değişkenin daha etkili olduğu bulunmak isteniyorsa, Regresyon katsayısı yerine Yol katsayısı incelenmelidir. Bu karşılaştırmaya kovaryans ile korelasyon arasındaki bağlantı örnek gösterilebilir.

Suhr (2008), Yol katsayısının değeri, eğer 0,10'dan küçük ise zayıf, 0,10 ile 0,50 arasındaysa orta ve 0,50'den büyük ise güçlü bir etkinin varlığını gösterdiğini belirtmiştir.

Şekil 3.4'te, p_{13} , X_1 değişkeninin X_3 değişkeni üzerindeki dolaysız etkisini, $r_{12}p_{13}$ ise X_1 değişkeninin X_3 değişkeni üzerindeki dolaylı etkisini göstermektedir. Tek indisli yol katsayısı p_3 ise, karesi alındığında (p_3^2), Yol modeli tarafından X_3 içsel değişkenindeki değişimin model tarafından açıklanamayan miktarını yüzde biçiminde yansıtmaktadır.

Etki miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki yol benimsenmektedir. Gösterimler için Şekil 3.4'teki örnekten yararlanılmıştır.

Öncelikle Yol modelinde yer alan her bir eşitliğin her iki tarafı da, eşitlikteki açıklayıcı değişkenler ile tek tek çarpılarak yeni eşitlikler elde edilir.

$$\begin{aligned}
 \sum X_1X_3 &= p_{13} \sum X_1X_1 + p_{23} \sum X_1X_2 + p_3 \sum X_1e_3 \\
 \sum X_2X_3 &= p_{13} \sum X_1X_2 + p_{23} \sum X_2X_2 + p_3 \sum X_2e_3 \\
 \sum X_1X_4 &= p_{14} \sum X_1X_1 + p_{24} \sum X_1X_2 + p_{34} \sum X_1X_3 + p_4 \sum X_1e_4 \\
 \sum X_2X_4 &= p_{14} \sum X_1X_2 + p_{24} \sum X_2X_2 + p_{34} \sum X_2X_3 + p_4 \sum X_2e_4 \\
 \sum X_3X_4 &= p_{14} \sum X_1X_3 + p_{24} \sum X_2X_3 + p_{34} \sum X_3X_3 + p_4 \sum X_3e_4
 \end{aligned} \tag{3.105}$$

Şekil 3.4'teki örnek için toplam beş adet eşitlik elde edilir. Eşitliklerdeki her terim birden örneklem büyüklüğü n 'e kadar toplanır.

X 'in , X^* 'ın standartlaştırılmış hali olmasından yararlanarak. Eş. 3.106'da sunulan sonuçlara ulaşılır.

$$\begin{aligned}
\sum X_i X_j &= \sum \left(\frac{(X_i^* - \bar{X}_i^*)}{\sqrt{\frac{\sum (X_{ij}^* - \bar{X}_i^*)^2}{n-1}}} \frac{(X_j^* - \bar{X}_j^*)}{\sqrt{\frac{\sum (X_j^* - \bar{X}_j^*)^2}{n-1}}} \right) \\
&= \sum \left(\frac{(X_i^* - \bar{X}_i^*)(X_j^* - \bar{X}_j^*)}{\sqrt{\frac{\sum (X_{ij}^* - \bar{X}_i^*)^2}{n-1} \frac{\sum (X_j^* - \bar{X}_j^*)^2}{n-1}}} \right) \\
&= (n-1) \sum \left(\frac{(X_i^* - \bar{X}_i^*)(X_j^* - \bar{X}_j^*)}{\sqrt{\sum (X_{ij}^* - \bar{X}_i^*)^2 \sum (X_j^* - \bar{X}_j^*)^2}} \right) = (n-1)r_{ij}
\end{aligned} \tag{3.106}$$

Eş. 3.106'daki sonuç ve yukarıda Regresyon varsayımlarında sunulan yedinci varsayım yardımıyla ($\sum X_i e_j$) teriminin sıfıra eşit olduğu görülmektedir.

Eş. 3.105'te elde edilen tüm eşitlikleri $(n-1)$ 'e bölünerek, Eş. 3.106'daki sonuç yardımıyla Eş. 3.107'ye ulaşılır.

$$\begin{aligned}
r_{13} &= p_{13} + p_{23}r_{12} \\
r_{23} &= p_{13}r_{12} + p_{23} \\
r_{14} &= p_{14} + p_{24}r_{12} + p_{34}r_{13} \\
r_{24} &= p_{14}r_{12} + p_{24} + p_{34}r_{23} \\
r_{34} &= p_{14}r_{13} + p_{24}r_{23} + p_{34}
\end{aligned} \tag{3.107}$$

Eş. 3.107'deki eşitliklerin sol tarafında elde edilen korelasyon katsayılarından, eşitliklerin sağ tarafında yer alanlarının yerine karşılıkları yazılarak ve gerekli sadeleştirme işlemleri yapılarak Eş. 3.108'e ulaşılır. Eş. 3.108'de sunulan r_{ij} 'ler model tarafından üretilen korelasyon matrisini oluşturmaktadır.

$$\begin{aligned}
r_{13} &= p_{13} + p_{23}r_{12} \\
r_{23} &= p_{23} + p_{13}r_{12} \\
r_{14} &= p_{14} + p_{13}p_{34} + (p_{23}p_{34} + p_{24})r_{12} \\
r_{24} &= p_{24} + p_{23}p_{34} + (p_{14} + p_{13}p_{34})r_{12} \\
r_{34} &= p_{34} + p_{14}p_{13} + p_{24}p_{23} + (p_{14}p_{23} + p_{13}p_{24})r_{12}
\end{aligned} \tag{3.108}$$

Eş. 3.108’de sunulan eşitliklerin sağ taraflarında bulunan ve çarpım şeklinde olmayan tekil terimler dolaysız etkileri göstermektedir. Eşitliklerin sağ taraflarındaki dolaysız etkiyi temsil eden terimlerin dışında kalan kısımlar ise dolaylı etkiyi göstermektedir.

Yol analizinden elde edilen sonuçların yorumlanmasında en çok kullanılan Şekil 3.4’teki örnek için geçerli dolaysız, dolaylı ve toplam etki tabloları aşağıda sunulmuştur. Tablolar, satır değişkeninin, sütun değişkenine olan etkisini gösterecek şekilde oluşturulmuştur. Bağımlı değişkenler, satır değişkenleri arasında, dışsal değişkenler de sütun değişkenleri arasında yer almaz.

Çizelge 3.6: Şekil 3.4’teki örnek için dolaysız etkiler.

	X_3	X_4
X_1	p_{13}	p_{14}
X_2	p_{23}	p_{24}
X_3	— — —	p_{34}

Çizelge 3.7: Şekil 3.4’teki örnek için dolaylı etkiler.

	X_3	X_4
X_1	$p_{23}r_{12}$	$p_{13}p_{34} + (p_{23}p_{34} + p_{24})r_{12}$
X_2	$p_{13}r_{12}$	$p_{23}p_{34} + (p_{14} + p_{13}p_{34})r_{12}$
X_3	— — —	$p_{14}p_{13} + p_{24}p_{23} + (p_{14}p_{23} + p_{13}p_{24})r_{12}$

Çizelge 3.8: Şekil 3.4’teki örnek için toplam etki.

	X_3	X_4
X_1	$p_{13} + p_{23}r_{12}$	$p_{14} + p_{13}p_{34} + (p_{23}p_{34} + p_{24})r_{12}$
X_2	$p_{23} + p_{13}r_{12}$	$p_{24} + p_{23}p_{34} + (p_{14} + p_{13}p_{34})r_{12}$
X_3	— — —	$p_{34} + p_{14}p_{13} + p_{24}p_{23} + (p_{14}p_{23} + p_{13}p_{24})r_{12}$

İncelenen model için Regresyon analizi sonucunda anlamlı bulunan Yol katsayıları ile dışsal değişkenler arasındaki anlamlı korelasyon katsayılarından yukarıdaki yöntem ile oluşturulan çizelgeler yorumlanarak, bağımlı değişken üzerindeki etkili değişken bulunur. Ayrıca Yol şeması kullanılarak, bağımlı değişken üzerindeki etki zincirleri tespit edilebilir ve bulunan etki zincirlerinin göreceli etkileri birbirleriyle karşılaştırılabilir. Dolayısıyla incelenen sisteme ilişkin dinamikler yol analizi ile ortaya çıkartılabilir (Olobatuyi, 2006).

Ancak zaman serisi özelliği içeren değişkenlerin gecikmeli değerlerinden oluşan Yol modelinde, dışsal değişkenler arasındaki anlamlı korelasyon katsayılarının modele dahil edilmesi hatalı hesaplamalara ve yorumlara yol açmaktadır. Bu nedenle bu tez kapsamında oluşturulan Yol modelinde, dışsal değişkenler arasındaki anlamlı korelasyon katsayıları modele dahil edilmemiştir.

4. UYGULAMA

Literatürde, zaman serileri için Yol analizi ile Granger nedenselliğin birleşiminden oluşan yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bu alandaki teorik çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Eichler (2007), çok değişkenli zaman serileri için Granger nedensellik kavramı ile Yol şeması kullanımını teorik olarak göstermiştir. Çalışmada Grafiksel modellerin gösteriminde, AR modellerinden yararlanılmıştır. Sonuç bölümünde, Yol şemasının, zaman serilerindeki Otoregresif yapıyı görsel ve özlü bir şekilde kolaylıkla aktarabilmesinin önemine işaret edilmiştir. Ayrıca Yol şemasının, bilgisayar aracılığı ile basit bir şekilde hesaplanabildiği ve bu sayede, zaman serilerindeki yüksek boyutlu nedensel yapının kolaylıkla incelenebildiği de belirtilmiştir. Thiesson ve ark. (2004), de ARMA modellerinde, Grafiksel modellerin gösterimini sunmuşlardır.

Fosen ve ark. (2006a, 2006b), çalışmalarında klasik Yol analizinin bir uzantısı olan Dinamik yol analizini oluşturmuşlardır. Bu yöntem, klasik Yol analizi ile Toplamsal tehlike regresyon modelinin birleşiminden oluşmaktadır. Regresyon analizinin hatalı sonuç üretebildiği zamana bağlı ortak değişim içeren zaman serilerinde verimli olabileceği belirtilmiştir.

Ayrıca yönteme benzerlik göstermesi açısından bu alandaki uygulamalı çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Blank ve Schmiesing (1988), Ekim 1982 ile Eylül 1983 tarihleri arasındaki günlük veri kullanarak, Amerikan mısır piyasasındaki fiyat ilişkilerinin modellenmesi üzerine yaptıkları çalışmada Nedensellik analizi ile Yol analizini birleştirerek kullanmışlardır. Çalışmanın sonuç bölümünde, kullanılan yöntemin, değişkenler arasındaki karmaşık ilişki ağının çözümlenmesinde ve yorumlanmasında, tarım ekonomistlerinin sahip oldukları imkanları arttıracak bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir.

Gillman ve Nakov (2004), Macaristan ve Polonya ekonomilerinin Nisan 1987 ile Nisan 2002 dönemi için aylık verilerini kullanarak dışsal para arzının enflasyon ve üretim büyüme oranının üzerine, değişime neden olmasını içeren bir model

kurmuştur. Polonya ve Macaristan için, paradan enflasyona pozitif, enflasyondan büyüme ise negatif bir Granger nedensellik tespit edilmiştir.

Rittenberg (1989), Sermaye ve İşgücünün, Toplam gelirdeki büyüme oranı üzerindeki dolaysız ve Tarım, Üretim, Hizmet sektörleri ile İhracat üzerinden dolaylı etkilerini Yol analizi ile incelemiştir. Çalışmanın sonuç bölümünde, gelirdeki artışı etkileyen dinamiklerin ve sektörsel etkilerin belirlenmesinde Yol analizinin katkısı vurgulanmıştır.

Meurk ve ark. (2007), Ağustos 1971 ile Kasım 1996 tarihleri arasında mevsimsel veri kullanarak, Yeni Zelanda'da fare nüfusu ve doğum sayısı ile kayın ağacı ekimi arasındaki ilişki sistemini incelemiştir. Çalışmada kullanılan yöntem ekolojik zaman serilerinin Grafiksel modellemesidir. Yöntem bölümünde, Granger'ın nedensellik tanımından ve Yol şemasından yararlanılmıştır. Bağımlı değişkenin açıklanmasında en fazla iki gecikme kullanılmıştır. Çalışmanın sonuç bölümünde, elde edilen sonucun çok tatmin edici olmadığı belirtilmiştir. Buna karşın kullanılan yöntemin yararlarından, özellikle ekosistemdeki ilişki yapısının görsel gösteriminin avantajı ve bu yöntem sayesinde daha önce tespit edilmemiş ilginç etkileşimlerin belirlenebildiği vurgulanmıştır.

Bullmore ve ark. (2000), fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme ile beynin çeşitli bölgelerindeki tek yönlü etkileri Yol analizi kullanarak incelemiştir. Friston (2009) ise, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme ile beynin bir yarısının diğeri üzerindeki etkisini Granger nedensellik ve zamana bağlı veri kümesi kullanarak incelemiştir.

Uygulama alanında Granger nedensellik ile Yol analizinin birleşimine en çok benzeyen ve aynı alanda kullanılan yöntem Granger nedensellik ile Vektör Otoregresif (VAR) modellerin birleşimidir. Blank ve Schmiesing (1988), Nedensellik ile Yol analizinin birleşiminin, VAR'dan üç noktada üstün olduğunu belirtmiştir. Bunlardan birincisi, VAR modelleri, değişkenler arasındaki ilişkinin sahte mi yoksa gerçek mi olduğunu ayırt edememektedir. İkincisi, VAR modelleri, değişkenlerden birisinin diğeri üzerindeki dolaylı etkisini ölçmemektedir. Uygulamada birçok değişkenin sadece dolaylı etkisi mevcuttur. Son olarak da, VAR modelleri özellikle toplam etki gibi sonuçları ölçmemektedir.

Bu tezde, para krizleri erken uyarı sistemlerinden birisi olan Yol analizi yaklaşımının Türkiye'nin finans sistemi üzerine uygulaması yapılmıştır.

Yol analizi yaklaşımının uygulanabilmesi için aşağıdaki adımların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

1. Para krizleri erken uyarı sistemlerinde gösterge özelliği taşıyan, özellikle literatürde önerilen, değişkenlerin belirlenmesi ve değişkenlere ilişkin verilerin derlenmesi,

2. Veri kümesinde yer alan tüm değişkenlerin durağanlıklarının kontrolünün yapılması, durağan bulunmayan değişkenlerin ise durağanlaştırılması,

3. Yol modelindeki, dolaysız etkilerden oluşan birinci katmanın elde edilmesi. Elde edilen Regresyon modelinin geçerlik kontrollerinin yapılması,

4. Yol modelindeki, dolaylı etkilerden oluşan ikinci katmanın elde edilmesi. Birinci katmanda elde edilen modeldeki bağımlı değişkenin dışındaki açıklayıcı değişkenlerin her birisi için Regresyon modeli elde edilmesi ve geçerlilik kontrollerinin yapılması,

5. Elde edilen tüm regresyon modellerinden yararlanılarak Yol şemasının çizilmesi,

6. Elde edilen Yol şeması üzerinden, değişken ve gecikme bazında etki tablolarının oluşturulması.

4.1. Veri kümesi

Değişken kümesi olarak, Kaminsky ve ark. (1998) tarafından önerilen 15 değişkenden, Türkiye için elde edilebilen ve aylık değerleri olan değişkenlerden oluşan küme kullanılmıştır. Veri birleştirilmesi (aylık yerine üç aylık veya yıllık kullanılması) Regresyon ve Yol analizinde hata terimlerinin otokorelasyonsuz olması varsayımının sağlanamamasına, nedensellik testlerinde tek yönlü nedenselliğin anlık nedenselliğe dönüşmesine sebep olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı tez kapsamında sadece özgün aylık verisi olan değişken kullanılmıştır. Ölçüm aralığı bir aydan daha uzun süreli olan değişkenlerin,

verilerine ulaşılmasına karşın ara değer bulma işleminin yukarıda belirtilen sorunlara yol açmasından kaçınmak için uygulamaya dahil edilmemiştir.

Çizelge 4.1: Kaminsky ve ark. (1998)'nin önerdiği değişkenlerden tez kapsamında kullanılmak üzere seçilenler.

Değişkenin Adı	Değişkenin Kodu	Başlangıç Zamanı	Bitiş Zamanı
M2 oğaltanı	X ₁	12.1985	10.2008
Yurtiçi Kredi/GSYİH	---	---	---
Reel Mevduat Faiz Oranları	X ₂	01.1985	10.2008
Mevduat Faiz Oranları / Kredi Faiz Oranları	---	---	---
Reel Para Balanslarındaki Fazlalık (M1)	---	---	---
Banka Mevduatları	---	---	---
M2 / Döviz Rezervleri	X ₃	12.1987	10.2008
İhracat	X ₄	01.1980	09.2008
İthalat	X ₅	01.1980	09.2008
Dış Ticaret Hadleri	X ₆	01.1980	09.2008
Reel Döviz Kurunun Trendden Sapma Miktarı	X ₇	01.1982	09.2008
Döviz Rezervleri	X ₈	12.1987	10.2008
Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı	X ₉	01.1985	10.2008
Hasıla (Sanayi retim Endeksi)	X ₁₀	01.1980	09.2008
Hisse Senedi Fiyat Endeksi	X ₁₁	01.1986	11.2008
Para Piyasası Dalgalanma Endeksi*	X ₁₂	01.1988	11.2008

* : PPDE, Kaminsky ve ark. (1998) nerdiği değişkenlerin ilave olarak bu tez kapsamında kullanıldığı için tabloya dahil edilmiştir.

Değişkenlere ilişkin veriler, TUIK Veritabanı, TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi ve OECD Stat Extracts kaynaklarından derlenmiştir. Reel Mevduat Faiz Oranları (X₂), Reel Döviz Kurunun Trendden Sapma Miktarı (X₇) ve Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı (X₉) orijinal değerleri ile kullanılmıştır. Bu değişkenler dışındaki değişkenler ise orijinal değerlerin Eş. 4.1'de sunulan süzgeçten geçirilmiş şeklidir.

$$\left(\frac{1 - B^{12}}{B^{12}} X_t \right) = \frac{X_t - X_{t-12}}{X_{t-12}} \quad (4.1)$$

Eş. 4.1'de sunulan süzgeç yıllık değişim yüzdesini göstermektedir. Değişkenlerin bu şekilde kullanımı Kaminsky (1999) tarafından önerilmiştir. Bu işlem, uygulamada genellikle değişkenlerdeki eğilimin ve mevsimselliğin ortadan kaldırılması için kullanılmaktadır. Değişkenleri süzgeçten geçirme işlemi sonrasında, elde edilen ortak örneklem Aralık 1988 ile Eylül 2008 tarihleri arasında kapsamaktadır.

4.2. Durağanlık kontrolü

Yol analizi yaklaşımı, Üçüncü Bölüm'de aktarıldığı üzere, Regresyon analizini temel almaktadırlar. Uygulamada kullanılan değişkenlerin zaman serisi özelliği taşınması nedeniyle, Yol analizi yaklaşımlarının uygulanmasından önce değişkenlerin durağanlık kontrolü yapılmıştır. Değişkenlere durağanlık kontrolü yapmak için, birim kök testlerinden literatürde ağırlıklı olarak tercih edilen GDFT kullanılmıştır.

Durağanlık kontrolünde ve durağanlığın sağlanmasında aşağıda sunulan yol izlenmiştir.

1. GDFT ve Korelogram testinde kullanılacak en büyük gecikme değeri her iki testte ortak bir değer olan 42 olarak belirlenmiştir. En büyük fark alma derecesi de 3 olarak belirlenmiştir. Testlerde kullanılacak hata düzeyi (α), GDFT'de 0,05 ve Korelogram testinde 0,10 olarak alınmıştır. Yineleme indisi j değerine bir aktarılmış ve ikinci adıma geçilmiştir.

2. j. gecikme değeri için GDFT uygulanır ve testin sonucunda yokluk hipotezi reddedilir ise üçüncü adıma geçilir.

Testin sonucunda yokluk hipotezi kabul edilirse j değerine göre yinelemeye devam edilir.

j değeri eğer en büyük gecikme değerinden küçükse, j değeri bir arttırılarak ikinci adım yinelenir.

j değeri eğer en büyük gecikme değerine eşitse, değişkenin bir üst dereceden farklı alınır ve j değerine bir aktarılarak ikinci adım yinelenir. Eğer değişken, en büyük fark alma derecesinde farkı alınmış durumda ise değişkenin durağan olmadığına karar verilerek yineleme sonlandırılır.

3. j. gecikme değeri için GDFT’de kullanılan model, hata terimlerinde otokorelasyon sorunun olmadığına araştırılması için 42 gecikme değeri ile Korelogram testine tabi tutulur. Korelogram testinin yokluk hipotezi de kabul edilmiş ise değişkenin durağan olduğuna karar verilerek yineleme sonlandırılır.

Testin sonucunda yokluk hipotezi reddedilirse j değerine göre yinelemeye devam edilir.

j değeri eğer en büyük gecikme değerinden küçükse, j değeri bir arttırılarak ikinci adım yinelenir.

j değeri eğer en büyük gecikme değerine eşitse, değişkenin bir üst dereceden farklı alınır ve j değerine bir aktarılarak ikinci adım yinelenir. Eğer değişken, en büyük fark alma derecesinde farkı alınmış durumda ise değişkenin durağan olmadığına karar verilerek yineleme sonlandırılır.

Çizelge 4.2: Değişkenlerin durağanlıklarına ilişkin analiz sonuçları.

Değişken	GDFT İstatistiği'ne İlişkin Anlamlılık Değeri	Korelogram Testi Yokluk Hipotezine İlişkin Sonuc
X_1	---	
ΔX_1	0,000	Kabul
X_2	0,000	Kabul
X_3	---	
ΔX_3	0,000	Kabul
X_4	---	
ΔX_4	0,003	Kabul
X_5	0,000	Kabul
X_6	0,002	Kabul
X_7	0,000	Kabul
X_8	0,017	Kabul
X_9	0,000	Kabul
X_{10}	0,016	Kabul
X_{11}	0,000	Kabul
X_{12}	0,000	Kabul

--- : GDFT istatistiğine ilişkin anlamlılık değeri, α değerinden büyük bulunduğu için belirtilmemiştir.

Yukarıda belirtilen yol izlenerek değişkenlerin durağanlıkları incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

M2 Çoğaltanı (X_1), M2/Döviz Rezervleri (X_3) ve İhracat (X_4) değişkenleri belirlenen güven düzeyinde durağan bulunmamıştır. Ancak birinci dereceden farkları alındıktan sonra durağan bulunmuştur. Bu nedenden dolayı bu değişkenlerin, Yol analiz yaklaşımında birinci dereceden farkları kullanılmıştır.

4.3. Yol modelinde birinci katman modelinin elde edilmesi

Bağımlı değişken PPDE (X_{12}) ile diğer tüm değişkenler arasında Granger nedensellik testi kullanılarak (en büyük gecikme değeri 12 alınarak) nedensellik yapısı ortaya çıkartılır. Yineleme, her değişken için 12. gecikmeden başlayarak ilk anlamlı bulunan nedenselliğe kadar sürdürülür. Bu yol izlenerek yapılan yinelemenin sonucunda elde edilen nedensellik testine ilişkin anlamlık değerleri Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

PPDE (X_{12}) için optimal tahmin denkleminin elde edilmesi:

Çizelge 4.3: Değişkenler ile X_{12} arasındaki nedensellik testi sonuçları.

	Gecikme Değerleri											
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ΔX_1	0,84	0,78	0,80	0,82	0,74	0,67	0,54	0,54	0,56	0,67	0,43	0,23
X_2	0,20	0,16	0,14	0,18	0,13	0,09	<u>0,04</u>					
ΔX_3	0,31	0,33	0,30	0,36	0,51	0,42	0,43	0,41	0,30	0,65	0,46	0,19
ΔX_4	0,64	0,66	0,80	0,79	0,76	0,85	0,79	0,65	0,56	0,64	0,61	0,56
X_5	0,35	0,29	0,43	0,38	0,31	0,25	0,32	0,63	0,75	0,70	0,81	0,97
X_6	0,22	0,37	0,40	0,34	0,23	0,17	0,19	0,31	0,18	0,15	0,11	<u>0,04</u>
X_7	0,15	0,35	0,55	0,50	0,51	0,47	0,40	0,32	0,22	0,27	0,14	0,23
X_8	0,80	0,86	0,88	0,92	0,84	0,75	0,93	0,90	0,96	0,97	0,96	0,98
X_9	0,16	0,12	0,10	0,14	0,10	0,07	<u>0,03</u>					
X_{10}	0,22	0,34	0,46	0,35	0,25	0,17	0,19	0,18	0,43	0,54	0,32	0,48
X_{11}	0,63	0,53	0,61	0,86	0,82	0,68	0,61	0,62	0,49	0,45	0,27	0,89

Yinelemenin sonucunda Reel Mevduat Faiz Oranları (X_2) altıncı, Dış Ticaret Hadleri (X_6) birinci ve Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı (X_9) da altıncı en büyük gecikme değerleri ile PPDE (X_{12})'nin Granger nedeni oldukları tespit edilmiştir.

PPDE (X_{12})'yi açıklamak için nedensellik testinde anlamlı bulunan eşitliklerde yer alan X_2 , X_6 , X_9 ve X_{12} değişkenlerine ait gecikme değerleri kullanılmıştır. Bu gecikme değerlerinden oluşturulan değişken kümesine adımsal regresyon yöntemi uygulanarak, optimal tahmin denkleminde ulaşılmıştır. Elde edilen Regresyon modeli Eş. 4.2'de ve modele ilişkin test sonuçları da Çizelge 4.4'te sunulmuştur (Yol katsayısı, Regresyon katsayısının altında parantez içinde sunulmuştur).

$$X_{12} = 0,008 + 0,187 X_{6(t-1)} + 0,000 X_{9(t-1)} + 0,403 X_{12(t-1)} \quad (4.2)$$

(0,124) (0,152) (0,404)

Reel Mevduat Faiz Oranları (X_2) değişkeninin sahip olduğu bilgi tekil olmadığı ve diğer değişkenler tarafından da sağlandığı için Reel Mevduat Faiz Oranları (X_2) değişkeni tahmin denkleminde yer almamıştır.

Çizelge 4.4'te elde edilen değerlerden, F testine ilişkin anlamlılık değerinin 0,05'ten küçük, Breusch–Godfrey testine ilişkin anlamlılık değerinin 0,05'ten büyük, en büyük VŞK değerinin 10'dan küçük ve diğer istatistiklerin de kabul edilebilir değerlerde bulunması birinci katmanı oluşturan Regresyon modelinin geçerliliğini göstermektedir. Bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri, bağımsız değişken olarak modelde yer alması sebebiyle otokorelasyon sorunun varlığını araştırmak için özellikle Breusch–Godfrey testi kullanılmıştır. Modele ilişkin belirtme katsayısı küçük bulunması olumsuzluk gibi gözükmesine karşın her bir değişkenin Yol katsayısı değerleri orta seviyede bir etki gücünü göstermektedir.

Çizelge 4.4: X_{12} değişkeni için optimal tahmin denkleminde ilişkin Regresyon analizi sonuçları.

Gözlem	237
Modeldeki Bağımsız Değişken Sayısı	3
F Test İstatistiği'ne İlişkin Anlamlılık Değeri	0,000
Modeldeki Bağımsız Değişkenlere Ait En Büyük Anlamlılık Değeri	0,038
Durbin-Watson İstatistiği	1,989
R²	0,192
Sahte Regresyon Şüphesi (D-W < R²)	Yok
Breusch–Godfrey Test İstatistiği'ne İlişkin Anlamlılık Değeri	0,847
Modeldeki Bağımsız Değişkenlere Ait En Büyük VŞK Değeri	1,025

4.4. Yol modelinde ikinci katmanın modellerinin elde edilmesi

Birinci katmanda elde edilen Regresyon modelinde bağımlı değişkenin gecikme değerleri dışındaki açıklayıcı değişkenler Dış Ticaret Hadleri (X_6) ve Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı (X_9) değişkenine ait gecikme değerleridir. Bu durum ikinci katmanı Dış Ticaret Hadleri (X_6), Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı (X_9) ve PPDE (X_{12}) değişkenlerinin bağımlı değişken olduğu Regresyon modellerinin oluşturacağını göstermektedir.

Bu nedenden X_{12} değişkeni için optimal tahmin denkleminin elde edilmesinde izlenen yol X_6 ve X_9 değişkenleri için de tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar sırasıyla aşağıda sunulmuştur.

Dış Ticaret Hadleri (X_6) için optimal tahmin denkleminin elde edilmesi:

Yinelemenin sonucunda İthalat (X_5) on ikinci, Reel Döviz Kurunun Trendden Sapma Miktarı (X_7) ikinci, Döviz Rezervleri (X_8) ikinci ve Hasıla (Sanayi Üretim Endeksi) (X_{10}) da ikinci en büyük gecikme değerleri ile Dış Ticaret Hadleri (X_6)'nin Granger nedeni oldukları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5: Değişkenler ile X_6 arasındaki nedensellik testi sonuçları.

	Gecikme Değerleri											
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ΔX_1	0,52	0,35	0,24	0,14	0,19	0,63	0,62	0,36	0,87	0,70	0,48	0,46
X_2	0,61	0,66	0,74	0,77	0,78	0,83	0,83	0,80	0,79	0,80	0,61	0,32
ΔX_3	0,35	0,72	0,70	0,76	0,79	0,63	0,44	0,53	0,60	0,44	0,56	0,64
ΔX_4	0,66	0,44	0,52	0,61	0,84	0,87	0,93	0,85	0,74	0,60	0,83	0,79
X_5	<u>0,03</u>											
X_7	0,28	0,43	0,32	0,27	0,43	0,35	0,15	0,11	0,13	0,12	<u>0,03</u>	
X_8	0,81	0,64	0,64	0,41	0,32	0,21	0,26	0,20	0,10	0,14	<u>0,04</u>	
X_9	0,54	0,58	0,65	0,71	0,72	0,80	0,81	0,78	0,76	0,75	0,55	0,30
X_{10}	0,59	0,67	0,59	0,51	0,61	0,43	0,26	0,22	0,13	0,06	<u>0,04</u>	
X_{11}	0,07	0,06	0,07	0,10	0,14	0,06	0,12	0,09	0,76	0,67	0,42	0,29

X_6 'nın optimal tahmin denklemini elde etmek için adimsal regresyon yöntemi uygulanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
X_6 = & -0,002 + 0,568 X_{6(t-1)} + 0,245 X_{6(t-2)} \\
& (0,570) \quad (0,246) \\
& - 0,169 X_{6(t-12)} + 0,001 X_{7(t-2)} \\
& (-0,172) \quad (0,089)
\end{aligned} \tag{4.3}$$

İthalat (X_5), Döviz Rezervleri (X_8) ve Hasıla (Sanayi Üretim Endeksi) (X_{10}) değişkenlerinin sahip olduğu bilgi tekil olmadığı ve diğer değişkenler tarafından da sağlandığı için bu değişkenler tahmin denkleminde yer almamıştır.

Çizelge 4.6: X_6 değişkeni için optimal tahmin denkleminin ilişkin Regresyon analizi sonuçları.

Gözlem	226
Modeldeki Bağımsız Değişken Sayısı	4
F Test İstatistiği'ne İlişkin Anlamlılık Değeri	0,000
Modeldeki Bağımsız Değişkenlere Ait En Büyük Anlamlılık Değeri	0,020
Durbin-Watson İstatistiği	1,846
R²	0,694
Sahte Regresyon Şüphesi (D-W < R²)	Yok
Breusch–Godfrey Test İstatistiği'ne İlişkin Anlamlılık Değeri	0,349
Modeldeki Bağımsız Değişkenlere Ait En Büyük VŞK Değeri	2,875

Çizelge 4.6'daki sonuçlar, X_6 değişkeni için elde edilen Regresyon modelinin geçerliliğini göstermektedir. Herhangi bir varsayım bozukluğu sorunu gözükmemektedir.

Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı (X_9) için optimal tahmin denkleminin elde edilmesi:

Çizelge 4.7: Değişkenler ile X_9 arasındaki nedensellik testi sonuçları.

	Gecikme Değerleri											
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ΔX_1	<u>0,00</u>											
X_2	0,20	0,14	0,25	0,18	0,19	0,14	0,11	0,60	0,47	0,62	0,58	0,50
ΔX_3	0,10	0,16	0,14	0,08	0,09	0,08	0,06	<u>0,03</u>				
ΔX_4	<u>0,02</u>											
X_5	0,93	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96	0,95	0,89	0,97	0,93	0,81
X_6	0,84	0,79	0,71	0,70	0,79	0,90	0,87	0,98	0,94	0,91	0,81	0,99
X_7	0,97	0,83	0,89	0,86	0,86	0,79	0,70	0,68	0,74	0,59	0,47	0,17
X_8	0,17	0,35	0,23	0,24	0,17	0,19	0,14	0,10	0,09	0,17	0,60	0,58
X_{10}	0,34	0,46	0,36	0,26	0,22	0,16	0,16	0,11	0,06	0,08	0,11	0,70
X_{11}	0,36	0,40	0,36	0,29	0,23	0,16	0,21	0,12	0,05	0,06	<u>0,03</u>	

Yinelemenin sonucunda M2 Çoğaltanı (ΔX_1) on ikinci, M2/Döviz Rezervleri (ΔX_3) beşinci, İhracat (ΔX_4) on ikinci ve Hisse Senedi Fiyat Endeksi (X_{11}) de ikinci en büyük gecikme değerleri ile Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı (X_9)'un Granger nedeni oldukları tespit edilmiştir.

X_9 'un optimal tahmin denklemini elde etmek için adimsal regresyon yönteminin uygulanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 X_9 = & 5,474 + 108,959 \Delta X_{1(t-1)} + 98,632 \Delta X_{1(t-2)} \\
 & (0,150) \quad (0,135) \\
 & + 70,384 \Delta X_{3(t-3)} - 32,204 \Delta X_{4(t-4)} \\
 & (0,216) \quad (-0,158) \\
 & - 25,486 \Delta X_{4(t-12)} + 0,192 X_{9(t-1)} \\
 & (-0,123) \quad (0,192) \\
 & + 0,329 X_{9(t-12)} - 3,810 X_{11(t-2)} \\
 & (0,333) \quad (-0,131)
 \end{aligned} \tag{4.4}$$

X_9 değişkeninin Granger nedeni bulunan tüm değişkenler tekil bilgi barındırdıkları için modelde yer almışlardır.

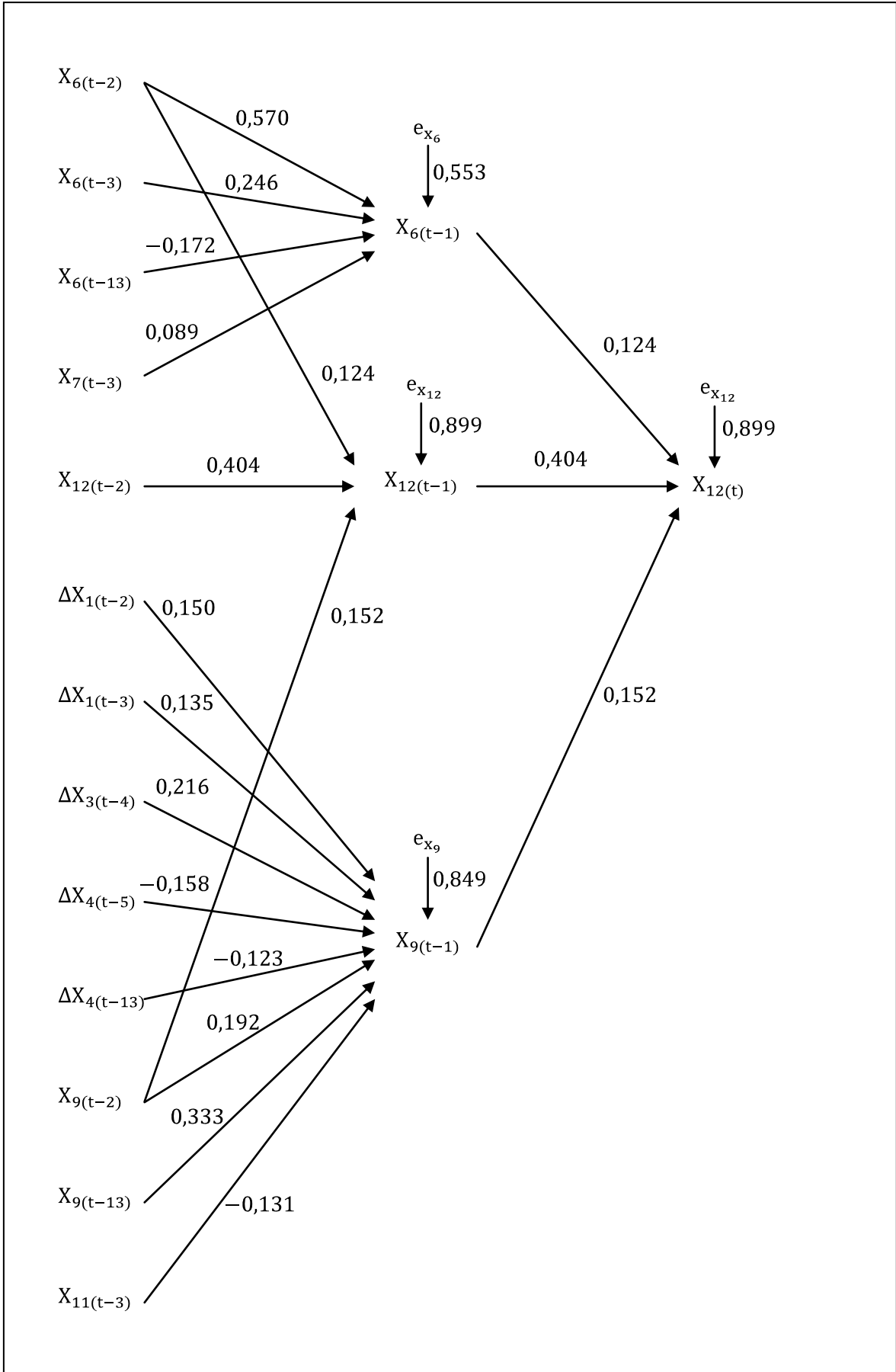
Çizelge 4.8: X_9 değişkeni için optimal tahmin denklemine ilişkin Regresyon analizi sonuçları.

Gözlem	225
Modeldeki Bağımsız Değişken Sayısı	8
F Test İstatistiği'ne İlişkin Anlamlılık Değeri	0,000
Modeldeki Bağımsız Değişkenlere Ait En Büyük Anlamlılık Değeri	0,036
Durbin-Watson İstatistiği	1,976
R²	0,280
Sahte Regresyon Şüphesi (D-W < R²)	Yok
Breusch–Godfrey Test İstatistiği'ne İlişkin Anlamlılık Değeri	0,423
Modeldeki Bağımsız Değişkenlere Ait En Büyük VŞK Değeri	1,175

Çizelge 4.8'deki sonuçlar, X_9 değişkeni için elde edilen Regresyon modelinin geçerliliğini göstermektedir. Herhangi bir varsayım bozukluğu sorunu gözükmemektedir.

4.5. Yol Şemasının izilmesi

Yol Şemasının çizimine geçilmeden önce elde edilen her Regresyon modelinin geçerli ve modellerde yer alan her bir katsayının anlamlı olması gerekmektedir. Aksi durumda anlamsız bulunan katsayıya ilişkin yol geçersiz olacak ve hem yol Şemasında izilmemesi hem de etki hesabına katılmaması gerekecektir. Bu nedenden, hem birinci katman için elde edilen dolaysız etkileri hem de ikinci katman için elde edilen dolaylı etkileri gösteren modellerin ve içerdiği katsayıların anlamlılıkları çok önemlidir. Geçersiz bir katsayıdan hesaplanacak etkiler yanlış yoruma sebebiyet verecektir. Yukarıdaki bölümlerde elde edilen birinci ve ikinci katman modelleri birleştirilerek elde edilen Yol Şeması Şekil 4.1’de sunulmuştur.



Şekil 4.1: Uygulama sonucunda elde edilen Yol şeması.

4.6. Etki düzeylerinin elde edilmesi

Yol modelinin oluşturulmasındaki amaç, veri kümesindeki değişkenlerin gecikmeli değerlerinin, bağımlı değişken PPDE (X_{12}) üzerinde oluşturduğu etki sisteminin hem görsel hem de değer açısından ortaya koymaktır. Bu nedenle dolaysız, dolaylı ve toplam etkinin elde edilmesinde değişkenlerin gecikmeli değerlerinin $X_{12(t)}$ üzerindeki etkisi hesaplanmıştır. Çizelge 4.9'da değişkenlerin gecikme değerlerini etkileri ve Çizelge 4.10'da ise gecikme zamanlarının etkileri sunulmuştur.

Çizelge 4.9: Değişkenlerin $X_{12(t)}$ üzerindeki etkisi.

Değişken	Gecik.	Değiş. Gecik. Değ. Bireysel Etkisi			Değişkenin Etkisi		
		D.sız	D.lı	Topl.	D.sız	D.lı	Topl.
ΔX_1 M2 Çoğaltanı'nın Farkı	t-2		0,023	0,023			
	t-3		0,021	0,021		0,043	0,043
ΔX_3 M2 / Döviz Rezervleri'nin Farkı	t-4		0,033	0,033		0,033	0,033
	t-5		-0,024	-0,024			
ΔX_4 İhracat'ın Farkı	t-13		-0,019	-0,019		-0,043	-0,043
	t-1	0,124		0,124			
X_6 Dış Ticaret Hadleri	t-2		0,121	0,121	0,124	0,130	0,255
	t-3		0,031	0,031			
	t-13		-0,021	-0,021			
	t-3		0,011	0,011			
X_9 Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı	t-1	0,152		0,152	0,152	0,141	0,294
	t-2		0,091	0,091			
	t-13		0,051	0,051			
X_{11} Hisse Senedi Fiyat Endeksi	t-3		-0,020	-0,020		-0,020	-0,020
	t-1	0,404		0,404	0,404	0,163	0,567
X_{12} Para Piyasası Dalgalanma Endeksi	t-2		0,163	0,163			

Çizelge 4.9'dan görülmektedir ki, değişken bazında en büyük etkiyi PPDE (X_{12})'nin kendi gecikmeli değerleri yapmaktadır. M2 Çoğaltanı (ΔX_1) ile İhracat (ΔX_4)'ın etki miktarları birbirine eşit ancak ters yönlü bulunmuştur. PPDE (X_{12})'yi, en çok kendi gecikmeli değerlerinden sonra sırasıyla Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı

Farkı (X_9) ve Dış Ticaret Hadleri (X_6)'nin gecikmeli değerleri etkilemiştir. Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı (X_9)'nın toplam etki miktarında dolaysız etkinin oranı daha fazlayken, Dış Ticaret Hadleri (X_6)'nde dolaylı etki miktarının oranı daha fazla bulunmuştur. Dış Ticaret Hadleri (X_6)'nin dolaylı etkisi gecikme değeri arttıkça zayıflamış ve hatta etki yönü tersine dönmüştür.

Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere, gecikme değeri arttıkça modelin PPDE (X_{12}) üzerindeki etki oranı hızla azalmaktadır. Bunun nedeni, birinci katmanda yer alan modelde, değişkenlerin sadece birinci gecikme değerlerinin olmasından kaynaklanmaktadır. Bu da göstermektedir ki, birinci katmanda yer alan değişkenlerin gecikme değeri ne kadar yüksek olursa model kriz ile ilgili uyarıyı o kadar önceden verebilir. Anlamlı etkiye rastlanan en büyük gecikme değeri, zayıf bir etki ile de olsa on üçüncü gecikmedir. Bu etkiler, Dış Ticaret Hadleri'nin birinci gecikmeli değeri ($X_{6(t-1)}$) üzerinden Dış Ticaret Hadleri'nin on üçüncü gecikmeli değeri ($X_{6(t-13)}$) ile Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı'nın birinci gecikmeli değeri ($X_{9(t-1)}$) üzerinden İhracat'ın on üçüncü gecikmeli değeri ($\Delta X_{4(t-13)}$) ve Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı'nın on üçüncü gecikmeli değeridir ($X_{9(t-13)}$).

Genel olarak sonuçlar incelendiğinde, PPDE (X_{12})'yi en çok kendi gecikmeli değerleri etkilemesi ve ayrıca Şekil 4.1'deki $X_{12(t)}$ 'yle kendi hata terimi arasında olan Yol katsayısının 0,5'in çok üzerinde olması veri kümesindeki değişkenlerin tekrar gözden geçirilmesinin yanında yeni değişkenlerin, özellikle PPDE (X_{12})'yi açıklama gücü yüksek değişkenlerin, veri kümesine eklenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu tez kapsamında kullanılan veri kümesi, para krizleri erken uyarı sistemlerinde en çok kullanılan değişkenleri içermektedir. Ancak değişkenler başka yaklaşımlardaki performanslarına göre seçilmiş olduklarından, Yol analizi yaklaşımında güçlü bir etki ile sonuç bulunamamıştır. Bunun diğer bir sebebi de veri kümesindeki değişkenlerin kriz değişkeninin iki değerli veri tipinin olduğu yaklaşımlardaki performanslarının denenmiş olmasıdır. Kriz değişkeninin sürekli bir değişkenden iki değerli değişken türüne geçirilmesi sonucunda oluşacak bilgi kaybı nedeniyle Yol analizi yaklaşımında böylesi bir dönüşüm tercih edilmemiştir.

Çizelge 4.10: Gecikmelerin $X_{12(t)}$ üzerindeki etkisi.

Gecik.	Değişken	Değiş. Gecik. Değ. Bireysel Etkisi			Gecikmelerin Etkisi		
		D.sız	D.lı	Topl.	D.sız	D.lı	Topl.
t-1	X_6 Dış Ticaret Hadleri	0,124		0,124			
	X_9 Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı	0,152		0,152	0,680		0,680
	X_{12} Para Piyasası Dalgalanma Endeksi	0,404		0,404			
t-2	ΔX_1 M2 Çoğaltanı'nın Farkı		0,023	0,023			
	X_6 Dış Ticaret Hadleri		0,121	0,121			
	X_9 Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı		0,091	0,091		0,398	0,398
	X_{12} Para Piyasası Dalgalanma Endeksi		0,163	0,163			
t-3	ΔX_1 M2 Çoğaltanı'nın Farkı		0,021	0,021			
	X_6 Dış Ticaret Hadleri		0,031	0,031			
	X_7 Reel Döviz Kurunun Trendden Sapma Miktarı		0,011	0,011		0,042	0,042
	X_{11} Hisse Senedi Fiyat Endeksi		-0,020	-0,020			
t-4	ΔX_3 M2 / Döviz Rezervleri'nin Farkı		0,033	0,033		0,033	0,033
t-5	ΔX_4 İhracat'ın Farkı		-0,024	-0,024		-0,024	-0,024
t-13	ΔX_4 İhracat'ın Farkı		-0,019	-0,019			
	X_6 Dış Ticaret Hadleri		-0,021	-0,021		0,011	0,011
	X_9 Yurtiçi-Yurtdışı Faiz Oranı Farkı		0,051	0,051			

5. SONUÇ

Bu tez kapsamında, Para krizleri erken uyarı sistemlerinin incelenmesinde en çok kullanılan Sinyal ve İkili tercih modeli yaklaşımlarının eksik olduğu noktaların giderilebilmesine katkı sağlamak amacıyla, bu alanda ilk defa kullanılan Yol analizi yaklaşımı uygulanmıştır.

Yol analizi yaklaşımında, diğer yaklaşımlardaki gibi sürekli değişken olan baskı endekslerinin iki değerli veri tipine dönüştürülmesine gerek yoktur. Söz konusu dönüştürme işlemi baskı endekslerinin sahip olduğu bilgi miktarını azaltmaktadır. Yol analizi yaklaşımı, baskı endekslerinin iki değerli veri tipine dönüştürülmesine gerek duymaması sayesinde bilgi kaybı olmadan sistem dinamiklerini inceleyebilmektedir.

İkili tercih modeli yaklaşımına yöneltilen eleştirilerden birisi olan hangi değişkenin daha önemli olduğu sorusu Yol analizi yaklaşımında cevap bulmaktadır. Literatürde ilk defa öncü gösterge değişkenlerinin dolaylı etkileri tespit edilmiş ve dolaylı, dolaysız tüm etkilerinin göreceli önemlilikleri karşılaştırılabilmiştir. Ayrıca hem Sinyal yaklaşımında geliştirilen bileşik gösterge hem de İkili tercih modeli yaklaşımında incelenen model, değişkenlerin gecikme değerlerine duyarlı değildir. Oysaki Yol analizi yaklaşımıyla her değişkenin hangi gecikmeli değerlerinin önemli ve ne kadar etkili olduğu görülebilmektedir. Diğer yaklaşımlarda etki araştırması aynı zaman dilimi içerisinde gerçekleştirilirken, Yol analizi yaklaşımıyla farklı zaman dilimlerinden oluşan gecikmeli değerlerin oluşturduğu etki zinciri tespit edilebilmekte ve incelenebilmektedir.

Yol analizi yaklaşımında, dolaysız etkilerin yanında diğer yaklaşımların incelemeyeği dolaylı etkiler de incelenmektedir. Yol şemasının görselliği ile dolaylı etkilerin incelenmesi, kriz sinyali verebilecek bir değişkenin hangi değişkenler tarafından ne kadar gecikme ile tetiklendiğinin daha rahat anlaşılmasını sağlamaktadır. Ayrıca Yol şeması, kriz göstergesi olan baskı endekslerini oluşturan dinamiklerin ve etki sisteminin görsel olarak sunulabilmesini sağlamaktadır.

Kriz göstergesi olarak kullanılan değişkenler günümüzde hemen hemen tüm devlet finans kurumları tarafından izlenmektedir. Kriz olma olasılığının arttığı, bu değişkenlerin sinyal vermeye başladığı dönemlerde, devlet finans kurumları tarafından sisteme müdahale edilmekte, kriz olmadan önlenmeye çalışılmakta ve çoğu zaman da başarılı olunmaktadır. Zaten para krizi erken uyarı sistemlerinin amacı devlet kurumlarına en az çaba ile olası krizlerin önlenmesi hakkında bilgi sağlamaktır. Ancak her önemli müdahale, Granger (1980) tarafından belirtildiği üzere, değişkenlerin arasındaki gözlenen nedenselliği olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Böylelikle veri kümesi müdahaleli verilerden oluşan değişkenler içermektedir. Bu durum, para krizlerinin tahmininin hangi yaklaşım ile modellenmeye çalışılırsa çalışılın başarısız olmasına neden olmaktadır. Başarılı bulunan yaklaşımlar dahi krizi önleyen etkili müdahaleler nedeniyle zaman içerisinde etkililiklerini kaybetmeye başlayacaklardır. Bu durum örnek üzerinden açıklanırsa, Sinyal yaklaşımında kullanılan önemli bir gösterge değişkenin %10'dan fazla artışı kriz sinyali sayılsın. Eğer devlet finans kurumları bu değişkenin %14, %15 gibi sinyallerin ardından piyasaya müdahale ederek krizi önlerse, bu değişkenin eşik değerinin %10 yerine %15 olarak değişmesine neden olacaktır. Bu yeni eşik değeri eğer daha önce gerçekleşen krizlerde değişkenin verdiği sinyal seviyesinin üzerinde ise değişkenin öncü gösterge olma özelliği azalacak hatta duruma göre kaybolacaktır. Bu nedenle müdahaleli değişkenlerden oluşan veri kümesi ile çalışıldığında, elde edilecek anlamlı modellerin zaman içerisinde anlamlılıklarını kaybetmesi, uzun zaman dilimlerinin incelendiği durumlarda ise elde edilecek modelin anlamsız veya zayıf seviyede etkili bulunması normal karşılanmalıdır. Daha sonraki çalışmalara yardımcı olunabilmesi açısından müdahaleli verilerle çalışıldığı durumlarda ya müdahale zamanları veri kümesinden çıkartılmalı ya da küçük örneklem büyüklüğü gerektiren yaklaşımlar kullanılmalıdır.

Yol modelini oluşturan birinci ve ikinci katman modellerindeki değişkenler, nedensellik testi ile belirlendiği için veri kümesinden elde edilebilecek olası en etkili değişkenlerdir. Bir değişkenin, modelde yer alan diğer hiçbir değişkende bulunmayan tekil bilgiye sahip olması gerekmektedir. Eğer bu bilgi modeldeki diğer değişkenler tarafından tekrarlanmakta ise değişken gereksiz yere modelde bulunmakta ve ayrıca çoklu doğrusallık sorununa yol açmaktadır. Bu sorunu

çözebilmek için katman modellerine adimsal regresyon yöntemi uygulanarak bilgi tekrarının en aza indirilerek tahmin edilmesi gerekli olan parametre sayısı ve buna bağlı olarak ihtiyaç duyulan örneklem büyüklüğü azaltılmıştır. Bu durum değerler ile ifade edilirse, Yol analizi yaklaşımında 12 değişkenin 12şer gecikmeli değerlerinden oluşan toplam 144 değişken ile çalışılmıştır. Ancak model aşamalı olarak oluşturulduğu için bu uygulamada bir modelde yer alan en fazla değişken sayısı 24'tür. Bu miktarda değişken, sadece nedensellik tespiti sırasında kullanılmıştır. Modelin oluşturulması aşamasında ise bir modeldeki en fazla değişken sayısı sekizdir. Toplamda Yol modeli 144 değişken incelenerek, 16 değişken ile oluşturulmuştur. En küçük örneklem büyüklüğünün parametre sayısının bir fazlası kuralından yola çıkarak, Yol analizinin elde edilen üç model için 19 büyüklüğünde bir örneklem büyüklüğüne ihtiyaç duyulduğu ancak nedensellik testi için bu rakamın tam olarak 24'e karşılık geldiği görülmektedir. Kısaca, Yol analizi yaklaşımı, İkili tercih modeli yaklaşımından daha çok değişkeni daha hassas bir şekilde daha az örneklem büyüklüğüne ihtiyaç duyarak inceler.

Yol modeli diğer yaklaşımlara uygun olan bir veri kümesi üzerinden oluşturulmuştur. İleriki çalışmalara yardımcı olunabilmesi açısından veri kümesi oluşturulurken öncelik, modelde kullanılması planlanan baskı endeksini açıklama gücü yüksek değişkenlerin seçilmesine verilmelidir. Ardından ikinci katman için birinci katmanda seçilen değişkenleri açıklama gücü yüksek, ikinci bir grup değişkenin de modele dahil edilmesi, baskı endeksine ilişkin etki sistemi hakkında daha ayrıntı sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir. Bu süreçte imkanlar dahilinde değişken sayısı yüksek tutulmalıdır. Bu sayede kriz dinamikleri daha etkili bir şekilde tespit edilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Akarsu, B., 1975, Felsefe Terimleri Sözlüğü, Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 233s.
- Altan, M. ve Bezirci, M., 2001, Ekonomik Krizlerin KOBİ'ler Üzerine Etkisi:Karaman Örneği, I. Orta Anadolu Kongresi, KOBİ'lerin Finansman ve Pazarlama Sorunları, KOSGEB, 18-21 Ekim 2001, Nevşehir; pp. 352-362.
- Bayraktutan, Y., 2006, Küresel Finansal Krizler ve IMF, Ekonomik Kriz Öncesi Erken Uyarı Sistemleri, Seyidoğlu, H. ve Yıldız, R. (eds.), Arıkan Yayınevi, İstanbul, ss. 23-54.
- Blank, S.C. and Schmiesing, B.H.,1988, Modeling of Agricultural Markets and Prices Using Causality and Path Analysis, North Central Journal of Agricultural Economics, 10(1), pp. 35- 48.
- Box, G.E.P. and Jenkins G.M., 1970, Time Series Analysis: Forecasting and Control, Holden-Day, San Francisco, 575p.
- Box, G.E.P., and Pierce, D.A., 1970, Distribution of Residual Autocorrelations in ARIMA Time Series Model, Journal of the American Statistical Association, 65(332), pp. 1509-1526.
- BSTS / İktisat Terimleri Sözlüğü, 2004
- Bullmore, E., Horwitz, B., Honey, G., Brammer, M., Williams, S. and Sharma, T., 2000, How Good is Good Enough in Path Analysis of fMRI Data?, NeuroImage, 11(4), pp. 289-301.
- Davidson, R. and MacKinnon, J.G., 2003, Econometric Theory and Methods, Oxford University Press, New York, 768 p.
- Değirmen, S., Şengönül, A. ve Tuncer, İ., 2006, Kriz Erken Uyarı Sinyalleri Olarak Reel Ekonomi Göstergeleri, Ekonomik Kriz Öncesi Erken Uyarı Sistemleri, Seyidoğlu, H. ve Yıldız, R. (eds.), Arıkan Yayınevi, İstanbul, ss. 465-500.
- Delice, G., 2003, Finansal Krizler: Teorik ve Tarihsel Bir Perspektif, Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, 20, ss. 57-81.
- Denis D.J. and Legerski, J., 2006, Causal Modeling and the Origins of Path Analysis, Theory and Science, 7(1), theoryandscience.icaap.org/content/vol7.1/denis.html.
- Eichengreen, B., Rose, A. and Wyplosz, C., 1996, Contagious Speculative Attacaks, NBER Working Paper, No: 5681, 48p.
- Eichler, M., 2007, Granger Causality and Path Diagrams for Multivariate Time Series, Journal of Econometrics 137(2), pp. 334-353.
- Enders, W., 2004, Applied Econometric Time Series, John Wiley & Sons, New York, 480p.

- Flood, P.R. and Garber P.M., 1984, Collapsing Exchange Rate Regimes: Some Linear Examples, *Journal of International Economics*, 17(1-2), pp. 1-13.
- Fosen, J., Borgan, Ø., Weedon-Fekjær, H. and Aalen, O.O., 2006a, Dynamic Analysis of Recurrent Event Data Using the Additive Hazard Model, *Biometrical Journal*, 48(3), pp. 381-398.
- Fosen, J., Borgan, Ø., Weedon-Fekjær, H. and Aalen, O.O., 2006b, Dynamic Path Analysis-A New Approach to Analyzing Time-Dependent Covariates, *Lifetime Data Analysis*, 12(2), pp. 143-167.
- Friston, K., 2009, Causal Modelling and Brain Connectivity in Functional Magnetic Resonance Imaging, *PLoS Biology*, 7(2), pp. 220-225.
- Gerni, C., Emsen, Ö.S. ve Değer, M.K., 2006, Ekonomik Krizlerde Erken Uyarı Sinyalleri Olarak Dış Ticaret Göstergeleri: Türkiye Uygulaması, *Ekonomik Kriz Öncesi Erken Uyarı Sistemleri*, Seyidoğlu, H. ve Yıldız, R. (eds.), Arıkan, İstanbul, ss. 293-314.
- Gerni, C., Emsen Ö.S. ve Değer M.K., 2005, Erken Uyarı Sistemleri Yoluyla Türkiye'deki Ekonomik Krizlerin Analizi, *Ekonometri ve İstatistik*, 2, ss. 39-61.
- Gillman, M. and Nakov, A., 2004, Granger Causality of the Inflation–Growth Mirror in Accession Countries, *Economics of Transition*, 12(4), pp. 653-681.
- Granger, C.W.J., 1988, Some Recent Developments in a Concept of Causality, *Journal of Econometrics*, 39(1-2), pp. 199-211.
- Granger, C.W.J., 1980, Testing for Causality: A Personal Viewpoint, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2, pp. 329-352.
- Granger, C.W.J., 1969, Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods, *Econometrica*, 37(3), pp. 424-438.
- Granger, C.W.J. and Newbold, P., 1986, *Forecasting Economic Time Series*, Academic Press, New York, 338p.
- Granger, C.W.J. and Newbold, P., 1974, Spurious Regressions in Econometrics, *Journal of Econometrics*, 2(2), pp. 111-120.
- Greene, W.H., 2002, *Econometric Analysis*, Prentice Hall, New Jersey, 1056p.
- Gujarati, D.N., 2004, *Basic Econometrics*, McGraw-Hill, New York, 1002p.
- Güriş, S. ve Çağlayan, E., 2000, *Ekonometri, Temel Kavramlar*, Der Yayınevi, İstanbul, 812s.
- Haugh, L.D., 1976, Checking the Independence of Two Covariance-Stationary Time Series: A Univariate Residual Cross-Correlation Approach, *Journal of the American Statistical Association*, 71(354), pp. 378-385.

- Haugh, L.D. and Box, G.E.P., 1977, Identification of Dynamic Regression (Distributed Lag) Models Connecting Two Time Series, *Journal of the American Statistical Association*, 72(357), pp. 121-130.
- Herrera S. and Garcia C, 1999, User's Guide to an Early Warning System for Macroeconomic Vulnerability in Latin American Countries, *The World Bank Working Paper Series No: 2233*, 17p.
- IMF, 1998, Financial Crises: Characteristics and Indicators of Vulnerability, *World Economic Outlook*, May 1998 (Chapter IV), IMF Publications, Washington D.C., pp. 74-97.
- Işığık, E., 1994, Zaman Serilerinde Nedensellik Çözümlemesi, *Uludağ Üniversitesi Basımevi*, Bursa, 163s.
- İpek, O., 2001, Ridge Regresyon Üzerine Bir Çalışma, V. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, 19-22 Eylül 2001, Adana, <http://idari.cu.edu.tr/sempozyum/bil28.htm>.
- Kadılar, C., 2000, Uygulamalı Çok Değişkenli Zaman Serileri Analizi, *Büro Basımevi*, Ankara, 194s.
- Kaminsky, G.L., 1999, Currency and Banking Crises - The Early Warnings of Distress, *IMF Working Paper*, 99/178, 38p.
- Kaminsky, G.L. and Reinhart, C.M., 1999, The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems, *The American Economic Review*, 89(3), pp. 473-500.
- Kaminsky, G.L. and Reinhart, C. M., 1998, Financial Crises in Asia and Latin America: Then and Now, *The American Economic Review*, 88(2), pp. 444-448.
- Kaminsky, G.L., Lizondo, S. and Reinhart, C.M., 1998, Leading Indicators of Currency Crisis, *IMF Staff Papers*, 45(1), pp. 1-48.
- Karaçor, Z. ve Alptekin, V., 2006, Finansal Krizlerin Önceden Tahmin Yoluyla Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği, *Yönetim ve Ekonomi*, 13(2), ss. 237-256.
- Kibritçioğlu, A., 2001, Türkiye'de Ekonomik Krizler ve Hükümetler, 1969-2001, *Yeni Türkiye Dergisi (Ekonomik Kriz Özel Sayısı)*, 41, ss. 174-182.
- Kibritçioğlu, B., Köse, B. and Uğur, G., 1998, A Leading Indicators Approach to the Predictability of Currency Crises: The Case of Turkey, www.econturk.org/TurkishEconomy/bengi.pdf.
- Krugman, P., 1998, What happened to Asia?, web.mit.edu/krugman/www/disinter.html.
- Krugman, P., 1979, A Model of Balance-of-Payments Crises, *Journal of Money, Credit and Banking*, 11(3), pp. 311-325.

- Kutlar, A., 1998, Bilgisayar Uygulamalı Ekonometriye Giriş, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 313s.
- Kvanli, A.H., Pavur, R.J. and Guynes, C.S., 2002, Introduction to Business Statistics, Thomson South-Western, Ohio, 944p.
- Leclair S.W., 1981, Path analysis: an informal introduction, The Personnel and Guidance Journal, 59, pp. 643-646.
- Lin, F-J, 2008, Solving Multicollinearity in the Process of Fitting Regression Model Using the Nested Estimate Procedure, Quality & Quantity, 42(3), pp. 417-426.
- Ljung, G.M. and Box, G.E.P., 1978, On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models, Biometrika, 65(2), pp. 297-303
- Maddala, G.S., 1992, Introduction to Econometrics, Macmillan Publishing Company, New York, 631p.
- Maddala, G.S. and Kim, I-M, 1999, Unit Roots, Cointegration and Structural Change, Cambridge University Press, Cambridge, 524p.
- Maillet, J., 1983, İktisadi Olayların Evrimi (18. Yüzyıldan Bugüne), (çev: Ertuğrul Tokdemir), Remzi Kitabevi, İstanbul, 228s.
- Meurk, C.S., Brown, J.A., Reale, M. (2007) Graphical Modeling of Ecological Time Series Data. MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation Proceedings, 10-13 Dec 2007, Christchurch, New Zealand, Eds: L. Oxley and D. Kulasiri, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc, pp. 1393-1398.
- Mishkin, F.S., 1996, Understanding Financial Crises: A Developing Country Perspective, Annual World Bank Conference on Development Economics, The World Bank, 25-26 April 1996, Washington D.C., pp. 29-62.
- Nasuhoglu, R., Bingöl, G., Gür H., İnan, D. ve Ünal N., 1983, Fizik Terimleri Sözlüğü, Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 338s.
- Olobatuyi, M.E., 2006, A User's Guide to Path Analysis, University Press of America, Lanham, 171 p.
- Özkan, A., 2005, Ekonomik Kriz ve Muhasebe Uygulamalarına Bazı Yansımalar, Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 23(2), ss. 165-180.
- Pesenti, P. and Tille, C. 2000, The Economics of Currency Crises and Contagion: An Introduction, Economic Policy Review (Federal Reserve Bank of New York), 6(3), pp. 1-14.
- Pierce, D.A., 1979, R^2 Measures for Time Series, Journal of the American Statistical Association, 74(368), pp. 901-910.

- Pierce, D.A. and Haugh, L.D., 1977, Causality in Temporal Systems: Characterizations and a Survey, *Journal of Econometrics*, 5(3), pp. 265-293.
- Rittenberg, L., 1989, On the Problem of Identifying the Engines of Economic Growth, *Studies in Comparative International Development*, 24(3), pp. 51-61.
- Seyidoğlu, H., 2001, *Uluslararası İktisat: Teori, Politika ve Uygulama*, Gizem Yayınları, İstanbul, 820s.
- Shardaux, F., 2002, An Early Warning Model for Currency Crises in Central and Eastern Europe, Focus on Transition I, www.oenb.at/en/img/schardax_ftr_102_tcm16-10407.pdf
- Shipley, B., 2000, *Cause and Correlation in Biology: A User's Guide to Path Analysis, Structural Equations and Causal Inference*, Cambridge University Press, Cambridge, 330p.
- Sims, C.A., 1972, Money, Income and Causality, *American Economic Review*, 62(4), pp. 540-552.
- Suhr, D., 2008, Step Your Way Through Path Analysis, Western Users of SAS Software, 2008 Annual Conference Proceedings, November 5-7, 2008, California, www.wuss.org/proceedings08/08WUSS%20Proceedings/papers/pos/pos04.pdf.
- Thiesson, B., Chickering, D.M., Heckerman, D. and Meek, C., 2004, ARMA time-series modeling with graphical models, UAI '04, Proceedings of the 20th Conference in Uncertainty in Artificial Intelligence, 7-11 July 2004, Banff, Canada, Eds: D.M. Chickering and J.Y. Halpern, AUAI Press, pp. 552-560.
- Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük
- Ural M. ve Balaylar, N., 2007, Bankacılık Sektöründe Yüksek Risk Alımı ve Baskı İndeksleri, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 44(509), ss. 48-58.
- Uzay, N., 2001, 2001 Krizinin Kayseri'deki Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler Üzerindeki Etkileri, I. Orta Anadolu Kongresi, KOBİ'lerin Finansman ve Pazarlama Sorunları, KOSGEB, 18-21 Ekim 2001, Nevşehir; pp. 342-351.
- Uzun, M., 2006, Latin Amerika'da yaşanan Finanssal Krizlerin Kriz Erken Uyarı Göstergeleri Açısından Değerlendirilmesi, *Ekonomik Kriz Öncesi Erken Uyarı Sistemleri*, Seyidoğlu, H. ve Yıldız, R. (eds.), Arıkan Yayınevi, İstanbul, ss. 211-236.
- Wooldridge, J., 2006, *Introductory Econometrics A Modern Approach*, South-Western College, Boston, 900p.

- Yu, C.H., 2007, Causation in Quantitative Research Methodologies from Path Modeling, SEM to TETRAD, Theory and Science, 9(3), theoryandscience.icaap.org/content/vol9.3/chong.html.
- Yule, G.U., 1926, Why Do We Sometimes Get Nonsense-Correlations between Time Series? A Study in Sampling and the Nature of Time Series, Journal of the Royal Statistical Society, 89(1), pp. 1-63.
- Zhuang, J. and Dowling, J.M., 2002, Causes of the 1997 Asian Financial Crisis: What Can an Early Warning System Model Tell Us?, Asian Development Bank Economics and Research Department Working Paper Series No: 26, 29p.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Mutlu AKINCI

Doğum Yeri : Tire / İzmir

Doğum Yılı : 1977

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1990-1993 Tire Şehit Albay İbrahim Karaoğlanoğlu Lisesi

Lisans : 1993-1998 Hacettepe Üni. Fen Fak. İstatistik Bölümü

Yüksek Lisans : 1998-2003 Hacettepe Üni. Fen Bilimleri Ens. İstatistik A.B.D.

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi:

2000- Hacettepe Üni. Fen Fak. İstatistik Bölümü Araştırma Görevlisi