

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK BİLİM DALI

81194

**SPEKTRAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE FAİZ ORANLARINDAKİ
DÜZENLİ DALGALANMALARIN İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Ahmet Mete ÇİLİNGİRTÜRK

Danışman Prof. Dr. MÜNEVVER TURANLI

İstanbul 1998

Tablolar

Tablo 5.1 Bankalararası Nominal Aylık Faiz Oranı	95
Tablo 5.2 Korelogram Testi - Q İstatistiği İşlemleri	98
Tablo 5.3 AR(1) Modeli Parametre Tahminleri.....	99
Tablo 5.4 Spektral Güç Fonksiyonu ve Güven Aralıklarının Tahmini	105
Tablo 5.5 Küresellik Testi	108
Tablo 5.6 Bartlett ve Anderson Özdeğer İlişki Testleri	109
Tablo 5.7 Spektral Ayrıştırma Sonuçları.....	111



Grafikler

Şekil 1.1 Ödünç Verilebilir Fonlar Piyasası	19
Şekil 2.1 Konjonktürel Dalgalanmalar	27
Şekil 2.2 Kısa Dönem Tasarruf ve Yatırım Eğrileri	30
Şekil 2.3 Cobweb Teoremi	31
Şekil 4.1 (4.17) ile ilgili olasılık fonksiyonu	61
Şekil 4.2 Dalgaların Frekanslarının Karışması, Aliasing	75
Şekil 4.3 Tipik Bir Güç Spektrumu	77
Şekil 4.4 Güç Spektral Olasılık Fonksiyonu	77
Şekil 5.1 Nominal Faiz Oranları 1987-1997	96
Şekil 5.2 Fourier Açılımı Tahmin Modeli, Gerçek ve Teorik Değerler	103
Şekil 5.3 Fourier Açılımının Trigonometrik Bileşenleri	104
Şekil 5.4 Nominal Aylık Faiz Oranları, Güç Spektrumu	106
Şekil 5.5 Güç Spektrumu Güven Aralıkları ($\alpha=.95$)	107
Şekil 5.6 Temel Bileşenler Analizi, Faktörler	110



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	3
GİRİŞ	5
1. FAİZ KAVRAMI	9
1.1. FAİZ TEORİLERİ.....	13
1.1.1. <i>Klasik Faiz Teorisi</i>	13
1.1.2. <i>Keynezyen Faiz Teorisi</i>	15
1.1.3. <i>Parasal Denge</i>	18
1.1.4. <i>Ödünç Verilebilir Fonlar Teorisi</i>	19
1.2. LİTERATÜRDE RASTLANAN FAİZ ORANI TAHMİN MODELLERİ.....	21
1.2.1. <i>Taylor Kuralı</i>	21
1.2.2. <i>Engle, Lilien, Robins ARCH-M Modeli</i>	23
1.2.3. <i>Enders Hata Düzeltme Modeli</i>	24
2. EKONOMİDE PERİYODİK DALGALANMALAR	26
2.1. İKTİSAT TEORİSİ VE KONJONKTÜREL DALGALANMALAR.....	26
2.1.1. <i>Çarpan-Hızlandırıcı Modeli</i>	28
2.1.2. <i>Kaldor Modeli</i>	29
2.1.3. <i>Örümcek Ağı (Cobweb) Teoremi</i>	30
2.2. GÖZLEMLENEN EKONOMİK DALGALANMALAR.....	32
3. DÜZENLİ DALGALI ZAMAN SERİLERİNİN ANALİZİ	35
3.1. ZAMAN SERİLERİ ANALİZİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	36
3.2. DURAĞANLIK.....	41
3.2.1. <i>Korelogram Testi</i>	43
3.2.2. <i>Birim Kök Testi</i>	44
3.3. PERİYODOGRAM.....	46
3.4. KORELOGRAM.....	50
4. SPEKTRAL ANALİZ	52
4.1. SPEKTRAL ANALİZ KAVRAMI VE TANIMI.....	52
4.2. SPEKTRAL OLASILIK FONKSİYONU VE SPEKTRUM.....	55
4.3. SPEKTRAL FONKSİYONLARIN TAHMİNİ.....	67
4.4. DALGALARIN FREKANSLARININ KARIŞMASI (ALIASING).....	74
4.5. SPEKTRAL ANALİZİN YORUMLANMASI.....	75
4.6. SPEKTRAL AYRIŞTIRMA - ÖZVEKTÖRLER YÖNTEMİ.....	78
4.6.1. <i>Yöntemin Temelleri</i>	79
4.6.2. <i>Tahmin Yöntemi</i>	82
4.6.3. <i>Temel Bileşenler ile ilgili Hipotez Testleri</i>	88
4.7. SPEKTRAL ANALİZİN FAİZ ORANLARI TAHMİNİNDE KULLANILMASI.....	91
5. UYGULAMA	94
5.1. DURAĞANLIĞIN İNCELENMESİ.....	97

5.1.1.	<i>Korelogram Testi</i>	97
5.1.2.	<i>Birim Kök Testi</i>	99
5.2.	SPEKTRAL YÖNTEMLER	100
5.2.1.	<i>Fourier Açılımı ve Katsayılar</i>	100
5.2.2.	<i>Spektral Fonksiyonların Tahmini</i>	104
5.2.3.	<i>Spektral Ayırıştırma</i>	107
SONUÇ		112
EKLER		114
EK-1	BİRİNCİ DERECEDEN FARKLAR VE GECİKMELİ DEĞİŞKEN.....	114
EK-2	ANAKÜTLE OTOKOVARYANS TAHMİNLERİ.....	117
EK-3	FOURIER BİLEŞENLERİNİN TAHMİNİ, TEORİK DEĞERLER VE HATA TERİMLERİ.....	120
EK-4	FOURIER KATSAYILARININ EKK TAHMİNLERİ.....	123
EK-5	FOURIER MODELİ HATA TERİMLERİNİN BETİMSSEL İSTATİSTİKLERİ.....	126
EK-6	TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ, KORELASYON MATRİSİ VE İSTATİSTİKSEL ANLAMLILIKLARI.....	127
EK-7	TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ, ÖZDEĞERLER VE AÇIKLAMA ORANLARI.....	140
EK-8	FAKTÖR MATRİSİ.....	141
EK-8	TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ, SONUÇ İSTATİSTİKLERİ.....	143
EK-9	TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ, FAKTÖR KATSAYILARI MATRİSİ.....	144
EK-10	TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ, TAHMİN EDİLEN REGRESYON FAKTÖR AĞIRLIKLARI KOVARYANS MATRİSİ.....	146
EK-11	TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ, FAKTÖR YÜKLERİ.....	147
EK-12	SPEKTRAL GÜÇ FONKSİYONU TAHMİNİ.....	149

GİRİŞ

Konjonktürel dalgalanmaların anlaşılması, ampirik makro ekonomik araştırmanın ana keşfi olmuştur ve olmaya devam edecektir.¹ Bunun nedeni öncelikle devletler ve bu devletlerin kontrolü veya gözetimi altında bulunan ekonomilerde bulunun işletmeler belirli hedeflerin ulaşılmasına yardımcı olacak stratejiler ve planlar ile yönetilirler. Yapılan plan ve programların uygulanabilir olması için, öncelikle genel ekonomik durumla ilgili öngörülerin yapılması gerekir.² Bunun için de geçmişte gerçekleşen olaylar incelenerek, gelecekte gerçekleşebilecek davranışların ortaya konması gerekmektedir. Günümüzde, bilgi akışının hızlanması, birbirleriyle siyasi, sosyal ve ticari ilişkiler içinde olan dünya ülkelerinin arasındaki etkileşimi arttırmıştır. Böylece, dünyanın herhangi bir noktasında, özellikle ekonomik olarak etkin olan ülkelerde gerçekleşen ekonomik bir hareket, çok hızlı bir şekilde diğer ülkelerin ekonomilerini de etkilemektedir. Bu nedenle, en küçük zaman birimi için de, anlamlı tahminlerin yapılabilmesi karar alıcılar için çok önem kazanmıştır.

Özellikle ekonomik gelişme çabaları içinde bulunan ülkeler için yabancı sermaye, yaratacağı artı değer için çok önemlidir. Yukarıda da deyinildiği gibi, bilginin akış hızının son derece artması ile, bütün dünya aynı anda aynı bilgilere sahip olmakta, böylece rasyonel yatırımcılar her zaman bütün ekonomilerdeki yatırım imkanlarını takip edebilmektedirler. Bu noktada faiz oranları yatırım kararlarını belirleyici bir faktör olmaktadır. Dolayısıyla, faiz oranlarındaki değişimlerin gelecekte en uygun biçimde tahmin edilmesi ekonomik araştırmaların ana hedeflerinden birisi olmuştur.

¹ STOCK, James H., "Measuring Business Cycle Time", Journal of Political Economy, Vol:95, No:6, 1987, s:1240.

² BAĞIRKAN, Şemsettin, "İstatistiksel Analiz", 3. Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1993, s:165.

Çalışmanın birinci bölümünde, faiz kavramının tanımı yapılarak kısaca tarihi gelişimine değinildikten sonra, faiz oranı ve bileşenlerinden bahsedilmiştir. Faiz oranının yapısının iyi bilinmesi ampirik araştırmalarda tanımlama hatalarının yapılmaması için gereklidir. Daha sonra faizin makro ekonomik düzeyde oynadığı rol; klasik, Keynezyen teoriler, parasal denge ve ödünç verilebilir fonlar teorisi ile açıklanmaya çalışılmıştır. Böylelikle, genel ekonomik durumda gözlemlenen konjonktürel dalgalanmaların faiz oranlarına ne şekilde yansıtacağı veya faiz oranlarında gözlenebilecek düzenli devresel hareketlerin ekonomik değişkenleri nasıl etkileyebileceği yukarıda deyinilen teorilerden faydalanılarak anlatılmak istenmiştir. Bilindiği gibi milli gelirdeki değişimler, tüketim ve para talebini etkileyerek, faiz oranlarını ve dolayısıyla yatırımları ve tasarruf seviyesini belirlemektedir. Ancak, bu etkileşim sözü edildiği şekilde tek yönlü değildir. Bir ekonomideki bütün değişkenler birbirlerinden, hatta dış faktörlerden de etkilenmektedirler. Bu teorilerden yola çıkılarak hazırlanan faiz oranlarının belirlenmesi için çeşitli tahmin modelleri kurulmuştur. Birinci bölümün sonunda, literatürde rastlanmış, zaman serileri analizinin konusu olan bu ekonometrik modeller ve elde edilmiş bulgular yer almaktadır. Bu modellerden bazıları aynı zamanda çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Çünkü, ekonomilerde periyodik dalgalanmaların gözlemlendiği ve benzer dalgalanmaların ekonominin temel faktörlerinden biri olan faiz oranlarında da rastlandığı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, periyodik dalgalanmalar kavramı açıklanarak, yapısı ve özellikleri belirtilmiştir. Ekonomik teorideki çarpan-hızlandırıcı modeli, Kaldor modeli ve Cobweb teoreminden faydalanılarak bu dalgalanmaların olası nedenleri incelenmeye çalışılmıştır. Konjonktürel dalgalanmaların nedenleri üzerine teoriler ortaya koyan yazarların yanında, başta da belirtildiği gibi konjonktürel dalgalanmaları tahmin eden ve bunların özelliklerini incelemiş yazarlar da olmuştur. İkinci bölümde ayrıca, bu araştırmalardan elde edilen bulgulardan da kısaca bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, zaman serileri analizinin gelişimi ile birlikte, düzenli dalgalı serilerin analizine duyulan gereksinim vurgulanmıştır. Bunun nedeni, ekonomik zaman serilerinin kullanıldığı ekonometrik çalışmaların amaçlarından biri de ekonomik büyümenin belirleyicileri, ve makro ile mikro ekonomideki dalgalanmaların yapısının belirlenmesidir. Ancak, stokastik bir zaman serisinin istatistiksel yöntemlerle analiz edilebilmesi için öncelikle durağan olması, diğer bir deyişle beklenen değer ve varyansının zamanın bir fonksiyonu olmaması gerekmektedir. Durağanlık, bu çalışmanın temel konusu olmamakla birlikte, uygulamada analiz edilecek faiz oranları zaman serisinin durağanlık şartını sağlaması gerektirdiğinden, durağanlığın nasıl sağlanacağı ile birlikte serinin durağan olup olmadığının belirlenmesi için kullanılacak test yöntemlerinden olan korelogram ve birim-kök testleri bu bölümde açıklanmıştır. Shuster, 20.yüzyılın başında zaman serilerini ilk defa frekans boyutunda incelemiştir. Bölümde, Fourier açılımının kısaca anlatılması ile, bu açılıma dayanan teknikler, periyodogram ve korelogram kısaca açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, spektral analiz yöntemlerinin gelişimi ve kavramları ile, Fourier dönüşümüne ve özvektörlere dayalı yöntemlerin teori ve tahminleri açıklanmıştır. Zaman serilerinin tahmin edilmesi için pek çok çeşitli modeller kurmak mümkündür. Elektrik ve elektronik mühendisliğinin gelişmesi ile bu konuyla ilgili matematiksel yöntemler geliştirilmiş; ve sürekli bir zaman fonksiyonuna sahip her türlü elektronik devrimin trigonometrik fonksiyonlarla tanımlanabileceği belirlenmiştir. İstatistiksel zaman serileri de, durağan olmak kaydı ile birden çok trigonometrik fonksiyonun bileşiminden oluşan seriler olarak tanımlanabilir. Ancak, klasik regresyon analizi bu tür fonksiyonlarda dalga boyunu temsil eden parametreleri tahmin edememektedir. Bu nedenle dalga boyunu belirlemek amacı ile elektronik mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan matematik teknikleri, kesikli zaman serileri için uyarlanmaya çalışılmıştır. C. W. J. Granger, 20.yy'ın ikinci yarısından itibaren zaman serilerini frekans boyutunda incelemiştir. Periyodogram analizi ile başlayan bu çalışmalar, spektral analiz tekniklerinin geliştirilmesi ile devam etmektedir. Ancak bu yöntemde aliasing olarak tanımlanan sorunla karşılaşmaktadır. Bölümde bu sorun tanımlandıktan sonra, frekans boyutunda yapılan tahminlerin, zaman

boyutunda yorumlanması anlatılmıştır. Son olarak aynı amaçla, istatistiksel çok değişkenli analiz tekniklerinin kullanılması ile düzenli dalgalanmaların ayrıştırılmasından bahsedilmiştir.

Uygulamada, aylık bankalar arası para piyasalarında gerçekleşen nominal aylık faiz oranları kullanılmıştır. Risk primi içermediği varsayılan bu oranların öncelikle durağanlığı incelenmiştir. Daha sonra, faiz oranları spektral teknikleri ile analiz edilerek, düzenli devresel dalgalanmaların varlığı araştırılmak istenmiştir. Amaçlanan, milli ekonomilerde gözlenen konjonktürel dalgalanmaların faiz oranlarını da etkilediklerini ortaya koymak ve öngörü çalışmaları yapan bilimsel ve kurumsal araştırmacılara yardımcı olmaktır.

Sonuç bölümünde ise, uygulamada elde edilen sonuçlar Türkiye açısından yorumlanarak, Elde edilen bilgiler Erol, Richardson ve Gulledge'nin bulguları ile karşılaştırılmışlardır. Sonuç bölümünde yapılan yorumlar spektral yöntemlerin kolay anlaşılmasını sağlayacaktır. Spektral tekniklerin zaman serilerinde uygulaması, özellikle öngörü tahminlerine ihtiyaç duyanlar için oldukça yararlı olacaktır.

Çalışmanın sonunda verilen eklerde, kullanılan tekniklerde yapılan işlemlerin ilgili matrisler ve bilgisayar çıktıları verilmiştir.

1. FAİZ KAVRAMI

Faiz milli gelirin dağılımı bakımından sermayenin payı, bir başka deyişle sermayeyi kiralamanın bedeli veya tasarrufun ödünç verilmesi karşılığında alınan bedeldir. Kısaca faiz, paranın zaman içerisindeki geliri veya paranın maliyeti olarak tanımlanabilir. Faiz, verilen para ile vadesinde geri alınan paranın enflasyon karşısındaki satın alma gücünü karşılar, ayrıca faiz verilen paranın iade edilmemesi riskine karşılıktır. Dolayısıyla kredi ve faiz birbirleri ile ilgili kavramlardır. Faizin türü ve niteliği, tamamen kredinin türü ve niteliğine bağlıdır. Bu nedenle faiz kavramı açıklanırken, bankaların ve devletin borçlanma araçlarından da bahsedilecektir.

Saint Thomas d'Aquin'e göre "faiz zamanın kirasıdır, zaman ise insanlara ait olmayıp yalnız Tanrının malıdır."³ 16.yy'a kadar din adamları ve filozofların, deyinilen bu tanımlamaya benzer görüşleri vardı. Ayrıca bu döneme kadar ekonomi daha çok çiftçilik ve hayvancılığa dayanır, ticaret yerel pazarlarda takas usulüne göre gerçekleşirdi. Devletler vergi toplar, ve bir ölçüde ekonomi savaş ganimetine dayanırdı. 16.yy'dan sonra, dinde oluşan reform sayesinde sınai, ticari ve bankacılık faaliyetleri ilerlemiş, bu da faizin yolunu açmıştır. Feodal Avrupa'da ve Osmanlı İmparatorluğu'nda merkezi ve yerel yönetimler, orduların oluşturulması gerekli olan finansmanı, ve daha sonraları özel giderlerini karşılamak için tüccarlardan kredi aldıkları bilinmektedir. Buna rağmen, 18.yy ve öncesinde işletme sahipleri aynı zamanda sermaye sahibi olduklarından, faiz ve kredi ticari hayatta büyük öneme sahip değildir. Bunun nedeni, geçmişte üretim potansiyelinin arttırılmasında yeni doğal kaynakların bulunması temel görüş olarak kabul edilmiştir. Ayrıca artan nüfus üretim faktörlerinin esası olarak kabul edilmiş, diğer bir deyişle üretimin etkinliği, işgücü etkinliği ile birlikte düşünülmüştür. Adam Smith'in çalışmaları

³ UNAY, Cafer, "Makro Ekonomi", Akademi Kitabevi Yayınları, 4.basım, Bursa, 1984, s:141.

bu noktada yoğunlaşmış, ve Adam Smith üretimi arttırmak için işgücünün verimliliğinin artırılması gerektiği görüşünü de savunmuştur.

19.yy'dan itibaren teknik bilimlerdeki hızlanan gelişme ile yeni üretim teknolojilerinin yaratılmasına imkan doğmuştur. Böylece makinelerin işgücünün yerini alması ile daha hızlı ve fazla üretim yapılabilmektedir. Ancak, yeni teknolojilerinin üretim aşamasına sokulabilmesi, emek yoğun üretime göre daha pahalı yatırımlar gerektirmektedir. Bu teknolojiye sahip olanlar rekabet güçlerini arttırarak emek yoğun üretim yapan rakiplerine göre ticari avantajlar sağlamışlardır. Diğer taraftan, yeni teknolojik üretim araçlarının üretimi de büyük sermaye gerektiren yatırımlara neden olmaktadır. Ayrıca bir bilimsel gelişmeyi yeni bir teknolojiye çevirmek ve bunu üretime sokmak, yeni gelişmeleri de birlikte getirmekte ve bilimsel gelişme ile teknolojik gelişmenin hızını arttırıcı bir etki olmaktadır. Bütün bu nedenlerden dolayı sermaye birikiminin önemi artmış ve dolayısıyla bankacılık sektörü gelişmeye başlamıştır. Ekonomide sermaye birikiminin artırılması yatırım olarak adlandırılır.⁴ Yatırım bugünkü tüketimin gelecekte yapılacak tüketim ile takasıdır. Dolayısı ile yatırımcının ileriye dönük beklentileri vardır. Diğer bir deyişle, sermaye birikiminin sağlanması için ileride gerçekleşecek bir fırsat maliyetinin şimdiden ortaya konması gerekir.

Bireysel yatırımcı veya girişimci, aynı zamanda sermayedar olarak yaptığı yatırımın gelecekteki karlılığını dikkate alır. Eğer yatırım enflasyonist ortamda gerçekleştirilirse, genel fiyatlar düzeyindeki artışa, yani paranın zaman değerine göre kar oranı önem kazanır. Bunun nedeni, teorik olarak yapılan yatırım, sermaye yoğun üretim yani fiziksel bir malın üretimi şeklinde olacaktır. Dolayısıyla sermaye yatırımının gerçekleştiği andan itibaren, arazi satın alınacak veya kiralanacak, fabrika binası ve emek yoğun makineler yerine gelecekteki üretim potansiyeli ve birim maliyeti hesaplanarak sermaye yoğun, daha yüksek teknolojiye sahip otomasyon üretim tesisi inşa edilecek, ve ilk üretim

⁴ DOLAN, Edwin G., LINDSEY, David E., "Economics", The Dreyden Press, 6.ed., U.S.A., 1991, s:9.

başlayacaktır. Ancak o zaman sermayenin geri dönüşümü söz konusu olur. Dolayısıyla bu geçen süre içinde paranın zaman değeri önemlidir. Diğer taraftan bankacılık sektörü için de durum pek farklı değildir. Sermaye birikiminin sağlanması için öncelikle bireysel yatırımcılardan sermaye toplanmalıdır. Bu nedenle mevduat sahiplerine fırsat maliyeti olarak ve paranın zaman değerini karşılayacak belli oranlarda getiri teklif edilmesi gerekir. Toplanan sermaye bu maliyeti karşılayacak bir getirir oranı ile sermayeye ihtiyacı olan kimselere satılır. Bankacılık ve diğer finans kurumlarındaki bu getiri, faiz olarak adlandırılmaktadır.

Finansal kurumlar tarafından ilan edilen faiz oranları, nominal faiz oranı olarak adlandırılır. Bu oranlar, liberal ekonomilerde, günün ekonomik şartlarına ve beklentilerine, devletin mali politikalarla müdahalesine ve para piyasalarındaki arz ve talebe göre anlık olarak değişmektedir.

Daha önceki açıklamalarda deyinildiği gibi, faiz, bugünkü tüketimin gelecekte yapılacak daha verimli ve etkin tüketim ile takas edilmesi şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere belli bir süre için tüketimden vazgeçilerek yatırıma dönüştürülen para miktarı, yatırımın vadesi dolduğunda en azından aynı tüketimi yapabileme olanağı sağlamalıdır. Enflasyonist bir ortamda, fiyatlar genel düzeyindeki artış nedeniyle paranın sürekli değer kaybettiği bilinmektedir. Bu durumda, yatırım süresi için belirlenen faiz oranı, aynı süre içinde gerçekleşmesi beklenen enflasyon oranını kapsamalıdır. Bir ülkenin ekonomik ve sosyal aktiviteleri sonucu belirlenen nominal faiz oranları, aynı süre içinde gerçekleşen fiyatlar genel düzeyindeki değişimden, yani enflasyondan arındırıldığında, diğer bir ifade ile deflete edildiğinde, reel faiz oranı elde edilir.

Enflasyondan arındırılmış reel faiz oranı, yatırımcının vade dolduğunda aynı tüketimi yapabilmesini sağladıktan sonra, elde edeceği ek kazancı temsil etmektedir. Rasyonel bir yatırımcının, elindeki likit gücü belli bir süre kullanmamasının sebebi de budur. Diğer

tarafından, yapılan her yatırım, gelecekle ilgili bir karar olduğundan, ve ayrıca hiç bir bilginin kesin olmayışı, yani çeşitli faktörlerin kapsadığı ihtimal payı nedeniyle yatırımcı her zaman bir belirsizlik unsuru ile karşı karşıya bulunacaktır.⁵ Bu durumda, yatırımcı, bugün ve gelecekte tüketim yapma hareket biçimlerinden birini seçecek ve bu hareket biçimlerinin olası mümkün bütün sonuçlarını belirleyecektir. Ancak, hangi sonucun meydana geleceği, yatırımın vadesi dolduğunda anlaşılacaktır. Gelecekle ilgili bu belirsizlik risk olarak adlandırılır. Yapılan yatırımın gelecekte sonuç vermesinden kaynaklanan risk dışında, bir de yapılan yatırımın yapısından veya niteliğinden kaynaklanan risk de mevcuttur. Bu risk, yapılan yatırımın hiç geri dönmemesi riskidir, ve bu geri dönmeme riski subjektif kriterlerle ve/veya istatistiksel analiz ve karar alma yöntemleri ile objektif olarak belirlenebilir.⁶ Yatırımcının üzerine aldığı bu risk, reel faiz üzerine eklenen risk primi ile karşılanır. Bu nedenle, nakit akımları aynı olan farklı yatırım seçeneklerinden, risk seviyeleri eşit olmadığı takdirde, riski daha düşük olan yatırım seçeneği tercih edilecektir.⁷ Diğer taraftan, daha önceki açıklamalarda tanımlanan nominal faiz oranı, enflasyona göre deflete edilip risk primi de düşüldükten sonra kalan oran ise, net faiz olarak adlandırılır.

Uygulamada, daha sonra ilgili bölümde de açıklanacağı gibi en düşük risk primini içeren faiz oranı incelenmek istenmektedir. Bunun nedeni yatırım riskleri istatistiksel olarak hesaplanabilmekle birlikte, borç verilen kişi veya kuruluş mali risk de taşımaktadır. Fakat, mali analiz bu çalışmada konu edilmeyecektir. Dolayısıyla uygulamada, devletin borçlanma işlemleri ve bankalar arası işlemlerden en düşük risk primi içeren faiz oranı tercih edilecektir.

⁵ TURANLI, Münevver, "Pazarlama Yönetiminde Karar Alma", 2. Baskı, Beta Basım A.Ş., İstanbul, 1988, s:1.

⁶ TURANLI, M., a.g.e., s:22.

⁷ ERTUNA, İ. Özer, "Yöneticiler için Finans (Bilgisayar Uygulama Örnekleriyle)", AR-DAN Yönetim Serisi:1, B/F/S yayınlar, İstanbul, 1987, s:141.

1.1. Faiz Teorileri

Faiz, geçmiş çağlarda meşruluğu konusunda çok tartışılmış olsa da, günümüzde iktisatçılar faizin yapısı, nedenleri ve faiz oranının tahmini üzerinde durmaktadırlar. Bu nedenle öncelikle faizin makro ekonomik düzeyde oynadığı rol, klasik iktisat teorisi, Keynezyen teoriler, parasal denge ve ödünç verilebilir fonlar teorisi ile açıklanmaya çalışılacak; aynı zamanda faiz oranlarında gerçekleşen dalgalanmaların sebepleri de incelenecektir. İktisat teorilerinde faiz oranının önemli bir yere sahip olmasının sebebi, ulusal bir ekonomide faiz oranı seviyesinin yatırımların düzeyini, yatırımların düzeyi de çarpan yoluyla milli geliri etkilemesidir. Dolayısıyla faiz oranlarının, ekonomi politikaları açısından vazgeçilmez bir yeri vardır.

1.1.1. Klasik Faiz Teorisi

Klasik faiz teorisi, faizi reel faktörlere dayanarak açıklamaktadır. Kısaca, klasik faiz teorisi tasarruf ve yatırımlarla açıklanır. Bu teorinin belirleyici olmasında Böhm-Bawerk, A. Marshall ve Irving Fisher'in çalışmaları büyük rol oynamıştır. Bu teoride para ve kredi faktörleri nötr sayılmaktadır. 19.yy'da Senior⁸ faizi, sermayenin arz ve talebine dayandırıyordu.

Klasik teoride faiz oranı seviyesi sermaye arz ve talebine bağlıdır. Böhm-Bawerk'e göre faiz, şimdiki tüketim malı ile gelecekteki tüketim malının faydası ve getirisi nedeniyle değiştirilmesinden ortaya çıkar. Yani, faiz bir anlamda bugünkü tüketimden vazgeçmenin bedelidir. Bugünle gelecek arasındaki fark üç nedenden kaynaklanmaktadır. Birinci neden psikolojik nedendir. Yani psikolojik olarak bakıldığında, bugün belirgin, gelecek ise belirsizdir. Bu farkın oluşma nedenlerinden ikincisi ekonomik sebeplere dayanmaktadır.

⁸ UNAY, C., a.g.e., s:142.

Ekonomik olarak düşünülduğünde bugünün kaynakları gelecekteki kaynaklardan daha kıt olduğundan bugünkü gereksinme daha fazla olacaktır. Ekonomik gelişme oldukça, gelecekteki kaynaklar da artar. Üçüncü neden ise teknolojik nedendir. Teknolojik neden, bugün sahip olunan malların, üretime yarayacakları için, gelecekte sahip olacaklarımızdan daha faydalı olmasıdır. Bu açıklamalar ışığında faizin zamanın bedeli olduğu açıkça görülmektedir. Faiz diğer taraftan, zamana bağlı tüketim tercihlerinin ve sermayenin verimliliğinden doğar. Yatırım için sermayeye ihtiyaç duyan kişi, 3 faktörü dikkate almalıdır. Bu faktörler;

- Verimlilik
- Sermayenin Değeri
- Faiz Oranları

Yatırımı yapacak olan kişi, yatırımın sağlayacağı geliri belirleyecek olan, verimlilikle faiz oranlarını karşılaştırmak zorundadır. Aksi takdirde, sermayenin verimliliği faiz oranlarından yüksek olacak, bu da sermaye talebinin devam etmesine sebep olacaktır.

Ekonomide denge faiz oranı sermaye arz ve talebine bağlıdır. Faiz oranı düştükçe sermaye talebi artacaktır; faiz oranı arttıkça sermaye arzı artacaktır. Klasik faiz teorisinde faiz oranları esnekler, tasarrufu yatırıma eşitler. Herhangi bir sebeple faiz oranları düşerse sermaye talep edenler arasındaki rekabet nedeni ile yeniden yükselir. Bunun tam tersi olduğunda ise tasarruf sahiplerinin rekabeti faiz oranlarını düşürür. Faiz oranlarının düşüşü yatırımları özendirirken, yükselmesi tasarrufu özendirir. Denge faiz oranı seviyesinde, tasarruf ödünç verilen bütün fonlara ve yatırım da borç alınan bütün fonlara eşit olacaktır. Bu nedenle klasik faiz teorisinde para ve kredinin hiç bir önemi yoktur.

1.1.2. Keynezyen Faiz Teorisi

Faiz kavramının parasal bir olay olduğunu ilk olarak İsveçli iktisatçı K. Wicksell bahsetmiş; ve klasik teoriyi eleştiren J. M. Keynes faizin, likit şekilde muhafaza edilmesi amacıyla para arzına bağlı bir olay olduğunu ileri sürmüştür. Birey likit paranın imkanlarından faiz bedeli karşılığında vazgeçer. Tasarruf, klasiklerin ileri sürdüğü gibi faiz oranına bağlı olmayıp, modern teoride tasarrufla yatırımların eşitlenmesi milli gelir düzeyindeki dalgalanmalara bağlıdır.⁹ Bunun nedeni tasarrufun marjinal tüketim eğilimine ve yatırımların birçok faktör tarafından etkilenen marjinal yatırım eğilimine bağlı olmasıdır. Bu çalışmada da faizle ilgili olarak modern teorinin bu yaklaşımı kabul edilmiş, ve ekonomideki konjonktürel ve mevsimsel dalgalanmaların faiz oranlarını etkilediği, dolayısıyla da faiz oranlarında düzgün dalgalanmaların gözlenebileceği ileri sürülmüştür.

Parasal faktörlerle ilgili olan faiz oranı, paranın arz ve talebi açısından incelenebilir. Para talebi, bireyler, işletmeler ve diğer kurumlar ile bankaların gereksinim duydukları birinci derecede likiditelerin toplamıdır. Likidite ise bu ekonomik birimlerin satın alma gücünü temsil eder. Keynes'e göre para talebi üç motiften kaynaklanmaktadır. Bunlardan ilk ikisi tüketim ve ihtiyat, yani beklenmeyen olaylara karşılık hazırlıklı bulunma arzudur. Tüketim motifi olarak ortaya çıkan para talebi, doğrudan gelir (Y) tarafından etkilenir. Bunun yanında, para talebi, doğru orantılı olarak gelirin kazanıldığı an ile harcama arasındaki süreden (τ), yine doğru orantılı olarak gelir sabit kaldığında fiyatlar genel düzeyinden (P) ve ters orantılı olarak tüketimini gelecekte yapma isteğiyle ortaya çıkan faiz haddinden (r_t) etkilenmektedir.

İhtiyat motifi ile yapılan para talebi ise temelde gelire bağlı olmakla birlikte, işsizlik, hastalık, kaza ve ihtiyarlık sigortalarının geliştiği toplumlarda bu nedenle doğan para talebi azalacaktır. Ayrıca, kişilerin psikolojik yapıları da etkili bir faktördür. İhtiyat motifi

⁹ UNAY, C., a.g.e., s:145.

ile doğan para talebi de tükretim motifindeki gibi faiz oranından etkilenmektedir. Tükretim ve ihtiyat motiflerinden doğan para talebi (M_1) makro ekonomik bir fonksiyon olarak,

$$M_{1t}=f(Y_t, Y_{t-\tau}, P_t, r_t)$$

şeklinde belirlenebilir.

Diğer taraftan spekülasyon motifi, ekonomik birimlerin fiyat hareketlerinden yararlanmak veya kazanç sağlamak amacıyla likit para tutma ihtiyaçlarıdır. “Spekülasyon ekonomide malların zaman içinde naklidir.”¹⁰ Spekülatör, likit para tutması nedeniyle faiz gelirinden vazgeçmekte; veya tahvil veya menkul kıymet yatırımı yapmasından dolayı sermaye riski taşımaktadır. Spekülasyon motifli para talebi (M_2), faiz oranları ile ters yönlü fonksiyonel bir ilişkiye sahiptir. Faiz oranı çok düşük olduğunda, para talebinin karşılığı fedakarlık az olduğundan para talebi artar; çok yüksek olması durumunda ise tersi gerçekleşir. Bu durum likidite tercihi olarak açıklanır. Spekülatif para talebi;

$$M_{2t}=f(r_t)$$

şeklinde ifade edilirse toplam para talebi $M_T=M_1+M_2$ olacaktır.

Modern portföy analizinin temellerini ortaya koyan Markowitz’e göre, bilinçli ve tam bilgiye sahip rasyonel yatırımcı her zaman aynı risk seviyesinde getirisini maksimum yapan aracı tercih edecektir.¹¹ Bu noktadan yola çıkıldığında yüksek faiz oranı yatırımcıları para talebi yaratacak şekilde tahvil almaya sevk edecektir. Kısa vadede para arzı değişmeyeceğinden faiz oranları artacak ve paranın maliyeti yükselmiş olacaktır. Orta vadede para arzının talebi karşılması ile, getirisi reel anlamda azalan tahvillerin

¹⁰ UNAY, C., a.g.e., s:149.

¹¹ ÇİLİNGİRTÜRK, A. Mete, “Sermaye Piyasasında Risk Unsurunun İstatistiksel Analizi”, M.Ü.S.B.E., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1993.

karlılığındaki düşme, yatırımcıyı alternatif araçlara yöneltecek ve para talebi düşecektir. Bu durumda faiz oranları tekrar dengeye gelmek üzere düşecektir. Dolayısıyla, spekülasyon amaçlı ortaya çıkan para talebi, faiz oranı seviyesinin anlık değiştiği piyasa ekonomilerinde düzenli dalgalanmaların meydana gelmesine sebep olacaktır.

Para arzı, bir ülke ekonomisindeki her türlü ödeme aracının toplamı olarak tanımlanmaktadır. Para arzı temel olarak nakit ve kaydi paradan oluşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, para arzı içinde kaydi para miktarı, gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Kaydi para, banka sistemi içinde yaratılmakta ve kaydi para miktarının en belirleyici faktörü de faiz oranları olmaktadır. Ancak kaydi paranın maksimum noktası faiz oranından bağımsız olarak kredi çarpanı ve ilk mevduat miktarı tarafından belirlenmektedir. Faiz oranının değişmesi ile para arzı eğrisi sağa veya sola doğru kaymaktadır.

Keynesyen teoriye göre denge faiz oranı, yukarıda açıklanan para arz ve talebinin dengeye gelmesiyle belirlenmektedir. Ancak arz ve talebin dengesine dayanan bu teoride milli gelir sabit olarak alınmıştır. Buna göre talep/arz sabitken arz/talep artarsa faiz oranı düşer/artar. Para talebi eğrisi belli bir faiz oranı seviyesinden (minimum faiz oranı) itibaren yatay eksene sabit olduğundan arz ne kadar artsa da faiz oranı seviyesi değişmeyecektir. Bu durum likidite tuzağı olarak adlandırılır. Bu durumda devlet para arzını artırarak faiz oranlarına, dolayısıyla milli gelir ve yatırım düzeyine müdahalede bulunamaz. Milli gelir arttığında talep artacağından faiz oranı yükselecektir. Bunların yanında devlet para politikasının araçları ile, diğer bir deyişle, açık piyasa işlemleri, reeskont oranları ve mevduat karşılık oranları ile para arzına ve faiz oranlarına müdahale edebilir.

1.1.3. Parasal Denge

Parasal denge, ekonomideki toplam para arzı ve para talebinin eşitliğidir. Para arzı serbest ekonomi dışı bazı faktörlere de bağlı olduğundan teoride parasal denge para talebinin çeşitli fonksiyonları ile belirlenmeye çalışılmaktadır. Klasik ve neo-klasik teoride parasal denge;

$$M_s \cdot V = P \cdot Y$$

M_s : Para arzı;

V: Paranın tedavül hızı

P : Fiyatlar genel düzeyi; Y: Reel milli gelir

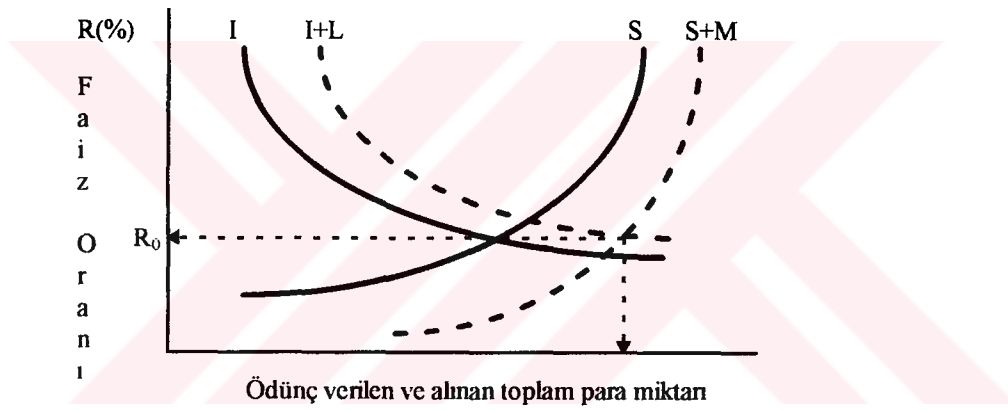
Denklemler 1.1

şeklinde ifade edilir. Diğer teorilerden farklı olarak bu modelde paranın tedavül hızının para arzını açıklayacak bir faktör olarak ele alınmasıdır. Paranın tedavül hızı, nominal milli gelirin para stokuna oranı olarak belirlenir; diğer bir deyişle, para arzındaki her bir birim paranın bir yıl içinde ortalama olarak kaç kere gelir üretme amacıyla kullanıldığını temsil eder.¹² Mübadele eşitliğine göre para arzındaki değişim, fiyatlar genel düzeyi, milli gelir ve paranın tedavül hızını etkilemektedir. Para arzındaki değişimin reel milli gelir üzerindeki etkisiyle işsizlik oranı da etkilenmektedir. Diğer taraftan milli gelir, para talebinin temel açıklayıcı faktörü olduğundan, para talebinde gerçekleşecek değişim, faiz oranını da etkileyecektir. Enflasyonist ortamlarda fiyatlar genel düzeyindeki değişimler kısmen de olsa para arzının arttırılmasını gerektireceğinden, faiz oranları da etkileneceklerdir. Bu durumda faiz oranı tam olarak değişmiyor gibi gözükse de, ileriki kısımda bahsedilecek faiz oranının bileşenlerinin yapısı farklılık gösterecektir.

¹² DOLAN, Edwin G., LINDSEY, David E., a.g.e., s:289.

1.1.4. Ödünç Verilebilir Fonlar Teorisi

Para ve kredinin önemsiz olduğu klasik faiz teorisi, fiyatlar genel düzeyindeki değişimleri yok saydığından, faizleri sadece reel anlamda incelemektedir. Diğer yandan, Keynezyen teori para arz ve talebinin dengesinden yola çıktığından çoğu iktisatçılar tarafından parasal eleştirilere maruz kalmıştır. Ne nedenle olursa olsun borç almak ve vermek üzere işlemlerin yapıldığı piyasalar, iktisatçılar tarafından ödünç verilebilir fonlar piyasası olarak adlandırılmaktadır. Bu piyasa aşağıdaki grafikte görülmektedir.



Şekil 1.1 Ödünç Verilebilir Fonlar Piyasası

Grafikten de anlaşılacağı üzere, yatırımların, tasarruf miktarı ile dengelendiği klasik milli gelir teorisinden farklı olarak ödünç verilebilir fonların yapısında arz, tasarruf (S), vadesi dolmuş hesaplar ile bunların getirileri ve banka sisteminde doğan ek ödüncüler toplamından (M) ve; talep ise, yeni yatırımlar (I), ile eski yatırımların amortisman ve bakımı, getiri talebi, tüketim talebi toplamından oluşmaktadır. Bu durumda, reel faktörler (tasarruf ve yatırım) olduğu kadar parasal faktörler de dikkate alınmış olur. Ödünç verilebilir fonların talep eğrisi, diğer bütün faktörler sabit kalmak şartı ile, insanların düşük faiz oranlarında yatırım ve tüketim için daha fazla borç talebinde bulunacaklarını,

arz eğrisi ise aynı şartlar altında faiz oranı arttıkça daha fazla borç verme eğiliminde olacaklarını temsil eder. Bu durumda belirlenen denge faiz oranı, sermayenin marjinal fırsat maliyeti (arz) ile marjinal fiziksel üretiminin (talep) dengeye geldiğinde belirlenen getiri oranı ile eşittir.¹³

Ödünç verilebilir fonlar piyasasının bu şekilde tanımlanması ile, borcun vadesi ve riskine göre pek çok faiz oranı olduğu göz ardı edilmektedir. Ayrıca, borç veren ve talep edenlerin bir araya getirilmesine yardımcı olan finansal aracı kurumların oynadığı rol de dikkate alınmamaktadır. Diğer taraftan faiz oranlarını etkileyen enflasyon ve devlet politikaları gibi makro ekonomik faktörlerin ödünç verilebilir fonlar teorisinde sabit olarak varsayıldığı da göz önüne alınmalıdır.

Ödünç verilebilir fonlar teorisinin, Keynezyen teoride IS ve LM eğrileriyle açıklanmaya çalışılan milli gelir ve faiz oranı dengesi ile aynı anlama gelip gelmediği literatürde tartışılmıştır.¹⁴ LM eğrileri, milli gelirin, para arzı sabitken yatırımlar ve para talebi üzerindeki etkisine göre, faiz oranını belirlemesi ile çizilebilmektedir. Dolayısıyla, faizin milli gelirdeki hareketlerden keynezyen teoriye göre doğru orantılı olarak etkilenmesi beklenmektedir.

Bu kısımda faiz teorileri incelenerek faiz oranını açıklayıcı özelliğe sahip ekonomik faktörler belirlenmiştir. Buradaki amaç, genel ekonomide gözlenecek düzenli dalgalanmaların faiz oranını da etkileyeceğini ve dolayısıyla faiz oranlarında da düzenli dalgalanmalar gözlenebileceğini belirtmektir. Çalışmanın sonraki bölümünde ekonomilerde gözlenen periyodik dalgalanmalar ve ilgili iktisadi teorilerden bahsedilecektir.

¹³ DOLAN, Edwin G., LINDSEY, David E., a.g.e., s:720.

¹⁴ UNAY, C., a.g.e., s:159.

1.2. Literatürde Rastlanan Faiz Oranı Tahmin Modelleri

Faiz oranlarının, ekonomik faaliyetleri etkilediği önceki bölümde çizilen teorik çerçeve ile ortaya konmuştur. Dolayısıyla faiz oranlarına ait öngörü yapılması, akademik açıdan yapılan ekonomik modellemeler için, ve devlet organlarının ve özel sektör finans kuruluşlarının makro-ekonomik planlama yapması ve strateji belirlemesi bakımından çok önemlidir. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde, faiz oranlarının öngörü tahminini yapmak için kullanılan bazı modellerden bahsedilecektir.

Uygulamada pek çok faiz tahmin modeline rastlamak mümkündür. Ancak, çalışmanın bu kısmında seçilen modellerin pratikte halen kullanılıyor olması ve gecikmeli değerleri dikkate alması göz önüne alınmıştır. Özellikle gecikmeli modellerin incelenmesinin sebebi, çalışmada faiz oranlarının düzenli dalgalara sahip olduğunun iddia edilmesidir.

1.2.1. Taylor Kuralı

J. B. Taylor'a göre merkez bankalarının en önemli görevi, para politikasıyla faiz oranlarını kontrol altında tutarak, ulusal ekonomi ve dolayısıyla kapsadığı piyasaları ekonomik ve ekonomik tepki doğuran şoklara karşı korumaktır. Burada bahsedilen devletin, liberal piyasa ekonomisine müdahale ederek faizleri yönlendirmesi değil, para politikasının araçlarını kullanarak faiz oranlarının değişim yönünü belirlemesidir. Ekonomideki şokların etkisi büyüme ve enflasyon üzerinde görülecektir. Bu durumda faiz oranlarının olması gereken seviye, enflasyon ve büyüme beklentileri ile aşağıda görüldüğü gibi açıklanabilir.

$$r = r^* + \alpha \cdot \frac{(i - i^*)}{\text{enflasyon farkı}} + \beta \cdot \frac{(y - y^*)}{\text{üretim farkı}}$$

toplam fark

r : faiz oranı; i : enflasyon; y : üretim

"*" olması gereken değerler

Denklem 1.2

Modelden de anlaşılacağı üzere, Taylor modeli bir beklenti modelidir. Toplam fark sıfır olduğunda, diğer bir deyişle, enflasyon oranı ve mevcut üretim olması gereken seviyede ise; nominal faiz oranı olması gereken seviyede gerçekleşir. Denklem 1.2'deki parametreler α ve β , enflasyon ve üretimdeki gerçekleşme-beklenti farklarının nominal faiz oranları ile ekonometrik ilişkisini belirlemektedir. Teorik olarak bu parametrelerin pozitif olması ($\alpha, \beta > 0$) beklenir. Ekonomi hızlı büyüdüğü ve enflasyon oranındaki artışların beklentileri aştığı durumlarda faiz oranlarının da yukarı doğru yönelmesi gerekir.

Modelin uygulanabilir olması, devletin enflasyon ve üretim hedefleri belirleyip, bu hedeflere ulaşmak için çaba sarf etmesine bağlıdır. Regresyon analizi ile geçmiş verilerden faydalanılarak parametreleri tahmin edilen modelde sabit parametre, olması gereken faiz oranını temsil etmektedir. Taylor (1993), Clarida ve Getler (1996) G-7 ülkeleri için yaptığı araştırmada olması gereken faiz oranı seviyelerine bu şekilde ulaşırken; Goldman Sachs¹⁵ araştırma grubu (1996) olması gereken faiz oranı seviyesini son 10 yılın aritmetik ortalamasını alarak belirlemişlerdir. Aşağıda Goldman Sachs ve Taylor-G7 modelleri görülmektedir.

¹⁵ Bir finans kuruluşu.

Goldman Sachs modeli : $r = r^* + 0.5(i - i^*) + 0.5(y - y^*)$

Taylor, G - 7 modeli : $r = r^* + 2.0(i - i^*) + 0.8(y - y^*)$

Denklem 1.3

Türkiye’de beklenti modellerinin uygulanabilmesinin en zor yanı, devlet planlamalarının gerçekçilikten uzak olması ve planlanan hedeflere ulaşmak için istikrarlı programların izlenmemesidir. Ampirik olarak karşılaşılan zorluk ise Merkez Bankası veya Hazine’nin üzerinde etkili olabileceği faiz oranlarıyla¹⁶ ilgili verinin analiz için gerekli sayıya ulaşacak şekilde mevcut olmamasıdır. Diğer taraftan, modelin uygulanabilmesi için, gerçekçi faiz beklentilerinin belirlenmesinde kullanılacak zaman serisi tahmin modellerine ihtiyaç vardır. Bu modellerin en azından mevsimsel dalgalanmaları göz önüne alması gerekir, çünkü faiz oranlarında mevsimlik dalgalanmaların gözlemlendiği bir gerçektir. Dolayısıyla düzenli dalgalanmaları göz ardı eden trend modelleri, gerçekçi faiz beklentilerinin tahmin edilmesinde çoğu zaman yetersiz kalmaktadır.

1.2.2. Engle, Lilien, Robins ARCH-M Modeli

Engle, Lilien ve Robins (1987)¹⁷ 6 ay vadeli hazine bonolarındaki getiri fazlasının belirlenmesi için, 1960-1984 arası 3 ay vadeli hazine bonolarının getirilerini kullanmışlardır. 3 ay vadeli hazine bonosuna birbirini takip eden iki dönem yatırım yapıldığında getiri, $(1+r_t)(1+r_{t+1})$ olarak elde edilecektir. Aynı iki dönem için 6 ay vadeli hazine bonosuna yatırım yapıldığında ise getiri $(1+R_t)^2$ olacaktır. 6 ay vadeli bonoya yatırım yapmanın ek kazancı yaklaşık olarak $y_t = 2R_t - r_{t+1} - r_t$ olarak belirlenmiş; ve ortalaması (0.142, t=4.04) tahmin edilmiştir. Ortalamadan farkların ARCH etkisine sahip olup olmadığının belirlenmesi için, hata terimlerinin karelerinin, geçmiş dönem hata terimi

¹⁶ Aylık çalışmalarda, vadesine 1 ay kalmış bono faizleri, ay içinde gerçekleşen hazine ihalelerinin işlem hacmi ağırlıklı ortalaması, gibi.

¹⁷ ENDERS, Walter, “Applied Econometric Time Series”, John Wiley & Sons Inc., USA, 1995, s:161.

karelerine göre ağırlıklı regresyon tahmini yapılmıştır. Varyansların ağırlıkları, son dönemler daha önemli ve geçmiş dönemler daha az önemli olmak üzere (0.4, 0.3, 0.2, 0.1) belirlenmiştir. Bu tahmin modeli aşağıda görüldüğü gibidir.

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1(0.4\varepsilon_{t-1}^2 + 0.3\varepsilon_{t-2}^2 + 0.2\varepsilon_{t-3}^2 + 0.1\varepsilon_{t-4}^2)$$

Denklem 1.4

Modelde yer alan sabit parametre $\alpha_0=0$ hipotezi LM testi ile sınanmış, ve bir serbestlik derecesinde χ^2 dağılan kritik değere göre değişen varyans tespit edilmiştir. Dolayısıyla getiri fazlası;

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 h_t + \varepsilon_t$$

Denklem 1.5

şeklinde bir modelle tahmin edilmiştir. Tahmin edilen katsayılar risk priminin zamana göre değiştiğini göstermektedir. Ancak, ARCH modelinde tahmin edilen α_1 değeri modelde şartsız varyansın sonsuz olduğunu göstermesine rağmen, şartlı varyansın sonlu olduğu bilinmektedir.

1.2.3. Enders Hata Düzeltme Modeli

Faiz teorilerine göre, kısa ve uzun vadeli faiz oranları uzun dönemde birbirlerinden etkilenmektedirler. ARCH-M modelinde, Engle, Lilien ve Robins de aynı teoriden yola çıkmışlardır. Eğer uzun ve kısa vadeli faiz oranları arasındaki fark uzun dönem eğilime göre nispeten fazla açılmışsa, kısa vadeli oranlar hızla yükselecek veya uzun vadeli oranlar hızla düşecek veya her ikisi birbirlerine doğru hareket edecektir. Tam dinamik

model tanımlaması yapılmadan olayın ne şekilde gelişeceği tahmin edilemez. Her ne olursa olsun kısa dönem dinamikler, uzun dönem ilişkilerdeki değişimlerden etkilenecektir.¹⁸ Sözü geçen bu dinamik model “hata düzeltme” olarak tanımlanır. Bir hata düzeltme modelinde, sistemdeki değişkenlerin kısa dönem dinamikleri, denge durumundan sapmalardan etkilenirler.¹⁹ Bu durumda faiz oranları için aşağıdaki hata düzeltme modeli kurulmuştur.

$$\begin{aligned}\Delta r_{St} &= \alpha_S (r_{Lt-1} - \beta r_{St-1}) + \varepsilon_{St}, & \alpha_S > 0 \\ \Delta r_{Lt} &= -\alpha_L (r_{Lt-1} - \beta r_{St-1}) + \varepsilon_{Lt}, & \alpha_L > 0\end{aligned}$$

Denklem 1.6

Modeldeki r_{St} ve r_{Lt} sırasıyla kısa ve uzun vadeli faiz oranlarını temsil etmektedirler. Hata terimleri, birbirleriyle ilişkili olabilecek beyaz gürültü terimleridir. Parametreler ise pozitif olarak kısıtlanmışlardır. Modelde görüldüğü üzere, kısa ve uzun vadeli faiz oranları, hata terimleri ile temsil edilen rastsal şoklardan ve önceki dönemde gerçekleşen uzun dönem denge noktasından sapmaya bağlıdır.

Bu kısımda özetlenen tek ve çok değişkenli ampirik çalışmalar, ekonomideki konjonktürel dalgalanmalardan faiz oranlarının etkilendiklerini veya faiz oranlarında düzenli devresel hareketlerin gözlemlendiğini kabul etmişlerdir.

¹⁸ ENDERS, Walter, a.g.e., s:366.

¹⁹ GREENE, William H., “Econometric Analysis”, 3. Baskı, Prentice Hall, USA, 1997, s:770.

²⁰ ENDERS, Walter, a.g.e., s:366.

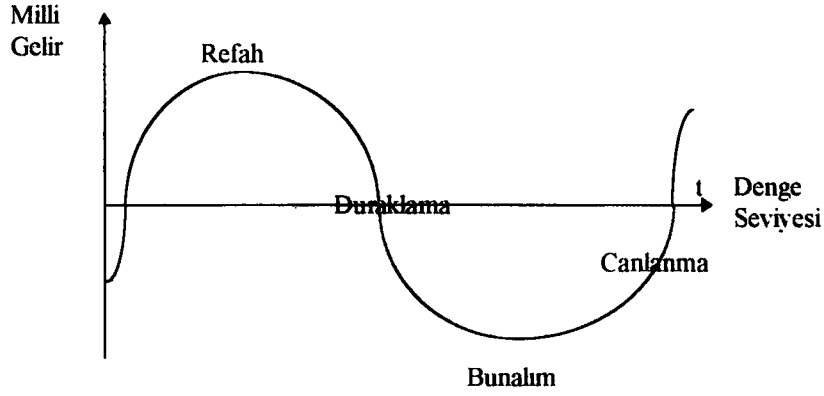
2. EKONOMİDE PERİYODİK DALGALANMALAR

Trend ve yıllık bileşenler ekonomik bir zaman serisinin sıkça rastlanan en önemli özellikleridir. Bunlardan arındırılmış uzun dönem gözlemlerini içeren bir seri ele alındığında düzensiz dalgalanmalar görülmektedir. Bir kısım araştırmacılara göre düzensiz bu dalgalar, periyodik olarak daha düzenli dalgaların birbirleri üzerine binmelerinden oluşmaktadır. Bu bölümde önce ekonomik dalgalanmalarla ilgili teoriler incelenecek ve sonra ekonomik olaylarla ilgili olarak yapılmış çalışmalardan ve elde edilen bulgulardan kısaca bahsedilecektir.

2.1. İktisat Teorisi ve Konjonktürel Dalgalanmalar

Çalışmanın bu kısmında, genel anlamda konjonktür dalgalanmaları şeklinde tanımlanan makro ekonomik olaylarda gözlemlenen orta ve uzun dönem düzenli devresel dalgalanmaların, teorik sebepleri üzerinde durulacaktır. Teorik açıklamalar ve nedensellik ilişkileri sadece milli gelir üzerinde yoğunlaşmıştır. Önceki bölümde bahsedildiği gibi, faiz oranları da milli gelir ile ilişkili olduğundan veya milli gelir tarafından belirlendiğinden, faiz oranı seviyesinde gecikmeli olsa bile benzer dalgalanmaların gözlenmesi gerekmektedir.

Konjonktür dalgalanmalarının evreleri, refah-gelişme, duraklama-gerileme, bunalım-daralma ve canlanma olarak dört aşamada incelenir. Bu açıklamalar aşağıdaki şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1 Konjonktürel Dalgalanmalar

Şekilde görülen konjonktür dalgalanmalarla ilgili birtakım özellik ve varsayımlar mevcuttur.²¹ Bu özellik ve varsayımlar şöyle sıralanabilir;

- Bunalım devrelerinde talebi aşan bir üretim vardır.
- Bunalımlar; dış ticaret, dış borçlanma, dış yatırımlar ve ülkeler arası psikolojik ilişkiler nedeniyle uluslararası düzeyde yaygınlaşırlar.
- Bunalımlar zaman içerisinde düzenlilik gösterirler.
- Dalgalanmaların, liberal-kapitalist ekonomilerde sistemin iç çelişkileri nedeniyle ortaya çıktığı konusunda yaygın bir kanı vardır.
- Tarım üretimine dayanan ekonomilerde düzenli devresel dalgalanmalarla karşılaşmamıştır. Bunalımlar, sanayileşmiş ülkelerde görülürler.

²¹ UNAY, C., a.g.e., s:102.

Yukarıda özellikleri ve varsayımları görülen konjonktür dalgalanmalarla ilgili pek çok teoriler de ortaya atılmıştır. Bu teorilerin büyük bir çoğunluğu dalgalanmaların nedenleri üzerinde dururken, bir kısmı sadece dalgalanmaların şeklini incelemektedir. Bu tip ölçülen dalgalara sonraki kısımda örnekler verilmiştir. Ancak burada, konjonktürel dalgalanmalarla ilgili teorilerden konumuzla ilişkisinden ötürü nedensellik teorilerinden sadece ikisi üzerinde durulacaktır.

2.1.1. Çarpan-Hızlandırıcı Modeli

Hensen-Samuelson modeli olarak da adlandırılan bu modelde, istihdam düzeyi ve fiyatlar göz ardı edilerek, yalnız milli gelirdeki dalgalanmaların gecikmeli değerleri dikkate alınarak incelenmiştir. Model, klasik teorinin milli gelir denklemi ile başlamaktadır. Bu modelde devlet harcamaları (G) sabit, yani otonom kabul edilmiştir. Ayrıca, tüketimin (C) bir önceki dönem gelirin bir fonksiyonu olduğu ve yatırımların (I), tüketimde gerçekleşen değişime eşit olduğu varsayılmıştır. Bu anlatılanlar aşağıda görülen denklemler sistemi ile ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} Y_t &= G_t + C_t + I_t \\ C_t &= cY_{t-1}; \quad I_t = b(C_t - C_{t-1}) = cbY_{t-1} - cbY_{t-2} \\ Y_t &= G_t + c(1+b)Y_{t-1} - cbY_{t-2} \end{aligned}$$

Denklem 2.1

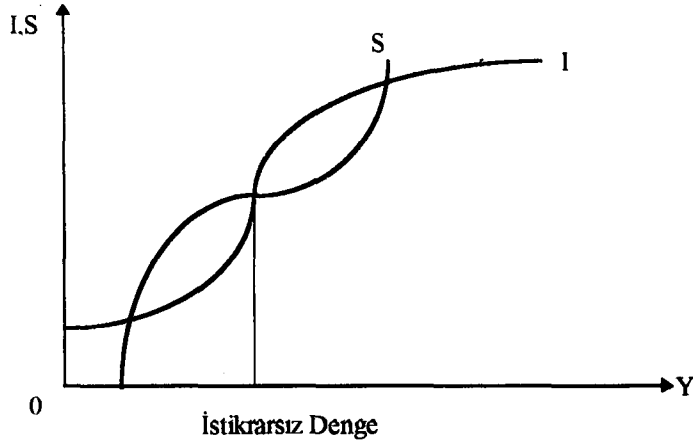
Modelde yer alan “c”, marjinal tüketim eğilimini ve, “b”, yatırım hızlandırıcısını göstermektedir. Bu durumda, belli bir dönemdeki milli gelir seviyesi, başlangıç milli gelir seviyesi ile tahmin edilebilir. Ancak tahmin, denklem 2.1’deki c ve b katsayılarının zaman içinde alacağı değerlere bağlı olacaktır. Bu katsayıların alacağı olası değerlere göre milli gelirdeki dalgalanmalar incelenmiştir. Olası kombinasyonlardan bir kısmı azalan ve

şiddetlenen dalgalanmalar yaratmakta, fakat model nispeten düzenli devresel dalgalanmaları açıklayamamaktadır. Bunun nedeni, modelin doğrusal yapısı olarak görülmektedir. Her iki katsayının yükselmesi de ekonomide istikrarsızlığa neden olmaktadır. Modelin eleştirilen bir diğer tarafı da parasal faktörlere yer vermemesidir. Bu model kendi kendine dalgalanmalar yaratan bir sistemi temsil etmektedir.

2.1.2. Kaldor Modeli

İngiliz iktisatçı Nicolas Kaldor, Keynezyen teoride sabit varsayılan tasarruf ve yatırım eğiliminin eğrisel bir fonksiyona sahip olduğunu ileri sürerek, Keynezyen analize konjektürel bir nitelik kazandırmıştır.

Marjinal yatırım eğilimi, ekonomik faaliyetlerin çok düşük ve çok yüksek olduğu dönemlerde düşük değerler alırken; marjinal tasarruf eğilimi, aynı dönemlerde yüksek değerler alacaktır. Statik denge durumu araştırılmak üzere yatırımlar, tasarrufa eşit kabul edildiğinde, birden çok karasız denge noktasına sahip olunur. Aşağıdaki şekilde kısa dönem tasarruf ve yatırım eğrileri görülmektedir. Kısa dönem tasarruf ve yatırım eğrileri, gelir, kapital stoku, teknoloji ve likidite talebi değiştiğinde şekil değiştirirler. Dolayısıyla, bu durumda dinamik dengesizliğe geçilir.



Şekil 2.2 Kısa Dönem Tasarruf ve Yatırım Eğrileri

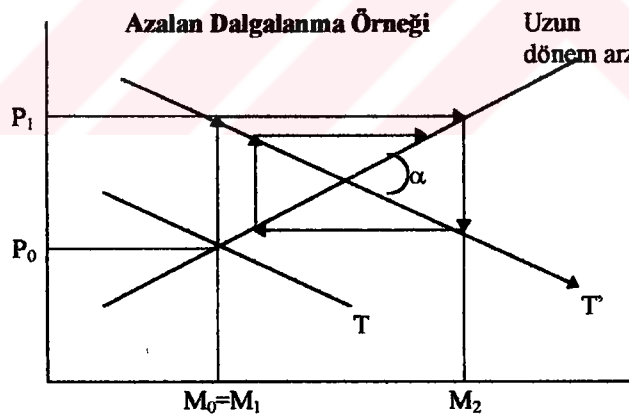
Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, $S > I$ olduğu durumlarda ekonomik faaliyet hızla düşecek ve istikrarsız denge noktasında bunalım durumu gözlenecektir. Bu seviyeden itibaren yatırımlar hızla artacak ($I > S$) ekonomik faaliyetler canlanacak ve bir sonraki istikrarlı denge noktasında refah seviyesine ulaşılacaktır. Çalışmanın konusunun dağılmaması amacı ile teorinin alt yapısına girilmeyecektir. Bu modelde yapılan birtakım varsayımlara da gerçek hayatta pek sık rastlanmadığı görülmektedir. Buna rağmen, bu model, iktisadi teoriye dinamizm kazandırmıştır, çünkü bu model tasarruf ve yatırımlar ile konjonktürel dalgalanmaları açıklayarak, faiz oranlarında beklenen düzenli devresel dalgalanmalara alt yapı oluşturmaktadır. Dolayısıyla iktisat teorisinde oldukça önemli bir model olmaktadır.

2.1.3. Örümcek Ağı (Cobweb) Teoremi

İktisat teorisine göre bir mala talep arttığında, arzda meydana gelen kayma ile denge fiyatına ulaşılmaktadır. Malın özelliğine göre arzdaki tepki kısa dönemde oluşmayabilir. Bu süre zarfında piyasada dengesizlik ortaya çıkacak ve sonuçta fiyatlarda dalgalanmalar

meydana gelecektir. Bu dalgalanmalar özellikle tarım ürünlerinde görülecektir.²² Ancak, tarıma dayalı ekonomilerde konjonktürel dalgalanmaların gözlenmediğinin hatırlanmasında fayda vardır. Tam kapasiteye ulaşmış sanayilerde de arz, talepteki değişimlere kısa sürede cevap veremez.

Bu şekilde meydana gelen dalgalanmalar, azalan, devamlı ve artan dalgalanmalar olarak üç ayrı biçimde ortaya çıkabilir. Dalgalanmaların farklı üç şekilde meydana gelmesi, arz ve talebin eğimlerinin niceliklerinden kaynaklanmaktadır. Örümcek Ağı teorisinin işleyişi şöyle açıklanmaktadır. Herhangi bir malın talebi artış gösterdiğinde uzun dönem arz eğrisi kaymayacağından, belirli miktar için fiyat artacaktır. Bir sonraki aşamada ise, arz miktarı bu fiyat seviyesi için gerçekleşecek, ancak bu fiyat seviyesinde arz arttığında talep edilen miktar azalacak ve fiyatlar tekrar düşecektir. Bu durumda arz yeni talep miktarına göre kısıldığında fiyat seviyesi tekrar değişecektir. Bu anlatılanları aşağıdaki şekil 2.3 üzerinde gösterebiliriz.



Şekil 2.3 Cobweb Teoremi

²² PEKİN, Tevfik, "Ekonomiye Giriş", Bornova, 1987, s:74.

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi, arz ile talep arasındaki α açısı 45° dereceden küçük ise azalan, aksi takdirde artan dalgalanma gözlenecektir. Şayet eğim ters yönlü olarak eşit, diğer bir deyişle $\alpha=45^\circ$ ise sürekli dalgalanma söz konusu olacaktır.

Bu tür dalgalanmaların tarımsal ürünlerde daha sık gözlemlendiğinden bahsedilmiştir. Ancak, tarımsal ürünler ve temel ihtiyaç maddelerine olan talebin gelir ve fiyat esnekliği azdır. Yani gelir artsa ve/veya fiyat değişse de malın talebi fazla değişmeyecektir. Dolayısıyla King kanunu ile açıklanan bu durumda, tarımsal ürünlerin fiyatlarının belirlenmesinde arz tarafının etkili olacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

2.2. Gözlemlenen Ekonomik Dalgalanmalar

Daha önceki açıklamalarda ekonomik dalgalanmalara değinilmişti. Ekonomik literatürde pek çok düzenli dalgalanmadan söz edilmektedir. Çalışmanın bu kısmında kısaca sırasıyla bu dalgalanmalardan bahsedilecektir.²³

- Kondratieff Uzun Dönem Dalgası

Rus ekonomist N. D. Kondratieff, ekonomik olaylarda 40-60 yıl periyoda sahip uzun dönem dalgalanmaların bulunduğunu ileri sürmüştür. 1960’larda bu dalgalanmaların varlığı üzerinde çalışılmışsa da, yeterince destekleyici bulgular elde edilmemiştir.

- Kuznets Uzun Dönem Dalgası

Milli gelir, göç ve nüfus değişkenleri üzerinde yapılan çalışmalardan çıkan sonuçlara göre ortalaması 20 yıl olan bir dalgalanmanın varlığı mümkün görülmektedir.

- İnşaat Sektörü Dalgası

Değişik ülkelerdeki inşaat sektöründe 15-20 yıllık periyodu olan bir dalga olduğu konusunda araştırmacılar görüş birliğindedirler. Bu dalgalanmayı açıklamaya çalışan bazı teoriler de bulunmaktadır. 1920-30'larda üzerinde araştırma yapılan bu dalga ile Kuznets uzun dönem dalgası arasında yakın bir ilişki olduğunu ortaya koymaya çalışan incelemeler de yapılmıştır.

- Temel ve Ara Dalgalar

Hansen ve Schumpeter ekonomik dalgalanmaları iki ve üç grupta toplamışlardır. Ancak iki dalgalanma, ikisinde de 6-11 yıllık temel dalgalanmalar ve 2-4 yıllık ara dalgalanmalar şeklinde ortak özellik taşımaktadır. Hansen dalgalanmaları stoklardaki değişimlerle açıklarken; Schumpeter teknolojiye değişme oranı ile açıklamaya çalışmıştır.

- Ticari Dalgalar (Business Cycles)

Bir ülkedeki toplam ekonomiyi etkileyen dalgalanmalardır. Düzenli periyotlara sahip olmayan ancak tekrarlanan bu dalgalanmalar ekonomi biliminde dört faz olarak incelenmektedir. Bu dalgalanmaların süresi bir yıldan fazla ve 10-12 yıl arasında olduğu varsayılmaktadır.

- Mack Alt Dalgaları

Ruth Mack, özellikle fiyatlar, siparişler ve stoklarda süresinin ticari dalgalanmalardan daha kısa olan en fazla 24 aylık dalgaların varlığını ileri sürmüştür. Ticari dalgalanmaların

²³ GRANGER, C. W. J., "Spectral Analysis of Economic Time Series", i.a. with M. Hatanaka, Princeton University Press, New Jersey, 1964, s:15.

büyüme dönemlerinde gözükken kesilmelerin, bu dalgaların bir göstergesi olduğu düşünülmektedir.

- Mevsimlik Hareketler

Süresi 1 yıl olan düzenli dalgalanmalara mevsimlik hareketler denmektedir. İncelenen zaman serisinin konusuna göre bu dalgalanmaların tepe ve dip noktaları farklı aylarda gözlenmektedir. Bu dalgalanmaların en önemli sebebi mevsimler olduğundan mevsimlik hareketler olarak adlandırılmaktadırlar.

Düzenli dalgalı hareketler içeren zaman serilerinin analizi için kullanılan yöntemler, trendi olmayan veya trenden arındırılmış serilere uygulanabilmektedir. Bu yöndeki çalışmaların temel amacı, sürekli gözlemlenen düzenli dalgalı zaman serilerini temsil edebilecek istatistiksel modellerin belirlenmesi ve ilgili parametrelerin tahmin edilmesidir. Belirli bir serinin analizine geçilmeden evvel öncelikle gözlenen dalgalanmaların tamamen tesadüfi bir süreç olup olmadığının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla çeşitli otokorelasyon ve trend testleri kullanılmaktadır.

3. DÜZENLİ DALGALI ZAMAN SERİLERİNİN ANALİZİ

Bir zaman serisi, belirli ve düzenli aralıklarla zamanın şıklarına göre yapılmış gözlemler kümesi şeklinde kısaca özetlenebilir. Diğer bir ifade ile meydana gelen olayların sayısal değerlerinin zamana göre düzenlenmiş halleridir.²⁴ Ekonomik zaman serilerini kullanan ekonometrik çalışmaların öncelikli amacı ekonomik büyümenin belirleyicileri ve makro ile mikro ekonomideki dalgalanmaların yapısından kaynaklanan ekonomik politika problemleridir.²⁵

Ekonomik zaman serileri ile çalışmanın dört önemli zorluğu vardır. Bunlar;

- Ekonomik serilerin eş anlı gerçekleşmesi,
- Değişken veya gözlemlerin hatalı toplanmaları,
- Çoklu doğrusal bağıllık,
- Otokorelasyon

olarak sıralanabilir. Pratikte, bu dört zorluk aynı zamanda var olmakta, ancak çoğu çalışma bunlardan birinin üzerine yoğunlaşmakta ve diğerlerinin var olmadığını varsaymaktadır. Bu varsayım gerçekçi olmasa da, ekonomi politikalarının uygulamaları ile ilgili deneysel analizlerin yorumlanması için gereklidir.

²⁴ BAĞIRKAN, Şemsettin, "İstatistiksel Analiz", Bilim Teknik Yayınevi, 3. Baskı, İstanbul, 1993, s:198.

²⁵ TINTNER, Gerhard, "Time Series: General", s:57.

3.1. Zaman Serileri Analizinin Tarihsel Gelişimi

İktisadi olaylar ile ilgili zaman serilerini etkileyen faktörler dört ana faktör altında genelleştirilebilir.²⁶ Bu faktörler şöyle sıralanmaktadır.

- Trend
- Mevsimlik dalgalanmalar
- Konjunktürel dalgalanmalar
- Düzensiz dalgalanmalar

Zaman serilerinin uzun dönem eğilimine trend adı verilmektedir. Mevsimlik dalgalanmalar, mevsimlerin zaman serileri üzerindeki etkilerini ifade etmektedir. Konjunktürel dalgalanmalar ise, ekonominin genel durumu ile ilgili dalgalanmalardır. Ekonomik durumun durgunluk, yükseliş, refah ve gerileme şeklinde gösterdiği dalgalanmalara konjunktürel dalgalanmalar adı verilir. Bu dalgalanmalardan daha önceki bölümde detaylı olarak bahsedilmiştir. Son olarak, düzensiz dalgalanmalar, doğal, ekonomik veya siyasi nedenlerden ortaya çıkan ve ne zaman meydana geleceği belli olmayan tesadüfi hareketlerdir.

Geleneksel zaman serisi analizi, öncelikle zaman serilerinin bileşenleri olan trend, konjunktürel dalgalanmalar, mevsimlik hareketler ve rastsal hareketleri izole etmek amacıyla gütmiştir. (Kuznets 1934) Basit toplamlardan oluşan bu bileşenlerin uygun

²⁶ TURANLI, Münevver, GÜRİŞ, Selahattin, AYAYDIN, Aydın, "İstatistik Temel Kavramlar ve Uygulamalar", Der Yayınları, genişletilmiş 2. Baskı, İstanbul, 1995, s:448-450.

matematiksel model kullanılarak birbirlerinden bağımsız olarak tahmin edilebilecekleri ileri sürülmüştür. Bu yaklaşım artık eskimiş olsa da bir başlangıç noktası olarak kullanılmaktadır.

Genelde zamanı temsil eden sayısal bir indekse göre düzenlenmiş, bağımlı bir dağılıma sahip rastsal değişkenler kümesi stokastik süreç olarak tanımlanır. Bunun nedeni gözlenen olayın, belirli bir zaman noktası için teorik olarak farklı tahminlerinin yapılabileceği bir dağılıma sahip olmasıdır. (Bartlett 1955) Ancak gözlemlenebilen stokastik süreçlerle ilgili istatistiksel yöntemler, tamamen rastsal karaktere sahip olaylara göre daha az bir gelişme göstermiştir. Bunun öncelikli sebebi matematiksel zorluklar olmakla birlikte stokastik süreçlerin ana uygulama alanları olan fizik, kimya ve iletişim teorilerinde elde edilen örnek hacimlerinin çok büyük olmasının istatistiksel çıkarım yapılmasını önemsiz kılmasıdır. Varyansları ve yüksek mertebeden momentleri zamana göre bağımsız olan durağan zaman serilerinde istatistiksel sonuçların çıkarılması genelde sadece büyük örnekler için geçerli olmaktadır. (Grenander & Rosenblatt 1957) Stokastik süreçlerle ilgili küçük örneklem teorisi geliştirilmiş olmasına rağmen büyük matematiksel zorluklarla karşılaşmaktadır. Gerçekçi olmayan bir takım varsayımlar yapılarak bu zorlukların üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır. Zaman serisi analizi Box ve Jenkins'in 1970 yılında yayınlanan "Time Series Analysis: Forecasting and Control" kitabı ile ivme kazanmıştır. Bu esere göre, zaman serisi analizinin temel amacı zaman serisi verilerinin olasılıksal özelliklerinin incelenmesi ile önceki dönem değerlerinin kullanılarak ileriye yönelik öngörü tahminlerinin yapılmasıdır.²⁷

Uzun dönem eğilimin göstergesi olan trend, ekonomik zaman serilerinin en önemli özelliklerinden biridir. Çeşitli matematiksel fonksiyon şekillerine sahip olabilecek trend, istatistiksel tahmin yöntemleri ile tahmin edilip, parametrik ve parametrik olmayan hipotez testleri ile sınanabilir. Ancak araştırmacılar ve yöneticiler her zaman uzun bir

döneme ait verilerle çalışma imkanı bulamadıkları gibi, araştırmanın amacı mevsimlik dalgalanmaların ve konjonktürel dalgalanmaların tahmini ve ya ekonomik serinin bu düzenli dalgalanmalara göre düzeltilmesi olabilmektedir.

İncelenen ilk zaman serileri meteorolojik seriler ve astronomik hareketler olduklarından serilerin düzeltilmesi ile ilgili çalışmalar, bu serilerin sabit ortalama ve varyansa sahip olduklarını göstermiştir. Düzenli dalgalanmalara sahip bu serilerin periyot (θ_j), faz (b_j) ve yüksekliği (a_j) uygun bir biçimde tahmin edilip seriden uzaklaştırıldığında, kalanın bağımsız rastsal bir seri olması gerektiği düşünülmüştür. Dolayısıyla verilerin tahmininin sinüs eğrileri modeli ile yapılması uygun görülmüştür. Bu sinüs eğrileri modeli;

$$x_t = \sum_{j=1}^m a_j \sin\left(\frac{2\pi t}{\theta_j} + b_j\right) + \varepsilon_t$$
$$E(\varepsilon_t) = 0, E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-\tau}) = 0; t, \tau \neq 0$$

Denklem 3.1

şeklinde yazılmaktadır. Kalan ε_t serisinin, t zamanından başlayan değişkeni ile diğer zaman noktalarında başlayan gecikmeli değişkenleri arasında ilişki yoktur. Diğer bir deyişle seride otokorelasyon yoktur. “Beyaz gürültü” olarak adlandırılan bu serinin beklenen değeri sıfır olduğunda, eğer orijinal serinin de beklenen değeri sıfıra eşit $E(x_t)=0$ ise, varyans;

$$E(x_t^2) = \sigma_t^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m a_j^2 + \sigma_\varepsilon^2$$

Denklem 3.2

²⁷ ERTEK, Tümay, “Ekonometriye Giriş”, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Genişletilmiş 2. Baskı, İstanbul, 1996, s:379.

şeklinde hesaplanır.

Ancak, ekonomik zaman serilerinde astronomi ve meteorolojide olduğu gibi kesin periyotlar yoktur. Bu tip zaman serilerinde düzenli dalgalanmaların üst üste binmesi ve rastsal hareketlerden dolayı, varolan dalgalanmalar belirlenemeyip, gizli kalabilir. Araştırmacılar tarafından serilerde gizli kalmış periyotları ortaya koymak için pek çok metot önerilmiştir. Lagrange (1772 ve 1778), Buys-Ballot ve E. T. Whittaker'ın çalışmaları yanında aşağıda daha açık bir şekilde belirtilen Sir Arthur Shuster 1898-1906 tarafından önerilen periyodogram metodu kendine yer edinmiştir. Rastsal ve ekonomik seriler için tahmin edilmiş periyodogram örnekleri Davis'in eserinde bulunmaktadır. Bu örneklerin arasında bulunan Sir William Beveridge tarafından tahmin edilen Avrupa buğday fiyatları ile ilgili periyodogram ile en azından 20 gizli periyodu temsil eden tepe noktaları görülmüş, ancak bunların arasından sadece 5 tanesinin anlamlı olabileceğine dair bulgular elde edilmiştir.²⁸ Rastsal tasarlanmış serilerde bile periyotmuş gibi gözükten tepe noktalarının varlığı gözlenmiştir.

Yule'a göre bir zaman serisi bir zaman serisi aşağıdaki modellerden biri ile modellenebilir.²⁹

$$x_t = \sum_{j=0}^m b_j \varepsilon_{t-j}$$

Denklem 3.3

²⁸ BEVERIDGE, W. H., "Weather and Harvest Cycles", Economic Journal, v:31, s:429.

²⁹ YULE, G. U., "On a method of investigating periodicities in disturbed series", Trans. Royal Society, (A), 1927, s:226.

$$x_t + \sum_{j=1}^m a_j x_{t-j} = \varepsilon_t$$

Denklem 3.4

Diğer taraftan, bu modeller pek çok doğal olarak meydana gelen serinin şekline uymaktadır. Rastsal serilerin ağırlıklı toplamı olan ilk model, denklem 3.3'de görülen **hareketli ortalamalar süreci (MA)** olarak adlandırılır. Denklem 3.4'de verilen modelde, X_t 'nin şimdiki değerinin, serinin geçmiş değerleri ile geçmiş ile ilişkisiz bağımsız bir terimin doğrusal toplamından oluştuğu bir **otoregresif süreç (AR)** olduğu varsayılmaktadır. Bu modeller ile düzeltilmiş seriler elde edilmektedir. Sıfır ortalamaya sahip örneklem gözlemleri ile elde edilen grafikte gözlem noktaları arasındaki mesafeler verilerin doğrusallığının bir ölçüsü olmaktadır. Bu uzunluğun karesi;

$$k = \sum_{t=1}^{n-1} (x_t - x_{t-1})^2 + (n-1)H^2$$

Denklem 3.5

şeklinde hesaplanır. Bu denklemde yer alan H , gözlemler arası uzaklık olarak belirlenmiştir. k 'nın beklenen değeri;

$$E(k) = 2\sigma_x^2(1 - \rho) + (n-1)H^2$$

Denklem 3.6

olarak tahmin edilir. ρ , X_t serisinin bir gecikmeli otokorelasyon katsayısı olarak tahmin edilir. Otokorelasyon katsayısı ρ , 1'e yaklaştıkça k 'nın beklenen değeri küçülür. Diğer bir tanımla, eğer X_t , gecikmeli seri X_{t-1} ile yüksek korelasyona sahip ise, $X_t - X_{t-1}$ farkının

büyük olmaması beklenir.³⁰ Denklem 3.7, aynı zamanda T zaman noktasında başlayan bir seri için, zamana göre bir fonksiyonunun toplamı ve sonsuz hareketli ortalamaların birleşiminden oluşan bir şekilde tanımlanabilir.

$$x_t = \sum_{j=0}^k c_j \theta_j^{t-T} + \sum_{j=0}^{\infty} b_j \varepsilon_{t-j}$$

Denklem 3.7

Eğer $\theta^{k+1} + \sum_{j=1}^k a_j \theta^j = 0$ denkleminin kökleri (θ_j) 1'den küçük modüllere sahipse ve seri yakın bir geçmişte başlamışsa, θ_j^t terimleri göz ardı edilebilir. Ancak tersi durumda, serinin ortalaması ve varyansı t arttıkça sonsuza ulaşacaktır. Ortalama ve varyansın zamana göre değişimi, yani serinin durağan olmaması, yapılan tahminlerin istatistiksel özelliklerini etkiler. Bu konu ileriki kısımda daha detaylı incelenecektir. Buraya kadar bahsedilen modeller, belirli bir trendi olmayan zaman serilerinin açıklanmasında kullanılmaktadırlar.

3.2. Durağanlık

Uygulamalı istatistik ve ekonometride kullanılan zaman serileri, zamanın belirli aralıkları ile yapılan ölçüm ve ya gözlemlerle oluşmaktadır. Dolayısıyla sürekli yeni bilgilerle zaman serilerinin birim sayısı artmaktadır. Zamanın $t-\tau$ anında yapılan parametre tahminleri ile t anında yapılan parametre tahminleri aynı sonuçları vermeyebilir. Ancak, zaman serisi analizinin temel amacı olan öngörü tahminlerinin yapılabilmesi için geçmiş dönemlere ait verilerle yapılan parametre tahminlerinin, ileriki dönemler için de değişmeyeceği varsayılmaktadır. Sonuç olarak, bütün t ve $t-\tau$ zamanları için sonlu bir ortalama ve

³⁰ GRANGER, C. W. J., a.g.e., s:7.

varyansa sahip olan stokastik bir süreç **durağan** veya **kovaryans durağan** olarak adlandırılır.³¹

$$E(X_t) = E(X_{t-\tau}) = \mu$$

Denklem 3.8

$$E[(X_t - \mu)^2] = E[(X_{t-\tau} - \mu)^2] = \sigma_X^2$$
$$\text{var}(X_t) = \text{var}(X_{t-\tau}) = \sigma_X^2$$

Denklem 3.9

$$E[(X_t - \mu)(X_{t-\tau} - \mu)] = E[(X_{t-j} - \mu)(X_{t-j-\tau} - \mu)] = \lambda_\tau$$
$$\text{cov}(X_t, X_{t-\tau}) = \text{cov}(X_{t-j}, X_{t-j-\tau}) = \lambda_\tau$$

Denklem 3.10

Denklem 3.10'da $\tau=0$ kabul edilmesi ile λ_0 , X_t serisinin varyansına eşit olacaktır. Literatürde kovaryans durağan süreç kavramı, aynı zamanda hafif durağan, ikinci dereceden durağan ve geniş anlamda durağan süreçler için de kullanılmaktadır. “Ancak güçlü bir durağanlık, sonlu ortalama ve/veya varyans şartını gerektirmez. Güçlü durağanlık, (X_t, X_{t-1}, \dots) gözlemlerinin bütün kümelerinin birleşik dağılımının gözlemin yapıldığı zamana göre değişmez olmasını gerektirir.³² Bu terminoloji, hafif durağanlığın güçlü durağanlığa göre daha kısıtlı şartlar taşıdığını belirtmektedir.”³³ Kovaryans durağan bir seri için X_t ve $X_{t-\tau}$ arasındaki **otokorelasyon** $\rho_\tau \equiv \lambda_\tau / \lambda_0$ olarak tanımlanır. Tahmin edilen

³¹ ENDERS, Walter, “Applied Econometric Time Series”, John Wiley & Sons Inc., Kanada, 1995, s:69.

³² GREENE, William H., “Econometric Analysis”, Prentice-Hall Inc., 3. Baskı, New Jersey, USA, 1997, s:827.

³³ ENDERS, W., a.g.e., s:69.

kovaryans değerleri λ_τ ve λ_0 zamana göre bağımsız olduklarından otokorelasyon katsayısı ρ_τ tahmini de zamana göre bağımsız olacaktır. Bu arada birinci dereceden otokorelasyon ile ikinci dereceden otokorelasyon farklı olsa da, X_t ile X_{t-1} arasındaki otokorelasyon ile $X_{t-\tau}$ ile $X_{t-\tau-1}$ arasındaki otokorelasyon aynı kalmalıdır. Diğer taraftan, aynı mantıkla $\lambda_\tau = \lambda_{-\tau}$ olduğu söylenir. Dolayısıyla durağanlık, otokovaryansların t 'nin değil τ 'nin bir fonksiyonu olduğunu belirtmektedir.³⁴

Çalışmalarda, herhangi bir zaman serisinin durağanlığı test edilmektedir. Durağanlığın test edilmesinde korelogram testi, birim kök testi gibi testler kullanılır. Çalışma zaman serilerinin analizi ile ilgili olduğundan bu testler de ele alınacaktır. Bu testler sırasıyla incelenecektir.

3.2.1. Korelogram Testi

Farklı τ değerleri için r_τ otokorelasyon katsayılarının bir grafik üzerinde gösterimine **korelogram** denmektedir. Daha önce tanımlanan anakütle (τ) dereceden otokorelasyon fonksiyonu, örnekten r_τ şeklinde tahmin edilir.

$$\rho_\tau = \frac{\lambda_\tau}{\lambda_0}$$

$$r_\tau = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-\tau} - \bar{X}) / n}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2 / n}$$

Denklem 3.11

³⁴ GREENE, W. H., a.g.e., s:828.

Görüldüğü gibi örnek otokorelasyon fonksiyonu τ gecikme için, τ gecikmeli kovaryansın varyansa oranı şeklinde tanımlanmakta ve denklem 3.11'de n serbestlik dereceleri sadeleştirilerek basit bir şekilde tahmin edilir. Tahmin edilen bu otokorelasyon katsayıları gecikme değeri ile anlamlı bir şekilde hareket ediyorsa, yani aralarında anlamlı bir bağıntı varsa, bu durağanlığın bozulduğunun anlamlı bir göstergesidir. Anlamlılığını incelemek için Ljung-Box Q-istatistiği;

$$Q = n(n+2) \sum_{\tau=1}^m \left(\frac{r_{\tau}^2}{n-\tau} \right)$$

Denklem 3.12

ki-kare kritik değeri (χ_m^2) ile karşılaştırılır.³⁵

$$Q > \chi_m^2 \rightarrow H_0 \text{ red}$$

Hesaplanan test istatistiği kritik değerden büyük ise anlamlı bir bağıntının olduğu veya serinin durağan olmadığına karar verilir.

3.2.2. Birim Kök Testi

Ele alınan zaman serisi için birinci dereceden otoregresif model için;

³⁵ ERTEK, T., a.g.e., s:385.

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

tahmin edilen regresyon katsayısı $\rho=1$ ise birim kök sorunu vardır ve model $X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t$ şeklini alacaktır. Bu durumda beyaz gürültü hata terimine sahip model, **rastsal yürüyüş (random walk)** süreci olacaktır. Dolayısıyla birinci farklar alındığında, model

$$\begin{aligned}\Delta X_t &= (\rho - 1)X_{t-1} + \varepsilon_t \\ \Delta X_t &= \delta X_{t-1} + \varepsilon_t \\ (\rho = 1, \delta = 0) &\Rightarrow \Delta X_t = \varepsilon_t\end{aligned}$$

Denklem 3.13

şeklinde durağanlaştırılmış olur. Dolayısıyla seri durağanlaştırılana kadar (d) defa farklar alınır.³⁶ Bu tip model ile elde edilen serinin durağanlığı, birim kök sorununun varlığını kabul eden Dickey-Fuller testi ile incelenir. Dickey-Fuller testi ile $\delta=0$ hipotezi test edilir.³⁷

$$\begin{aligned}\tau_{\text{test}} &= \frac{\delta}{\hat{\sigma}_\delta} \\ |\tau_{\text{test}}| > |\tau_{\text{tablo}}| &\Rightarrow H_0 \text{ red}\end{aligned}$$

Denklem 3.14

Alışlagelen t-test istatistiği, τ -test istatistiği olarak adlandırılır ve Monte Carlo benzetimleri ile hesaplanmış olan MacKinnon kritik değeri ile karşılaştırılarak karar verilir. τ -istatistiğinin mutlak değeri, MacKinnon kritik değerinin mutlak değerinden

³⁶ Bir rastsal yürüyüş zaman serisinin durağan olana kadar (d) dereceden farklarının alınmasına entegrasyon denmektedir. Sonuçta oluşan durağan seri I(d) ile temsil edilmektedir.

³⁷ ERTEK, T., a.g.e., s:387.

küçükse serinin durağan olduğuna karar verilmektedir. Bu nedenle DF-testine, τ -testi de denmektedir.

Durağanlık, zaman serileri analizinin ve dolayısıyla ekonometrinin en önemli konularından ve varsayımlarından biridir. Kurulan farklı zaman serisi modellerine göre sürecin durağanlığı hakkında farklı şartlar vardır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada durağanlığın temel kavramları verilerek, konu ile yakın ilişkisi ortaya konmuştur.

3.3. Periyodogram

Bu analiz, tamamen kesin periyotlara sahip zaman serilerinin, her biri bir sinüs ve ya kosinüs terimi ile temsil edilen belirli sayıda armonik dalgaların toplamı olarak temsil edilebilmesine dayanır. Bir zaman serisinin $X_t=f(t)$ bütün t değerleri için $f(t+T)=f(t)$ şartı sağlanıyor ise X_t serisi T periyoduna sahip olarak Fourier açılımı ile aşağıdaki gibi gösterilebilir.³⁸

$$X_t = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{j=1}^{\infty} \left(A_j \sin \frac{360jt}{T} + B_j \cos \frac{360jt}{T} \right)$$

Denklem 3.15

Denklem 3.15'de görüldüğü gibi, bu denklemdeki A_0 , A_j ve B_j değerleri sabit katsayılardır. Ayrıca, uzunluğu T/j olan periyoda sahip armonik terimin kuvveti R_j (**amplitude**) ise

³⁸ VURAN, Ateş. "İstatistik III". İ.İ.T.İ.A. İşletme Fak. İstatistik ve Kantitatif Araştırmalar Enstitüsü Yayını no:82/2. Meter Matbaası. İstanbul, 1981.s:75.

$$R_j^2 = A_j^2 + B_j^2$$

Denklem 3.16

olarak hesaplanır. Pratik çalışmaların temel amacı, X_t ($t=1, 2, \dots, n$) zaman serisinin temel armonik bileşenlerinin belirlenmesidir. Bu durumda, zaman serisinin bir Fourier açılımı ile birlikte normal dağılmış $\epsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ rastsal hata teriminden oluştuğu varsayılmaktadır. Modelin n/m uzunluğundaki periyoduna sahip armonik bileşenlerin **Fourier katsayıları**

$$A_m = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n X_t \sin \frac{360mt}{n}$$
$$B_m = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n X_t \cos \frac{360mt}{n}$$

Denklem 3.17

şeklinde hesaplanmaktadır. R_m değerinin, m 'nin alacağı farklı değerler için n/m ekseninde gösterilmesine X_t 'nin zaman serisinin periyodogramı denmektedir. Bir armonik bileşenin anlamlılığı R_m^2 tahmininin anlamlılığı ile test edilir. Bunun için Walker, Fisher ve Schuster testleri kullanılmaktadır. Ancak, çalışmanın konusu periodogram analizi olmadığından, bu testlerden bahsedilmemiştir.

Shuster periyodogramı X_t ($t=1, 2, \dots, n$) gibi bir zaman serisi için aşağıdaki fonksiyonla tanımlanır.

$$I_n(\omega) = \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{j=1}^n x_j \cos \frac{2\pi j}{\omega} \right)^2 + \left(\sum_{j=1}^n x_j \sin \frac{2\pi j}{\omega} \right)^2 \right]$$

Denklem 3.18

$I_n(\omega)$ fonksiyonunun, eğer X_t serisinin ω_0 periyoduna sahip bir periyodik terimi varsa, $\omega = \omega_0$ değerinde bir tepe noktasına sahip olduğu görülür. Ayrıca, $\omega = \omega_0 + (2\omega_0/\pi)$ değerlerinde alt tepe noktalarına da sahip olacaktır. Bu tepe noktaları için anlamlılık testleri çeşitli yazarlar tarafından önerilmiştir. Bu testlerle ilgili bir araştırma Jenkins ve Priestley'in eserinde toplanmıştır. Tahmin edilen periyodogramın görünümü değişkenden bağımsız olarak düşük gecikme ilişkilerinde bile tepe noktalarının meydana gelmesine sebep olduğundan, yukarıda bir örneği verilen bu testlerin kullanımı gereklidir.

Diğer taraftan trigonometrik fonksiyonların kompleks açılımları kullanılarak da periodogram analizi yapılabilir. Bu durumda denklem 3.18 aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$I_n(\omega) = \frac{1}{n} \left| \sum_{t=1}^n X_t e^{-i\omega t} \right|^2$$

Denklem 3.19

Periodogram spektral tahmincisi olarak adlandırılan bu fonksiyonun ilk kullanım amaçlarından biri zaman serilerindeki gizli kalmış periyotları ortaya çıkarmaktır.³⁹ Bu denklemle tahmin edilen periyodogramın bir özelliği de örnek birim sayısı n sonsuza giderken beklenen değerinin, güç spektral yoğunluk tahmincisine denk olmasıdır.

³⁹ STOICA, Petre, MOSES, Randolph, "Introduction to Spectral Analysis", Prentice Hall, New Jersey, 1997, s:24.

$$S(\omega) = \lim_{n \rightarrow \infty} E[I_n(\omega)] = \lim_{n \rightarrow \infty} E \left[\frac{1}{n} \left| \sum_{t=1}^n X_t e^{-i\omega t} \right|^2 \right]$$

Denklem 3.20

Güç spektral yoğunluk fonksiyonu, bir sonraki bölümde daha detaylı olarak anlatılacaktır.

Sürekli serilerin periyodogramının tahmin edilmesinde uygulamada zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu durumda, periyodogramın **Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transformation)** ile tahmin edilmesidir.⁴⁰ Periyodogramın tahmini için gerekli frekans örnekleme aralığı olarak

$$\omega = \frac{2\pi}{n} k, \quad k = 0, 1, \dots, n-1$$

Denklem 3.21

belirlendikten sonra, W sabiti

$$W = e^{-i \frac{2\pi}{n}}$$

Denklem 3.22

olarak tanımlanır. Böylece periyodogram, **Kesikli Fourier Dönüşümü'nün (Discrete Fourier Transform)** hesap şekline indirgenmiş olur.

⁴⁰ STOICA, P., MOSES, R., a.g.e., s:27.

$$Y(k) = \sum_{t=1}^n X_t W^{tk}$$

Denklem 3.23

Denklem 3.23'ün uygulanabilmesi için N^2 adet kompleks çarpma ve toplama işleminin yapılması gereklidir. Bu hesaplamalar n örnek hacminin büyük olduğu durumlarda yöntemin kullanılmasının en büyük engeli olmaktadır. Bu nedenle çözüm için FFT algoritmaları kullanılır.

Bu analiz tekniği geçmişte kullanılmakla birlikte iki gerçekçi olmayan varsayım içerdiğinden fazla ilgi görmemiştir. Öncelikle bu teknik, rastsal sapmalar dışında bütün tepe ve dip noktaların ekonomik zaman serilerindeki kesin ve değişmeyen dalgalanmalardan ortaya çıktığını varsaymaktadır. İkincisi ise, rastsal sapmaların ileriki dönemlerde ekonomik zaman serisi üzerinde hiç bir etkisinin olmadığını kabul etmesidir.⁴¹ Bu nedenlerden dolayı daha gerçekçi varsayımlara sahip ve düzenli dalgalanmaları ortaya koyabilecek teknikler üzerinde çalışılmaya devam edilmiştir.

3.4. Korelogram

Korelogram, daha önce anlatıldığı gibi, farklı gecikme seviyelerinde (τ), bir zaman serisinin otokorelasyon katsayılarının (ρ_τ) incelendiği yöntemdir (Blackman ve Tukey, 1959). Yukarıda bahsi geçen güç spektral yoğunluk fonksiyonunun, otokovaryans katsayılarına (λ_τ) dayalı tanımı, **korelogram spektral tahmincisi** olarak adlandırılır.⁴² Korelogram spektral tahmincisinin tanım fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

⁴¹ TINTNER, G., a.g.e., s:51.

⁴² STOICA, P., MOSES, R., a.g.e., s:24.

$$S_c(\omega) = \sum_{\tau=-(n-1)}^{n-1} \hat{\lambda}_\tau e^{-i\omega\tau}$$

Denklem 3.24

Denklem 3.24'de yer alan otokovaryans katsayıları, durağanlık varsayımı dışında bir varsayım yapılmadığı takdirde aşağıdaki gibi tahmin edilir.

$$\hat{\lambda}_\tau = \frac{1}{n-\tau} \sum_{t=\tau+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-\tau} - \bar{X}), \quad 0 \leq \tau \leq n-1$$

Denklem 3.25

Örnek otokovaryans istatistikleri yukarıda verilen formül ile hesaplanır. Varyans-kovaryans matrisinin simetri özelliğinden yararlanılarak, negatif gecikmelerin kovaryansları belirlenir.

$$\lambda_{-\tau} = \lambda_\tau$$

Yukarıda verilen bu eşitlik, aynı zamanda trigonometrik fonksiyonların bir özelliğidir. Denklem 3.25 ile yapılan anakütle parametre tahmini, standart sapmasız otokovaryans süreci tahminidir. Eğer serbestlik derecesi veya payda, $n-\tau$ yerine n olarak alınırsa standart sapmalı otokovaryans süreci tahmin edilmiş olur.

Periyodogram ve korelogram yöntemlerinin, spektral tahmincilere göre daha zayıf kalmalarına rağmen, parametrik olmayan spektral tahmin yöntemlerinin temelini oluştururlar.

4. SPEKTRAL ANALİZ

Zaman serilerinin modeller şeklinde tanımlanması zaman düzleminde zaman serileri analizi olarak bilinmektedir. Ancak zaman serilerinin frekans düzleminde analizi olan spektral analiz uygulamalar için farklı bir yaklaşım getirmiştir. Bu analiz serilerin özellikleri hakkında genellikle faydalı bilgiler sağlamaktadır.

Zaman serilerindeki dalgaların analizinde kullanılan yöntemler 1950'lerde iletişim teorisi üzerinde çalışan elektrik mühendisleri tarafından geliştirilmekle birlikte ekonomik zaman serilerinde bu yöntemlerin uygulanmasında zorluklarla karşılaşmaktadır.

4.1. Spektral Analiz Kavramı ve Tanımı

Spektral analiz, bir zaman serisinin sonlu sayıda zamana bağlı bileşene ayrıştırılmasında kullanılan yöntemler topluluğudur. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere spektral analiz yöntemleri, öngörü ve model tahmininden ziyade bir bileşenlerine **ayrıştırma (decomposition)** analizidir. Ekonomik zaman serilerinde bulunan bu bileşenler, uzun dönem eğilimini temsil eden trend (T), periyot uzunlukları tam kesin olmayan konjonktürel dalgalanmalar (C), bir yıl süreli periyoda sahip mevsimsel etkilerden kaynaklanan düzenli mevsimsel dalgalanmalar (M) olarak tanımlanır. Bu arada, bir zaman serisinde birden çok konjonktür dalgalanmanın etkisi görülebilir. Bunun nedeni, ekonomik zaman serilerinin pek çok ekonomik ve sosyal olayın etkisinde kalmasıdır. Dolayısıyla analizin bir amacı da bu dalgalanmaların sayısının da belirlenmesidir. Zaman serilerinin bileşenlerine ayrılmasının diğer amaçları da şöyle sıralanmaktadır. Öncelikle, ekonomik aktivitede gözlenen devresel hareketin dönüm noktalarının tahmin edilmesi amaçlanabilir. İkinci olarak, mevsimsel hareketlerden arındırılan zaman serisinde mevsimsel faktörlerin etkisi araştırılmak istenebilir. Üçüncü bir amaç, ilgilenilen zaman

serisinde zamana bağı fonksiyonel bir etkinin varlığının belirlenmesidir. Son olarak, zaman serilerinin bileşenleri arasındaki ilişkinin varlığı ve eğer var ise bu ilişkinin gücünün araştırılmasıdır.⁴³

Elektronik mühendisliği ile gelişerek, 1970'lere doğru⁴⁴ kesikli zaman serilerine uygulanmaya başlanan spektral analiz yöntemleri durağan zaman serilerinin sayılabilir sonsuz sayıda trigonometrik fonksiyonların toplamından oluştuğunu varsaymaktadır. Bu fonksiyonların, klasik çoklu regresyon analizi ile parametre tahminlerinin yapılamamasının nedeni, periyodun uzunluğunu temsil eden parametrenin doğrusallaştırılamamasıdır. Bu durum aşağıdaki trigonometrik dönüşümlerle gösterilebilir.

$$X_t = a_0 + a_1 \cos(\omega t + \theta)$$

a_0 : sabit katsayı, durağanlaştırılmış serinin ortalaması,

a_1 : trigonometrik fonksiyonun kuvveti,

ω : periyodun uzunluğu,

θ : periyodik dalganın fazı.

Denklem 4.1

Yukarıdaki gibi belirlenen durağan zaman serisi için aşağıdaki doğrusallaştırma dönüşümleri yapıldığında, X_t zaman serisi;

⁴³ BASILEVSKY, A., HUM, D., "Spectral Analysis of Demographic Time Series: A Comparison of Two Spectral Models and Manitoba Basic Annual Income Experiment", Recent Developments in Statistics, edited by J. R. Barra et al., North-Holland Publishing Co., Holland, 1977, s:332.

⁴⁴ GRANGER, C. W. J., NEWBOLD, Paul, "Forecasting Economic Time Series", Academic Press, New York, 1977, s:6.

$$X_t = a_0 + [a_1 \cos\theta \cos\omega t - a_1 \sin\theta \sin\omega t]$$

$$c_1 = a_1 \cos\theta \text{ ve } c_2 = a_1 \sin\theta \text{ ise,}$$

$$X_t = a_0 + c_1 \cos\omega t - c_2 \sin\omega t$$

Denklem 4.2

şeklinde yazılabilir. Klasik çoklu değişkenli regresyon analizi ile a_0 , c_1 ve c_2 parametreleri tahmin edilebilmekle birlikte, periyot uzunluğu (ω) EKK ile tahmin edilememektedir.

Spektral analiz ile periyodogram analizinin eksikliklerinin çoğunun üstesinden gelinmektedir. Bir ekonomik zaman serisinin Fourier açılımındaki armonik terimlerin yüksekliği, periyodu ve faz açısındaki rastsal dağılımlara imkan verdiğinden spektral analizin kullanım alanı daha yaygın olmaktadır. Her iki yöntemde de elde edilen spektrum ve periyodogram zaman serisinin farklı frekanslardaki varyanslarına göre ayırışımı (decomposition) olarak düşünülebilir. Ancak daha önce de bahsedildiği gibi periyodogram tam düzenli dalgalanmaların varlığını kabul etmektedir. Bu varsayımı yerine getirmeyen bir serinin periyodogramı belirlenen frekansta spektrumun tutarlı bir tahmincisi değildir. “Örnek birim sayısı arttıkça tahmincinin değeri anakütle değerine yaklaşıyorsa, tahminci tutarlıdır. Anakütle parametresi θ 'nın örnek birimlerinden elde edilen tahmincisi $\hat{\theta}$ ve ε pozitif küçük bir sayı olduğunda

$$n \rightarrow \infty, P(|\hat{\theta} - \theta| \leq \varepsilon) = 1$$

Denklem 4.3

şeklinde tutarlılık özelliği gösterilecektir.”⁴⁵ Ekonomik zaman serilerinin dalgalanmaları genelde tam periyodik olmadıklarından, spektrumun istatistiksel tahmini daha çok tercih

⁴⁵ TURANLI, M., AKIN, B., ÇİLİNGİRTÜRK, A. M., “İstatistik-Olasılık”. Hava Harp Okulu Yayınları, 1996, s:130-131.

edilmektedir. Dolayısıyla, serinin varyansının verilen frekanslardaki bileşenlerine göre ayrışımı yerine, istatistiksel olarak tutarlı sonuçların elde edilmesi için varyans, frekans düzlemindeki bileşenlerine ayrıştırılmaktadır.

4.2. Spektral Olasılık Fonksiyonu ve Spektrum

Durağan bir süreç olan X_t serisinin otokovaryansları $\lambda_\tau = \text{cov}(X_t, X_{t-\tau})$ ve otokorelasyonları $\rho_\tau = \lambda_\tau / \lambda_0$ ile temsil edilir. En azından $|z| = 1$ için $\lambda(z) = \sum_{\text{bütün } \tau} \lambda_\tau z^\tau$ şeklinde tanımlanan bir otokovaryans fonksiyonuna sahip olduğu varsayılır. Bu çalışmada özellikle ilgilenilen fonksiyon, güç fonksiyonu ve güç spektral yoğunluk fonksiyonudur. Bu fonksiyon aşağıda görüldüğü gibi ifade edilir.

$$s(\omega) = \frac{1}{2\pi} \lambda(z), \quad z = e^{-i\omega}$$

Denklem 4.4

$$s(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\text{bütün } \tau} \lambda_\tau e^{-i\tau\omega}$$

Denklem 4.5

$$s(\omega) = \frac{\lambda_0}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{\tau \geq 1} \lambda_\tau \cos \tau\omega, \quad \lambda_\tau = \lambda_{-\tau}$$

Denklem 4.6

Güç spektral yoğunluk fonksiyonu, pozitif reel sayılar düzleminde tanımlanmıştır. Denklem 4.7'deki ifadeden, bütün k pozitif tamsayıları için $s(\omega + 2\pi k) = s(\omega)$ olduğu görülmektedir. Böylece $s(\omega)$ fonksiyonu $(-\pi, \pi)$ aralığının dışında periyodik hareket

etmekte olduğundan fonksiyonun sadece bu aralık içinde incelenmesi yeterlidir. Denklem 4.6 ayrıca $s(-\omega)=s(\omega)$ şeklinde bir sonuç doğurduğundan $s(\omega)$ fonksiyonu $0 \leq \omega \leq \pi$ aralığında incelenir.

$$\int_{-\pi}^{\pi} e^{i(k-\tau)\omega} d\omega = 0 \quad \text{eğer } k \neq \tau$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} e^{i(k-\tau)\omega} d\omega = 2\pi \quad \text{eğer } k = \tau$$

Denklem 4.7

Yukarıdaki eşitliklerden önemli bir sonuç daha çıkmakta ve böylece Denklem 4.4'ün değerlendirilmesi ile;

$$\lambda_{\tau} = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\tau\omega} s(\omega) d\omega$$

Denklem 4.8

kompleks otokovaryans süreci elde edilir. λ_{τ} süreci ve $s(\omega)$ fonksiyonu Fourier açılımı çiftini meydana getirirler. Biri diğerinden belirlendiğinden, λ_{τ} süreci üzerinde yoğunlaşan ve model oluşturulmasına yardımcı olan zaman boyutu yaklaşımı ile $s(\omega)$ 'nin yorumlanmasına dayalı frekans boyutu yaklaşımı teorik olarak birbirlerine denktir. Bir boyutta elde edilen bir sonuç diğerinde de her zaman bulunabilir. Frekans boyutunun dikkate alınmasının, yani spektral analizin uygulanmasının sebebi, ilgili sonuçların kanıtlanmasının ve spektral yaklaşımla yorum yapılmasının kolay olmasıdır.

Frekans boyutu fonksiyonu $s(\omega) \geq 0$ olduğundan; $s(\omega)/\lambda_0$, $-\pi \leq \omega \leq \pi$ aralığında bir olasılık yoğunluk fonksiyonunun özelliklerini taşır. Dolayısıyla denklem 4.8'de $\tau=0$ için;

$$\int_{-\pi}^{\pi} \frac{S(\omega)}{\lambda_0} d\omega = 1$$

Denklem 4.9

sonucuna ulaşır. Spektral tekniklerin nasıl yorumlandığı açıklanmadan önce ;

$$S(\omega) = \int_{-\pi}^{\omega} \frac{S(\omega)}{\lambda_0} d\omega$$

Denklem 4.10

şeklindeki daha genel spektral dağılım fonksiyonunun tanımlanması uygundur. Spektral dağılım fonksiyonunun parametresi ω , $-\pi$ ile π aralığında tanımlandığından bazı özelliklere sahiptir. Bu özellikleri şöyle sıralayabiliriz;

- $S(-\pi)=0$
- $S(\pi)=1$
- $S(\omega)=1-S(-\omega)$

Diğer taraftan, bu özelliklerden dolayı denklem 4.8'deki otokovaryans oluşturan fonksiyona alternatif olarak, **otokorelasyon sürecinin** spektral temsilcisi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\rho_{\tau} = \frac{\lambda_{\tau}}{\lambda_0} = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\tau\omega} dS(\omega)$$

Denklem 4.11

Bu denklem, spektral yaklaşımın tam olarak anlaşılabilmesi ve yorumlanabilmesi için gerekli iki önemli ilişkiden biridir. Önemli diğer ilişki de X_t durağan serisinin spektral temsilidir. X_t serisinin spektral temsilcisi aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$X_t = \int_{-\pi}^{\pi} e^{it\omega} dz(\omega)$$

Denklem 4.12

Bu denklemde yer alan $z(\omega)$ fonksiyonu, standartlaştırılmış X_t serisinin güç spektral yoğunluk fonksiyonudur. $z(\omega)$ fonksiyonunun türevinin frekansa göre kovaryansının beklenen değerleri ile ilgili aşağıdaki özelliklere sahiptir.

$$\begin{aligned} E\{dz(\omega)\overline{dz(\lambda)}\} &= 0, & \omega &\neq \lambda \\ E\{dz(\omega)\overline{dz(\lambda)}\} &= \lambda_0 dS(\omega), & \omega &= \lambda \end{aligned}$$

Denklem 4.13

Beklenen değerler ile ilgili bu sonuçlar, zaman serisinin bileşenlerinin birbirleri ile ilişkisiz olmasını sağlamaktadır. İleride açıklanacak diğer modeller için de benzer sonuçların geçerli olduğu görülecektir.

Spektral temsillerin daha iyi anlaşılması ve yorumlanması için bir önceki bölümde de bahsedilen, sırasıyla genelliği giderek artan modellerin incelenmesi gereklidir. Öncelikle basit doğrusal devresel süreç olan;

$$X_t = a \cdot \cos(\omega_1 t + \theta)$$

Denklem 4.14

modeli incelendiğinde, $(-\pi, \pi)$ aralığında dikdörtgen dağılan tesadüfi değişken θ 'nın değeri, süreç durağan varsayılırsa $t=-\infty$ zamanında belirlenmektedir. Bu modelin otokovaryans üreten fonksiyonu $\lambda_\tau = (a^2/2) \cos(\tau\omega_1)$ olarak belirlenmiştir.

Genel doğrusal devresel süreç, basit doğrusal devresel sürece benzer şekilde yazılabilir. Ancak basit doğrusal devresel süreçten farklı olarak her biri $(-\pi, \pi)$ aralığında dikdörtgen dağılan m adet θ_j bağımsız rastsal değişken kümesine sahiptir.

$$X_t = \sum_{j=1}^m a_j \cos(\omega_j t + \theta_j), \quad 0 \leq \omega_j < \omega_{j+1} \leq \pi$$

Denklem 4.15

Bu sürecin otokovaryans fonksiyonu ve güç spektral dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılacaktır:

$$\lambda_\tau = \frac{1}{2} \sum a_j^2 \cos(\tau\omega_j)$$

Denklem 4.16

$$\begin{aligned} S(\omega) &= 1/2, & 0 \leq \omega < \omega_1 \\ &= \frac{1}{2} \left(\lambda_0 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^k a_j^2 \right) / \lambda_0, & \omega_k \leq \omega < \omega_{k+1} \quad k = 1, \dots, m-1 \\ &= 1, & \omega_m \leq \omega \leq \pi \end{aligned}$$

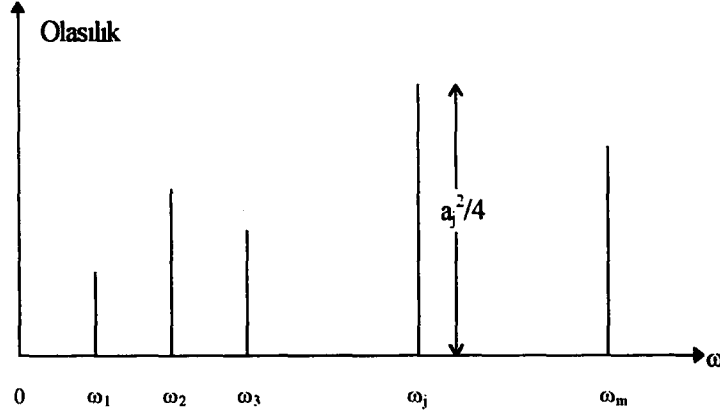
Denklem 4.17

Denklemden yer alan λ_0 , X_t 'nin varyansıdır ve $\lambda_0 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m a_j^2$ olarak hesaplanır. Bu örneğin sahip olduğu bir takım özelliklerin incelenmesi ilerideki açıklamaların daha iyi anlaşılması açısından önemlidir.⁴⁶ Bu özellikler aşağıda görüldüğü gibidir.

- X_t , m bileşenin toplamıdır ve böylece ω_j frekansına tamamen bağımlıdır.
- Bileşenlerin her biri diğerlerinden bağımsızdır. $X_{j,t} = a_j \cos \theta_j \cos \omega_j t - a_j \sin \theta_j \sin \omega_j t$ ⁴⁷ denklemi ve $E[\cos \theta_j] = E[\sin \theta_j] = 0$ eşitliği dikkate alınarak, θ_j ile θ_k parametreleri ve bu parametrelerin fonksiyonlarının bağımsız olduğu hatırlanırsa, yukarıdaki özellik kanıtlanmış olur.
- X_t 'nin toplam varyansına j bileşenin katkısı $X_{j,t}$ 'nin varyansı $\frac{1}{2} a_j^2$ kadardır.
- $S(\omega)$, monoton olarak azalmayan bir basamak fonksiyonudur. $\omega = \pm \omega_j$, $j=1, \dots, m$ basamaklarının $\omega = \omega_j$ frekansında büyüklüğü $a_j^2 / 4 \lambda_0$ olarak belirlenir.
- Dağılım fonksiyonuna ait olasılık fonksiyonu, $\omega = \pm \omega_j$ frekanslarında yüksekliği $a_j^2 / 4$ olan tepe noktalarına sahiptir.

⁴⁶ GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, P., s:46.

⁴⁷ Trigonometrik fonksiyonlarda toplamların açılımı özelliği kullanılmıştır.



Şekil 4.1 (4.17) ile ilgili olasılık fonksiyonu

Bir önceki model, $m \rightarrow \infty$ olarak kabul edildiğinde daha da genelleşir.

$$X_t = \sum_{j=1}^{\infty} (a_j \cos \theta_j \cos \omega_j t - a_j \sin \theta_j \sin \omega_j t)$$

Denklem 4.18

Bu denklemde de parametrelerin özellikleri değişmemektedir. Bu durumda X_t sayılabilir sonsuz sayıda bileşen içermektedir. Ancak X_t 'nin varyansının sonlu olması gerekmektedir. Dolayısıyla, durağanlığın sağlanması için X_t serisinin varyansının sonlu olması gerekir.

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m a_j^2 = \text{var}(X_t) < \infty$$

Denklem 4.19

Denklem 4.18 oldukça genel bir model olduğu halde X_t 'nin sayılabilir sonsuz sayıda bileşenden meydana geldiği şeklinde kısıtlanmıştır. Şayet bileşen sayısının sayılamaz

sonsuz sayıda ($m \rightarrow \infty$) olduğu varsayılıyorsa, X_t fonksiyonu sürekli bir fonksiyon olarak yazılırdı.

$$X_t = \int_0^\pi \cos \omega t \cdot du(\omega) - \int_0^\pi \sin \omega t \cdot dv(\omega)$$

Denklemler 4.20

Rastlantısal değişken olan $du(\omega)$ ve $dv(\omega)$ 'nin kovaryanslarının beklenen değerleri aşağıdaki özelliklere sahiptirler.

$$\begin{aligned} E[du(\omega)du(\lambda)] &= 0, & \omega &\neq \lambda \\ E[du(\omega)dv(\lambda)] &= 0, & \text{bütün } \omega, \lambda &\text{ için} \\ E[dv(\omega)dv(\lambda)] &= 0, & \omega &\neq \lambda \end{aligned}$$

Denklemler 4.21

Dolayısıyla belirli bir bileşenin fonksiyonu

$$X_t(\omega) = \cos t\omega \cdot du(\omega) - \sin t\omega \cdot dv(\omega)$$

Denklemler 4.22

şeklinde yazılabilir. Ayrıca, entegral $S(\bullet)$ fonksiyonu ile temsil edilirse;

$$\begin{aligned}\text{var}(du(\omega)) &= \text{var}(dv(\omega)) = 2\lambda_0 dS(\omega) \\ \text{var}(X_t(\omega)) &= (\cos t\omega)^2 \text{var}(du(\omega)) + (\sin t\omega)^2 \text{var}(dv(\omega)) = 2\lambda_0 dS(\omega) \\ \lambda_0 = \text{var } X_t &= \int_0^\pi \text{var}(X_t(\omega)) d\omega = 2 \int_0^\pi \lambda_0 dS(\omega) = 2\lambda_0 (S(\pi) - S(0))\end{aligned}$$

Denklem 4.23⁴⁸

λ_0 parametresinin, sayılamaz sonsuz bileşene sahip X_t zaman serisinin varyansını temsil ettiği gösterilir⁴⁹. Aynı sonuca, trigonometrik bileşenler yerine kompleks tesadüfi değişken tanımlanarak da ulaşılabilir. Kompleks değişken aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$dz(\omega) = \frac{1}{2} [du(\omega) + i \cdot dv(\omega)]$$

Denklem 4.24

şeklinde tanımlanan kompleks değişken denklem 4.22'de X_t fonksiyonunda yerine konduğunda;

$$X_t = \int_{-\pi}^{\pi} e^{it\omega} dz(\omega)$$

Denklem 4.25

zaman serisinin kompleks ifadesi elde edilir. Bu ifadede yer alan $dz(\omega)$ türev fonksiyonu, daha önce de bahsedilen aşağıdaki özelliklere sahip olacaktır.

⁴⁸ GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, P., a.g.e., s:48.

⁴⁹ Kanıtlamanın son aşamasında spektral yoğunluk fonksiyonunun $S(\pi)=1$ ve $S(0)=1/2$ değerlerini alması kullanılmıştır.

$$E\left[dz(\omega)\overline{dz(\lambda)}\right] = 0, \quad \omega \neq \lambda$$

$$E\left[dz(\omega)\overline{dz(\lambda)}\right] = \lambda_0 dS(\omega), \quad \omega = \lambda$$

Denklem 4.26

Teorik olarak denklem 4.18 ve 4.22’de yer alan doğrusal devresel modeller deterministik yapıdadırlar, diğer bir ifade ile serinin sonsuz değerleri ile hatasız tahmin edilebilirler. Ancak yukarıdaki modelin (denklem 4.25) bu özelliğe sahip olması gerekmemektedir. Modelin bu yönü matematiksel olarak şu şekilde açıklanmaktadır. “Matematiğin klasik bir sonucuna göre; **monoton olarak azalmayan** (monotonic non-decreasing) bir fonksiyon her zaman biri sürekli ve türevi alınabilir, ikincisi basamak fonksiyonu olan ve üçüncüsü alışılmadık matematiksel özelliklerinden dolayı konu içinde rahatlıkla dışarıda tutulabilecek üç monoton fonksiyona ayrılabilir.”⁵⁰ Bu durumda spektral dağılım fonksiyonu

$$S(\omega) \approx S_1(\omega) + S_2(\omega)$$

Denklem 4.27

$S_1(\omega)$ sürekli bileşen ve $S_2(\omega)$ basamak fonksiyonu olmak üzere yazılabilir. Bileşenlerin bu şekilde ayrılması (**decomposition**) Wold’ın durağan serileri ayırımına tamamen uymaktadır. $S_1(\omega)$, tamamen rastlantısal $MA(\infty)$ bileşenin spektral dağılım fonksiyonu iken; $S_2(\omega)$ denklem 4.20’deki deterministik bileşendir. X_t ’nin tamamen rastlantısal olduğu varsayılırsa $S(\omega)=S_1(\omega)$ eşitliği söz konusu olacaktır. Ayrıca;

⁵⁰ GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, P., a.g.c., s:49.

$$s(\omega) = \lambda_0 dS(\omega) / d\omega$$

olarak tanımlandığında kompleks model 4.25 aşağıdaki özelliklere sahip olacaktır.

$$\begin{aligned} E[dz(\omega)\overline{dz(\lambda)}] &= 0, & \omega \neq \lambda \\ E[dz(\omega)\overline{dz(\lambda)}] &= s(\omega)d\omega, & \omega = \lambda \end{aligned}$$

Denklem 4.28

Daha önceden de belirtildiği üzere bu formül ile denklem 4.8'de gösterilen otokovaryans süreci, spektral analizdeki en önemli iki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Kompleks eşleniklerin (conjugate) beklenen değerlerle birlikte kullanılmasının sebebi şu şekilde açıklanabilir. A ve B gibi sıfır ortalaması olan iki kompleks rastlantısal değişkenin kovaryansı $\text{cov}(A, B) = E(A \bar{B})$ olarak tanımlanır. Bu şekil A'nın varyansının reel olması için gereklidir.⁵¹

$$\text{var}(A) = \text{cov}(A, A) \equiv E(|A|^2)$$

Denklem 4.29

Eğer $E[dz(\omega)] = 0$ ise, ki öyle olduğu varsayılmaktadır,

$$\lambda_\tau \equiv \text{cov}(X_t, X_{t-\tau}) = E[X_t \bar{X}_{t-\tau}] = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{it\omega} e^{-i(t-\tau)\lambda} E[dz(\omega)\overline{dz(\lambda)}]$$

Denklem 4.30

⁵¹ Dağılım ölçüsü olan varyans reel bir sayıdır.

Görüldüğü üzere denklem 4.28'deki şartlar X_t 'nin durağan olması için gereklidir. Aksi takdirde λ_τ , t 'nin bir fonksiyonu olacaktır. Bu şartlar (denklem 4.28) kullanıldığında denklem 4.30'daki çifte entegral $\omega=\lambda$ boyutuna indirgenerek, aşağıda görüldüğü gibi;

$$\lambda_\tau = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\tau\omega} s(\omega) d\omega$$

Denklem 4.31

elde edilecektir.

Böylece, X_t serisinin spektral temsili, ve ya Cramer temsili de denmektedir; ve λ_τ kovaryans sürecinin spektral temsili türetilmiştir. Bu kısımda anlatılanlar özetlenmek istenirse; herhangi bir durağan zaman serisinin, her biri belirli bir frekansa sahip sayılamaz sonsuz sayıda ilişkisiz bileşenin olası toplamından oluştuğu ileri sürülmektedir. Aynı dar frekans bandında yer alan bileşenlerin önemi, onların birleşik varyansları ile ölçülmektedir. Bu varyansların frekans boyutunda gösterilmeleri ile güç spektral fonksiyonu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma, ekonomik zaman serilerinin spektral analizi olduğundan yukarıda bahsedilen yöntemlerin sürekli fonksiyonlara uygulanan şekilleri uygulamada kullanılamayacaktır. Çalışmanın ileriki kısımlarında spektral fonksiyonların tahmin edilmesi kesikli zaman serileri üzerine yoğunlaşmıştır.

4.3. Spektral Fonksiyonların Tahmini

Spektrumun tahmininin, istatistikçiler için en ilgi çekici ve zor tahmin problemi olduğu belirlenmiştir.⁵² Bu zorluk $0-\pi$ aralığında tanımlı $S(\omega)$ sürekli fonksiyonundaki sayılamaz sonsuz noktaların sonlu (n) sayıda veriden (x_t) tahmin edilmeye çalışılmasıdır. Tahmin yönteminin başlangıç noktası Denklem 4.6 numaralı tanımdır. Bu fonksiyonda yer alan otokovaryans (λ_τ) değerleri bilinen kovaryans formülü ile gecikmeli değişkenler kullanılarak elde edilen veriden tahmin edilebilir. Uygulamada kullanılacak otokovaryans süreci tahmincisi aşağıda görüldüğü gibidir.

$$\hat{\lambda}_\tau = \frac{1}{n(\tau)} \sum_{t=1}^{n-\tau} (x_t - \bar{x})(x_{t+\tau} - \bar{x}), \quad \tau = 0, 1, \dots, n-1$$

Denklem 4.32

Bu tahmin formülünde yer alan $n(\tau)$ değeri, n veya $n-|\tau|$ gibi uygun bir miktar olabilir.⁵³ Daha önce bahsedildiği gibi paydanın $n-\tau$ olarak alınması sapmasız otokovaryans süreci tahmininin yapılmasını sağlar. Otokovaryans değerleri sapmalı bile olsa serbestlik derecesinin veya paydanın n olarak alınmasının bazı avantajları vardır. Güç fonksiyonunun önerilen tahmini;

$$\hat{s}(\omega) = \frac{\hat{\lambda}_0}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{\tau=1}^{n-1} \hat{\lambda}_\tau \cos \tau\omega = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-n+1}^{n-1} \hat{\lambda}_\tau \cos \tau\omega$$

Denklem 4.33

⁵² GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, P., a.g.e., s:60.

⁵³ GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, P., a.g.e., s:60.

olsa da, denklem 4.32'de payda n olarak alındığında denklem 4.33'de yapılacak cebirsel düzeltmeler sonunda tahmin;

$$\hat{s}(\omega) = \frac{1}{2\pi n} \left| \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x}) e^{i\omega t} \right|^2$$

Denklem 4.34

periyodograma oranlanmış bir şekil alır. Ancak, bu tahminin pek çok yönden tatmin edici değildir. Öncelikle, tahmincinin varyansı, n sonsuza giderken sıfıra yaklaşmadığından tutarlı değildir. Ayrıca iki farklı frekansa sahip güç fonksiyonu tahminlerinin kovaryansı n sonsuza giderken sıfıra yaklaşmamakta ve böylece fonksiyonun tahmininin çok dalgalı olması olasılığı artarak, eldeki veriden şüpheli dalga boylarının bulunmasına sebep olacaktır. Periyodogram, bu nedenle analizlerde yetersiz bir araç olarak görülmüş ve yerine spektrum tercih edilmiştir.

Pek çok yazar, bu nedenlerle, spektral güç fonksiyonu için daha iyi özelliklere sahip aşağıdaki tahminciyi kabul etmişlerdir.

$$\hat{s}_k(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-n+1}^{n-1} k_n(\tau) \hat{\lambda}_\tau \cos \tau \omega$$

$$k_n(\tau) = k(\tau / M_n)$$

Denklem 4.35

Yukarıdaki denklemlerde görülen $k()$ fonksiyonu **gecikme fonksiyonu** veya **faz fonksiyonu** olarak adlandırılmaktadır. Bu fonksiyonda yer alan değerlerin nasıl seçileceğine ilişkin tartışmalar vardır. Olası tahminlerin arasından kullanım için seçilecek

en iyi tahmin için genel kabul görmüş tek bir kriter bulunmamaktadır. Ancak, Parzen (1961) tarafından ileri sürülen fonksiyonun kullanımı daha yaygındır. Daha yaygın olarak kullanılan bu fonksiyonlar aşağıda görüldüğü gibidir.

$$\begin{aligned} k(u) &= 1 - 6u^2 + 6|u|^3, & |u| \leq 0.5 \\ k(u) &= 2(1 - |u|)^3, & 0.5 < |u| < 1.0 \\ k(u) &= 0, & 1.0 \leq |u| \end{aligned}$$

Denklem 4.36

Parzen'in gecikme fonksiyonlarını belirlemedeki bu yaklaşımı, $n \rightarrow \infty$ iken $M_n \rightarrow \infty$ ve $M_n/n \rightarrow 0$ durumlarını ve spektral tahminin negatif değerler almamasını garantileyerek, tutarlı fakat sapmalı tahminler sağlamaktadır. Sapma, $s(\omega)$ spektrumunun ω frekansındaki gerçek değeri ile yaklaşık aynı oranda olacaktır. Sabit bir n değeri için $k_n(\tau)$ süreci Fourier dönüşümü $k_n(\omega)$ ile;

$$k_n(\tau) = \int_{-\pi}^{\pi} \cos \tau \omega k_n(\omega) d\omega$$

Denklem 4.37

şeklinde gösterildiğinde, güç fonksiyonu tahmini;

$$\hat{s}_k(\omega) = \int_{-\pi}^{\pi} k_n(\lambda) \hat{s}(\omega - \lambda) d\lambda$$

Denklem 4.38

olarak yazılır. Buradaki $s(\omega)$ tahmincisi denklem 4.34'de verilmiştir. Diğer taraftan, $k_n(\lambda)$ esas maksimum değerini $\lambda=0$ noktasında alacağından, belirli bir ω değeri için $s_k(\omega)$

tahmini, ω frekansında merkezileşmiş periyodogram tipi tahminlerin ağırlıklı ortalaması olacaktır. Frekans düzleminde bitişik noktaya ω' hareket edildiğinde $s_k(\omega')$ hala $s_k(\omega)$ 'nin oluşturulmasında yararlanılan periyodogramın gecikmelerini taşıyacağından, ω ile ω' birbirlerine yeterince yakın ise, bunların kovaryansının da pozitif olması sağlanmış olur. Bu şekilde tahmin edilecek eğri periyodograma göre daha düzgün olacaktır. Seçilecek M_n değeri gecikmenin genişliğini ve böylece kovaryansın büyüklüğünü belirleyecektir. Sosyal bilimlerde, özellikle ekonomik verilerin kullanıldığı çalışmalarda alışılmış örnek hacimleri için M_n gecikme değeri $n/3$ olarak seçilmektedir. Ancak, tecrübeli uzmanlar $n/3$, $n/4$ ve $n/5$ gibi üç farklı değer için M_n kullanılması, spektrumdaki mümkün devresel tepe noktalarının doğru yorumlanmasına yardımcı olduğu görüşündedirler.

Gecikme fonksiyonunu belirlemenin bir diğer şekli de Tukey-Hanning tahminidir.⁵⁴ Tukey-Hanning gecikme fonksiyonu tahmini aşağıdaki denklemde görülmektedir.

$$k_\tau = \frac{1}{2} \left(1 + \cos \frac{\pi\tau}{m} \right)$$

Denklem 4.39

Gecikme fonksiyonu tahmininin yukarıdaki gibi yapılması sonucunda, otokovaryans katsayıları ve spektral güç fonksiyonu tahminleri, aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi yapılacaktır.

⁵⁴ TUKEY, J. W., "The estimation of (power) spectra and related quantities", On Numerical Approximation, ed. by R. E. LANGER, U.S.A., 1959, s:398.

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_\tau &= \frac{1}{n-\tau} \left[\sum_{t=1}^{n-\tau} x_t x_{t-\tau} - \frac{1}{n-\tau} \sum_{t=1+\tau}^n x_t \sum_{t=1}^{n-\tau} x_t \right] \\ L_j &= \frac{1}{2\pi} \left[\lambda_0 + 2 \sum_{\tau=1}^{m-1} \lambda_\tau \cos \frac{\pi\tau j}{m} + \lambda_m \cos \pi j \right] \\ \bar{S}(\omega_j) &= 0.25L_{j-1} + 0.5L_j + 0.25L_{j+1} \quad L_{m+1} = L_{m-1}\end{aligned}$$

Denklem 4.40

Bu tahmin yönteminde yer alan L_j fonksiyonları, doğal tahminler (raw estimates) olarak adlandırılır ve spektral güç fonksiyonu, doğal tahminlerin ağırlıklı ortalaması olarak belirlenmiştir. Ancak, Tukey tahmin yönteminde frekans aralığı;

$$\begin{aligned}\omega_j &= \frac{\pi j}{m}, \quad j = 0, 1, \dots, m. \\ \left(\omega_j \pm \frac{\pi}{2m} \right)\end{aligned}$$

Denklem 4.41

olarak tanımlanır. Denklem 4.40'de görülen tahmin yönteminin bir sakıncası negatif spektrum tahminlerine yol açmasıdır⁵⁵. Parzen, 1961' de geliştirdiği yeni yöntemle spektrumun negatif tahmin edilmesini engellemiştir.⁵⁶ Bu çalışmanın uygulama kısmında kullanılacak Parzen spektrum tahmini denklemleri aşağıda görülmektedir.

⁵⁵ Spektrum, gerçekte her zaman pozitif tanımlanır.

⁵⁶ PARZEN, E., "Mathematical Considerations in the Estimation of Spectra", Technometrics, vol. 3, 1961, s:242.

$$k_{\tau} = \begin{cases} 1 - \frac{6\tau^2}{m^2} \left(1 - \frac{\tau}{m}\right), & 0 \leq \tau \leq m/2 \\ 2 \left(1 - \frac{\tau}{m}\right)^3, & m/2 \leq \tau \leq m \end{cases}$$

$$\bar{\lambda}_{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^{n-\tau} (x_t - \bar{x})(x_{t-\tau} - \bar{x}) \quad \text{ve} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^n x_t$$

$$\bar{S}(\omega_j) = \frac{\lambda_0}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{\tau=1}^{m/2} k_{\tau} \lambda_{\tau} \cos\left(\frac{\pi\tau}{m} j\right) + \frac{2}{\pi} \sum_{\tau=(m/2)+1}^m k_{\tau} \lambda_{\tau} \cos\left(\frac{\pi\tau}{m} j\right)$$

Denklem 4.42

Bu yöntemle yapılan tahminlerde gecikme derecesi veya gecikmeli değişken sayısı m , örnek hacminin büyük olması durumunda $n/3$ oranında ve, örnek hacminin küçük olması durumunda $n/5$, $n/6$ oranlarında alınabilir.⁵⁷

Son olarak anlamlı tepe noktalarının belirlenmesi için, logaritmik ölçekle çizilmiş spektral güç fonksiyonunda grafiğinde güven aralığı bandı dışarısında kalan değerler incelenir. Grafiğin logaritmik ölçeğe (j , $\log S(\omega_j)$) göre çizilmesinin pratik nedenleri vardır.

- Ekonomik zaman serilerinde düşük frekanslar (uzun dönem dalgalanmalar), yüksek frekanslara göre daha önemli olduğundan, logaritmik ölçekte bütün noktalar rahatlıkla görülebilir.
- Güven aralığı bandı grafik üzerine yerleştirildiğinde düzgün fonksiyonel bir şekilde görülür.⁵⁸

⁵⁷ GRANGER, C.W.J., a.g.e., s:61.

⁵⁸ GRANGER, C.W.J., a.g.e., s:62.

Tukey-Hanning ve Parzen tahminlerinde güven aralığı aşağıdaki gibi belirlenir.

$$\left(\log \bar{S}(\omega_j) + \log T_\alpha(m, n), \log \bar{S}(\omega_j) + \log T'_\alpha(m, n) \right)$$

$$T_\alpha(m, n) \equiv \frac{\chi^2_{100-\alpha}(k)}{k} \quad \text{ve} \quad T'_\alpha(m, n) \equiv \frac{\chi^2_\alpha(k)}{k}, \quad k = \frac{2n}{m}$$

Denklem 4.43

Denklem 4.43'de görülen k **denge serbestlik derecesi (equivalent degrees of freedom)** olarak adlandırılır. Bu test, spektrumun frekans bandı boyunca sabit olduğunu varsayar. Dolayısıyla, bant dışında kalan tepe noktalar, rastlantısal dalgalanmalardan meydana gelmeyen, yani istatistiksel olarak anlamlı periyotları temsil eder.

Asimtotik olarak $s_k(\omega)$ tahmini normal dağılmıştır; ancak 200'den az gözleme sahip serilerde ki-kare yaklaşımı daha uygun görülmektedir.⁵⁹ Literatürde, ilişki ve faz fonksiyonlarının dağılımı hakkında pek çok öneri getirilmiş ve bunların çoğu Granger ve Hughes (1968) tarafından benzetim (simulasyon) teknikleri ile araştırılmıştır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda spektral tahminler için birtakım sonuçlara ulaşılmış olsa da, Neave'in (1972) çalışmaları ışığında $s_k(\omega)$ tahmini yeniden düzeltilmiştir. Benzetim tekniklerinin kullanılması, gözlem sayısı oldukça az olan serilerde bile spektrumun temel şeklinin gözlenmesi gerektiği görülmüştür. Diğer bir ifade ile seriler arasındaki basit gecikmelerin belirlenmesi gerekmektedir. Fakat, örnek hacmi az olan serilerden tahmin edilen ilişki, tahmin 0.5 değerine yaklaşan bir sapma gösterdiğinden daha az tatmin edici olmaktadır.

Faz diyagramının teoriden kaynaklanan ve benzetim teknikleri ile ispatlanan diğer bir özelliği ise; gerçek ilişkinin sıfır olması durumunda fazın tahmininin $(-\pi, \pi)$ aralığında

⁵⁹ GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, P., a.g.e., s:62.

dikdörtgen dağılımasıdır. Bu durum mantıksal olarak da anlaşılabilir. İlişkisiz iki bileşen arasındaki gecikme ölçüsünün tahmin edilemeyeceği açıktır. Dolayısıyla, eğer faz diyagramı sabit değilse, bu, iki serinin uygun frekans kümesi dahilinde ilişkisiz olduğunun iyi bir göstergesidir.

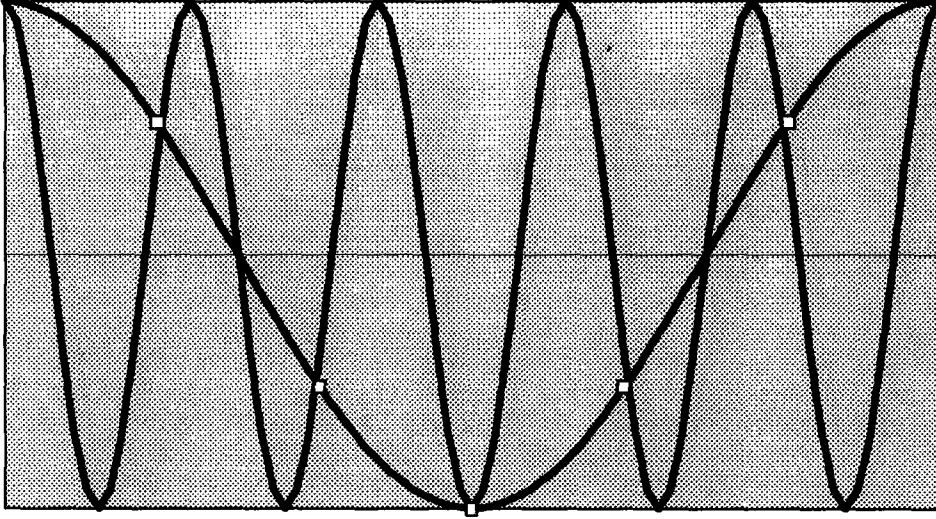
4.4. Dalgaların Frekanslarının Karışması (Aliasing)

İlgilenilen konuyla ilgili verilerin örneklem aralığının seçimi ve ya örneklemelerin oluşturulması ekonomik olaylarda araştırmacının elinde olmamaktadır. Veriler, günlük, haftalık, aylık, üçer aylık veya yıllık olarak elde edilebilmektedir. Verilerin sürekli olarak düzgün zaman aralıklarında ölçülmesi veya belirlenmesi spektrumun yorumlanmasında bir takım güçlükler getirmektedir.

Sürekli değişken X_t 'nin Δ aralıkları ile örneklendiğini ve $2\pi/\Delta$ frekansında armonik bir bileşene sahip olduğu varsayıldığında, X_t serisi bu bileşen hakkında bir bilgi içermeyecek, bu bileşen bir sabit olarak gözükecektir. Benzer şekilde, sürekli tam öğlende yapılan ısı ölçümleri günlük dalgalanmalar hakkında bilgi içermeyecektir. Dolayısıyla tam bilgi toplanabilecek en yüksek frekans π/Δ "Nyquist frekans" olarak adlandırılmaktadır.⁶⁰

Önceki kısımda belirtildiği gibi eğer ω_0 Nyquist frekans ise, güç spektrumunda tepe $\omega=\pi$ noktasında oluşacaktır. X zaman serisi sürekli ise otokovaryans $\lambda_\tau=E[X_t X_{t-\tau}]$, $\lambda_{\tau\Delta}=E[X_t X_{t-\tau\Delta}]$ şeklinde belirlenecektir. Eğer, X_t ω_0 'dan büyük frekansı olan armonik bir bileşene sahipse, bu bileşen ω_0 'dan daha küçük frekansı olan bir dalga ile karışacaktır. Bunun nedeni, sistematik olarak örneklenen yüksek frekansa sahip bir kosinüs dalgasından elde edilen veriler düşük frekansa sahip bir kosinüs dalgasından elde edilen verilerle aynı bilgileri taşımasıdır.

⁶⁰ GRANGER, C.W.J., NEWBOLD, P., a.g.e., s:56.



Şekil 4.2 Dalgaların Frekanslarının Karışması, Aliasing

Bu durumda, $\omega < \omega_0$ olmak üzere ω , $2\omega_0 \pm \omega$, $4\omega_0 \pm \omega, \dots$ frekanslarına sahip bütün dalgalar birbirlerine karışırlar ve spektral fonksiyonda $s(\omega)$ güçleri her zaman ω frekansında ortaya çıkar.

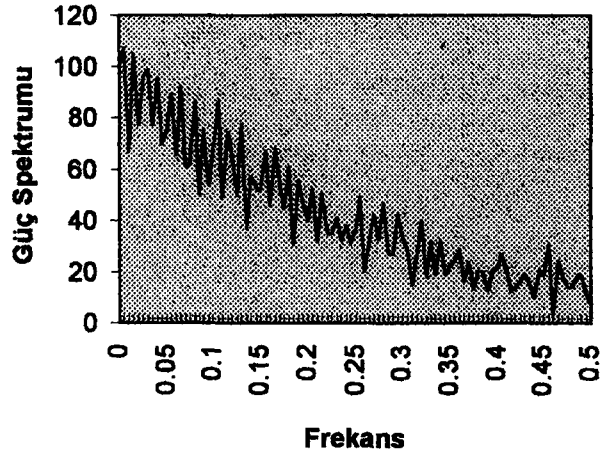
4.5. Spektral Analizin Yorumlanması

Tek bir serinin güç spektrumunun yorumlanması, tahmin edilen spektrumda düzgün bir şeklin varlığına ve olası anlamlı tepelerin yükseklik ve yatay eksenindeki pozisyonuna dayanır. Tepeler, seride oldukça sabit periyoda sahip devresel bileşenlerin varlığını göstermektedir. Kavramsal olarak düzgün şekil, devresel olmayan bileşenlerin modellerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Ekonomide spektral analizin kullanımı bu yaklaşımlar üzerine yoğunlaşmıştır. Sözelimi, bir yıllık bir süreyi temsil eden düşük frekanslardaki bir tepe nokta mevsimsel dalgalanmaları temsil ettiğinden mevsimlik hareketlerden serilerin arındırılması sürecinin etkinliği spektruma bakılarak

anlaşılmaktadır. Bunların dışındaki olası tepeler iş hayatı ve ya ekonomideki konjonktürel dalgalanmaları temsil edecektir.

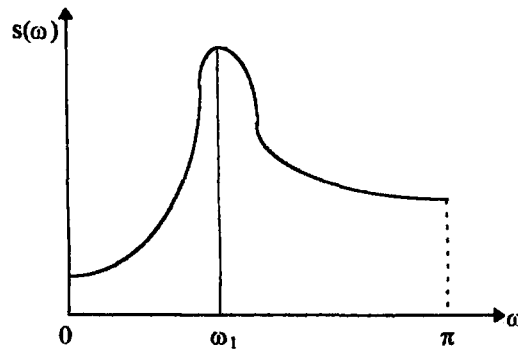
Eğer tahmin edilen spektrum tepelere ve açıkça bir eğriye doğru bir eğilime sahip değil ise, yani düz ise, bu serinin bir “beyaz gürültü” olduğu kabul edilir. Bu işlem, Granger ve Morgenstern (1970) ve Labys ve Granger (1970) tarafından fiyat değişimlerinin spektrumu oluşturularak, spekülasyon piyasalarındaki fiyatların **rastsal yürüyüş** (random walk) olduğu yolundaki hipotezin testinde kullanılmıştır. Eğer gözlemlerden elde edilen spektrumun şekli düz değil ise, seri için bir model oluşturulabileceği ileri sürülmekle birlikte genelde pek çok modelin şekilleri birbirlerine benzediğinden spektral analizinden model tanımlama problemlerinde pek yararlanılamamıştır.

Ekonomik veriler 1960’larda spektral yöntemlerle ilk analiz edildiklerinde beklenenin tersine neredeyse tahmin edilen spektraların benzer şekillere sahip olduğu gözlenmişti. Bu şekillerin çoğunluğu düşük frekanslarda yüksek, yüksek frekanslarda ise azalan bir dağılım göstermiş, π ’ye yakın frekanslarda düz bir şekil aldığı ve sadece mevsimsel dalgalanmaların oluşabileceği frekanslarda yerel tepe noktalar gözlenmişti. Bu şekildeki eğriler Granger (1966) tarafından “**tipik spektral şekil**” (typical spectral shape) olarak adlandırılmışlardır.



Şekil 4.3 Tipik Bir Güç Spektrumu

Daha önce çıkarımı gösterilen, X_t serisinin spektral temsili ve λ_τ kovaryans sürecinin elde edilmesinde kullanılan yöntem, bu tahminlerle ilgili bir takım ilişkileri ortaya koymuştur. Bu ilişkiler sayesinde, spektrumun $s(\omega)$ yorumlanması oldukça kolay olmaktadır. Bunun nedeni, $s(\omega)d\omega$ 'nin, $X_t(\omega)$ bileşeninin $(\omega, \omega+d\omega)$ frekans aralığında X_t 'nin varyansına olan katılımına eşit olmasıdır. Diğer bir ifade ile, belirli bir frekansta, bir bileşenin toplam varyans içindeki payıdır.



Şekil 4.4 Güç Spektral Olasılık Fonksiyonu

Eğer $s(\omega)$ şekil (4.4)'dekine benzer bir şekle sahipse, X_t serisinin düşük frekans (uzun dönem) bileşenlerinin $\text{var}(X_t)$ 'ye az katkıda buldukları için önemsiz, ω_1 frekansı civarındaki frekanslara sahip bileşenlerin ise çok önemli oldukları söylenir. Benzer şekilde kısa dönem bileşenler, diğer bir ifade ile yüksek frekans bileşenleri orta derece önemlidirler. Teorik çalışmadan da hatırlanacağı üzere $(0, \pi)$ frekans aralığında $s(\omega)$ eğrisinin altında kalan alan X_t serisinin varyansının yarısına eşittir.

Konunun daha iyi anlaşılması için en basit durağan seri olan sıfır ortalamaya sahip “beyaz gürültü”, diğer bir ifade ile $X_t = \varepsilon_t$ ele alınacaktır. Tamamen rastsal olan X_t serisinin otokovaryansları $\lambda_\tau = 0$, $\tau \neq 0$ olacağından denklem 4.6'ya göre ilgili spektrum bütün frekans aralığında sabit $s(\omega) = \sigma_\varepsilon^2 / 2\pi$ olarak tahmin edilecektir. Serilerin varyansına katkılarına göre ölçüldüğünde; “beyaz gürültü”nün, hepsi eşit öneme sahip bütün frekansların dahil olduğu bileşenlerden meydana geldiği ortaya konmuş olur. Tamamen rastsal bir süreç için “beyaz gürültü” terimi, bütün frekansları eşit olarak içeren beyaz renginin spektral yapısına benzetilerek literatüre katılmıştır.

4.6. Spektral Ayırıştırma - Özvektörler Yöntemi

Zaman serilerinde kullanılan, Fourier dönüşümüne dayalı spektral analiz yönteminin frekans düzleminde sonuçlar çıkardığı daha önceki bölümde bahsedilmiştir. Ancak, zaman serilerinin özvektörler yöntemi ile trend, mevsimsel dalgalanmalar ve diğer düzenli dalgalanmalar gibi bileşenlerine ayrıştırılması mümkündür. Üstelik bu yöntemin klasik spektral analize göre yorumlama açısından avantajları vardır. Bunun nedeni, yöntem zaman düzleminde gecikmeli değişkenler arasındaki varyans-kovaryans matrisinden yararlanmaktadır. Ayrıca, özvektörlerin kullanıldığı bu yöntemde serinin trendden arındırılmasına gerek yoktur, çünkü yöntem, trendi de bileşenlerden biri olarak

içermektedir ve diğer bileşenler ile eşanlı olarak tahmin etmektedir. Yöntemin bir diğer üstünlüğü de kısa zaman serilerine de uygulanabilir olmasıdır.

Bilim adamları, ekonomik zaman serilerinin analizlerinde genelde çok değişkenli regresyon analizini kullanmaktadırlar. Regresyon analizi ile X_t zaman serisi k adet açıklayıcı değişkendeki değişimlere göre analiz edilir. Elde edilen model yardımı ile teorik değerler tahmin edilir. Yapılan tahmin, açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişkendeki değişimleri açıkladığı ölçüde gerçekleşir. Ancak sosyal bilimlerde, özellikle ekonomik zaman serileri birbirlerinden etkilenmektedirler. Bu nedenle, yöntemin temel varsayımlarından biri olan çoklu doğrusal bağıllığın olmaması varsayımı genelde bozulmaktadır. Dolayısıyla yapılan parametre tahminleri “**en iyi doğrusal sapmasız tahminci (blue)**” olacaktır. Zaman serilerindeki bu karşılıklı ilişki, genelde serilerdeki trend, konjonktür ve mevsimsel dalgalanmalar gibi, zaman fonksiyonlarının varlığından kaynaklanmaktadır. Bu durumda regresyon analizi X_t serisinin davranışını açıklamada yetersiz kalacaktır. Zaman serilerini sonlu sayıda bileşene ayrıştırmak için kullanılan spektral analizin alternatif yöntemleri uygulanmıştır. Toplam modeline⁶¹ uygun bu yöntemler, Nerlove (1964) ve Granger’in (1970) eserlerinde kullanılmışlardır.

Çalışmanın bu bölümünde, zaman serilerinin toplam modeline uygun bileşenlerinin ayrıştırılmasında özvektörlerin kullanıldığı yöntem açıklanacaktır.

4.6.1. Yöntemin Temelleri

Normal dağılmış tesadüfi X_t serisinden eşit zaman aralıkları ile $m+1$ örneklem alındığında, $X(t_0), X(t_1), \dots, X(t_m)$, gözlemlerin çok değişkenli normal dağıldığı varsayılır. Serilerin

⁶¹ Bir zaman serisinin, bileşenlerinin toplamından oluştuğunu kabul eden model: $X_t = T_t + C_t + S_t + c_t$ gibi.

kovaryans durağan olması durumunda, dağılımın anakütle kovaryans matrisi aşağıdaki gibi belirlenir.

$$V_m^* = \begin{bmatrix} \sigma(0) & & & \\ \sigma(1) & \sigma(0) & & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ \sigma(m) & \sigma(m-1) & \cdots & \sigma(0) \end{bmatrix}$$

$$\hat{\sigma}(\tau) = \text{cov}(X_t X_{t-\tau})$$

Denklem 4.44

Denklem 4.44'deki otokovaryans matrisi, üst köşegen elemanları göz ardı edilebilen simetrik bir Toeplitz matris şeklinde ortaya çıkacaktır. Anakütle kovaryans matrisinin yapısı, özdeğerleri (λ_k^*) ve özvektörleri ($P_{k,t}^*$) hesaplanarak basitleştirilebilir.⁶²

Tanım: Bir matrisin spektral ayrışımı. Kare matris $A_{K \times K}$ 'nin spektral ayrışımı;

$$A = C \Lambda C' = \sum_{k=1}^K \lambda_k \mathbf{c}_k \mathbf{c}_k'$$

Denklem 4.45

rank'ı bir olan K adet matrisin toplamı olarak yazılabilir. Bu açılım, aynı zamanda A'nın **özdeğer ayrışımı** olarak bilinir.⁶³

Zaman serisinden elde edilen gecikmeli serilerin sayısı m sonsuza yaklaşırken, özdeğerlerin, X_t zaman serisinin spektral eğrisini temsil edeceği Wise (1955) tarafından

⁶² BASILEVSKY, A., HUM, D., a.g.e., s:334.

⁶³ GREENE, W. H., a.g.e., s:38.

kanıtlanmıştır. Böylelikle, X_t 'nin sürekli spektral yoğunluk fonksiyonuna uygun bir kesikli yaklaştırma yapılmış olur. Wise ayrıca, X_t 'nin m periyoduna sahip düzenli devresel hareketlere sahip olması durumunda, $\sigma_k = \sigma_{m-k}$ olacağından $\lambda_k^* = \lambda_{m-k}^*$ olacaktır. Sonuç olarak öz kökler, sonlu Fourier serisi olarak açılacaktır.

Pratikte, sosyal zaman serileri ile elde edilen örnek otokovaryans matrisi (V_m), her zaman Toeplitz matris formunda olmayacaktır. Örnek kovaryans matrisinin elemanları;

$$\hat{\sigma}_{ij} = \text{cov}(X_{t-i}, X_{t-j}), \quad i, j = 0, 1, \dots, m$$

Denklem 4.46

Dolayısıyla problem, tek bir zaman serisinden gözlenmeyen zaman fonksiyonlarının tahmin edilmesidir. Bu nedenle, otokovaryans matrisinin temel bileşenler analizi ile incelenmesi amaca uygun bir çözüm olur.⁶⁴

Analizin işleyiş şekli basit teorik bir örnek üzerinde açıklanacaktır. Sonlu zaman serisi X_t 'nin, stokastik trend T_t ve rastsal terim e_t 'den meydana geldiği ve trend ile rastsal terim arasında ilişki olmadığı $\text{cov}(T_t, e_t) = 0$ olduğu varsayıldığında aşağıdaki model yazılır.

$$\begin{aligned} X_t &= bY_t + e_t \\ bY_t &= T_t \end{aligned}$$

Denklem 4.47

Modelin bu şekilde yazılması ile yukarıda bahsedilen örnek otokovaryans matrisinin elemanları aşağıdaki gibi tahmin edilir.

⁶⁴ BASILEVSKY, A., HUM, D., a.g.e., s:335.

$$\hat{\sigma}_{ij} = b^2 \sigma_Y^2 + \sigma_e^2 = \text{var}(T) + \text{var}(e)$$

Denklem 4.48

Bu istatistikte yer alan b , tahmin edilmesi gereken bir katsayıdır. Örnek otokovaryans matrisinin (V_m) köşegeninin dışında kalan elemanlar birbirlerinden bağımsız olan trend ve rastsal hata terimine bağlıdır. Bu iki terimin küçük örneklerde tamamen ilişkisiz olması gerekmez. Temel bileşenler analizi sonucu baskın bir **özdeğer (özkök)** λ , ve takiben m adet düşük seviyeden⁶⁵ ve istatistiksel olarak anlamsız özkökler bulunur. Bu istatistiksel anlamsız öz kökler, verideki hatanın seviyesini yansıtır. Dolayısıyla, baskın ve istatistiksel anlamlı olan öz kök trendi temsil etmektedir. İlk temel bileşen (zaman fonksiyonu) $Z_{1,t}$, trend terimi T_t 'nin şeklini belirleyecektir. Bu temel bileşen ayrıca, 4.15-19 nolu denklemlerde yer alan varyans ağırlık katsayılarından rastsal a_1 değişkeninin süresiz (kesikli) örnek tahmini olarak kabul edilir. Eğer zaman serisinin trend bileşeni T_t doğrusal ise, $Z_{1,t}$ de doğrusal olacaktır.

Daha genel olarak özetlemek gerekirse, ilgilenilen zaman serisi X_t , r adet zaman fonksiyonunu bileşen olarak içeriyor ise, $r+1$ temel bileşen $Z_{1,t}, Z_{2,t}, \dots, Z_{r+1,t}$ elde edilecektir.

4.6.2. Tahmin Yöntemi⁶⁶

Bu kısımda, yukarıda tanımlanan yöntemin uygulanmasında parametre tahminlerinin yapılması açıklanacaktır.

⁶⁵ Gecikmeli ilişki derecesi.

⁶⁶ BASILEVSKY, A., HUM, D., a.g.e., s:335-337.

Toplam eşit zaman aralıkları ile ölçülmüş $T=n+m$ gözlemden oluşan X_t zaman serisinden, her biri n gözlem içeren m adet gecikmeli değişken oluşturulur. Böylelikle, $n \times (m+1)$ veri matrisi oluşturulur. Burada yer alan m incelenen zaman serisinin yapısı, düzgünlüğü, araştırılmak istenen zaman fonksiyonlarının sayısı ve periyoduna, ve eldeki gözlem sayısına göre araştırmacı tarafından belirlenmektedir. Eğer zaman serisinin m bileşenden meydana geldiği ileri sürülüyorsa, gecikme vektörü sayısının m değerini aşması gerekmektedir.

Bir gecikme vektörü X_{t-i} , zaman serisinin bir alt kümesi olarak;

$$X_{t-i} = (X_{1-i}, X_{2-i}, X_{3-i}, \dots, X_{n-i})$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, m$$

Denklem 4.49

belirlenir. Dolayısıyla, örnek otokovaryans matrisinin elemanları;

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n x_{t-i} x_{t-j}$$

$$i, j = 0, 1, 2, \dots, m$$

Denklem 4.50

denklemleri ile tahmin edilir. Denklem 4.50'de yer alan x_{t-i} ve x_{t-j} serileri gözlem değerlerinin ortalamadan farklarını ifade eder. Aritmetik ortalamalar aşağıdaki şekilde belirlenecektir.

$$\bar{X}_{t-i} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_{t-i}$$

Denklem 4.51

Özel bir durum olarak, otokovaryans matrisinin **Toeplitz matris** şeklinde olması durumunda, matrisin elemanları;

$$\sigma_i = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n X_{t-i} X_t$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, m$$

Denklem 4.52

Diğer taraftan, otokovaryans matrisi oluşturulan veri matrisi **X** kullanılarak da tahmin edilebilir.⁶⁷

$$\hat{\mathbf{V}}_m = \frac{1}{n-1} [\mathbf{X}\mathbf{X}' - n\bar{\mathbf{X}}\bar{\mathbf{X}}']$$

veya

$$\hat{\mathbf{V}}_m = \frac{1}{n-1} \mathbf{xx}'$$

Denklem 4.53

Bir sonraki aşamada, temel bileşen analizinin normal denklemleri tahmin edilir. Bu normal denklemler matris formunda aşağıda görüldüğü gibi yazılır.

⁶⁷ TATLIDİL, Hüseyin, "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz", Cem Web Ofset Ltd. Şti., Ankara, 1996, s:34.

$$\mathbf{P}'\mathbf{V}_m\mathbf{P} = \Lambda$$

Denklem 4.54

Yukarıdaki denklemde, eşitliğin sağ tarafında bulunan Λ matrisinin köşegeni özdeğerleri içerir.

$$\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{m+1})$$

Denklem 4.55

Denklem 4.54'de yer alan \mathbf{P} matrisi ise, özvektörler matrisidir. Özvektör matrisi daha önce bahsedildiği gibi 4.15'de yer alan a_{ij} katsayılarına denktir.

$$\mathbf{A} = \Lambda^{-1}\mathbf{P} = (a_{ij})$$

Denklem 4.56

Ayrıca, ortalamalardan farklarla oluşturulan veri matrisi ile özvektör matrisinin çarpımı \mathbf{Z} dönüşüm matrisini verir.

$$\mathbf{Z} = \mathbf{xP}$$

Denklem 4.57

Yukarıda hesaplanan Z dönüşüm matrisi ise, Denklem 4.15'de yer alan **ortonormal** fonksiyonlar olan trigonometrik kosinüs terimlerine denk **dik (ortogonal) matristir**. Bir $m \times m$ kare matrisin dik olması için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir.⁶⁸

$$1) \sum_{j=1}^m z_{ij}z_{kj}, \quad i \neq k \quad \text{veya} \quad \sum_{j=1}^m z_{ij}z_{ik}, \quad j \neq k$$

$$2) \sum_{j=1}^m z_{ij}^2, \quad \text{veya} \quad \sum_{i=1}^m z_{ij}^2, \quad i, j = 1, 2, \dots, m$$

Denklem 4.58

Yukarıdaki özelliklerden birincisi, $Z_{m \times m}$ matrisinin sütunlarının (satırlarının) dik olduğunu; ikincisi ise, her sütun (sətir) vektörün birim uzunlukta olduğunu, yani $T^T T = T T^T = I$ özelliğini sağladığını gösterir. İki boyutlu uzayda koordinatların döndürülmesinde en çok kullanılan dik matris aşağıda görülmektedir.

$$T = \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega \\ \sin \omega & -\cos \omega \end{bmatrix}$$

Denklem 4.59

Bu açıklamaların ışığında tahminlerin yapılması için, kovaryans matrisinin özdeğer ve özvektörlerinin hesaplanmasının gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Örnek kovaryans matrisinin V_m karakteristik denklemi aşağıdaki gibi yazılır.

⁶⁸ TATLIDİL, H., a.g.e., s:5-6.

$$|\mathbf{V}_m - \lambda \mathbf{I}_m| = 0$$

$$\lambda^m + b_{m-1}\lambda^{m-1} + b_{m-2}\lambda^{m-2} + \dots + b_1\lambda + b_0 = 0$$

Denklem 4.60

Yukarıdaki m'inci dereceden polinomun köklerine, kovaryans matrisinin özdeğerleri (karakteristik kökler, temel kökler) denmektedir. Ancak, belirlenen özdeğerlerin gerçek değerler olabilmesi için yukarıda belirlenen dik matrisle ilgili şartlara (Denklem 4.58) uyması gerekmektedir. Bunun nedeni, \mathbf{P} matrisini oluşturacak \mathbf{p}_i özvektörleri aşağıdaki gibi belirlenmesidir.

$$(\mathbf{V}_m - \lambda \mathbf{I})\mathbf{p}_i = 0$$

Denklem 4.61

Kovaryans matrisinin gerçek özdeğerlerinin Denklem 4.60 ile belirlenmesinin diğer bir şartı da, özdeğerlerin birbirleri ile çarpımının kovaryans matrisinin determinantını vermesi gereğidir.

$$|\mathbf{V}_m| = \prod_{j=1}^m \lambda_j$$

Denklem 4.62

Yukarıda anlatılan bu tekniğe alternatif olarak, otokovaryans matrisi yerine otokorelasyon matrisi de kullanılabilir. Temel bileşenler analizinde de genelde korelasyon

matrisi kullanılmaktadır. Bu yöntemin zayıflığı, korelasyon matrisi ile elde edilen özdeğerlerin istatistiksel anlamlılığının testinin daha zor olmasıdır.⁶⁹

İstatistiksel olarak anlamlı özdeğerlerin belirlenmesi ile X_t zaman serisinin tahmini yapılabilir. Bütün özvektörlerin kullanıldığı bir tahmin modeli aşağıdaki gibi yazılacaktır;

$$x_t = a_{11}Z_1 + a_{12}Z_2 + \dots + a_{1,m+1}Z_{m+1}$$

Denklem 4.63

Son olarak, istatistiksel olarak anlamlı temel bileşenlerin ait oldukları gecikmeli döneme göre, bileşenler trend, mevsimlik hareketler, düzenli dalgalanmalar (konjunktürel dalgalanmalar) olmak üzere sınıflandırılır.

4.6.3. Temel Bileşenler ile ilgili Hipotez Testleri

Temel bileşenler analizi, bilindiği gibi boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etmek için kullanılmaktadır. Buradaki çalışmanın amacı, gecikmeli değişkenler arası ilişkilerden yararlanılarak zaman serisinin bileşenlerinin belirlenmesidir. Gecikmeli değişkenler (X) veya standartlaştırılmış gecikmeli değişkenler (Z) arasında anlamlı ilişkilerin bulunmaması durumunda, özdeğerlere dayanan spektral ayrıştırma yönteminin kullanılması bir fayda sağlamayacaktır. Daha önceki kısımdan (43,3.2.1) hatırlanırsa korelogram testi de aynı sonuca ulaşmaktadır.

⁶⁹ BASILEVSKY, A., HUM, D., a.g.c., s:337.

Gecikmeli değişkenler arası korelasyon matrisinin, değişkenler arası ilişki olmaması durumunu temsil eden birim matrisle anlamlı farklılığının test edilmesi gereklidir. Bunun için, Bartlett **genelleştirilmiş varyansa** ($|R|$) dayanan aşağıdaki test önerilmiştir.⁷⁰

$$H_0: R = I$$
$$H_a: R \neq I$$
$$\chi^2 = - \left[(n-1) - \frac{1}{6}(2m+5) \right] \log|R| \leftrightarrow \chi^2_{\left[\frac{1}{2}m(m-1) \right]}$$

Denklem 4.64

Küresellik testi olarak bilinen bu test sonucu, sıfır hipotezinin ret edilmesi durumunda temel bileşenler analizinin kullanılması önerilmektedir.

Temel bileşenler analizi sonucu, belirlenen temel bileşenlerden boyut indirgemek amacı ile bir kısmı ihmal edilerek, önemli temel bileşenler (p) seçilecektir. Dolayısıyla m değişken ile yapılan temel bileşenler analizinde (g) adet temel bileşen ihmal edilecektir. Kullanılacak temel bileşen sayısının belirlenmesinde bir takım kriterler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları maddeler halinde aşağıda belirtilmişlerdir.⁷¹

- Özdeğerlerin varyansı açıklama oranları incelenerek, belirlenen bir orandan %2-3 gibi, küçük olanlar göz ardı edilir.
- En yüksek açıklama oranına sahip özdeğerden başlanarak, %90 kümülatif açıklanma oranına ulaşılan kadar sırayla özdeğerler analize dahil edilir.

⁷⁰ TATLIDİL, H., a.g.e., s:145-146.

⁷¹ MARDİA, K. V., KENT, J. T., BIBBY, J. M., "Multivariate Analysis", Academic Press, 7.baskı, U.S.A., 1989, s:224-225.

- Analizin korelasyon matrisi ile yapılması durumunda, özdeğeri bire eşit ve daha büyük olan temel bileşenler modele dahil edilir.

Uygulamada, SPSS™ (ver.5.0) istatistik paket programı ile hesaplanan özdeğerler, korelasyon matrisi kullanılarak bulunmaktadır. Bu nedenle, analiz sonucu yukarıdaki kurallardan sonuncusu tercih edilmiştir. Buna rağmen, yeteri kadar bileşenin analize dahil edilip edilmediğinin test edilmesi gerekmektedir.

Bu nedenle Anderson'un (1963) önerdiği, özdeğerlerin birbirlerine eşit olduğu yolundaki **benzerlik oranı (likelihood ratio)** testi uygulanmaktadır.⁷²

$$H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_p$$

$$H_a: \text{Özdeğerler birbirlerinden farklıdır.}$$

$$\chi^2 = -n \sum_{j=1}^p \ln \lambda_j + np \ln \left(\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \lambda_j \right) \leftrightarrow \chi^2_{\alpha, \left[\frac{1}{2} p(p+1) - 1 \right]}$$

Denklem 4.65

Bu testte sıfır hipotezinin kabul edilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan küçük örnekler için Bartlett'in önerdiği test aşağıda görülmektedir.⁷³

⁷² BASILEVSKY, A., HUM, D., a.g.e., s:338.

⁷³ TATLIDİL, H., a.g.e., s:148.

$$H_0: \lambda_{p+1} = \dots = \lambda_{p+g} = \lambda_m$$

H_a : Özdeğerler birbirlerinden farklıdır.

$$U_g = \frac{|\mathbf{R}|g^g}{\left(\prod_{j=1}^p \lambda_j\right) \left(m - \sum_{j=1}^p \lambda_j\right)^g}$$

$$\chi^2 = -\left[(n-1) - \frac{1}{6}(2m+5) - \frac{2}{3}p\right] \log U_g \leftrightarrow \chi^2_{\alpha, \left[\frac{g}{2}(g+1)-1\right]}$$

Denklem 4.66

Bu yöntemde, sıfır hipotezi kabul edilene kadar, önemli özdeğer sayısı p artırılır.

Bu kısımda anlatılan testlerin varsayımları ve teorik alt yapılarından bahsedilmemiştir. Bunun nedeni, çok değişkenli analiz yöntemlerinden olan Temel Bileşenler analizinin, çalışmamızın ana konusu olmamasıdır. Dolayısıyla, ilgili hipotez testlerinden kısaca bahsedilmiştir.

4.7. Spektral Analizin Faiz Oranları Tahmininde Kullanılması

Makro ekonominin temel ilgi alanlarından biri nominal faiz oranlarındaki hareketlerin analizidir. Nominal faiz oranlarını etkileyen faktörler önceki bölümlerde incelenmiştir. Erol, Richardson ve Gullede (1987)⁷⁴ mevsimsel düzeltme yapılmamış nominal faiz oranlarını spektral tekniklerle incelemişlerdir. Nominal faiz oranları olarak 1959-1983 dönemine ait üç ay vadeli hazine bonolarının getiri oranları seçilmiş ve durağanlığın sağlanması için logaritmaların birinci farkları alınarak çalışılmıştır. Spektral tahminlerin

⁷⁴ EROL, Ümit, RICHARDSON, James A., GULLEDGE, Thomas R., "Spectral Analysis of Nominal Interest Rates", Journal of Economic Dynamics and Control, Vol:11, 1987, s:275-281.

yapılması için 292 adet gözlemden elde edilen gecikmeli 100 değişken ile veri kümesi oluşturulmuştur.

Spektral yoğunluk dağılımı belirlendikten sonra yapılan analiz sonucu 0.4ω ve 0.6ω frekans aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir periyot olduğu gözlenmiştir. Bu frekans aralığı, kullanılan verinin derlendiği zamanın şıklarına göre, 1 yıllık bir periyodu yani mevsimlik dalgalanmaları temsil etmektedir. 0.6ω ile 0.8ω frekans aralığında görülen diğer bir istatistiksel anlamlı tepe noktası, yaklaşık 8-9 aylık bir periyoda denk gelen düzenli bir dalgalanmayı temsil etmektedir. Ayrıca ticari dalgalanmaları temsil eden düşük frekansta ($0\omega-0.2\omega$) da istatistiksel anlamlı bir tepe noktası gözlenmiştir.

Yazarlar, bu araştırmalarında, sadece nominal faiz oranlarını değil, aynı zamanda faiz oranlarının para arzı ve enflasyonla karşılıklı gecikmeli ilişkilerini de çapraz spektral yoğunluk dağılımı ile incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre fiyat hareketleri ile nominal faiz oranlarının konjonktürel dalgalanma sürecinde ilişkili olmaları, faiz oranlarının düzenli konjonktürel dalgalanmalara duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

1989 yılında Ito ve Quah, örtüsüz kur-faiz makası (**uncovered interest parity**) ile ilgili rasyonel beklentiler hipotezini test etmek için spektral yoğunluk matrislerini kullanmışlardır. Bunu nedeni, ilgilenilen hipotezlerdeki test edilebilir kısıtların, stokastik fark denklemleri sistemindeki **çapraz denklem kısıtları (cross-equation restrictions)** olmasıdır. Ekonomik teorilerin çoğu tek bir değişkenin dinamik özelliklerinden ziyade, farklı değişkenlerin bağımlılığı ile ilgili kısıtların üzerine kurulduğundan, ampirik çalışmalarda neredeyse her zaman hipotezlerin geçerliliğinin sınanması için eşanlı zaman serileri sistemlerinin kullanılması tercih edilmektedir. Bu hipotezlerdeki dinamikleri temsil etmek amacıyla kullanılan **vektör otoregresif modeller (VAR)** çapraz denklem kısıtlamaları altında doğrusal olmayan çözümlere gereksinim duymaktadır.

Dolayısıyla problemin zaman yerine frekans boyutunda temsili ile karmaşık doğrusal olmayan kısıtlar farklı fonksiyonların Fourier dönüşümü ile doğrusal hale gelmektedir.⁷⁵

Ito ve Quah, rasyonel beklentiler modelini, forward⁷⁶ kur oranı ile kurduklarından çözüm yönteminde hareketli ortalamaları (MA), spektral tekniklerle bağdaştırmışlardır. Yazarlar, zaman boyutunda gerçekleştirdikleri kısıtlı VAR modellerinde, 5 ve 6 ay gecikmeli sistemlerin istatistiksel olarak anlamlı olduklarını belirlemişlerdir. Diğer gecikme seviyelerinde durağan olmayan çözümlere ulaşılmıştır. Frekans boyutunda gerçekleştirdikleri analiz sonucu 6 ve 12 ay gecikmenin istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

James H. Stock, ekonomik değişkenlerin, takvim zamanından ziyade konjonktürel dalgalanmaların dönüm noktalarına göre değişken bir zaman cetveline göre hareket ettikleri savına (Burns, Mitchell, 1946; ve National Bureau of Economic Research) karşı; modern ekonometrik teorisinin kabul ettiği takvim zamanı temelini VAR modelleri ile analiz etmiştir.⁷⁷ Bir diğer analiz yöntemi olarak da frekans boyutu zaman dönüşümleri ile **Kalman filtrelerinin** kullanılması tercih edilmiştir. Çalışmada bu amaçla reel kişi başına milli gelir, reel kişi başına para stoku ve kısa vadeli ticari menkullerin nominal faiz oranları kullanılmıştır. Elde ettikleri bulgulardan biri, kısa vadeli ekonomik faiz oranlarının klasik konjonktürel zaman varsayımını desteklediği şeklinde yorumlanabilmesidir. İkinci bulgu ise, nispeten daha az bir şekilde milli gelirdeki büyümenin de klasik konjonktürel zaman varsayımını desteklediği görülmüştür.

⁷⁵ ITO, Takatoshi, QUAH, Danny, "Hypothesis Testing with Restricted Spectral Density Matrices, with an Application to Uncovered Interest Parity", *International Economic Review*, Vol:30, No:1, February 1989, s:203-213.

⁷⁶ Yabancı bir döviz cinsinin gelecekte gerçekleşecek alım-satım işleminin kur riskinin azaltılması amacıyla bugünden yapılan anlaşmasının bankacılık ve para piyasalarında yerleşmiş terimi.

⁷⁷ STOCK, James H., a.g.e., s:1240-1258.

5. UYGULAMA

Uygulama bölümünde, öncelikle incelenen zaman serisinin durağanlığı incelenecektir. Bunun nedeni, dördüncü bölümde bahsedilen, parametrik olmayan spektral analiz yönteminin uygulanması için, zaman serisinin kovaryans durağan olması gerekmektedir. Serinin durağanlığı iki yöntemle incelenecektir. Bunlardan biri, korelogram testidir. Spektral tekniklere dayanan korelogram testi sonucu, eğer uygulamada zaman serisinin durağan olduğuna karar verilirse, spektral analiz sonucunda da istatistiksel anlamlı ilişkiler belirlenemeyecektir. Diğer bir ifade ile serinin, zaman fonksiyonlarının bir bileşeni olmadığına karar verilmiş olur. Diğer taraftan, ikinci olarak uygulanacak birim kök testi, serinin durağanlığının belirlenmesi için yeterli olacaktır. Bu durumda da serinin durağan çıkmaması halinde, serinin durağanlaştırılması için farklar alınacak ve seri durağanlaşmaya kadar bu işlem devam edecektir.

Uygulamanın bir sonraki kısmında, çalışmanın teorik bölümünde anlatılan parametrik olmayan spektral teknikler uygulanacaktır. Öncelikle, Fourier açılımına uygun zaman serisi modelinin parametreleri tahmin edilerek, yorumlanacaktır. Daha sonra, Parzen'in tekniği ile spektral tahminler yapılacak ve sonuçlar kısaca açıklanacaktır. Son olarak, çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden olan temel bileşenler yöntemine dayanan spektral ayrıştırma yöntemi uygulanacak ve sonuçlar test edilecektir. Ayrıca, bu yöntemi kullanmanın anlamlılığı test edilecektir. Böylece, zaman serisinin, zamanın birer fonksiyonu olan anlamlı bileşenlere sahip olup olmadığı incelenmiş olacaktır. Aksi durumda, faiz oranlarında düzenli hareketlerin olmadığı sonucuna varılacaktır.

Uygulamada, bankalararası para piyasalarında oluşan nominal aylık faiz oranları kullanılacaktır. Çalışmada kullanılan, Eylül 1987-Ağustos 1997 arası 10 yıla ait 120 aylık

veri aşağıda görülmektedir.⁷⁸ Verilerin başlangıç tarihi olarak, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın kuruluş tarihi olan Ocak 1986 alınmak istenmiştir. Bunun sebebi, serbest piyasa ekonomisinin, borsanın kuruluşu ile çalışır hale gelmesidir. Ancak, faiz oranlarında 1988 yılı itibari ile bankalararası piyasanın tam olarak işlediği gözlenmiştir.

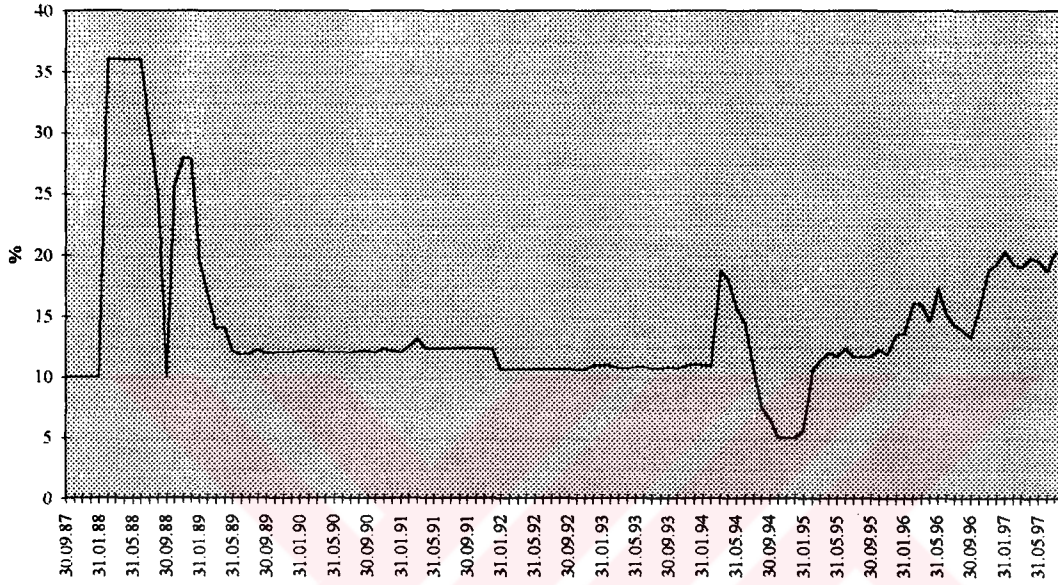
Tablo 5.1 Bankalararası Nominal Aylık Faiz Oranı

Tarih	Kapanış	Tarih	Kapanış	Tarih	Kapanış	Tarih	Kapanış
30.09.87	10	31.03.90	12.1	30.09.92	10.6	31.03.95	11.38
31.10.87	10	30.04.90	12	31.10.92	10.6	30.04.95	11.99
30.11.87	10	31.05.90	12	30.11.92	10.6	31.05.95	11.69
31.12.87	10	30.06.90	12	31.12.92	11	30.06.95	12.3
31.01.88	10	31.07.90	12	31.01.93	10.9	31.07.95	11.64
29.02.88	36	31.08.90	12.1	28.02.93	10.9	31.08.95	11.68
31.03.88	36	30.09.90	12.1	31.03.93	10.7	30.09.95	11.67
30.04.88	36	31.10.90	12	30.04.93	10.7	31.10.95	12.26
31.05.88	36	30.11.90	12.3	31.05.93	10.8	30.11.95	11.84
30.06.88	36	31.12.90	12.1	30.06.93	10.8	31.12.95	13.48
31.07.88	30	31.01.91	12	31.07.93	10.7	31.01.96	13.59
31.08.88	25	28.02.91	12.5	31.08.93	10.7	29.02.96	16.03
30.09.88	10	31.03.91	13.1	30.09.93	10.8	31.03.96	15.94
31.10.88	25.6	30.04.91	12.3	31.10.93	10.7	30.04.96	14.55
30.11.88	28	31.05.91	12.3	30.11.93	10.9	31.05.96	17.3
31.12.88	27.9	30.06.91	12.3	31.12.93	11.1	30.06.96	15.11
31.01.89	19.6	31.07.91	12.3	31.01.94	11	31.07.96	14.27
28.02.89	16.8	31.08.91	12.3	28.02.94	10.9	31.08.96	13.88
31.03.89	14	30.09.91	12.3	31.03.94	18.7	30.09.96	13.21
30.04.89	14.1	31.10.91	12.3	30.04.94	18	31.10.96	15.66
31.05.89	12.1	30.11.91	12.3	31.05.94	15.5	30.11.96	18.69
30.06.89	11.8	31.12.91	12.28	30.06.94	14.5	31.12.96	19.29
31.07.89	11.9	31.01.92	10.6	31.07.94	10.6	31.01.97	20.3
31.08.89	12.2	29.02.92	10.6	31.08.94	7.5	28.02.97	19.22
30.09.89	11.9	31.03.92	10.6	30.09.94	6.6	31.03.97	18.97
31.10.89	12	30.04.92	10.6	31.10.94	5.1	30.04.97	19.66
30.11.89	12	31.05.92	10.6	30.11.94	5	31.05.97	19.51
31.12.89	12	30.06.92	10.6	31.12.94	5	30.06.97	18.73
31.01.90	12.1	31.07.92	10.6	31.01.95	5.64	31.07.97	20.18
28.02.90	12.1	31.08.92	10.6	28.02.95	10.58	31.08.97	20.2

⁷⁸ TAYLOR, Bryan, <mailto:btaylor@pacificnet.net>, Global Data Co.

Yukarıda gözüken verilerin daha iyi anlaşılması için faiz oranları zaman serisinin grafiği incelenecektir.

Bankalararası Faiz Oranı Aylık Kapanışları



Şekil 5.1 Nominal Faiz Oranları 1987-1997

Şekil 5.1’de de görüldüğü gibi, 1989 yılının son aylarından 1994 yılının ilk aylarına kadar nominal faiz oranlarında dalgalanmalar görülmektedir. 1980 yılında, 24 Ocak kararlarının alınması ile tasarruflarda artış ve sermayenin dağılımında etkinlik sağlanması için reel faiz politikası uygulamasına geçilmiştir.⁷⁹ Bu politika ve gerçekçi döviz kuru uygulaması ile, Türk Lirası’ndan yabancı para ve benzeri araçlara bir kaçış başlamış ve 1988 yılında faizler yükselterek bu duruma engel olunmaya çalışılmıştır. 1989 yılından itibaren yabancı sermayenin girişinin sağlanması için 32 sayılı kararla, **mali liberalizasyon** ve **kısmi konvertibilite** uygulaması başlatılmıştır. Ancak, yabancı sermayenin, faiz oranlarına son derece duyarlı olması nedeniyle 1989-1994 döneminde

⁷⁹ DİRİMTEKİN, Halil, “Türkiye Ekonomisi”, Bilim Teknim Yayınevi, Eskişehir, 1989, s:191.

faiz oranları dengede tutulmaya çalışılmıştır. Faiz oranı-kur makasının giderek açılması ve bunun yan etkileri nedeniyle Ocak 1994'de devalüasyon yapılmıştır. Bu dönemden sonra faiz ve kurlarda devlet müdahalesi en az düzeyde tutulmaya çalışılmıştır. Faiz oranlarındaki bu müdahaleler sonucu ortaya çıkan tablo, uygulamada uzun dönem konjonktürel dalgalanmalardan ziyade, kısa dönem zaman bileşenlerinin bulunmasına neden olmaktadır.

5.1. Durağanlığın İncelenmesi

Bu kısımda sırasıyla korelogram ve birim kök testleri yukarıda verilen zaman serisine uygulanacaktır.

5.1.1. Korelogram Testi

Korelogram testinin, Denklem 3.12'ye göre uygulanması için, öncelikle Denklem 3.11'de yer alan otokorelasyon katsayıları tahmin edilmiştir. Yapılan hesaplamaların sonuçları Tablo 5.2 Korelogram Testi - Q İstatistiği İşlemleri'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Testin hipotezleri;

$$H_0: \text{Seri durağan } (\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_m)$$

$$H_1: \text{En azından biri anlamlı olarak farklı}$$

$$\text{Karar Kriteri: } Q > \chi_{\alpha, m}^2 \Rightarrow H_0 \text{ red}$$

Denklem 5.1

Elde edilen sonuçlarda $Q=264.36$ değeri, %5 anlamlılık seviyesinde kritik ki-kare değerinden büyük olduğundan serinin durağan olduğuna dair yeterli kanıt

bulunamamıştır. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi, bu test sonucu serinin durağan çıkması durumunda spektral analiz yöntemleri istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar çıkartamayacaktır; çünkü, seride zaman fonksiyonu bileşenlerinin olması için yüksek dereceden de olsa birimler arası ilişkilerin mevcut olması gerekmektedir.

Tablo 5.2 Korelogram Testi - Q İstatistiği İşlemleri

Gecikme	Otokorelasyon	r_t^2	$r_t^2/(n-t)$	Q	$\chi^2_{(0.5,40)}$
1	0.88670	0.78624	0.00995	264.3584825	101.8794718
2	0.75074	0.56362	0.00723		
3	0.61843	0.38246	0.00497		
4	0.46701	0.21809	0.00287		
5	0.35949	0.12923	0.00172		
6	0.28709	0.08242	0.00111		
7	0.23637	0.05587	0.00077		
8	0.22020	0.04849	0.00067		
9	0.21076	0.04442	0.00063		
10	0.21325	0.04548	0.00065		
11	0.22896	0.05242	0.00076		
12	0.21342	0.04555	0.00067		
13	0.17967	0.03228	0.00048		
14	0.13973	0.01952	0.00030		
15	0.09897	0.00979	0.00015		
16	0.02848	0.00081	0.00001		
17	0.00218	0.00000	0.00000		
18	-0.02205	0.00049	0.00000		
19	-0.03677	0.00135	0.00002		
20	-0.02560	0.00066	0.00001		
21	-0.02368	0.00056	0.00000		
22	-0.03399	0.00116	0.00002		
23	-0.05134	0.00264	0.00005		
24	-0.10125	0.01025	0.00018		
25	-0.14420	0.02079	0.00038		
26	-0.17353	0.03011	0.00056		
27	-0.21153	0.04474	0.00084		
28	-0.20847	0.04346	0.00084		
29	-0.20886	0.04362	0.00086		
30	-0.20050	0.04020	0.00080		
31	-0.15842	0.02510	0.00051		
32	-0.10871	0.01182	0.00025		
33	-0.08102	0.00657	0.00014		
34	-0.06307	0.00398	0.00009		
35	-0.06092	0.00371	0.00008		
36	-0.04001	0.00160	0.00004		
37	-0.05099	0.00260	0.00006		
38	-0.10388	0.01079	0.00026		
39	-0.15402	0.02372	0.00058		
40	-0.17751	0.03151	0.00079		
			0.04030		

Korelogram testi sonucu serinin durağan olmadığına karar verilmiştir. Ancak daha önce de bahsedildiği üzere, bu testin sonucunda serinin durağan çıkması durumunda, spektral analiz yöntemleri ile anlamlı bileşenlerin bulunması mümkün değildir.

5.1.2. Birim Kök Testi

Nominal faiz oranlarının oluşturduğu zaman serisinin durağanlığı Dickey-Fuller birim kök testi ile incelenecektir. Testin uygulanması için öncelikle birinci farklar serisi ve birinci dereceden gecikmeli değişken oluşturulmuştur. Denklem 3.13'de görülen model kurularak, parametreleri aşağıda görüldüğü gibi tahmin edilmiştir.

Tablo 5.3 AR(1) Modeli Parametre Tahminleri

ÖZET ÇIKTI

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0.08700
R Kare	0.00757
Ayarlı R Kare	-0.00091
Standart Hata	3.51939
Gözlem	119.00000

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	1	11.14700	11.14700	0.89996	0.34475
Fark	118	1461.56372	12.38613		
Toplam	119	1472.71071			

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
X(t-1)	-0.02063	0.02094	-0.98516	0.32656

Regresyon analizi özet tablosunda elde edilen sonuçlardan, belirlilik katsayısı $R^2=0.007$ çok küçük olması ve dolayısıyla modelin genel olarak anlamlılığının testi olan varyans analizi sonucu parametrelerin sıfırdan anlamlı farklılığı ret edildiğinden, serinin birinci dereceden otoregresif bir yapıya sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Denklem 3.14'de görülen DF testi, test istatistiği ve karar kriteri aşağıda görülmektedir.

$$H_0: \delta = 0$$

$$H_a: \delta \neq 0$$

80

$$\tau_{100,0.025} = -2.24 < \tau_{\text{test}} = \frac{-0.02063}{0.02094} = -0.98516 < \tau_{100,0.975} = 1.64$$

Denklem 5.2

Hipotez testi sonucu, $\delta=0$ olarak kabul edildiğinden serinin durağan olduğuna karar verilmiştir.

5.2. Spektral Yöntemler

Çalışmanın bu kısmında, istatistiksel anlamlı Fourier katsayıları ve spektral güç fonksiyonu tahmin edilecek ve ayrıca, özdeğerlere dayanan temel bileşenler analizi uygulanarak, nominal faiz oranı serisinin periyodik hareketleri incelenecektir.

5.2.1. Fourier Açılımı ve Katsayılar

Daha öncede açıklandığı gibi her türlü seri trigonometrik fonksiyonların bileşimi ile temsil edilir. Denklem 3.15'de görülen Fourier açılımı X_t serisinin sayılabilir sonsuz sayıda

⁸⁰ ENDERS, W., a.g.e., s:419.

bileşenden oluştuğunu varsaymaktadır. Ancak, yöntemin uygulanabilir olması için bu çalışmada en kısa periyodun yaklaşık 3.5 yıl olacağı varsayılarak 40 trigonometrik bileşen yaratılmıştır. Diğer bir ifade ile, Denklem 3.17'deki m değeri $m=40$ olarak belirlenmiştir. Değerin bu şekilde belirlenmesinin sebepleri aşağıda maddeler halinde gösterilmiştir.⁸¹

- Hesaplamalardaki kısıtlamalar, $n>m$.
- Diğer spektral analiz yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılması,
- Uygulamada kısa dönem periyodik bileşenlerin incelenmesi.

Trigonometrik bileşenlerin belirlenmesi ile Stepwise regresyon analizi yapılarak, istatistiksel olarak anlamlı bileşenlerin belirlenmesi sağlanmıştır. Aşağıda SPSS proramı çıktısının bir kısmı görülmektedir.

Multiple R	.61151
R Square	.37394
Adjusted R Square	.34648
Standard Error	5.07157

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	1751.38665	350.27733
Residual	114	2932.17514	25.72083

F = 13.61843 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
A23	-3.274737	.662817	-.366857	-4.941	.0000
A21	2.559413	.658276	.288661	3.888	.0002
B2	-2.399861	.660960	-.269490	-3.631	.0004
B23	1.874449	.655703	.212816	2.859	.0051
A19	-1.325872	.658343	-.149594	-2.014	.0464
(Constant)	13.790869	.467039		29.528	.0000

Total Cases = 120

⁸¹ GRANGER, C.W.J., a.g.c., s:63.

Yukarıda belirlenen beş trigonometrik bileşen, nominal faiz oranlarındaki değişimin %37.394'ünü ($R^2=0.37394$) açıklamaktadır. Modelin genel olarak anlamlı olduğu, yani parametrelerin en azından birinin sıfırdan farklı olduğu F-testi ile belirlenmiştir. Model ve katsayılarla ilgili hipotez testleri aşağıda gösterilmiştir.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k$$

$$H_a: \text{parametrelerden en az biri sıfırdan farklıdır.}$$

$$F = \frac{R^2/(k-1)}{(1-R^2)/(n-k)} = \frac{0.37394/5}{(1-0.37394)/114} = 13.61843$$

$$\text{Signif } F = 0 \leq \alpha = 0.05 \Rightarrow H_0 \text{ red}$$

Denklem 5.3

Katsayıların testi

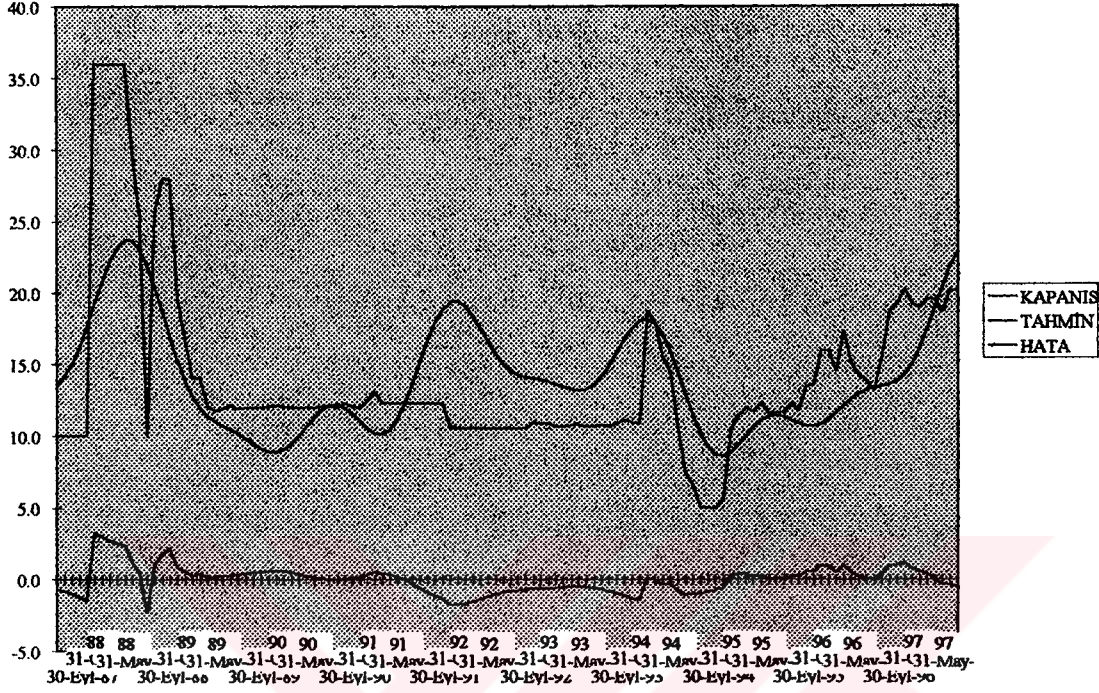
$$\left. \begin{array}{l} H_0: \beta_j = 0 \\ H_a: \beta_j \neq 0 \end{array} \right\} j = 0, 1, \dots, k$$

$$t = \frac{\bar{\beta}_j}{\sigma_{\beta_j}}, \quad |t| \geq |t_{\alpha/2, n-k}| \Rightarrow H_0 \text{ red}$$

Denklem 5.4

Katsayıların istatistiksel anlamlılığı test edilmiş, ve modelde yer alan bütün katsayı tahminlerinin istatistiksel olarak sıfırdan farklı anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yöntemin bir sonucu olarak anlamlı bileşenler modelde yer almışlardır. İlgili grafikler aşağıda görülmektedir.

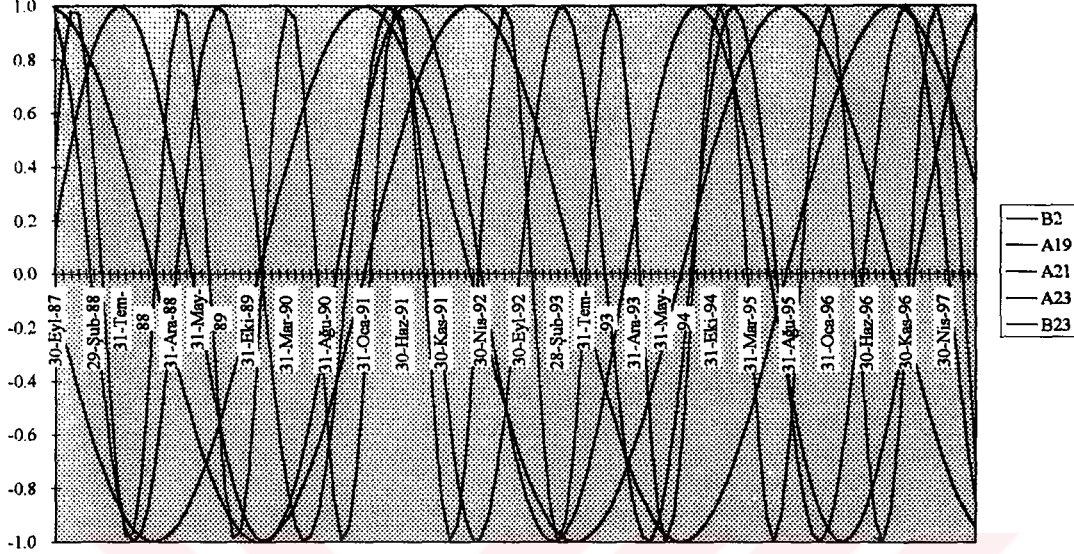
Fourier Açılımı Tahmin Modeli



Şekil 5.2 Fourier Açılımı Tahmin Modeli, Gerçek ve Teorik Değerler

Şekil 5.2'den görüldüğü gibi, tahmin modeli faiz oranlarındaki dalgalanmalara oldukça iyi uyum sağlamıştır. Tahmin modelini veya teorik değerleri oluşturan trigonometrik terimler aşağıdaki şekilde görülmektedir.

Tahminin Trigonometrik Bileşenleri



Şekil 5.3 Fourier Açılımının Trigonometrik Bileşenleri

Görüldüğü gibi, düzenli dalga fonksiyonlarının bileşiminden herhangi bir fonksiyona yaklaşırma (approximation) tahmini yapılabilir. Ancak, bu yöntemde de, kesikli veriler ile çalışıldığından aliasing olarak tanımlanan hata meydana gelebilir(4.4 s:74).

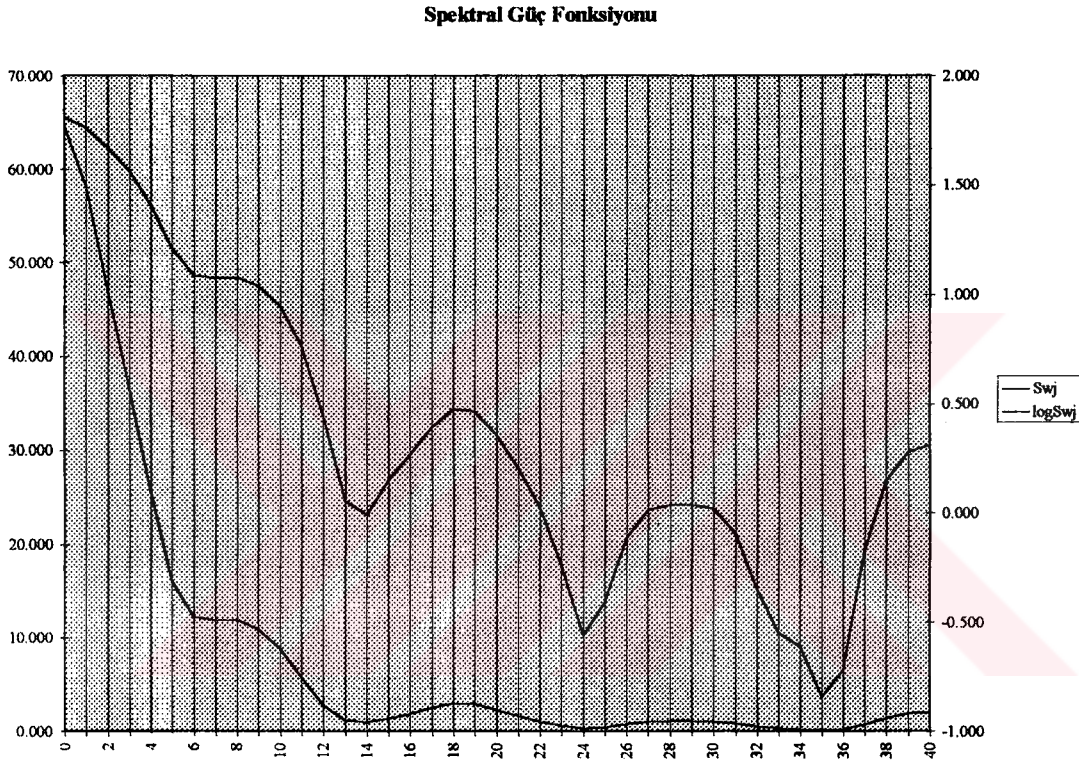
5.2.2. Spektral Fonksiyonların Tahmini

Spektral güç fonksiyonunun tahmini için Parzen yöntemi (Denklem 4.42) kullanılacaktır. Tahminde kullanılacak veri sayısı $n=120$ ve toplam gecikmeli değişken sayısı $m=40=n/3$ olarak belirlenmiştir. Yöntemde kullanılan otokovaryans matrisi çalışmanın bu kısmı yerine ekler kısmında verilmiştir. Ancak, Denklem 4.42'den görüleceği gibi tahmin formülü, anakütle kovaryans tahmincisidir. Ayrıca, uygulamada bu matrisin diklik özelliğinden dolayı, sadece orijinal zaman serisi ile gecikmeli değişkenler arasındaki kovaryans kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.4 Spektral Güç Fonksiyonu ve Güven Aralıklarının Tahmini

τ	k_τ	λ_τ	j	$S(\omega_j)$	$\log S(\omega_j)$	$T+S_{\omega_j}$	$T'+S_{\omega_j}$	ω_j
40	0.000	-2.277	0	64.680	1.811	1.342	2.099	0.000
39	0.000	-2.056	1	58.278	1.766	1.297	2.053	0.079
38	0.000	-1.408	2	46.869	1.671	1.202	1.959	0.157
37	0.001	-0.316	3	36.583	1.563	1.095	1.851	0.236
36	0.002	0.497	4	25.402	1.405	0.936	1.693	0.314
35	0.004	0.921	5	16.191	1.209	0.741	1.497	0.393
34	0.007	1.538	6	12.223	1.087	0.619	1.375	0.471
33	0.011	2.035	7	11.889	1.075	0.607	1.363	0.550
32	0.016	2.249	8	11.940	1.077	0.608	1.365	0.628
31	0.023	2.182	9	10.927	1.039	0.570	1.326	0.707
30	0.031	1.792	10	8.859	0.947	0.479	1.235	0.785
29	0.042	1.802	11	5.803	0.764	0.295	1.051	0.864
28	0.054	1.918	12	2.796	0.446	-0.022	0.734	0.942
27	0.069	1.904	13	1.136	0.055	-0.413	0.343	1.021
26	0.086	1.954	14	0.984	-0.007	-0.476	0.281	1.100
25	0.105	1.973	15	1.412	0.150	-0.319	0.438	1.178
24	0.128	2.036	16	1.835	0.264	-0.205	0.552	1.257
23	0.154	2.260	17	2.455	0.390	-0.079	0.678	1.335
22	0.182	2.174	18	2.995	0.476	0.008	0.764	1.414
21	0.214	2.123	19	2.899	0.462	-0.006	0.750	1.492
20	0.250	1.995	20	2.275	0.357	-0.112	0.645	1.571
19	0.289	1.812	21	1.589	0.201	-0.267	0.489	1.649
18	0.332	1.741	22	1.056	0.024	-0.445	0.312	1.728
17	0.377	1.439	23	0.583	-0.235	-0.703	0.053	1.806
16	0.424	0.988	24	0.274	-0.562	-1.031	-0.274	1.885
15	0.473	0.261	25	0.390	-0.409	-0.877	-0.121	1.963
14	0.522	0.046	26	0.769	-0.114	-0.582	0.174	2.042
13	0.572	-0.091	27	1.029	0.012	-0.456	0.300	2.121
12	0.622	1.530	28	1.089	0.037	-0.431	0.325	2.199
11	0.671	3.143	29	1.089	0.037	-0.432	0.325	2.278
10	0.719	6.886	30	1.042	0.018	-0.451	0.306	2.356
9	0.765	10.159	31	0.804	-0.095	-0.563	0.193	2.435
8	0.808	12.671	32	0.453	-0.344	-0.812	-0.056	2.513
7	0.848	9.561	33	0.282	-0.549	-1.018	-0.262	2.592
6	0.885	11.597	34	0.244	-0.613	-1.081	-0.325	2.670
5	0.918	14.048	35	0.143	-0.843	-1.312	-0.556	2.749
4	0.946	19.610	36	0.190	-0.721	-1.189	-0.433	2.827
3	0.969	24.475	37	0.676	-0.170	-0.638	0.118	2.906
2	0.986	32.209	38	1.398	0.146	-0.323	0.433	2.985
1	0.996	40.231	39	1.895	0.278	-0.191	0.565	3.063
0	1.000	49.025	40	2.038	0.309	-0.159	0.597	3.142

Tabloda yer alan sınır değerlerinin belirlenmesinde kullanılan denk serbestlik derecesi $k=2 \times 120/40=8$ olarak belirlenmiş ve T değerleri %5 anlamlılık düzeyinde tablodan bakılmıştır.⁸² Aşağıda spektral güç fonksiyonunun tahmin değerlerinin grafiği normal ve logaritmik ölçekli olarak görülmektedir.



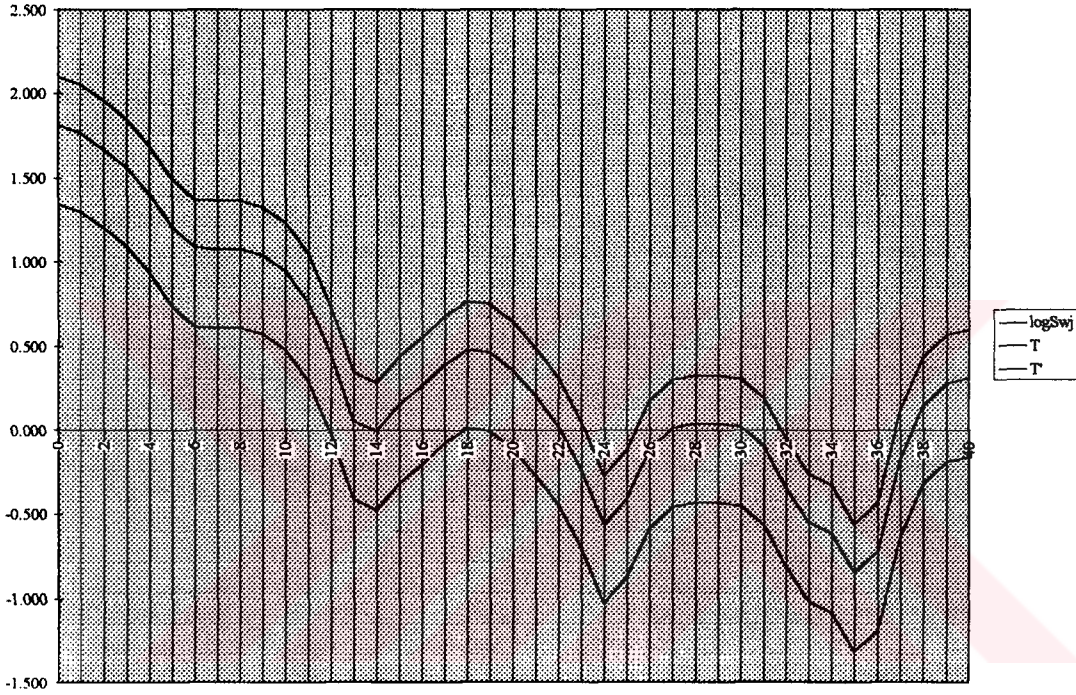
Şekil 5.4 Nominal Aylık Faiz Oranları, Güç Spektrumu

Şekilde, yüksek frekanslarda gözlenen tepe noktaları belirlidir. Bu üç tepe nokta ($j=18, 29, 40$) kısa dönem dalgaları temsil etmektedir. Düşük frekanslarda ise bariz tepe noktaları görülmemektedir. Ancak ($j=8$) noktasında olası bir periyodik bileşen mevcuttur. Frekans düzleminde belirlenen bu noktalar, zaman düzleminde periyodun uzunluğunun belirlenmesine yardımcı olur. Bunun için de $\tau=2m/j$ dönüşümünün yapılması yeterli olur.

⁸² GRANGER, C.W.J., a.g.c., s:63.

Bu konuyla ilgili açıklama ve karşılaştırmalar sonuç bölümünde yapılacaktır. Aşağıda, spektral güç fonksiyonunun güven aralıkları görülmektedir.

Spektral Güç Fonksiyonu Güven Aralığı



Şekil 5.5 Güç Spektrumu Güven Aralıkları ($\alpha=.95$)

Bu konuyla ilgili açıklama ve karşılaştırmalar sonuç bölümünde yapılacaktır.

5.2.3. Spektral Ayırıştırma

Uygulamanın bu kısmında temel bileşenler analizi ile zaman serisi bileşenlerine ayrıştırılacak, ve elde edilen sonuçlar, Fourier katsayıları ve parametrik olmayan spektral analiz sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Özdeğer ayrışması olarak bilinen bu yöntem, zaman serilerinde durağanlık varsayımı aramamaktadır. Ancak, değişkenlerin birbirleri ile

ilişkili olmaları gerekmektedir. Bu nedenle, öncelikle yöntemi uygulamanın anlamlı olup olmayacağı incelenecektir. Bu amaçla, Denklem 4.64'de verilen küresellik testi uygulanacaktır. Sonuçlar aşağıda görülmektedir.

Tablo 5.5 Küresellik Testi

	Birim	Korelasyon Determinant	Ki-Kare İstatistiği	Ki-Kare Anlamlılık	Karar
n=	120	6.46422E-29	2945.801	9.507E-237	Ho ret
m=	41				
v=	820				
p=	8				
g=	33				

Küresellik testi sonucu, sıfır hipotezi reddedildiğinden temel bileşenler analizi uygulanabilir. Diğer bir ifadeyle, gecikmeli değişkenler arasında ilişkiler vardır.

Temel bileşenler analizinin ilk aşaması, daha önce açıklandığı gibi, korelasyon matrisinin veya varyans-kovaryans matrisinin özdeğerlerinin hesaplanmasıdır. Uygulamada, 40 gecikmeli ve bir de orijinal olmak üzere 41 değişken kullanılmıştır. Dolayısıyla, Denklem 4.60'da görülen 41. dereceden polinomun köklerinin bulunması gerekecektir. Bu nedenle, SPSS paket programında faktör analizi temel bileşenler yöntemi ile uygulanarak, Ek-7'de verilen özdeğerler bulunmuştur. Korelasyon matrisi kullanılarak hesaplanan bu özdeğerlerden, değeri birin üzerinde olan ilk sekiz ($p=8$) adeti seçilecektir. Seçilen sekiz özdeğerin birbirleriyle ilişkisiz olması, Bartlett'in (Denklem 4.62) ve Anderson'un (Denklem 4.61) önerdikleri testlerle incelenecektir. Testler aynı zamanda, yeteri kadar temel bileşenin zaman serisindeki değişimleri açıklamak üzere analize dahil edilip edilmediğini de incelemektedir. Bartlett'in önerdiği test, analize dahil edilmeyen özdeğerleri incelemektedir. Bu testte, önemli özdeğerlerin sayısı birer arttırılarak sıfır hipotezinin kabul edilmesine çalışılmaktadır. Böylece, orijinal değişkeni açıklamaya yetersiz kalan bileşenlerin, analizde göz ardı edilmesine çalışılmıştır.

Aşağıdaki tabloda sonuçlar görülmektedir.

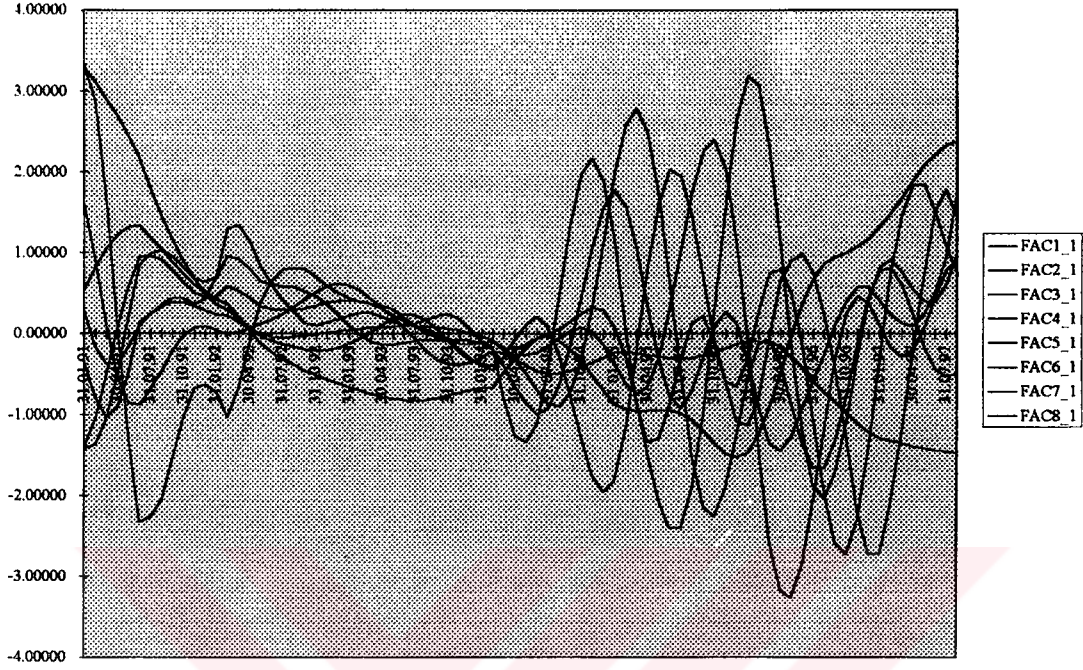
Tablo 5.6 Bartlett ve Anderson Özdeğer İlişki Testleri

j	λ_j	$\ln(\lambda_j)$	U_g	Ki-Kare İstatistiği	Ki-Kare Anlamlılık	Karar
1	9.38415	2.23902	1.18E-05	488.612	0.986483	Ho kabul
2	7.28863	1.98632		(Bartlett)		
3	4.42641	1.48759		143.025109	5.23E-15	Ho ret
4	3.96023	1.37630		(Anderson)		
5	3.30692	1.19602				
6	3.03094	1.10887				
7	2.01015	0.69821				
8	1.74807	0.55851				
	<u>35.15550</u>	<u>10.65084</u>				

Yapılan testler sonucu, analize dahil edilen bileşenlerin birbirleriyle ilişkisiz oldukları anlaşılmaktadır. Ayrıca, göz ardı edilen bileşenler test sonucuna göre birbirleriyle aynı özdeğere sahiptir. Dolayısıyla, analize dahil edilmeleri anlamlı bir farklılık yaratmayacak ve boyut indirgeme amacından uzaklaşmış olacaktır.

Temel bileşenler analizi sonucu elde edilen faktör katsayıları a_{ij} Ek-11'de verilmiştir. Hesaplanan faktörler aşağıdaki grafikte görülmektedir.

Temel Bileşenler Analizi Faktörleri



Şekil 5.6 Temel Bileşenler Analizi, Faktörler

Görüldüğü gibi, bileşenler trigonometrik fonksiyonlara benzer yapı göstermektedirler. Bu değerlerden ziyade faktörlerin hangi frekansta ağırlığının olduğunun anlaşılması için Ek-9'da verilen faktör matrisinin incelenmesi gereklidir. Bu tabloda, her bir faktörün hangi gecikmeli değişkende daha ağırlıklı olduğu araştırılır. Bu şekilde zaman serisinin, mevsimsel hareket, trend ve konjonktürel dalgalanmalarını belirleyen bileşenler ortaya çıkartılacaktır.

Tablo 5.7 Spektral Ayrıştırma Sonuçları

<i>Gecikme</i>	<i>Faktör 1</i>	<i>Faktör 2</i>	<i>Faktör 3</i>	<i>Faktör 4</i>	<i>Faktör 5</i>	<i>Faktör 6</i>	<i>Faktör 7</i>	<i>Faktör 8</i>
1.derece	5-6 ay	36 ay	22 ay	19 ay	28-30 ay	17 ay	1-2 ay	15-16 ay
2.derece	13-14 ay	26-27 ay				26 ay		34 ay
3.derece	10-11 ay	3 ay						0-1 ay

Tablodaki sonuçları toplamak gerekirse, 1 ve 7 nolu faktörler mevsimsel hareketleri temsil etmektedir. 7 numaralı faktör aynı zamanda trendi de temsil edebilir. Yine aynı tablodan, 13-16 aylık periyodu olan bir dalgalanma, 1, 2, 6 ve 8 numaralı faktörlerle açıklanmaktadır. Ayrıca, yaklaşık 3 yıllık periyodu olan bir konjonktürel dalgalanma da 2, 5 ve 8 numaralı faktörler tarafından açıklanmaktadır. 3 ve 4 numaralı faktörler, ortalama 20 aylık periyodu olan bir dalgalanmayı temsil etmektedir.

SONUÇ

Bilgi akışının son derece arttığı günümüzde, yatırımcılar her zaman bütün ekonomilerdeki yatırım imkanlarını takip edebilmekte, ve bu nedenle de yatırım kararlarını belirleyici bir faktör olarak faiz oranları, çok büyük önem kazanmaktadır. Bu çalışmadaki amaç da faiz oranlarındaki değişimlerin, gelecekte en uygun biçimde tahmin edilmesi ve faiz oranlarında düzenli dalgalanmaların bulunduğu gösterilmesidir. Bu nedenle önce, faiz kavramı, periyodik dalgalanmalar, mevsimsel hareketler, konjonktürel dalgalanmalar spektral analiz yöntemleri ile Fourier dönüşümüne ve özvektörlere dayalı yöntemlerin teori ve tahminleri açıklanmış ve toplanan veri sayısının imkan verdiği ölçüde bu dalgalanmalar, mevsimsel hareketler ve konjonktürel dalgalanmalar olarak gruplandırılmış ve sırasıyla Fourier katsayıları, güç spektral fonksiyonu ve son olarak özdeğer ayrışımı yorumlanmış ve karşılaştırılmıştır.

Fourier katsayıları yöntemine göre yapılan analiz sonucunda herhangi bir serinin Fourier serisi şeklinde temsil edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu yöntemdeki en büyük kısıt, serinin tam belirlenmesi için sonsuz sayıda trigonometrik bileşene ayrılması gereğidir. Bu çalışmada, trigonometrik bileşen sayısı 40 olarak alınmış, diğer bir ifade ile 40 trigonometrik değişken yaratılarak, faiz oranlarını açıklayıcı değişken olarak regresyon analizi uygulanmıştır. Analizde $j=2,19,21,23$ değerleri için istatistiksel anlamlı katsayılar elde edilmiştir. Her bir trigonometrik terim $\omega t=360jt/T$ olarak hesaplandığından, ω değerleri, yani periyot uzunlukları 6 ay ve 60-69 ay (5-5.5 yıl) olarak belirlenmiştir. Bu bileşenlerden biri mevsimsel hareketleri temsil ederken, diğerleri konjonktürel dalgalanmayı temsil etmektedir.

Spektral güç fonksiyonu ise, teorik açıklamalarda değinildiği gibi tam olarak önemli frekansları vermektedir. Bu yöntemde gecikmelerin belirlenmesi için, toplam gecikme

sayısı anlamlı frekanslara bölünerek ikiyle çarpılmış ve toplam 80 gözlem değeri kullanılmıştır. Dolayısıyla, $j=8,18,29,40$ değerleri için önemli periyotlar belirlenmiş ve analiz sonucu, en uzun dalgalanmanın periyodu 20 ay, diğer periyot uzunlukları ise, 4, 5.5 ve 13 ay olarak elde edilmiştir.

Spektral özdeğer ayrışımı yöntemi ile yapılan analiz sonucunda ise, Tablo 5.7 Spektral Ayrıştırma Sonuçları'nda görüldüğü gibi, 1 ve 7 no.lu faktörler mevsimsel hareketleri, yine 7 no.lu faktör trendi, 13-16 aylık periyodu olan bir dalgalanma 1, 2, 6 ve 8 no.lu faktörleri yaklaşık 3 yıllık periyodu olan konjonktürel dalgada 2, 5 ve 8 no.lu faktörü, 3 ve 4 no.lu faktörler ise ortalama 20 aylık periyodu olan bir dalgalanmayı temsil etmektedir.

Sonuç olarak, faiz oranlarında belirli bir trendin olmadığı, ancak 5-6 aylık periyodu olan mevsimsel bir dalgalanma olduğu görülmektedir. Durağanlık koşulunun sağlanmasında da bu sonuca ulaşılmaktadır. Buna rağmen, faiz oranlarındaki hareketler, 1.5-2 yıl ve 5-5.5 yıllık periyodu olan iki temel konjonktürel dalgalanmanın etkisinde kalmıştır. Diğer taraftan yaklaşık 6 aylık ve 3 yıllık iki düzenli dalgalanmadan elde edilen gözlemlerde de aynı sonuçlar elde edilebilir.

Ito ve Quah yaklaşık 5-6 ay gecikmeli modellerin, Erol, Richardson ve Gulledge 1 yıllık ve 8-9 aylık gecikmeli modellerin anlamlı olacağı sonucunu elde etmişlerdir. Spektral analiz ile yapılan bu çalışmada aynı sonuçlar elde edilmiş ve diğer yöntemler ile de bu sonuçlar desteklenmiştir.

EKLER

EK-1 Birinci Dereceden Farklar ve Gecikmeli Değişken

Tarih	Kapanış	Fark X_t	$X(t-1)$
30.09.87	10		
31.10.87	10	0	10
30.11.87	10	0	10
31.12.87	10	0	10
31.01.88	10	0	10
29.02.88	36	26	10
31.03.88	36	0	36
30.04.88	36	0	36
31.05.88	36	0	36
30.06.88	36	0	36
31.07.88	30	-6	36
31.08.88	25	-5	30
30.09.88	10	-15	25
31.10.88	25.6	15.6	10
30.11.88	28	2.4	25.6
31.12.88	27.9	-0.1	28
31.01.89	19.6	-8.3	27.9
28.02.89	16.8	-2.8	19.6
31.03.89	14	-2.8	16.8
30.04.89	14.1	0.1	14
31.05.89	12.1	-2	14.1
30.06.89	11.8	-0.3	12.1
31.07.89	11.9	0.1	11.8
31.08.89	12.2	0.3	11.9
30.09.89	11.9	-0.3	12.2
31.10.89	12	0.1	11.9
30.11.89	12	0	12
31.12.89	12	0	12
31.01.90	12.1	0.1	12
28.02.90	12.1	0	12.1
31.03.90	12.1	0	12.1
30.04.90	12	-0.1	12.1
31.05.90	12	0	12
30.06.90	12	0	12
31.07.90	12	0	12
31.08.90	12.1	0.1	12
30.09.90	12.1	0	12.1
31.10.90	12	-0.1	12.1
30.11.90	12.3	0.3	12

Tarih	Kapanış	Fark X_t	$X(t-1)$
31.12.90	12.1	-0.2	12.3
31.01.91	12	-0.1	12.1
28.02.91	12.5	0.5	12
31.03.91	13.1	0.6	12.5
30.04.91	12.3	-0.8	13.1
31.05.91	12.3	0	12.3
30.06.91	12.3	0	12.3
31.07.91	12.3	0	12.3
31.08.91	12.3	0	12.3
30.09.91	12.3	0	12.3
31.10.91	12.3	0	12.3
30.11.91	12.3	0	12.3
31.12.91	12.28	-0.02	12.3
31.01.92	10.6	-1.68	12.28
28.02.92	10.6	0	10.6
31.03.92	10.6	0	10.6
30.04.92	10.6	0	10.6
31.05.92	10.6	0	10.6
30.06.92	10.6	0	10.6
31.07.92	10.6	0	10.6
31.08.92	10.6	0	10.6
30.09.92	10.6	0	10.6
31.10.92	10.6	0	10.6
30.11.92	10.6	0	10.6
31.12.92	11	0.4	10.6
31.01.93	10.9	-0.1	11
28.02.93	10.9	0	10.9
31.03.93	10.7	-0.2	10.9
30.04.93	10.7	0	10.7
31.05.93	10.8	0.1	10.7
30.06.93	10.8	0	10.8
31.07.93	10.7	-0.1	10.8
31.08.93	10.7	0	10.7
30.09.93	10.8	0.1	10.7
31.10.93	10.7	-0.1	10.8
30.11.93	10.9	0.2	10.7
31.12.93	11.1	0.2	10.9
31.01.94	11	-0.1	11.1
28.02.94	10.9	-0.1	11
31.03.94	18.7	7.8	10.9
30.04.94	18	-0.7	18.7
31.05.94	15.5	-2.5	18
30.06.94	14.5	-1	15.5
31.07.94	10.6	-3.9	14.5
31.08.94	7.5	-3.1	10.6
30.09.94	6.6	-0.9	7.5
31.10.94	5.1	-1.5	6.6
30.11.94	5	-0.1	5.1
31.12.94	5	0	5
31.01.95	5.64	0.64	5

Tarih	Kapasite	Fark X_t	$X(t-1)$
28.02.95	10.58	4.94	5.64
31.03.95	11.38	0.8	10.58
30.04.95	11.99	0.61	11.38
31.05.95	11.69	-0.3	11.99
30.06.95	12.3	0.61	11.69
31.07.95	11.64	-0.66	12.3
31.08.95	11.68	0.04	11.64
30.09.95	11.67	-0.01	11.68
31.10.95	12.26	0.59	11.67
30.11.95	11.84	-0.42	12.26
31.12.95	13.48	1.64	11.84
31.01.96	13.59	0.11	13.48
29.02.96	16.03	2.44	13.59
31.03.96	15.94	-0.09	16.03
30.04.96	14.55	-1.39	15.94
31.05.96	17.3	2.75	14.55
30.06.96	15.11	-2.19	17.3
31.07.96	14.27	-0.84	15.11
31.08.96	13.88	-0.39	14.27
30.09.96	13.21	-0.67	13.88
31.10.96	15.66	2.45	13.21
30.11.96	18.69	3.03	15.66
31.12.96	19.29	0.6	18.69
31.01.97	20.3	1.01	19.29
28.02.97	19.22	-1.08	20.3
31.03.97	18.97	-0.25	19.22
30.04.97	19.66	0.69	18.97
31.05.97	19.51	-0.15	19.66
30.06.97	18.73	-0.78	19.51
31.07.97	20.18	1.45	18.73
31.08.97	20.2	0.02	20.18

EK-2 Anakütle Otokovaryans Tahminleri

Kovaryans	X40	X39	X38	X37	X36	X35	X34	X33	X32	X31	X30	X29
X40	12.83											
X39	11.37	12.11										
X38	9.63	10.64	11.37									
X37	7.93	9.03	10.03	10.87								
X36	5.99	7.25	8.34	9.47	10.22							
X35	4.61	5.28	6.53	7.75	8.80	9.53						
X34	3.68	3.96	4.62	5.99	7.13	8.16	8.94					
X33	3.03	3.00	3.27	4.06	5.34	6.46	7.54	8.29				
X32	2.82	2.23	2.19	2.61	3.30	4.56	5.75	6.79	7.42			
X31	2.70	2.11	1.52	1.60	1.93	2.61	3.93	5.08	6.01	6.72		
X30	2.74	2.04	1.45	0.97	0.98	1.29	2.01	3.30	4.35	5.36	6.12	
X29	2.94	2.36	1.66	1.13	0.61	0.61	0.95	1.66	2.89	3.98	5.02	5.93
X28	2.74	2.79	2.21	1.54	0.99	0.47	0.48	0.81	1.50	2.75	3.85	4.95
X27	2.30	2.53	2.58	2.03	1.34	0.79	0.28	0.28	0.58	1.29	2.56	3.75
X26	1.79	2.05	2.27	2.37	1.80	1.09	0.56	0.04	0.00	0.34	1.07	2.43
X25	1.27	1.46	1.71	1.99	2.05	1.47	0.79	0.25	-0.33	-0.32	0.03	0.89
X24	0.37	0.72	0.90	1.26	1.47	1.51	0.97	0.27	-0.36	-0.86	-0.82	-0.25
X23	0.03	0.07	0.42	0.66	0.98	1.19	1.25	0.70	-0.05	-0.64	-1.12	-0.97
X22	-0.28	-0.40	-0.36	0.07	0.25	0.56	0.80	0.85	0.23	-0.46	-1.03	-1.34
X21	-0.47	-0.73	-0.85	-0.73	-0.35	-0.18	0.16	0.39	0.36	-0.20	-0.86	-1.25
X20	-0.33	-0.69	-0.94	-1.03	-0.93	-0.56	-0.37	-0.04	0.15	0.16	-0.39	-0.97
X19	-0.30	-0.55	-0.90	-1.12	-1.22	-1.13	-0.74	-0.56	-0.25	-0.04	-0.01	-0.48
X18	-0.44	-0.36	-0.60	-0.95	-1.17	-1.27	-1.18	-0.79	-0.61	-0.29	-0.06	-0.02
X17	-0.66	-0.55	-0.46	-0.69	-1.04	-1.26	-1.35	-1.25	-0.87	-0.68	-0.34	-0.08
X16	-1.30	-0.73	-0.59	-0.51	-0.73	-1.07	-1.28	-1.37	-1.27	-0.87	-0.66	-0.31
X15	-1.85	-1.41	-0.77	-0.68	-0.56	-0.76	-1.10	-1.30	-1.37	-1.24	-0.81	-0.58
X14	-2.23	-1.93	-1.43	-0.84	-0.71	-0.57	-0.77	-1.09	-1.27	-1.32	-1.16	-0.72
X13	-2.71	-2.34	-2.00	-1.52	-0.91	-0.75	-0.62	-0.81	-1.11	-1.27	-1.29	-1.11
X12	-2.67	-2.66	-2.29	-1.95	-1.48	-0.86	-0.71	-0.58	-0.76	-1.08	-1.24	-1.28
X11	-2.68	-2.74	-2.67	-2.34	-1.97	-1.48	-0.87	-0.70	-0.55	-0.72	-1.01	-1.17
X10	-2.57	-2.70	-2.69	-2.69	-2.30	-1.91	-1.43	-0.79	-0.59	-0.43	-0.56	-0.87
X9	-2.03	-2.53	-2.56	-2.65	-2.57	-2.15	-1.78	-1.26	-0.57	-0.36	-0.16	-0.35
X8	-1.39	-1.48	-1.88	-2.10	-2.05	-1.92	-1.57	-1.13	-0.48	0.16	0.37	0.32
X7	-1.04	-0.74	-0.73	-1.33	-1.41	-1.31	-1.25	-0.83	-0.24	0.34	0.98	0.90
X6	-0.81	-0.34	0.05	-0.15	-0.61	-0.63	-0.60	-0.47	0.11	0.62	1.20	1.52
X5	-0.78	-0.08	0.47	0.65	0.60	0.20	0.11	0.20	0.49	0.99	1.50	1.75
X4	-0.51	0.00	0.68	1.12	1.37	1.34	0.89	0.82	1.02	1.22	1.66	1.87
X3	-0.65	0.18	0.68	1.26	1.76	2.03	1.95	1.52	1.55	1.67	1.81	1.98
X2	-1.33	-0.25	0.57	1.01	1.63	2.13	2.37	2.30	1.92	1.90	1.99	1.98
X1	-1.98	-1.31	-0.25	0.59	1.02	1.63	2.13	2.37	2.30	1.91	1.88	1.96
X0	-2.28	-2.06	-1.41	-0.32	0.50	0.92	1.54	2.04	2.25	2.18	1.79	1.80

	X28	X27	X26	X25	X24	X23	X22	X21	X20	X19	X18	X17
X28	5.90											
X27	4.91	5.84										
X26	3.70	4.84	5.76									
X25	2.36	3.60	4.73	5.61								
X24	0.79	2.21	3.41	4.47	5.19							
X23	-0.30	0.71	2.11	3.28	4.26	5.08						
X22	-1.05	-0.43	0.56	1.92	2.96	4.09	4.83					
X21	-1.43	-1.18	-0.58	0.36	1.58	2.79	3.83	4.57				
X20	-1.29	-1.49	-1.25	-0.67	0.20	1.51	2.67	3.71	4.51			
X19	-1.00	-1.34	-1.55	-1.33	-0.81	0.15	1.40	2.56	3.67	4.55		
X18	-0.48	-1.00	-1.34	-1.55	-1.35	-0.80	0.14	1.39	2.57	3.75	4.63	
X17	-0.01	-0.48	-1.00	-1.35	-1.59	-1.33	-0.82	0.11	1.41	2.73	3.92	4.99
X16	-0.04	0.02	-0.45	-0.97	-1.33	-1.52	-1.30	-0.79	0.18	1.69	3.00	4.47
X15	-0.23	0.02	0.09	-0.37	-0.90	-1.19	-1.44	-1.22	-0.65	0.74	2.22	4.10
X14	-0.50	-0.16	0.10	0.17	-0.29	-0.75	-1.09	-1.35	-1.07	-0.09	1.27	3.31
X13	-0.66	-0.45	-0.11	0.15	0.21	-0.18	-0.70	-1.04	-1.24	-0.61	0.35	2.18
X12	-1.11	-0.65	-0.44	-0.10	0.18	0.21	-0.16	-0.68	-1.05	-1.30	-0.68	0.21
X11	-1.21	-1.05	-0.59	-0.37	-0.03	0.30	0.29	-0.09	-0.56	-0.61	-0.88	0.19
X10	-1.06	-1.11	-0.94	-0.46	-0.23	0.16	0.45	0.43	0.09	0.07	-0.02	0.33
X9	-0.72	-0.91	-0.94	-0.74	-0.21	0.05	0.40	0.68	0.70	0.95	0.85	1.58
X8	-0.09	-0.42	-0.57	-0.50	-0.11	0.27	0.59	0.94	1.09	1.68	1.74	2.48
X7	0.59	0.23	-0.04	-0.09	0.20	0.41	0.86	1.19	1.38	2.08	2.47	3.36
X6	1.18	0.93	0.62	0.45	0.64	0.73	1.02	1.48	1.63	2.37	2.86	4.06
X5	1.81	1.52	1.32	1.12	1.20	1.18	1.35	1.65	1.92	2.62	3.13	4.43
X4	1.88	2.01	1.76	1.64	1.67	1.46	1.59	1.79	1.83	1.98	2.52	2.92
X3	1.98	2.05	2.22	2.04	2.13	1.90	1.83	1.98	1.94	1.86	1.87	2.29
X2	2.03	2.07	2.16	2.37	2.30	2.24	2.09	2.03	2.04	1.89	1.74	1.61
X1	1.95	2.01	2.04	2.14	2.34	2.26	2.21	2.07	1.99	1.89	1.75	1.44
X0	1.92	1.90	1.95	1.97	2.04	2.26	2.17	2.12	1.99	1.81	1.74	1.44

	<i>X16</i>	<i>X15</i>	<i>X14</i>	<i>X13</i>	<i>X12</i>	<i>X11</i>	<i>X10</i>	<i>X9</i>	<i>X8</i>	<i>X7</i>	<i>X6</i>	<i>X5</i>
X16	5.81											
X15	6.13	9.14										
X14	5.74	9.44	12.43									
X13	4.70	8.52	12.20	14.75								
X12	1.96	4.26	8.08	11.83	14.80							
X11	1.52	4.59	6.86	10.28	11.48	16.87						
X10	1.99	5.13	8.18	9.88	9.79	14.33	20.78					
X9	2.71	6.77	9.88	12.18	9.24	13.56	19.49	27.60				
X8	3.94	7.43	11.44	13.84	11.51	12.93	18.58	26.08	33.59			
X7	4.80	8.58	12.01	15.33	13.18	15.14	17.85	25.02	31.85	39.15		
X6	5.64	9.36	13.08	15.84	14.68	16.75	19.97	24.17	30.65	37.26	44.40	
X5	6.31	10.12	13.78	16.84	15.19	18.18	21.49	26.17	29.66	35.92	42.38	49.38
X4	4.00	5.40	9.20	13.05	16.91	14.46	17.10	19.98	24.16	27.57	33.81	40.26
X3	2.48	3.08	4.48	8.46	13.13	16.18	13.38	15.61	18.04	22.15	25.55	31.78
X2	1.84	1.56	2.16	3.73	8.56	12.40	15.13	11.96	13.95	16.35	20.47	23.88
X1	1.16	0.93	0.66	1.41	3.85	7.84	11.42	13.83	10.69	12.69	15.12	19.25
X0	0.99	0.26	0.05	-0.09	1.53	3.14	6.89	10.16	12.67	9.56	11.60	14.05

	<i>X4</i>	<i>X3</i>	<i>X2</i>	<i>X1</i>	<i>X0</i>
X4	48.85				
X3	39.82	48.49			
X2	31.65	39.74	48.55		
X1	24.13	31.91	39.99	48.80	
X0	19.61	24.48	32.21	40.23	49.03

EK-3 Fourier Bileşenlerinin Tahmini, Teorik Değerler ve Hata Terimleri

TARİH	B2	A19	A21	A23	B23	TAHMİN	HATA	KAPANIS
30-Eyl-87	1.0	0.4	0.2	-0.1	1.0	13.57458	-0.70483	10.0
31-Eki-87	0.8	0.8	0.3	-0.2	1.0	14.14140	-0.81659	10.0
30-Kas-87	0.7	1.0	0.5	-0.3	0.9	15.02016	-0.98986	10.0
31-Ara-87	0.4	1.0	0.6	-0.4	0.9	16.21161	-1.22479	10.0
31-Oca-88	0.2	0.8	0.7	-0.5	0.8	17.65601	-1.50959	10.0
29-Şub-88	-0.1	0.4	0.8	-0.6	0.8	19.23724	3.30524	36.0
31-Mar-88	-0.4	0.0	0.9	-0.7	0.7	20.79781	2.99753	36.0
30-Nis-88	-0.6	-0.5	1.0	-0.8	0.6	22.16215	2.72851	36.0
31-May-88	-0.8	-0.8	1.0	-0.9	0.5	23.16427	2.53092	36.0
30-Haz-88	-1.0	-1.0	1.0	-0.9	0.4	23.67458	2.43030	36.0
31-Tem-88	-1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	23.62114	1.25777	30.0
31-Ağu-88	-1.0	-0.8	0.9	-1.0	0.2	23.00134	0.39409	25.0
30-Eyl-88	-0.9	-0.4	0.8	-1.0	0.1	21.88186	-2.34284	10.0
31-Eki-88	-0.7	0.0	0.7	-1.0	0.0	20.38714	1.02786	25.6
30-Kas-88	-0.4	0.5	0.6	-1.0	-0.2	18.67840	1.83801	28.0
31-Ara-88	-0.2	0.8	0.4	-1.0	-0.3	16.92735	2.16356	27.9
31-Oca-89	0.1	1.0	0.3	-0.9	-0.4	15.28934	0.84996	19.6
28-Şub-89	0.4	1.0	0.1	-0.9	-0.5	13.88095	0.57557	16.8
31-Mar-89	0.6	0.8	-0.1	-0.8	-0.6	12.76585	0.24335	14.0
30-Nis-89	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-0.7	11.95135	0.42367	14.1
31-May-89	0.9	-0.1	-0.4	-0.7	-0.7	11.39556	0.13890	12.1
30-Haz-89	1.0	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	11.02332	0.15314	11.8
31-Tem-89	1.0	-0.8	-0.7	-0.5	-0.9	10.74732	0.22728	11.9
31-Ağu-89	0.9	-1.0	-0.8	-0.4	-0.9	10.48968	0.33724	12.2
30-Eyl-89	0.7	-1.0	-0.9	-0.3	-1.0	10.19979	0.33524	11.9
31-Eki-89	0.5	-0.7	-0.9	-0.2	-1.0	9.86457	0.42106	12.0
30-Kas-89	0.2	-0.4	-1.0	0.0	-1.0	9.50931	0.49111	12.0
31-Ara-89	-0.1	0.1	-1.0	0.1	-1.0	9.18929	0.55421	12.0
31-Oca-90	-0.4	0.5	-1.0	0.2	-1.0	8.97405	0.61637	12.1
28-Şub-90	-0.6	0.8	-0.9	0.3	-1.0	8.92811	0.62543	12.1
31-Mar-90	-0.8	1.0	-0.9	0.4	-0.9	9.09237	0.59304	12.1
30-Nis-90	-0.9	1.0	-0.8	0.5	-0.9	9.47046	0.49877	12.0
31-May-90	-1.0	0.7	-0.7	0.6	-0.8	10.02322	0.38978	12.0
30-Haz-90	-1.0	0.4	-0.5	0.7	-0.7	10.67285	0.26168	12.0
31-Tem-90	-0.9	-0.1	-0.4	0.8	-0.6	11.31611	0.13485	12.0
31-Ağu-90	-0.7	-0.5	-0.2	0.8	-0.5	11.84406	0.05047	12.1
30-Eyl-90	-0.5	-0.8	-0.1	0.9	-0.4	12.16449	-0.01272	12.1
31-Eki-90	-0.2	-1.0	0.1	0.9	-0.3	12.22237	-0.04385	12.0
30-Kas-90	0.0	-0.9	0.3	1.0	-0.2	12.01389	0.05642	12.3
31-Ara-90	0.3	-0.7	0.4	1.0	-0.1	11.59109	0.10035	12.1
31-Oca-91	0.6	-0.3	0.6	1.0	0.0	11.05563	0.18621	12.0

TARİH	B2	A19	A21	A23	B23	TAHMİN	HATA	KAPANIS
28-Şub-91	0.8	0.1	0.7	1.0	0.1	10.54246	0.38598	12.5
31-Mar-91	0.9	0.5	0.8	1.0	0.2	10.19634	0.57254	13.1
30-Nis-91	1.0	0.8	0.9	0.9	0.3	10.14537	0.42484	12.3
31-May-91	1.0	1.0	1.0	0.9	0.4	10.47658	0.35954	12.3
30-Haz-91	0.9	0.9	1.0	0.8	0.5	11.21827	0.21329	12.3
31-Tem-91	0.7	0.7	1.0	0.8	0.6	12.33246	-0.00640	12.3
31-Ağu-91	0.5	0.3	1.0	0.7	0.7	13.71916	-0.27983	12.3
30-Eyl-91	0.3	-0.1	0.9	0.6	0.8	15.23162	-0.57805	12.3
31-Eki-91	0.0	-0.5	0.9	0.5	0.9	16.69994	-0.86757	12.3
30-Kas-91	-0.3	-0.9	0.8	0.4	0.9	17.95867	-1.11576	12.3
31-Ara-91	-0.6	-1.0	0.6	0.3	1.0	18.87339	-1.30007	12.3
31-Oca-92	-0.8	-0.9	0.5	0.2	1.0	19.36132	-1.72754	10.6
28-Şub-92	-0.9	-0.7	0.3	0.1	1.0	19.40253	-1.73566	10.6
31-Mar-92	-1.0	-0.3	0.2	0.0	1.0	19.03974	-1.66413	10.6
30-Nis-92	-1.0	0.1	0.0	-0.2	1.0	18.36724	-1.53153	10.6
31-May-92	-0.9	0.6	-0.2	-0.3	1.0	17.51135	-1.36276	10.6
30-Haz-92	-0.8	0.9	-0.3	-0.4	0.9	16.60631	-1.18431	10.6
31-Tem-92	-0.5	1.0	-0.5	-0.5	0.9	15.77063	-1.01953	10.6
31-Ağu-92	-0.3	0.9	-0.6	-0.6	0.8	15.08818	-0.88497	10.6
30-Eyl-92	0.0	0.7	-0.7	-0.7	0.7	14.59763	-0.78824	10.6
31-Eki-92	0.3	0.3	-0.8	-0.8	0.7	14.29186	-0.72795	10.6
30-Kas-92	0.5	-0.2	-0.9	-0.8	0.6	14.12694	-0.69543	10.6
31-Ara-92	0.7	-0.6	-1.0	-0.9	0.5	14.03842	-0.59911	11.0
31-Oca-93	0.9	-0.9	-1.0	-0.9	0.4	13.96095	-0.60355	10.9
28-Şub-93	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.3	13.84699	-0.58108	10.9
31-Mar-93	1.0	-0.9	-1.0	-1.0	0.1	13.68027	-0.58764	10.7
30-Nis-93	0.9	-0.7	-0.9	-1.0	0.0	13.48122	-0.54839	10.7
31-May-93	0.8	-0.3	-0.8	-1.0	-0.1	13.30289	-0.49351	10.8
30-Haz-93	0.6	0.2	-0.7	-1.0	-0.2	13.21838	-0.47685	10.8
31-Tem-93	0.3	0.6	-0.6	-1.0	-0.3	13.30228	-0.51311	10.7
31-Ağu-93	0.0	0.9	-0.4	-0.9	-0.4	13.61029	-0.57384	10.7
30-Eyl-93	-0.2	1.0	-0.3	-0.9	-0.5	14.16138	-0.66279	10.8
31-Eki-93	-0.5	0.9	-0.1	-0.8	-0.6	14.92663	-0.83340	10.7
30-Kas-93	-0.7	0.7	0.0	-0.7	-0.7	15.82750	-0.97159	10.9
31-Ara-93	-0.9	0.3	0.2	-0.6	-0.8	16.74453	-1.11297	11.1
31-Oca-94	-1.0	-0.2	0.4	-0.5	-0.8	17.53504	-1.28856	11.0
28-Şub-94	-1.0	-0.6	0.5	-0.4	-0.9	18.05703	-1.41120	10.9
31-Mar-94	-0.9	-0.9	0.7	-0.3	-0.9	18.19453	0.09967	18.7
30-Nis-94	-0.8	-1.0	0.8	-0.2	-1.0	17.87980	0.02370	18.0
31-May-94	-0.6	-0.9	0.9	-0.1	-1.0	17.10778	-0.31702	15.5
30-Haz-94	-0.3	-0.6	0.9	0.0	-1.0	15.93995	-0.28393	14.5
31-Tem-94	-0.1	-0.2	1.0	0.1	-1.0	14.49654	-0.76831	10.6
31-Ağu-94	0.2	0.2	1.0	0.2	-1.0	12.93830	-1.07231	7.5
30-Eyl-94	0.5	0.6	1.0	0.3	-0.9	11.44102	-0.95454	6.6
31-Eki-94	0.7	0.9	0.9	0.5	-0.9	10.16743	-0.99918	5.1

TARİH	B2	A19	A21	A23	B23	TAHMIN	HATA	KAPANIS
30-Kas-94	0.9	1.0	0.9	0.6	-0.8	9.24160	-0.83635	5.0
31-Ara-94	1.0	0.9	0.8	0.6	-0.8	8.73035	-0.73554	5.0
31-Oca-95	1.0	0.6	0.7	0.7	-0.7	8.63515	-0.59058	5.6
28-Şub-95	0.9	0.2	0.5	0.8	-0.6	8.89562	0.33212	10.6
31-Mar-95	0.8	-0.2	0.4	0.9	-0.5	9.40383	0.38966	11.4
30-Nis-95	0.6	-0.6	0.2	0.9	-0.4	10.02636	0.38719	12.0
31-May-95	0.4	-0.9	0.1	1.0	-0.3	10.62986	0.20904	11.7
30-Haz-95	0.1	-1.0	-0.1	1.0	-0.2	11.10507	0.23561	12.3
31-Tem-95	-0.2	-0.9	-0.3	1.0	-0.1	11.38495	0.05029	11.6
31-Ağu-95	-0.5	-0.6	-0.4	1.0	0.0	11.45353	0.04465	11.7
30-Eyl-95	-0.7	-0.2	-0.6	1.0	0.2	11.34424	0.06423	11.7
31-Eki-95	-0.9	0.2	-0.7	1.0	0.3	11.12854	0.22310	12.3
30-Kas-95	-1.0	0.6	-0.8	0.9	0.4	10.89748	0.18584	11.8
31-Ara-95	-1.0	0.9	-0.9	0.9	0.5	10.74039	0.54019	13.5
31-Oca-96	-0.9	1.0	-1.0	0.8	0.6	10.72510	0.56489	13.6
29-Şub-96	-0.8	0.9	-1.0	0.7	0.7	10.88392	1.01469	16.0
31-Mar-96	-0.6	0.6	-1.0	0.7	0.8	11.20824	0.93300	15.9
30-Nis-96	-0.4	0.2	-1.0	0.6	0.8	11.65257	0.57131	14.6
31-May-96	-0.1	-0.3	-0.9	0.5	0.9	12.14721	1.01601	17.3
30-Haz-96	0.2	-0.7	-0.9	0.4	0.9	12.61645	0.49167	15.1
31-Tem-96	0.4	-0.9	-0.8	0.3	1.0	12.99836	0.25074	14.3
31-Ağu-96	0.7	-1.0	-0.6	0.1	1.0	13.26171	0.12191	13.9
30-Eyl-96	0.9	-0.9	-0.5	0.0	1.0	13.41615	-0.04065	13.2
31-Eki-96	1.0	-0.6	-0.3	-0.1	1.0	13.51312	0.42332	15.7
30-Kas-96	1.0	-0.2	-0.2	-0.2	1.0	13.63701	0.99634	18.7
31-Ara-96	1.0	0.3	0.0	-0.3	0.9	13.88805	1.06514	19.3
31-Oca-97	0.8	0.7	0.2	-0.4	0.9	14.36017	1.17120	20.3
28-Şub-97	0.6	0.9	0.3	-0.5	0.9	15.11833	0.80876	19.2
31-Mar-97	0.4	1.0	0.5	-0.6	0.8	16.17997	0.55013	19.0
30-Nis-97	0.1	0.9	0.6	-0.7	0.7	17.50458	0.42500	19.7
31-May-97	-0.1	0.6	0.7	-0.8	0.6	18.99396	0.10175	19.5
30-Haz-97	-0.4	0.1	0.8	-0.8	0.5	20.50351	-0.34970	18.7
31-Tem-97	-0.7	-0.3	0.9	-0.9	0.4	21.86290	-0.33183	20.2
31-Ağu-97	-0.8	-0.7	1.0	-0.9	0.3	22.90256	-0.53288	20.2

EK-4 Fourier Katsayılarının EKK Tahminleri

18 Jun 98 SPSS for MS WINDOWS Release 5.0

Page 1

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. KAPANIS

Variable(s) Entered on Step Number

5.. A19

Multiple R .61151
R Square .37394
Adjusted R Square .34648
Standard Error 5.07157

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	1751.38665	350.27733
Residual	114	2932.17514	25.72083

F = 13.61843 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
A23	-3.274737	.662817	-.366857	-4.941	.0000
A21	2.559413	.658276	.288661	3.888	.0002
B2	-2.399861	.660960	-.269490	-3.631	.0004
B23	1.874449	.655703	.212816	2.859	.0051
A19	-1.325872	.658343	-.149594	-2.014	.0464
(Constant)	13.790869	.467039		29.528	.0000

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. KAPANIS

----- Variables not in the Equation -----				
Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T Sig T
A1	-.065082	-.082245	.990904	-.877 .3822
A10	-.022200	-.028051	.990857	-.298 .7660
A11	-.071705	-.090610	.990835	-.967 .3355
A12	.028600	.036141	.990834	.384 .7014
A13	.063619	.080358	.990842	.857 .3933
A14	.010731	.013560	.990897	.144 .8856
A15	.006501	.008211	.990620	.087 .9306
A16	-.027618	-.034900	.990884	-.371 .7112
A17	-.044862	-.056604	.990682	-.603 .5479
A18	.013535	.017104	.990906	.182 .8560
A2	-.028057	-.035195	.985152	-.374 .7088
A20	.002053	.002595	.990905	.028 .9780
A22	.016667	.021064	.990908	.224 .8232
A24	-.006818	-.008616	.990906	-.092 .9272
A25	.053082	.066847	.987975	.712 .4778
A26	-.020337	-.025701	.990907	-.273 .7851
A27	.124542	.157043	.990644	1.690 .0937
A28	.041995	.053069	.990885	.565 .5732
A29	-.062848	-.079379	.990587	-.846 .3991
A3	.003959	.005004	.990908	.053 .9577
A30	-.023806	-.030081	.990899	-.320 .7496
A31	-.051949	-.065616	.990829	-.699 .4860
A32	-.001250	-.001579	.990843	-.017 .9866
A33	.048850	.061730	.990831	.657 .5122
A34	-.018488	-.023362	.990860	-.248 .8043
A35	.009737	.012305	.990873	.131 .8962
A36	.024450	.030896	.990749	.329 .7431
A37	-.010164	-.012846	.990893	-.137 .8916
A38	.081085	.102444	.990669	1.095 .2760
A39	-.024485	-.030944	.990892	-.329 .7427
A4	.002992	.003761	.989208	.040 .9682
A40	-.104289	-.131315	.990386	-1.408 .1619
A5	-.010530	-.013307	.990895	-.141 .8877
A6	-.051441	-.064991	.990651	-.692 .4902
A7	.014847	.018764	.990894	.199 .8422
A8	-8.002E-04	-.001011	.990720	-.011 .9914
A9	-.011714	-.014804	.990879	-.157 .8752
B1	.015497	.019584	.990849	.208 .8354
B10	-.069927	-.088341	.990874	-.943 .3478
B11	3.425E-05	.000043	.990877	.000 .9996
B12	.006714	.008484	.990846	.090 .9283
B13	9.436E-04	.001192	.990831	.013 .9899
B14	.024350	.030772	.990851	.327 .7441
B15	.001971	.002491	.990875	.026 .9789

B16	.006959	.008795	.990862	.093	.9257
B17	.100586	.126923	.990870	1.360	.1765
B18	-.020862	-.026364	.990834	-.280	.7797
B19	-.072176	-.090914	.990873	-.970	.3339
B20	-.024397	-.030828	.990870	-.328	.7436
B21	.063688	.080102	.990342	.854	.3948
B22	.066862	.084493	.990831	.901	.3693
B24	-.022305	-.028184	.990869	-.300	.7649
B25	.001751	.002202	.989611	.023	.9814
B26	-.010771	-.013612	.990836	-.145	.8852
B27	.084475	.106542	.990865	1.139	.2571
B28	-.003820	-.004827	.990860	-.051	.9592
B29	-.008858	-.011194	.990882	-.119	.9055
B3	-.001216	-.001537	.990864	-.016	.9870
B30	.024486	.030943	.990854	.329	.7427
B31	.057418	.072560	.990825	.773	.4409
B32	.032643	.041252	.990842	.439	.6616
B33	-.049671	-.062760	.990879	-.668	.5052
B34	-.072162	-.091165	.990875	-.973	.3326
B35	.028225	.035667	.990823	.379	.7051
B36	.071718	.090609	.990816	.967	.3355
B37	.032959	.041643	.990873	.443	.6586
B38	.023496	.029667	.990900	.316	.7530
B39	-.004914	-.006210	.990835	-.066	.9475
B4	-.050399	-.063589	.990763	-.677	.4996
B40	.094772	.119656	.990769	1.281	.2028
B5	-.028754	-.036337	.990833	-.387	.6998
B6	.101778	.128472	.990902	1.377	.1712
B7	.057751	.072967	.990873	.778	.4384
B8	.015104	.019082	.990818	.203	.8396
B9	.002921	.003691	.990824	.039	.9688

End Block Number 1 PIN = .050 Limits reached.

EK-5 Fourier Modeli Hata Terimlerinin Betimsel İstatistikleri

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. KAPANIS

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	8.6351	23.6746	14.1352	3.8363	120
*RESID	-11.8819	16.7628	.0000	4.9639	120
*ZPRED	-1.4337	2.4866	.0000	1.0000	120
*ZRESID	-2.3428	3.3052	.0000	.9788	120

Total Cases = 120

Durbin-Watson Test = .47683

EK-6 Temel Bileşenler Analizi, Korelasyon Matrisi ve İstatistiksel Anlamlılıkları

----- FACTOR ANALYSIS -----

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values
Correlation Matrix:

	X0	X1	X10	X11	X12	X13	X14
X0	1.00000						
X1	.82250	1.00000					
X10	.21575	.35851	1.00000				
X11	.10928	.27328	.76534	1.00000			
X12	.05681	.14307	.55845	.72668	1.00000		
X13	-.00339	.05240	.56452	.65145	.80082	1.00000	
X14	.00185	.02676	.50878	.47404	.59601	.90091	1.00000
X15	.01235	.04411	.37247	.36958	.36588	.73400	.88515
X16	.05856	.06868	.18074	.15361	.21175	.50725	.67584
X17	.09201	.09205	.03196	.02033	.02488	.25443	.42086
X18	.11551	.11609	-.00232	-.09917	-.08235	.04284	.16706
X19	.12130	.12684	.00734	-.06912	-.15811	-.07498	-.01179
X2	.66017	.82149	.47651	.43321	.31919	.13921	.08806
X20	.13411	.13420	.00969	-.06409	-.12850	-.15153	-.14317
X21	.14190	.13834	.04450	-.01042	-.08262	-.12716	-.17921
X22	.14124	.14391	.04457	.03229	-.01939	-.08239	-.14104
X23	.14320	.14359	.01571	.03194	.02441	-.02057	-.09485
X24	.12765	.14709	-.02170	-.00307	.02027	.02432	-.03549
X25	.11900	.12922	-.04291	-.03836	-.01074	.01694	.02077
X26	.11632	.12192	-.08621	-.06006	-.04804	-.01167	.01182
X27	.11247	.11909	-.10075	-.10605	-.07039	-.04838	-.01858
X28	.11273	.11505	-.09604	-.12114	-.11877	-.07059	-.05799
X29	.10569	.11530	-.07873	-.11713	-.13634	-.11850	-.08411
X3	.50198	.65592	.42157	.56554	.49012	.31631	.18235
X30	.10341	.10870	-.05002	-.09906	-.13046	-.13573	-.13291
X31	.12017	.10533	-.03637	-.06776	-.10780	-.12785	-.14457
X32	.11795	.12063	-.04761	-.04939	-.07266	-.10655	-.13241
X33	.10093	.11783	-.06043	-.05950	-.05226	-.07308	-.10769
X34	.07345	.10217	-.10493	-.07076	-.06184	-.05415	-.07343
X35	.04264	.07545	-.13561	-.11688	-.07253	-.06367	-.05270
X36	.02218	.04566	-.15820	-.14997	-.12010	-.07394	-.06265
X37	-.01371	.02545	-.17886	-.17300	-.15365	-.12044	-.07260
X38	-.05965	-.01060	-.17508	-.19294	-.17649	-.15421	-.12041
X39	-.08439	-.05391	-.17016	-.19164	-.19841	-.17506	-.15771
X4	.40071	.49420	.53680	.50368	.62902	.48622	.37331
X40	-.09080	-.07897	-.15755	-.18212	-.19407	-.19728	-.17629
X5	.28553	.39224	.67086	.63000	.56205	.62406	.55631
X6	.24856	.32483	.65758	.61192	.57256	.61893	.55666
X7	.21824	.29044	.62606	.58927	.54753	.63805	.54445
X8	.31225	.26393	.70337	.54337	.51629	.62186	.55975
X9	.27618	.37686	.81404	.62846	.45701	.60352	.53362

	X15	X16	X17	X18	X19	X2	X20
X15	1.00000						
X16	.84048	1.00000					
X17	.60672	.83009	1.00000				
X18	.34102	.57779	.81627	1.00000			
X19	.11434	.32809	.57393	.81727	1.00000		
X2	.07409	.10951	.10337	.11577	.12723	1.00000	
X20	-.10088	.03537	.29807	.56249	.81100	.13807	1.00000
X21	-.18921	-.15383	.02370	.30192	.56173	.13652	.81696
X22	-.21657	-.24496	-.16741	.02860	.29894	.13646	.57167
X23	-.17485	-.28062	-.26474	-.16578	.03037	.14246	.31437
X24	-.13080	-.24226	-.31222	-.27475	-.16665	.14500	.04192
X25	-.05163	-.16968	-.25608	-.30458	-.26273	.14337	-.13316
X26	.01188	-.07721	-.18672	-.26015	-.30193	.12929	-.24476
X27	.00305	.00276	-.08833	-.19161	-.25999	.12263	-.28980
X28	-.03124	-.00725	-.00224	-.09096	-.19204	.11996	-.25060
X29	-.07909	-.05297	-.01476	-.00450	-.09250	.11648	-.18733
X3	.14646	.14746	.14712	.12481	.12531	.81890	.13128
X30	-.10815	-.11026	-.06179	-.01218	-.00269	.11517	-.07404
X31	-.15851	-.13943	-.11682	-.05220	-.00672	.10532	.02864
X32	-.16616	-.19293	-.14307	-.10378	-.04383	.10127	.02675
X33	-.14941	-.19766	-.19495	-.12683	-.09173	.11484	-.00576
X34	-.12163	-.17829	-.20242	-.18263	-.11675	.11392	-.05856
X35	-.08156	-.14321	-.18222	-.19126	-.17204	.09911	-.08525
X36	-.05837	-.09459	-.14515	-.16995	-.17963	.07297	-.13716
X37	-.06792	-.06452	-.09379	-.13329	-.15956	.04409	-.14665
X38	-.07590	-.07221	-.06065	-.08217	-.12473	.02417	-.13133
X39	-.13381	-.08660	-.07074	-.04841	-.07368	-.01052	-.09292
X4	.25573	.23715	.18688	.16734	.13270	.64991	.12326
X40	-.17082	-.15043	-.08235	-.05657	-.03976	-.05339	-.04317
X5	.47640	.37243	.28243	.20729	.17475	.48762	.12883
X6	.46458	.35131	.27310	.19952	.16672	.44078	.11521
X7	.45332	.31839	.24043	.18343	.15623	.37512	.10349
X8	.42390	.28189	.19158	.13976	.13615	.34545	.08836
X9	.42642	.21411	.13450	.07499	.08471	.32680	.06270

	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27
X21	1.00000						
X22	.81588	1.00000					
X23	.57906	.82537	1.00000				
X24	.32517	.59144	.82884	1.00000			
X25	.07096	.36797	.61527	.82930	1.00000		
X26	-.11238	.10619	.39005	.62445	.83170	1.00000	
X27	-.22807	-.08014	.12951	.40071	.62941	.83425	1.00000
X28	-.27540	-.19692	-.05544	.14218	.41112	.63426	.83609
X29	-.24117	-.25107	-.17650	-.04493	.15519	.41580	.63638
X3	.13281	.11951	.12081	.13413	.12381	.13265	.12201
X30	-.16323	-.18899	-.20156	-.14570	.00580	.17957	.42763
X31	-.03616	-.08127	-.10961	-.14603	-.05259	.05411	.20627
X32	.06227	.03846	-.00749	-.05767	-.05057	.00052	.08826
X33	.06266	.13373	.10775	.04155	.03598	.00591	.03998
X34	.02564	.12199	.18546	.14295	.11172	.07817	.03837
X35	-.02751	.08264	.17054	.21502	.20088	.14743	.10542
X36	-.05151	.03561	.13587	.20202	.27080	.23405	.17307
X37	-.10367	.00912	.08820	.16716	.25518	.29919	.25514
X38	-.11774	-.04885	.05570	.11719	.21468	.28078	.31618
X39	-.09764	-.05254	.00902	.09061	.17674	.24581	.30026
X4	.11975	.10368	.09274	.10477	.09930	.10471	.11875
X40	-.06163	-.03592	.00347	.04477	.14971	.20856	.26622
X5	.11004	.08771	.07423	.07494	.06737	.07828	.08932
X6	.10366	.06974	.04840	.04221	.02853	.03855	.05744
X7	.08888	.06254	.02892	.01400	-.00606	-.00291	.01517
X8	.07594	.04656	.02038	-.00818	-.03677	-.04086	-.02994
X9	.06037	.03490	.00464	-.01785	-.05944	-.07454	-.07181

	X28	X29	X3	X30	X31	X32	X33
X28	1.00000						
X29	.83678	1.00000					
X3	.11681	.11675	1.00000				
X30	.64098	.83372	.10478	1.00000			
X31	.43624	.63089	.09230	.83614	1.00000		
X32	.22642	.43560	.08163	.64563	.85114	1.00000	
X33	.11608	.23626	.07565	.46341	.67989	.86578	1.00000
X34	.06569	.13032	.09374	.27199	.50641	.70573	.87601
X35	.06229	.08087	.09455	.16864	.32574	.54300	.72720
X36	.12784	.07824	.07913	.12346	.23340	.37917	.58048
X37	.19194	.14086	.05497	.11845	.18747	.29029	.42716
X38	.26978	.20215	.02901	.17328	.17353	.23884	.33670
X39	.33006	.27817	.00750	.23705	.23433	.23582	.29927
X4	.11062	.10965	.81822	.09571	.06714	.05371	.04065
X40	.31463	.33678	-.02623	.30867	.29112	.28957	.29396
X5	.10584	.10238	.64957	.08618	.05439	.02568	.00996
X6	.07273	.09393	.55060	.07268	.03596	.00585	-.02456
X7	.03894	.05894	.50832	.06350	.02124	-.01392	-.04587
X8	-.00673	.02253	.44696	.02611	.01075	-.03029	-.06766
X9	-.05614	-.02744	.42657	-.01204	-.02636	-.03954	-.08345

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X4
X34	1.00000						
X35	.88408	1.00000					
X36	.74627	.89149	1.00000				
X37	.60785	.76164	.89827	1.00000			
X38	.45871	.62780	.77366	.90294	1.00000		
X39	.38071	.49190	.65172	.78732	.90732	1.00000	
X4	.04236	.06233	.06144	.04854	.02905	-.00017	1.00000
X40	.34390	.41718	.52323	.67191	.79757	.91276	-.02050
X5	.00515	.00939	.02691	.02812	.01994	-.00344	.81977
X6	-.03008	-.03059	-.02840	-.00685	.00216	-.01486	.72594
X7	-.06659	-.06789	-.07050	-.06461	-.03453	-.03397	.63046
X8	-.09034	-.10753	-.11092	-.10999	-.09610	-.07328	.59635
X9	-.11302	-.13285	-.15306	-.15314	-.14469	-.13823	.54409

	X40	X5	X6	X7	X8	X9
X40	1.00000					
X5	-.03105	1.00000				
X6	-.03390	.90502	1.00000			
X7	-.04638	.81695	.89373	1.00000		
X8	-.06719	.72835	.79370	.87847	1.00000	
X9	-.10800	.70881	.69044	.76120	.85641	1.00000

Determinant of Correlation Matrix = .0000000

Inverse of Correlation Matrix:

	X0	X1	X10	X11	X12
X0	5.63165				
X1	-5.69141	11.18039			
X10	1.20271	1.11757	12.72621		
X11	-.64745	1.50738	-6.87413	11.18409	
X12	1.15113	-1.95890	-.30083	-4.41251	12.66772
X13	-.75132	2.00101	6.19171	-4.24093	-11.02435
X14	.51023	-1.32370	-7.44474	7.32840	.32686
X15	-.51138	1.14168	4.99737	-6.29711	4.48106
X16	.63952	-1.38210	-4.47553	5.19887	-1.31290
X17	.02663	.78969	4.96173	-4.53153	2.76344
X18	-.71925	.21910	-3.28329	4.10945	-4.02720
X19	.81075	-1.08945	1.23735	-2.73746	3.88980
X2	.13332	-5.60866	-6.39925	.59318	.57374
X20	.01170	.52084	.56058	1.29006	-1.94017

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X0	X1	X10	X11	X12
X21	.11943	.00905	-1.23417	.75369	1.55128
X22	-.30775	.19465	1.00577	-1.67813	.02676
X23	-.27345	-.14393	-.91947	.85373	-1.89042
X24	.56753	-.57611	.78932	.15347	2.61103
X25	.06025	.24328	-.28237	.41643	-.45077
X26	.06815	-.10405	-.22611	-.22546	.87375
X27	-.63427	.64280	1.34085	-1.19519	-2.14899
X28	-.04105	-.53216	-2.47857	2.42227	.87571
X29	.79014	-.48978	2.61365	-2.33423	1.88695
X3	1.03163	-.81884	6.14763	-5.81548	.76017
X30	.12309	.26313	-1.49770	2.58695	-1.26546
X31	-.42623	.46357	.87465	-2.03380	1.43444
X32	-.42695	-.21557	-.87834	.92925	-1.87564
X33	.43740	-.66864	.23003	-.54469	1.37765
X34	-.52373	-.14642	.47864	.64127	.46846
X35	-.35905	.89624	.30119	-.53662	-1.14520
X36	-.51347	-.10209	-1.77789	1.23029	1.29060
X37	.27423	-.56743	2.57209	-2.18094	-.24458
X38	.68930	-.33957	-1.84413	3.15540	-.31124
X39	.58526	-.08986	1.30601	-2.41538	1.97941
X4	-.74586	1.92197	-1.52695	5.75998	-5.57284
X40	-.72113	.60179	-.61251	.72411	-1.62647
X5	-.65478	.08396	-1.21873	-2.41722	3.34762
X6	.02353	-.58207	-1.03315	-.61842	-1.44993
X7	2.81513	-2.75396	2.84045	-.67996	.77462
X8	-5.63810	8.31216	-.69140	2.55356	-2.50927
X9	2.87514	-7.95501	-7.74070	.52279	5.05166
	X13	X14	X15	X16	X17
X13	28.97306				
X14	-19.56420	29.85983			
X15	3.62024	-17.23700	22.36018		
X16	-4.66254	7.25382	-13.01746	17.65108	
X17	3.03016	-6.26554	6.15469	-11.05463	15.53066
X18	1.38598	3.17205	-4.74054	4.29979	-9.36221
X19	-3.16783	.99700	2.26493	-3.25180	3.46201
X2	.43980	.52258	-.84665	.02166	-.88210
X20	1.91430	-1.87434	.74516	2.31062	-3.14259
X21	-2.45185	2.10165	-1.83048	1.03226	1.90973
X22	2.75134	-3.09631	2.40034	-2.56575	1.66199
X23	.11172	2.55543	-2.77894	1.99989	-2.65993
X24	-5.03502	1.93937	1.56427	-.58250	1.28917
X25	2.91299	-4.88505	1.56153	1.39148	-1.06249
X26	-1.24946	3.02921	-3.95766	1.02090	1.88076
X27	4.89824	-3.47197	3.38825	-5.14116	1.77608
X28	-6.63103	7.10134	-3.84999	4.92498	-5.82580

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X13	X14	X15	X16	X17
X29	2.47501	-6.82726	5.83407	-3.00655	4.23460
X3	.59716	.44305	.27667	-.46300	-.07990
X30	-.87399	3.71903	-5.94248	5.23052	-2.73776
X31	.92519	-2.17821	3.89934	-6.24751	5.72216
X32	.51131	1.41833	-2.04835	3.56943	-6.31790
X33	-2.39572	.81127	1.00643	-1.20432	3.23657
X34	-.86820	-.97801	.30741	1.88145	-1.62405
X35	4.50902	-3.15775	-.03073	-1.79156	2.82127
X36	-5.83933	6.81924	-3.25513	1.60123	-2.25565
X37	4.57971	-7.17064	5.93724	-3.23567	1.17634
X38	-3.56408	6.15184	-6.72421	6.18575	-3.33245
X39	1.37927	-4.29872	5.50705	-6.09002	5.79417
X4	1.02321	.43762	.35484	.26671	-.54177
X40	.41299	1.59925	-2.13372	2.45055	-3.12040
X5	-.44793	-2.00491	1.38342	-2.18587	1.52340
X6	1.74096	.43998	-1.91466	1.77585	-2.23958
X7	-3.42290	2.77268	-.35786	-.08636	.95073
X8	3.33532	-4.50335	3.09991	-1.85239	.40581
X9	-7.97747	6.13425	-4.88200	5.32292	-2.97081

	X18	X19	X2	X20	X21
X18	12.93058				
X19	-7.70516	11.68746			
X2	1.07923	-.07571	11.30693		
X20	2.67381	-7.03886	-1.10706	11.43023	
X21	-2.67535	2.36870	.33514	-6.81842	11.50299
X22	1.05238	-2.05392	.41846	1.91507	-6.93413
X23	1.55675	1.12259	.27840	-2.20821	2.05411
X24	-1.84581	1.01328	-.83223	1.84742	-2.36084
X25	.90913	-1.60227	-.34624	.73047	2.15458
X26	-1.62465	1.42615	.27131	-1.75478	.80541
X27	1.47831	-1.41486	.53004	.86884	-1.83696
X28	2.23664	1.10587	-.09107	-.78165	.94276
X29	-4.64537	1.40665	-.62642	1.45848	-1.03756
X3	-.70430	.98455	-5.63452	.04597	-1.15526
X30	2.98824	-3.66879	-.48426	1.11940	1.83232
X31	-3.18956	3.40957	.69366	-4.24529	1.18107
X32	5.46301	-3.05278	.49884	3.43234	-4.32455
X33	-5.84543	5.25560	-.48713	-2.85125	3.51444
X34	3.16341	-5.90206	-.94970	5.61094	-2.86325
X35	-1.96454	3.45903	.45560	-6.58137	5.72168
X36	2.37475	-1.59937	.46664	3.74229	-6.59370
X37	-1.37290	1.65447	.10148	-1.57558	3.67894
X38	1.25048	-1.38507	-1.08520	2.11635	-1.60174
X39	-3.72383	1.60043	.08285	-1.83672	2.33762
X4	.39990	-1.12675	-.94603	1.16010	-.06546

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X18	X19	X2	X20	X21
X40	2.57649	-1.12632	.51691	.45406	-1.46940
X5	-.51534	.30224	2.53036	-1.54620	.90763
X6	1.64223	-.66946	-.19026	.53975	-1.48427
X7	-1.96862	1.60736	-.81232	-.29044	.56964
X8	1.40524	-2.50693	-2.40146	1.24639	-.44818
X9	.64572	1.20062	6.71903	-1.50667	1.30008

	X22	X23	X24	X25	X26
X22	11.90314				
X23	-7.36409	12.21807			
X24	2.17695	-7.11499	12.05336		
X25	-2.71098	1.52606	-6.08901	11.01096	
X26	1.91237	-2.39971	1.13669	-5.37853	10.38659
X27	1.08321	1.75015	-2.77158	.55650	-5.32442
X28	-2.13427	1.32204	2.21926	-2.40269	.51414
X29	1.60458	-2.31043	.97926	2.17620	-1.79208
X3	.43354	.40013	.25729	-.78778	-.23764
X30	-1.91189	1.68198	-1.58786	1.00955	1.67415
X31	2.00989	-2.12625	1.55741	-1.96483	.97098
X32	.99966	1.93863	-1.58903	1.04971	-1.89999
X33	-4.46000	1.25705	1.72008	-1.23115	1.14669
X34	3.48205	-4.77959	1.83049	1.82664	-1.27730
X35	-2.77689	3.66295	-5.66926	1.87842	1.76568
X36	5.39321	-2.75267	4.54797	-5.73392	1.47090
X37	-6.26726	5.14600	-2.77171	3.56739	-4.72693
X38	3.59292	-6.07772	5.10163	-1.62831	2.99047
X39	-1.72699	3.06035	-5.35654	3.68223	-.76661
X4	-.95603	.56347	.07949	.47986	-.75079
X40	.88904	-.57356	2.09188	-2.81088	.39516
X5	.48439	-.77396	-.79773	.57082	.15353
X6	.85308	.59976	-.72762	-.46183	.47591
X7	-1.57764	.67226	1.12399	-.71075	-.17927
X8	.97700	-1.20378	-.31427	1.08478	-.85244
X9	-.84093	.83945	-.00501	-.10942	1.25698

	X27	X28	X29	X3	X30
X27	11.33443				
X28	-6.28540	12.53379			
X29	.76912	-6.78915	11.90466		
X3	.21374	.45663	-.13822	11.43323	
X30	-2.49650	1.57580	-6.13161	-.40676	11.61006
X31	2.26155	-3.15378	1.99351	-.51282	-7.11947
X32	.61294	2.86137	-3.26611	.72080	1.99766
X33	-1.99317	.59403	2.69469	.49752	-2.99807

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X27	X28	X29	X3	X30
X34	.60220	-1.46430	.60692	-.39836	3.07024
X35	-.36897	-.43203	-1.13159	-.99535	-.07914
X36	.91710	.82380	-.22791	.48392	-1.22437
X37	1.81644	.38251	.03512	.36457	.40750
X38	-5.26607	2.38646	.51707	.21177	.31469
X39	2.85724	-5.46067	2.48085	-.96053	.37772
X4	-.04857	.10891	.11639	-5.85440	.11386
X40	-.07799	2.71048	-2.66080	.51290	-.44742
X5	.67871	-1.56210	.37252	-1.08034	-.52833
X6	-.08613	.94377	-1.65760	2.36494	.66114
X7	-.28260	.36009	.89317	.27334	-.99926
X8	.93306	-.74707	-.24758	-1.76504	.38773
X9	-2.31732	2.23115	-.94516	-1.73819	.88423

	X31	X32	X33	X34	X35
X31	13.00538				
X32	-8.08186	14.17055			
X33	2.27869	-8.70829	15.58443		
X34	-3.63168	2.54439	-9.40630	17.12830	
X35	3.86204	-4.21715	2.70751	-10.66339	19.23768
X36	-.77627	4.46665	-4.35022	3.39521	-12.51709
X37	-.86073	-1.18715	4.70915	-4.91714	4.34281
X38	.07483	-.41623	-1.39918	5.46958	-5.94109
X39	.32116	-.62006	-.02600	-1.67674	6.10707
X4	-.26738	-.34766	.53290	.46986	-.30323
X40	.01798	.57657	-.18437	-.31875	-2.04627
X5	.94872	-.36375	-.73040	-.16336	1.80174
X6	-.66361	1.15888	-.44264	-.51232	-.48577
X7	.25049	-.70072	1.31952	.09444	-1.08388
X8	-.28838	.55987	-1.17100	.48742	.90907
X9	-.51230	-.04040	.76459	-.08481	-1.01162

	X36	X37	X38	X39	X4
X36	21.37581				
X37	-13.20650	21.26885			
X38	4.98184	-13.34755	21.98999		
X39	-6.44383	4.34543	-13.11575	22.01826	
X4	-.84734	.33470	.17666	.32643	11.51737
X40	4.08280	-1.83105	2.04367	-11.19316	-.37801
X5	-1.65375	.16258	-.97150	1.03345	-5.87684
X6	2.15040	-1.73579	.22677	-.79980	-1.09838
X7	-.07053	1.63176	-.92538	.29623	1.77979
X8	-1.08484	.07344	.45664	-1.23004	1.01815
X9	2.19158	-1.94632	1.35795	.33372	-2.10130

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X40	X5	X6	X7	X8
X40	9.84857				
X5	-.08149	13.15302			
X6	.82550	-6.13403	11.89106		
X7	-.27808	-1.93422	-5.31264	12.01939	
X8	.71828	2.88781	-1.89219	-7.63044	16.17054
X9	-.87767	-1.13947	2.91509	.35193	-9.90012

	X9
X9	16.45729

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = .70126

Bartlett Test of Sphericity = 4186.6102, Significance = .00000

1-tailed Significance of Correlation Matrix:

'.' is printed for diagonal elements.

	X0	X1	X10	X11	X12
X0					
X1	.00000	.			
X10	.02730	.00055	.		
X11	.16729	.00709	.00000	.	
X12	.30837	.10274	.00000	.00000	.
X13	.48811	.32218	.00000	.00000	.00000
X14	.49349	.40687	.00000	.00000	.00000
X15	.45672	.34883	.00033	.00037	.00042
X16	.30293	.27249	.05431	.08686	.02968
X17	.20848	.20837	.38920	.42896	.41330
X18	.15380	.15257	.49185	.19074	.23385
X19	.14189	.13111	.47423	.27117	.08064
X2	.00000	.00000	.00000	.00003	.00195
X20	.11780	.11765	.46599	.28611	.12799
X21	.10463	.11052	.34754	.46344	.23312
X22	.10571	.10141	.34733	.38807	.43223
X23	.10254	.10192	.44501	.38926	.41493
X24	.12958	.09646	.42425	.48923	.42916
X25	.14655	.12665	.35274	.36776	.46233
X26	.15208	.14066	.22351	.29832	.33609
X27	.16028	.14636	.18694	.17456	.26749
X28	.15972	.15476	.19838	.14223	.14701

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X0	X1	X10	X11	X12
X29	.17539	.15423	.24377	.15041	.11392
X3	.00000	.00000	.00005	.00000	.00000
X30	.18068	.16858	.32974	.19099	.12437
X31	.14417	.17622	.37436	.27519	.17060
X32	.14870	.14323	.33747	.33177	.26091
X33	.18652	.14895	.29721	.30005	.32263
X34	.25866	.18358	.17713	.26640	.29290
X35	.35364	.25297	.11519	.15091	.26129
X36	.42258	.34378	.08053	.09212	.14431
X37	.45198	.41134	.05621	.06244	.08679
X38	.29957	.46282	.06017	.04320	.05867
X39	.22836	.31741	.06564	.04429	.03884
X4	.00012	.00000	.00000	.00000	.00000
X40	.21157	.24313	.08140	.05296	.04227
X5	.00512	.00016	.00000	.00000	.00000
X6	.01310	.00164	.00000	.00000	.00000
X7	.02590	.00448	.00000	.00000	.00000
X8	.00240	.00900	.00000	.00000	.00000
X9	.00657	.00028	.00000	.00000	.00001

	X13	X14	X15	X16	X17
X13	.				
X14	.00000	.			
X15	.00000	.00000	.		
X16	.00000	.00000	.00000	.	
X17	.01138	.00005	.00000	.00000	.
X18	.35297	.06929	.00098	.00000	.00000
X19	.25430	.45865	.15626	.00148	.00000
X2	.10905	.21865	.25683	.16677	.18076
X20	.08984	.10259	.18662	.37773	.00362
X21	.13050	.05585	.04639	.08653	.41735
X22	.23375	.10603	.02683	.01426	.06886
X23	.42813	.20134	.06042	.00585	.00882
X24	.41524	.37732	.12374	.01519	.00240
X25	.44074	.42745	.32460	.06620	.01093
X26	.45908	.45856	.45836	.24803	.04862
X27	.33498	.43502	.48928	.49029	.21794
X28	.26691	.30469	.39163	.47457	.49212
X29	.14758	.22910	.24279	.32037	.44830
X3	.00213	.05273	.09742	.09589	.09641
X30	.11498	.11994	.16981	.16511	.29305
X31	.12920	.10037	.08011	.10870	.15105
X32	.17342	.12084	.07037	.04321	.10274
X33	.25970	.17086	.09296	.03942	.04156
X34	.31665	.25870	.14124	.05679	.03587
X35	.28737	.32124	.23599	.10253	.05286

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X13	X14	X15	X16	X17
X36	.25725	.29046	.30352	.20198	.09946
X37	.14362	.26108	.27471	.28482	.20397
X38	.08600	.14369	.25171	.26222	.29653
X39	.06019	.08118	.11834	.22249	.26648
X4	.00000	.00032	.01102	.01708	.04847
X40	.03971	.05888	.06489	.09144	.23387
X5	.00000	.00000	.00000	.00033	.00557
X6	.00000	.00000	.00001	.00070	.00712
X7	.00000	.00000	.00001	.00200	.01585
X8	.00000	.00000	.00004	.00565	.04434
X9	.00000	.00000	.00004	.02825	.11712

	X18	X19	X2	X20	X21
X18					
X19	.00000				
X2	.15325	.13037			
X20	.00000	.00000	.11097		
X21	.00325	.00000	.11361	.00000	
X22	.40058	.00353	.11371	.00000	.00000
X23	.07084	.39457	.10373	.00226	.00000
X24	.00682	.06977	.09970	.35600	.00162
X25	.00301	.00927	.10227	.11949	.26582
X26	.00989	.00325	.12652	.01433	.16048
X27	.04432	.00993	.13926	.00456	.02094
X28	.21115	.04395	.14460	.01248	.00671
X29	.48419	.20724	.15175	.04806	.01558
X3	.13500	.13403	.00000	.12287	.12012
X30	.45730	.49057	.15451	.25699	.07399
X31	.32281	.47642	.17625	.40045	.37508
X32	.17980	.34972	.18571	.40690	.29159
X33	.13112	.20918	.15520	.47977	.29040
X34	.05246	.15120	.15717	.30293	.41070
X35	.04461	.06351	.19087	.22606	.40429
X36	.06589	.05542	.26004	.11251	.32500
X37	.11925	.07872	.34889	.09713	.18007
X38	.23436	.13515	.41573	.12278	.14914
X39	.33489	.25800	.46312	.20618	.19445
X4	.06895	.12031	.00000	.13802	.14502
X40	.30910	.36311	.31904	.35190	.29353
X5	.03252	.06053	.00000	.12737	.16559
X6	.03800	.06969	.00002	.15443	.18008
X7	.05169	.08320	.00030	.18047	.21652
X8	.10815	.11426	.00085	.21787	.25160
X9	.25427	.22752	.00154	.29029	.29739

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X22	X23	X24	X25	X26
X22	.				
X23	.00000	.			
X24	.00000	.00000	.		
X25	.00039	.00000	.00000	.	
X26	.17425	.00017	.00000	.00000	.
X27	.23989	.12612	.00012	.00000	.00000
X28	.03999	.31261	.10418	.00008	.00000
X29	.01234	.05866	.34613	.08464	.00006
X3	.14552	.14288	.11778	.13695	.12040
X30	.04658	.03650	.09860	.47965	.05548
X31	.23680	.16656	.09809	.32159	.31679
X32	.36742	.47373	.30569	.32797	.49817
X33	.11848	.17071	.35721	.37568	.47926
X34	.14053	.04978	.10295	.16191	.24534
X35	.23308	.06521	.02772	.03699	.09593
X36	.37693	.11473	.03616	.00756	.01833
X37	.46802	.21828	.06916	.01117	.00351
X38	.33349	.31181	.15027	.02792	.00582
X39	.32174	.46834	.21204	.05841	.01398
X4	.18004	.20662	.17751	.19041	.17766
X40	.37587	.48781	.34667	.09252	.03169
X5	.21958	.25642	.25441	.27632	.24503
X6	.26936	.33494	.35505	.40082	.36712
X7	.29078	.39949	.45096	.47873	.48980
X8	.34087	.42879	.47131	.37304	.35946
X9	.37930	.48370	.43757	.30022	.25555

	X27	X28	X29	X3	X30
X27	.				
X28	.00000	.			
X29	.00000	.00000	.		
X3	.14049	.15107	.15119	.	
X30	.00004	.00000	.00000	.17748	.
X31	.03320	.00003	.00000	.20773	.00000
X32	.21814	.02171	.00003	.23582	.00000
X33	.36236	.15260	.01743	.25240	.00001
X34	.36773	.28132	.12462	.20409	.00733
X35	.17601	.29154	.23788	.20207	.06741
X36	.06237	.12922	.24514	.24267	.13762
X37	.01118	.04403	.10633	.31407	.14768
X38	.00214	.00776	.03607	.39918	.06213
X39	.00340	.00139	.00624	.47368	.01712
X4	.14705	.16431	.16648	.00000	.19920
X40	.00849	.00224	.00113	.40869	.00267
X5	.21537	.17504	.18309	.00000	.22358
X6	.30639	.26073	.20363	.00000	.26088

----- FACTOR ANALYSIS -----

	X27	X28	X29	X3	X30
X7	.44688	.36583	.30176	.00000	.28789
X8	.39603	.47639	.42138	.00002	.40908
X9	.26337	.31042	.40453	.00004	.45780

	X31	X32	X33	X34	X35
X31	.				
X32	.00000	.			
X33	.00000	.00000	.		
X34	.00000	.00000	.00000	.	
X35	.00160	.00000	.00000	.00000	.
X36	.01860	.00026	.00000	.00000	.00000
X37	.04794	.00450	.00004	.00000	.00000
X38	.06185	.01644	.00113	.00001	.00000
X39	.01821	.01761	.00350	.00025	.00000
X4	.27701	.31805	.36018	.35456	.29141
X40	.00440	.00459	.00407	.00089	.00006
X5	.31590	.41055	.46508	.48192	.46705
X6	.37576	.47945	.41439	.39557	.39383
X7	.42584	.45123	.34309	.27864	.27481
X8	.46229	.39483	.27547	.21273	.17122
X9	.40822	.36385	.23090	.15910	.12005

	X36	X37	X38	X39	X4
X36	.				
X37	.00000	.			
X38	.00000	.00000	.		
X39	.00000	.00000	.00000	.	
X4	.29412	.33448	.39906	.49942	.
X40	.00000	.00000	.00000	.00000	.42837
X5	.40636	.40221	.43033	.48792	.00000
X6	.40125	.47596	.49242	.44795	.00000
X7	.26715	.28454	.38054	.38242	.00000
X8	.16367	.16570	.19823	.25914	.00000
X9	.08763	.08752	.10018	.11071	.00000

	X40	X5	X6	X7	X8
X40	.				
X5	.39226	.			
X6	.38265	.00000	.		
X7	.34144	.00000	.00000	.	
X8	.27688	.00000	.00000	.00000	.
X9	.17016	.00000	.00000	.00000	.00000

EK-7 Temel Bileşenler Analizi, Özdeğerler ve Açıklama Oranları

Initial Statistics:

Variable	Commun	* Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
X0	1.00000	* 1	9.38415	22.9	22.9
X1	1.00000	* 2	7.28863	17.8	40.7
X10	1.00000	* 3	4.42641	10.8	51.5
X11	1.00000	* 4	3.96023	9.7	61.1
X12	1.00000	* 5	3.30692	8.1	69.2
X13	1.00000	* 6	3.03094	7.4	76.6
X14	1.00000	* 7	2.01015	4.9	81.5
X15	1.00000	* 8	1.74807	4.3	85.7
X16	1.00000	* 9	.93913	2.3	88.0
X17	1.00000	* 10	.64075	1.6	89.6
X18	1.00000	* 11	.50735	1.2	90.8
X19	1.00000	* 12	.35018	.9	91.7
X2	1.00000	* 13	.32592	.8	92.5
X20	1.00000	* 14	.28929	.7	93.2
X21	1.00000	* 15	.25458	.6	93.8
X22	1.00000	* 16	.25155	.6	94.4
X23	1.00000	* 17	.23922	.6	95.0
X24	1.00000	* 18	.21644	.5	95.5
X25	1.00000	* 19	.18982	.5	96.0
X26	1.00000	* 20	.17515	.4	96.4
X27	1.00000	* 21	.15676	.4	96.8
X28	1.00000	* 22	.15420	.4	97.2
X29	1.00000	* 23	.14958	.4	97.5
X3	1.00000	* 24	.13673	.3	97.9
X30	1.00000	* 25	.12230	.3	98.2
X31	1.00000	* 26	.11108	.3	98.5
X32	1.00000	* 27	.09289	.2	98.7
X33	1.00000	* 28	.07371	.2	98.9
X34	1.00000	* 29	.06443	.2	99.0
X35	1.00000	* 30	.06368	.2	99.2
X36	1.00000	* 31	.05253	.1	99.3
X37	1.00000	* 32	.04936	.1	99.4
X38	1.00000	* 33	.03718	.1	99.5
X39	1.00000	* 34	.03693	.1	99.6
X4	1.00000	* 35	.03556	.1	99.7
X40	1.00000	* 36	.03167	.1	99.8
X5	1.00000	* 37	.03066	.1	99.8
X6	1.00000	* 38	.02451	.1	99.9
X7	1.00000	* 39	.01696	.0	99.9
X8	1.00000	* 40	.01467	.0	100.0
X9	1.00000	* 41	.00974	.0	100.0

PC extracted 8 factors.

EK-8 Faktör Matrisi

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
X0	.31921	.29881	.29503	.10858	.36700
X1	.40499	.36929	.30564	.10032	.33727
X10	.76732	.14978	.01709	-.10819	-.07311
X11	.73312	.13446	-.00053	-.18878	-.14683
X12	.69491	.11822	-.07491	-.24674	-.23175
X13	.76756	.09650	-.24187	-.20531	-.32616
X14	.71075	.05015	-.33589	-.12843	-.30873
X15	.63448	-.01908	-.39707	.00632	-.22554
X16	.52947	-.11049	-.39437	.22676	-.07192
X17	.42091	-.17720	-.25899	.47718	.08354
X18	.31682	-.20916	-.00923	.66250	.18526
X19	.24856	-.20657	.28439	.71082	.19372
X2	.49755	.42372	.28111	.07890	.27022
X20	.15678	-.14861	.58819	.61139	.13349
X21	.10250	-.05342	.79795	.37412	.02186
X22	.03628	.09250	.87503	.06984	-.08177
X23	-.02058	.23378	.81631	-.23523	-.12132
X24	-.06129	.34438	.64288	-.48693	-.07096
X25	-.10627	.45595	.38952	-.58855	.05233
X26	-.12713	.51723	.12063	-.58559	.23351
X27	-.13578	.54405	-.12065	-.46509	.42660
X28	-.13783	.54573	-.28961	-.25710	.57809
X29	-.13533	.52695	-.36535	-.01934	.64266
X3	.60199	.44257	.21400	.05004	.17699
X30	-.14967	.52718	-.33248	.20570	.57417
X31	-.18224	.55303	-.21747	.35967	.37614
X32	-.21488	.58846	-.09228	.41323	.12042
X33	-.24853	.62944	.00499	.38499	-.13344
X34	-.27484	.66431	.04488	.31019	-.33608
X35	-.29552	.68729	.03239	.22501	-.45932
X36	-.31408	.69715	-.01391	.16146	-.49132
X37	-.32710	.68837	-.07514	.13050	-.44883
X38	-.33116	.65698	-.13210	.12889	-.36053
X39	-.33911	.61700	-.15645	.15175	-.25535
X4	.71377	.42701	.11754	.03092	.07938
X40	-.34105	.57063	-.15109	.17534	-.16792
X5	.82415	.38812	.01051	.03610	-.01257
X6	.82004	.33494	-.01881	.02930	-.02801
X7	.81093	.27697	-.03466	.01848	-.03963
X8	.80166	.22135	-.02861	-.00140	-.03787
X9	.79015	.16908	-.01130	-.04284	-.04349

	Factor 6	Factor 7	Factor 8
X0	-.08082	-.44372	.29625
X1	-.11137	-.50581	.26816
X10	-.27027	-.00814	-.18464
X11	-.31226	-.00726	-.09849
X12	-.24499	.06315	.01293
X13	.00500	.27708	.12287
X14	.19137	.28107	.23796
X15	.36602	.19695	.32612
X16	.52243	.04371	.36100
X17	.57506	-.01135	.23828
X18	.50752	.00954	.06742
X19	.36585	.09141	-.08957
X2	-.11772	-.48160	.18841
X20	.19882	.17538	-.15850
X21	.09043	.25293	-.14193
X22	.07304	.29475	-.04515
X23	.13531	.26781	.06530
X24	.24135	.18908	.13120
X25	.35167	.14099	.15204
X26	.41092	.09117	.11382
X27	.38746	.07910	.03033
X28	.26608	.11710	-.05865
X29	.05892	.18357	-.11387
X3	-.09071	-.36167	.07079
X30	-.17359	.27730	-.08228
X31	-.34861	.34041	.03128
X32	-.42583	.33052	.16646
X33	-.38747	.25600	.27579
X34	-.26482	.12748	.30836
X35	-.08796	-.01626	.25264
X36	.09932	-.13596	.11962
X37	.24808	-.21277	-.06440
X38	.32738	-.23279	-.25761
X39	.32578	-.18462	-.40238
X4	-.03294	-.17536	-.04511
X40	.25729	-.09987	-.46843
X5	.04623	.04071	-.13775
X6	.03142	.08715	-.21120
X7	-.00514	.12216	-.26442
X8	-.07006	.10428	-.26901
X9	-.16151	.05205	-.24396

EK-8 Temel Bileşenler Analizi, Sonuç İstatistikleri

Final Statistics:

Variable	Communality *	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
X0	.71589 *	1	9.38415	22.9	22.9
X1	.85779 *	2	7.28863	17.8	40.7
X10	.73576 *	3	4.42641	10.8	51.5
X11	.72000 *	4	3.96023	9.7	61.1
X12	.68125 *	5	3.30692	8.1	69.2
X13	.89739 *	6	3.03094	7.4	76.6
X14	.90456 *	7	2.01015	4.9	81.5
X15	.89061 *	8	1.74807	4.3	85.7
X16	.90984 *				
X17	.89793 *				
X18	.87965 *				
X19	.87835 *				
X2	.86665 *				
X20	.87965 *				
X21	.88281 *				
X22	.88137 *				
X23	.88579 *				
X24	.88900 *				
X25	.88670 *				
X26	.88581 *				
X27	.88458 *				
X28	.88893 *				
X29	.89300 *				
X3	.78193 *				
X30	.89665 *				
X31	.89558 *				
X32	.90452 *				
X33	.91575 *				
X34	.90949 *				
X35	.89418 *				
X36	.89498 *				
X37	.91594 *				
X38	.93306 *				
X39	.91052 *				
X4	.74676 *				
X40	.81931 *				
X5	.85420 *				
X6	.83984 *				
X7	.82230 *				
X8	.78206 *				
X9	.74509 *				

EK-9 Temel Bileşenler Analizi, Faktör Katsayıları Matrisi

----- FACTOR ANALYSIS -----

Factor Score Coefficient Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
X0	.03402	.04100	.06665	.02742	.11098
X1	.04316	.05067	.06905	.02533	.10199
X10	.08177	.02055	.00386	-.02732	-.02211
X11	.07812	.01845	-.00012	-.04767	-.04440
X12	.07405	.01622	-.01692	-.06230	-.07008
X13	.08179	.01324	-.05464	-.05184	-.09863
X14	.07574	.00688	-.07588	-.03243	-.09336
X15	.06761	-.00262	-.08970	.00160	-.06820
X16	.05642	-.01516	-.08910	.05726	-.02175
X17	.04485	-.02431	-.05851	.12049	.02526
X18	.03376	-.02870	-.00208	.16729	.05602
X19	.02649	-.02834	.06425	.17949	.05858
X2	.05302	.05813	.06351	.01992	.08171
X20	.01671	-.02039	.13288	.15438	.04037
X21	.01092	-.00733	.18027	.09447	.00661
X22	.00387	.01269	.19768	.01764	-.02473
X23	-.00219	.03207	.18442	-.05940	-.03669
X24	-.00653	.04725	.14524	-.12295	-.02146
X25	-.01132	.06256	.08800	-.14862	.01582
X26	-.01355	.07096	.02725	-.14787	.07061
X27	-.01447	.07464	-.02726	-.11744	.12900
X28	-.01469	.07487	-.06543	-.06492	.17481
X29	-.01442	.07230	-.08254	-.00488	.19434
X3	.06415	.06072	.04835	.01264	.05352
X30	-.01595	.07233	-.07511	.05194	.17363
X31	-.01942	.07588	-.04913	.09082	.11374
X32	-.02290	.08074	-.02085	.10435	.03641
X33	-.02648	.08636	.00113	.09721	-.04035
X34	-.02929	.09114	.01014	.07833	-.10163
X35	-.03149	.09430	.00732	.05682	-.13890
X36	-.03347	.09565	-.00314	.04077	-.14857
X37	-.03486	.09444	-.01697	.03295	-.13573
X38	-.03529	.09014	-.02984	.03255	-.10902
X39	-.03614	.08465	-.03535	.03832	-.07722
X4	.07606	.05859	.02655	.00781	.02401
X40	-.03634	.07829	-.03413	.04428	-.05078
X5	.08782	.05325	.00237	.00912	-.00380
X6	.08739	.04595	-.00425	.00740	-.00847
X7	.08641	.03800	-.00783	.00467	-.01198
X8	.08543	.03037	-.00646	-.00035	-.01145
X9	.08420	.02320	-.00255	-.01082	-.01315

----- FACTOR ANALYSIS -----

	Factor 6	Factor 7	Factor 8
X0	-.02667	-.22074	.16947
X1	-.03674	-.25163	.15340
X10	-.08917	-.00405	-.10563
X11	-.10303	-.00361	-.05634
X12	-.08083	.03141	.00740
X13	.00165	.13784	.07029
X14	.06314	.13983	.13613
X15	.12076	.09798	.18656
X16	.17237	.02175	.20651
X17	.18973	-.00564	.13631
X18	.16745	.00474	.03857
X19	.12071	.04547	-.05124
X2	-.03884	-.23958	.10778
X20	.06560	.08725	-.09067
X21	.02984	.12583	-.08119
X22	.02410	.14663	-.02583
X23	.04464	.13323	.03735
X24	.07963	.09406	.07505
X25	.11603	.07014	.08698
X26	.13558	.04535	.06511
X27	.12783	.03935	.01735
X28	.08779	.05825	-.03355
X29	.01944	.09132	-.06514
X3	-.02993	-.17992	.04050
X30	-.05727	.13795	-.04707
X31	-.11502	.16935	.01789
X32	-.14049	.16443	.09522
X33	-.12784	.12735	.15777
X34	-.08737	.06342	.17640
X35	-.02902	-.00809	.14452
X36	.03277	-.06764	.06843
X37	.08185	-.10585	-.03684
X38	.10801	-.11581	-.14737
X39	.10749	-.09184	-.23019
X4	-.01087	-.08724	-.02581
X40	.08489	-.04968	-.26797
X5	.01525	.02025	-.07880
X6	.01037	.04336	-.12082
X7	-.00170	.06077	-.15126
X8	-.02311	.05188	-.15389
X9	-.05329	.02589	-.13956

EK-10 Temel Bileşenler Analizi, Tahmin Edilen Regresyon Faktör Ağırlıkları Kovaryans

Matrisi

----- FACTOR ANALYSIS -----

Covariance Matrix for Estimated Regression Factor Scores:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Factor 1	1.00000				
Factor 2	.00000	1.00000			
Factor 3	.00000	.00000	1.00000		
Factor 4	.00000	.00000	.00000	1.00000	
Factor 5	.00000	.00000	.00000	.00000	1.00000
Factor 6	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
Factor 7	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
Factor 8	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Factor 6	1.00000		
Factor 7	.00000	1.00000	
Factor 8	.00000	.00000	1.00000

EK-11 Temel Bileşenler Analizi, Faktör Yükleri

FAC1_1	FAC2_1	FAC3_1	FAC4_1	FAC5_1	FAC6_1	FAC7_1	FAC8_1
3.29230	0.54164	-1.40325	0.27761	-1.42746	1.61156	3.33921	-0.35618
3.11635	0.81158	-1.04591	-0.15549	-1.36743	0.90892	2.87594	-0.78944
2.90998	1.05387	-0.51516	-0.36840	-1.05063	0.13065	1.67767	-1.03458
2.69157	1.22376	0.07551	-0.36073	-0.48108	-0.53641	0.08823	-0.89558
2.44518	1.31396	0.57426	-0.16685	0.19156	-0.85135	-1.29045	-0.49545
2.17085	1.33908	0.94551	0.09574	0.85219	-0.88046	-2.32510	0.13762
1.79508	1.19614	0.96186	0.24008	0.98967	-0.68014	-2.26682	0.23077
1.45389	1.04816	0.91534	0.33500	1.03313	-0.46970	-2.05296	0.35895
1.16639	0.89270	0.78767	0.38925	0.95641	-0.21685	-1.54209	0.44036
0.91243	0.74478	0.64179	0.38601	0.82830	-0.02624	-1.04026	0.43985
0.68192	0.61294	0.50857	0.33934	0.68020	0.07676	-0.66609	0.36865
0.49375	0.52426	0.45658	0.29175	0.64117	0.08828	-0.63450	0.42711
0.36151	0.41916	0.46302	0.23458	0.69498	0.04722	-0.71825	0.72319
0.29956	0.36495	0.58515	0.22753	0.95963	-0.00911	-1.02793	1.30368
0.18219	0.20942	0.53402	0.15045	0.92244	0.01719	-0.66076	1.34508
0.07583	0.04263	0.44248	0.06041	0.80358	0.06186	-0.13586	1.15572
-0.00682	-0.11472	0.34049	-0.02844	0.65299	0.11915	0.39243	0.83489
-0.03677	-0.22211	0.30812	-0.08524	0.61156	0.17188	0.65151	0.62177
-0.04560	-0.31125	0.29518	-0.13199	0.58818	0.24232	0.79325	0.42158
-0.03771	-0.38301	0.30273	-0.16327	0.57650	0.32761	0.81884	0.27050
-0.02787	-0.45453	0.31352	-0.19360	0.52520	0.42745	0.80176	0.13384
-0.00876	-0.51435	0.34573	-0.20720	0.46271	0.51840	0.69626	0.09767
0.01105	-0.57028	0.38017	-0.20383	0.36134	0.58597	0.58732	0.13608
0.02600	-0.61603	0.40516	-0.17395	0.23086	0.61525	0.50164	0.17543
0.04092	-0.66300	0.41297	-0.12445	0.09695	0.59553	0.43934	0.22446
0.05897	-0.70469	0.40097	-0.05754	-0.01890	0.53150	0.39405	0.26001
0.07513	-0.74554	0.37034	0.01903	-0.10024	0.42503	0.36686	0.25641
0.08654	-0.78050	0.31249	0.10612	-0.13650	0.31098	0.34150	0.20064
0.09407	-0.80605	0.21022	0.19264	-0.13594	0.22433	0.29233	0.14345
0.09746	-0.82231	0.07742	0.23722	-0.11459	0.15814	0.20307	0.10877
0.09646	-0.82681	-0.06769	0.22689	-0.08720	0.10146	0.08803	0.12253
0.09116	-0.81620	-0.21042	0.16238	-0.07430	0.05624	0.00235	0.17024
0.07942	-0.79290	-0.32266	0.04997	-0.08109	0.00021	-0.05243	0.21647
0.06032	-0.76516	-0.38353	-0.09031	-0.09995	-0.08754	-0.07512	0.23780
0.03363	-0.73203	-0.39118	-0.22673	-0.12246	-0.19877	-0.08046	0.17951
-0.00282	-0.69791	-0.35263	-0.32776	-0.13244	-0.31094	-0.09010	0.04902
-0.04429	-0.67357	-0.28846	-0.38351	-0.12132	-0.40107	-0.12141	-0.09722
-0.08335	-0.66063	-0.22606	-0.40093	-0.09546	-0.44923	-0.19143	-0.17887
-0.20045	-0.48267	-0.24088	-0.30014	-0.17400	-0.29050	-0.38600	-0.79312
-0.31277	-0.30724	-0.26274	-0.20368	-0.31104	-0.07256	-0.64374	-1.25702
-0.39545	-0.17230	-0.26417	-0.12836	-0.49045	0.11721	-0.86383	-1.33779

FAC1_1	FAC2_1	FAC3_1	FAC4_1	FAC5_1	FAC6_1	FAC7_1	FAC8_1
-0.46664	-0.05553	-0.23767	-0.05329	-0.69800	0.21246	-0.99007	-1.11492
-0.49619	-0.02897	-0.16323	-0.00188	-0.85694	0.09293	-0.92874	-0.44821
-0.48897	-0.08583	-0.06092	0.05207	-0.89501	-0.25760	-0.64021	0.47206
-0.46130	-0.18174	0.03258	0.14589	-0.73069	-0.75065	-0.16916	1.33261
-0.41189	-0.33377	0.07696	0.24518	-0.32473	-1.29429	0.44370	1.97590
-0.35461	-0.50676	0.02590	0.32025	0.30870	-1.74671	1.06977	2.16564
-0.29267	-0.69225	-0.12539	0.29519	1.11824	-1.96183	1.55883	1.88293
-0.23314	-0.86840	-0.35582	0.09466	1.96882	-1.81534	1.77258	1.19232
-0.22554	-0.93158	-0.61205	-0.27122	2.58201	-1.17475	1.57704	0.06329
-0.23513	-0.95391	-0.74191	-0.82430	2.78703	-0.22280	1.05866	-0.85773
-0.25805	-0.94672	-0.65806	-1.47142	2.49233	0.79459	0.35270	-1.34699
-0.28158	-0.94295	-0.30654	-2.06148	1.72826	1.60397	-0.30215	-1.29399
-0.30328	-0.93490	0.28961	-2.40072	0.65710	2.02206	-0.76609	-0.88162
-0.30696	-0.98094	1.03423	-2.39591	-0.49875	1.94960	-0.91586	-0.30965
-0.29851	-1.06794	1.74936	-1.91147	-1.50249	1.44910	-0.71178	0.12508
-0.27331	-1.19800	2.26089	-0.97872	-2.13189	0.68975	-0.29643	0.21488
-0.23502	-1.34579	2.39752	0.26737	-2.26281	-0.07049	0.07976	-0.12263
-0.18561	-1.48382	2.03164	1.57977	-1.90500	-0.58837	0.26280	-0.59214
-0.13915	-1.52979	1.14011	2.65220	-1.25104	-0.65872	0.13007	-1.07672
-0.09968	-1.47577	-0.08564	3.18898	-0.55094	-0.32529	-0.32378	-1.13001
-0.09354	-1.24717	-1.42751	3.07062	-0.12072	0.26200	-0.90539	-0.79973
-0.10357	-0.90310	-2.55648	2.29093	-0.08460	0.74363	-1.35558	-0.07172
-0.15606	-0.50206	-3.17213	1.08794	-0.36802	0.79214	-1.44967	0.65439
-0.28528	-0.02539	-3.27036	-0.14224	-0.87007	0.50807	-1.27335	0.90335
-0.41753	0.37084	-2.86351	-1.20391	-1.36318	-0.13428	-0.91845	0.98473
-0.57523	0.67687	-2.07749	-1.87647	-1.66212	-1.06490	-0.59182	0.74894
-0.72192	0.87288	-1.15587	-2.03361	-1.65701	-1.95882	-0.25197	0.22821
-0.84350	0.94969	-0.31623	-1.72272	-1.32614	-2.57771	0.10921	-0.43254
-0.97839	1.00047	0.25435	-1.07117	-0.76531	-2.72590	0.40610	-1.30597
-1.10905	1.07966	0.46371	-0.27592	-0.12832	-2.29589	0.58161	-2.20643
-1.21266	1.17684	0.37672	0.40810	0.44239	-1.42095	0.57940	-2.71870
-1.29070	1.32314	0.10526	0.82621	0.77839	-0.30895	0.40457	-2.72434
-1.32644	1.48799	-0.16818	0.91635	0.81378	0.74101	0.24179	-2.10333
-1.35475	1.68248	-0.28222	0.76976	0.61033	1.46428	0.12735	-1.20215
-1.39057	1.89472	-0.19549	0.55332	0.24671	1.83829	0.09520	-0.21808
-1.42055	2.08493	0.06545	0.40562	-0.15704	1.84880	0.24210	0.73768
-1.43802	2.21736	0.44201	0.39283	-0.43607	1.51481	0.49776	1.52247
-1.45317	2.33191	0.78390	0.61456	-0.52554	1.07944	0.95784	1.77927
-1.47905	2.37004	0.90998	0.97904	-0.49872	0.75708	1.75567	1.41702

EK-12 Spektral Güç Fonksiyonu Tahmini

tho,j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	0.000
35	0.004	-0.003	0.003	-0.001	0.000	0.001	-0.003	0.003	-0.004	0.003	-0.003	0.001	0.000	-0.001	0.003
34	0.010	-0.009	0.006	-0.002	-0.003	0.007	-0.010	0.010	-0.008	0.005	0.000	-0.005	0.008	-0.010	0.010
33	0.022	-0.019	0.010	0.002	-0.013	0.020	-0.022	0.017	-0.007	-0.005	0.015	-0.021	0.021	-0.014	0.003
32	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029
31	0.050	-0.038	0.008	0.026	-0.047	0.046	-0.023	-0.012	0.040	-0.050	0.035	-0.004	-0.029	0.048	-0.044
30	0.056	-0.040	0.000	0.040	-0.056	0.040	0.000	-0.040	0.056	-0.040	0.000	0.040	-0.056	0.040	0.000
29	0.075	-0.049	-0.012	0.064	-0.071	0.029	0.034	-0.073	0.061	-0.006	-0.053	0.075	-0.044	-0.017	0.067
28	0.104	-0.061	-0.032	0.098	-0.084	0.000	0.084	-0.098	0.032	0.061	-0.104	0.061	0.032	-0.098	0.084
27	0.131	-0.068	-0.059	0.130	-0.077	-0.050	0.129	-0.085	-0.040	0.127	-0.092	-0.031	0.124	-0.099	-0.020
26	0.168	-0.076	-0.099	0.166	-0.052	-0.119	0.159	-0.026	-0.136	0.149	0.000	-0.149	0.136	0.026	-0.159
25	0.208	-0.080	-0.147	0.192	0.000	-0.192	0.147	0.080	-0.208	0.080	0.147	-0.192	0.000	0.192	-0.147
24	0.261	-0.081	-0.211	0.211	0.081	-0.261	0.081	0.211	-0.211	-0.081	0.261	-0.081	-0.211	0.211	0.081
23	0.347	-0.081	-0.309	0.225	0.204	-0.321	-0.054	0.346	-0.107	-0.296	0.245	0.181	-0.330	-0.027	0.343
22	0.396	-0.062	-0.377	0.180	0.321	-0.280	-0.233	0.353	0.122	-0.391	0.000	0.391	-0.122	-0.353	0.233
21	0.455	-0.036	-0.449	0.106	0.433	-0.174	-0.405	0.238	0.368	-0.296	-0.322	0.346	0.268	-0.388	-0.207
20	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499	0.000	-0.499
19	0.524	0.041	-0.518	-0.122	0.498	0.201	-0.467	-0.274	0.424	0.340	-0.371	-0.399	0.308	0.447	-0.238
18	0.577	0.090	-0.549	-0.262	0.467	0.408	-0.339	-0.515	0.178	0.570	0.000	-0.570	-0.178	0.515	0.339
17	0.542	0.127	-0.483	-0.352	0.319	0.501	-0.085	-0.540	-0.168	0.462	0.383	-0.283	-0.516	0.043	0.535
16	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130
15	0.124	0.047	-0.087	-0.114	0.000	0.114	0.087	-0.047	-0.124	-0.047	0.087	0.114	0.000	-0.114	-0.087
14	0.024	0.011	-0.014	-0.024	-0.007	0.017	0.023	0.004	-0.019	-0.021	0.000	0.021	0.019	-0.004	-0.023
13	-0.052	-0.027	0.024	0.052	0.031	-0.020	-0.051	-0.034	0.016	0.051	0.037	-0.012	-0.050	-0.040	0.008
12	0.952	0.559	-0.294	-0.905	-0.770	0.000	0.770	0.905	0.294	-0.559	-0.952	-0.559	0.294	0.905	0.770
11	2.109	1.370	-0.330	-1.798	-2.006	-0.807	0.957	2.051	1.706	0.165	-1.491	-2.102	-1.240	0.492	1.879
10	4.949	3.500	0.000	-3.500	-4.949	-3.500	0.000	3.500	4.949	3.500	0.000	-3.500	-4.949	-3.500	0.000
9	7.768	5.907	1.215	-4.059	-7.388	-7.177	-3.527	1.813	6.284	7.744	5.493	0.609	-4.566	-7.553	-6.921
8	10.238	8.283	3.164	-3.164	-8.283	-10.238	-8.283	-3.164	3.164	8.283	10.238	8.283	3.164	-3.164	-8.283
7	8.111	6.916	3.683	-0.636	-4.768	-7.494	-8.012	-6.168	-2.507	1.894	5.736	7.887	7.714	5.268	1.269
6	10.266	9.147	6.034	1.606	-3.172	-7.259	-9.764	-10.140	-8.305	-4.661	0.000	4.661	8.305	10.140	9.764
5	12.896	11.914	9.119	4.935	0.000	-4.935	-9.119	-11.914	-12.896	-11.914	-9.119	-4.935	0.000	4.935	9.119
4	18.551	17.643	15.008	10.904	5.733	0.000	-5.733	-10.904	-15.008	-17.643	-18.551	-17.643	-15.008	-10.904	-5.733
3	23.711	23.056	21.127	18.030	13.937	9.074	3.709	-1.860	-7.327	-12.389	-16.766	-20.217	-22.551	-23.638	-23.419
2	31.750	31.359	30.196	28.290	25.686	22.451	18.662	14.414	9.811	4.967	0.000	-4.967	-9.811	-14.414	-18.662
1	40.084	39.960	39.591	38.977	38.122	37.033	35.715	34.177	32.429	30.480	28.344	26.032	23.561	20.944	18.198
Swj	64.680	58.278	46.869	36.583	25.402	16.191	12.223	11.889	11.940	10.927	8.859	5.803	2.796	1.136	0.984

tho	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.000	0.000	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	-0.001	0.001
35	-0.003	0.004	-0.003	0.003	-0.001	0.000	0.001	-0.003	0.003	-0.004	0.003	-0.003	0.001	0.000	-0.001
34	-0.007	0.003	0.002	-0.006	0.009	-0.010	0.009	-0.006	0.002	0.003	-0.007	0.010	-0.010	0.008	-0.005
33	0.008	-0.018	0.022	-0.019	0.011	0.000	-0.011	0.019	-0.022	0.018	-0.008	-0.003	0.014	-0.021	0.021
32	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029
31	0.019	0.015	-0.042	0.049	-0.032	0.000	0.032	-0.049	0.042	-0.015	-0.019	0.044	-0.048	0.029	0.004
30	-0.040	0.056	-0.040	0.000	0.040	-0.056	0.040	0.000	-0.040	0.056	-0.040	0.000	0.040	-0.056	0.040
29	-0.069	0.023	0.039	-0.074	0.057	0.000	-0.057	0.074	-0.039	-0.023	0.069	-0.067	0.017	0.044	-0.075
28	0.000	-0.084	0.098	-0.032	-0.061	0.104	-0.061	-0.032	0.098	-0.084	0.000	0.084	-0.098	0.032	0.061
27	0.121	-0.106	-0.010	0.116	-0.111	0.000	0.111	-0.116	0.010	0.106	-0.121	0.020	0.099	-0.124	0.031
26	0.119	0.052	-0.166	0.099	0.076	-0.168	0.076	0.099	-0.166	0.052	0.119	-0.159	0.026	0.136	-0.149
25	-0.080	0.208	-0.080	-0.147	0.192	0.000	-0.192	0.147	0.080	-0.208	0.080	0.147	-0.192	0.000	0.192
24	-0.261	0.081	0.211	-0.211	-0.081	0.261	-0.081	-0.211	0.211	0.081	-0.261	0.081	0.211	-0.211	-0.081
23	-0.133	-0.281	0.264	0.158	-0.337	0.000	0.337	-0.158	-0.264	0.281	0.133	-0.343	0.027	0.330	-0.181
22	0.280	-0.321	-0.180	0.377	0.062	-0.396	0.062	0.377	-0.180	-0.321	0.280	0.233	-0.353	-0.122	0.391
21	0.420	0.141	-0.443	-0.071	0.454	0.000	-0.454	0.071	0.443	-0.141	-0.420	0.207	0.388	-0.268	-0.346
20	0.000	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499	0.000
19	-0.484	0.162	0.510	-0.082	-0.522	0.000	0.522	0.082	-0.510	-0.162	0.484	0.238	-0.447	-0.308	0.399
18	-0.408	-0.467	0.262	0.549	-0.090	-0.577	-0.090	0.549	0.262	-0.467	-0.408	0.339	0.515	-0.178	-0.570
17	0.207	-0.439	-0.412	0.246	0.527	0.000	-0.527	-0.246	0.412	0.439	-0.207	-0.535	-0.043	0.516	0.283
16	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130
15	0.047	0.124	0.047	-0.087	-0.114	0.000	0.114	0.087	-0.047	-0.124	-0.047	0.087	0.114	0.000	-0.114
14	-0.017	0.007	0.024	0.014	-0.011	-0.024	-0.011	0.014	0.024	0.007	-0.017	-0.023	-0.004	0.019	0.021
13	0.048	0.042	-0.004	-0.046	-0.044	0.000	0.044	0.046	0.004	-0.042	-0.048	-0.008	0.040	0.050	0.012
12	0.000	-0.770	-0.905	-0.294	0.559	0.952	0.559	-0.294	-0.905	-0.770	0.000	0.770	0.905	0.294	-0.559
11	1.948	0.652	-1.102	-2.083	-1.604	0.000	1.604	2.083	1.102	-0.652	-1.948	-1.879	-0.492	1.240	2.102
10	3.500	4.949	3.500	0.000	-3.500	-4.949	-3.500	0.000	3.500	4.949	3.500	0.000	-3.500	-4.949	-3.500
9	-2.973	2.400	6.623	7.672	5.045	0.000	-5.045	-7.672	-6.623	-2.400	2.973	6.921	7.553	4.566	-6.609
8	-10.238	-8.283	-3.164	3.164	8.283	10.238	8.283	3.164	-3.164	-8.283	-10.238	-8.283	-3.164	3.164	8.283
7	-3.104	-6.562	-8.086	-7.227	-4.238	0.000	4.238	7.227	8.086	6.562	3.104	-1.269	-5.268	-7.714	-7.887
6	7.259	3.172	-1.606	-6.034	-9.147	-10.266	-9.147	-6.034	-1.606	3.172	7.259	9.764	10.140	8.305	4.661
5	11.914	12.896	11.914	9.119	4.935	0.000	-4.935	-9.119	-11.914	-12.896	-11.914	-9.119	-4.935	0.000	4.935
4	0.000	5.733	10.904	15.008	17.643	18.551	17.643	15.008	10.904	5.733	0.000	-5.733	-10.904	-15.008	-17.643
3	-21.906	-19.183	-15.399	-10.765	-5.535	0.000	5.535	10.765	15.399	19.183	21.906	23.419	23.638	22.551	20.217
2	-22.451	-25.686	-28.290	-30.196	-31.359	-31.750	-31.359	-30.196	-28.290	-25.686	-22.451	-18.662	-14.414	-9.811	-4.967
1	15.339	12.387	9.357	6.271	3.145	0.000	-3.145	-6.271	-9.357	-12.387	-15.339	-18.198	-20.944	-23.561	-26.032
Swj-	1.412	1.835	2.455	2.995	2.899	2.275	1.589	1.056	0.583	0.274	0.390	0.769	1.029	1.089	1.089

tho	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	-0.001	0.001	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.001	-0.001	0.001
35	0.003	-0.003	0.004	-0.003	0.003	-0.001	0.000	0.001	-0.003	0.003	-0.004
34	0.000	0.005	-0.008	0.010	-0.010	0.007	-0.003	-0.002	0.006	-0.009	0.010
33	-0.015	0.005	0.007	-0.017	0.022	-0.020	0.013	-0.002	-0.010	0.019	-0.022
32	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029	0.036	-0.029	0.011	0.011	-0.029	0.036
31	-0.035	0.050	-0.040	0.012	0.023	-0.046	0.047	-0.026	-0.008	0.038	-0.050
30	0.000	-0.040	0.056	-0.040	0.000	0.040	-0.056	0.040	0.000	-0.040	0.056
29	0.053	0.006	-0.061	0.073	-0.034	-0.029	0.071	-0.064	0.012	0.049	-0.075
28	-0.104	0.061	0.032	-0.098	0.084	0.000	-0.084	0.098	-0.032	-0.061	0.104
27	0.092	-0.127	0.040	0.085	-0.129	0.050	0.077	-0.130	0.059	0.068	-0.131
26	0.000	0.149	-0.136	-0.026	0.159	-0.119	-0.052	0.166	-0.099	-0.076	0.168
25	-0.147	-0.080	0.208	-0.080	-0.147	0.192	0.000	-0.192	0.147	0.080	-0.208
24	0.261	-0.081	-0.211	0.211	0.081	-0.261	0.081	0.211	-0.211	-0.081	0.261
23	-0.245	0.296	0.107	-0.346	0.054	0.321	-0.204	-0.225	0.309	0.081	-0.347
22	0.000	-0.391	0.122	0.353	-0.233	-0.280	0.321	0.180	-0.377	-0.062	0.396
21	0.322	0.296	-0.368	-0.238	0.405	0.174	-0.433	-0.106	0.449	0.036	-0.455
20	-0.499	0.000	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499	0.000	-0.499	0.000	0.499
19	0.371	-0.340	-0.424	0.274	0.467	-0.201	-0.498	0.122	0.518	-0.041	-0.524
18	0.000	0.570	0.178	-0.515	-0.339	0.408	0.467	-0.262	-0.549	0.090	0.577
17	-0.383	-0.462	0.168	0.540	0.085	-0.501	-0.319	0.352	0.483	-0.127	-0.542
16	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130	0.419	0.130	-0.339	-0.339	0.130	0.419
15	-0.087	0.047	0.124	0.047	-0.087	-0.114	0.000	0.114	0.087	-0.047	-0.124
14	0.000	-0.021	-0.019	0.004	0.023	0.017	-0.007	-0.024	-0.014	0.011	0.024
13	-0.037	-0.051	-0.016	0.034	0.051	0.020	-0.031	-0.052	-0.024	0.027	0.052
12	-0.952	-0.559	0.294	0.905	0.770	0.000	-0.770	-0.905	-0.294	0.559	0.952
11	1.491	-0.165	-1.706	-2.051	-0.957	0.807	2.006	1.798	0.330	-1.370	-2.109
10	0.000	3.500	4.949	3.500	0.000	-3.500	-4.949	-3.500	0.000	3.500	4.949
9	-5.493	-7.744	-6.284	-1.813	3.527	7.177	7.388	4.059	-1.215	-5.907	-7.768
8	10.238	8.283	3.164	-3.164	-8.283	-10.238	-8.283	-3.164	3.164	8.283	10.238
7	-5.736	-1.894	2.507	6.168	8.012	7.494	4.768	0.636	-3.683	-6.916	-8.111
6	0.000	-4.661	-8.305	-10.140	-9.764	-7.259	-3.172	1.606	6.034	9.147	10.266
5	9.119	11.914	12.896	11.914	9.119	4.935	0.000	-4.935	-9.119	-11.914	-12.896
4	-18.551	-17.643	-15.008	-10.904	-5.733	0.000	5.733	10.904	15.008	17.643	18.551
3	16.766	12.389	7.327	1.860	-3.709	-9.074	-13.937	-18.030	-21.127	-23.056	-23.711
2	0.000	4.967	9.811	14.414	18.662	22.451	25.686	28.290	30.196	31.359	31.750
1	-28.344	-30.480	-32.429	-34.177	-35.715	-37.033	-38.122	-38.977	-39.591	-39.960	-40.084
Swl=	1.042	0.804	0.453	0.282	0.244	0.143	0.190	0.676	1.398	1.895	2.038

KAYNAKÇA

- ANDREWS, W. K. Donald. "A Note On The Unbiasedness Of Feasible GLS, Quasi-Maximum Likelihood, Robust, Adaptive, And Spectral Estimators Of The Linear Model". *Econometrica*. Vol:54. No:3. May, 1986.
- BAĞIRKAN, Şemsettin. "İstatistiksel Analiz". 3. Baskı. Bilim Teknik Yayınevi. İstanbul. 1993.
- BASILEVSKY, A.; HUM, D. "Spectral Analysis of Demographic Time Series: A Comparison of Two Spectral Models and Manitoba Basic Annual Income Experiment". *Recent Developments in Statistics*. edited by J. R. Barra et al. North-Holland Publishing Co. Holland. 1977.
- BEVERIDGE, W. H. "Weather and Harvest Cycles". *Economic Journal*. Vol:31.
- BROCKWELL, J. Peter. DAVIS, A. Richard. "Time Series: Theory and Methods". Springer Verlag. New York. U.S.A. 1987.
- BRODY, A. "Truncation and Spectrum of the Dynamic Inverse". *Economic Systems Research*. Vol:7. No:3. 1995.
- BROWN, R. Grover. HWANG, Y. C. Patrick. "Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering". Second Edition. John Wiley & Sons Inc. U.S.A. 1985.
- ÇİLİNGİRTÜRK, A. Mete. "Sermaye Piyasasında Risk Unsurunun İstatistiksel Analizi". M.Ü.S.B.E. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. 1993.
- DİRİMTEKİN, Halil. "Türkiye Ekonomisi". Bilim Teknim Yayınevi. Eskişehir. 1989.
- DOLAN, Edwin G., LINDSEY, David E. "Economics". Sixth Edition. The Dreyden Press. U.S.A. 1991.
- DURLAUF, N. Steven. "Spectral Based Testing of the Martingale Hypothesis". *Journal of Econometrics*. Vol:50. 1991
- ENDERS, Walter. "Applied Econometric Time Series". John Wiley & Sons Inc. USA. 1995.
- ERALP, Y. Fethi. "Mühendisler için Fourier Yöntemi ile Dalga Analizi- Teori ve Çözümlü Problemler". Nur Ofset Matbaası. İstanbul. 1985.
- EROL, Ümit, RICHARDSON, James A., GULLEDGE, Thomas R. "Spectral Analysis of Nominal Interest Rates". *Journal of Economic Dynamics and Control*. Vol:11. 1987.
- ERTEK, Tümay. "Ekonometriye Giriş". Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş. Genişletilmiş 2. Baskı. İstanbul. 1996.
- ERTUNA, İ. Özer. "Yöneticiler için Finans (Bilgisayar Uygulama Örnekleriyle)". AR-DAN Yönetim Serisi:1. B/F/S yayınlar. İstanbul. 1987.
- FROEB, Luke. KOYAK, Robert. "Measuring and Comparing Smoothness in Time Series- The Production Smoothing Hypothesis" *Journal of Econometrics*. Vol:64. 1994.
- GRANGER, C. W. J. "Spectral Analysis of Economic Time Series". i.a. with M. Hatanaka. Princeton University Press. New Jersey. 1964.
- GRANGER, C. W. J., NEWBOLD, Paul, "Forecasting Economic Time Series". Academic Press. New York. 1977.
- GREENE, William H. "Econometric Analysis". Third Edition. Prentice Hall. USA. 1997.

- GULDE, Anne-Marie. WOLF, C. Holger. "The Causes of Real Exchange Rate Variability- A Heretic View from the Interwar Period". IMF Staff Papers. International Monetary Fund. Vol:39. No:3. September 1992.
- GÜRIŞ, Selahattin. BÜLBÜL, Şahamet. "Olasılık". M.Ü. Nihad Sayar Eğitim Vakfı Yayınları. No:497/431. İstanbul. 1995.
- HAYNES, E. Stephen. STONE, A. Joe. "Secular and Cyclical Responses of U. S. Trade to Income: An Evaluation of Traditional Models". The Review of Economics and Statistics. May 12. 1982.
- İNAL, Ceyhan. GÜNAY, Süleyman. "Olasılık ve Matematiksel İstatistik". H.Ü. Fen Fakültesi Yayınları. Ders Kitapları Dizisi:16. Genişletilmiş 3. Baskı. H.Ü. Fen Fakültesi Basımevi. Beytepe. 1993.
- INTRILIGATOR, Michael; BODKIN, Ronald; CHENG Hsiao. "Econometric Models, Techniques, and Applications". Second edition. Prentice Hall International Editions. New Jersey. USA. 1996.
- ITO, Takatoshi. QUAH, Danny. "Hypothesis Testing with Restricted Spectral Density Matrices, with an Application to Uncovered Interest Parity". International Economic Review. Vol:30. No:1. February 1989.
- JANACEK, Gareth. SWIFT, Louise. "Time Series- Forecasting, Simulation, Applications". Ellis Harwood Ltd. England. 1993.
- MARDİA, K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. "Multivariate Analysis". Academic Press. Sventh Edition. U.S.A. 1989.
- NELSON, Barry L. "Stochastic Modeling Analysis and Simulation". Mc Graw-Hill International Editions. Singapore. 1995.
- NEWTON, H. Joseph. "TIMESLAB: A Time Series Anaysis Laboratory". Wadsworth & Brooks. California. U.S.A. 1987.
- O'CONNEL, Richard T.; BOWERMAN, Bruce. "Applied Statistics-Improving Business Processes". Irwin. USA. 1997.
- PARZEN, E. "Mathematical Considerations in the Estimation of Spectra". Technometrics. Vol. 3. 1961.
- PEKİN, Tevfik. "Ekonomiye Giriş". Bornova. 1987.
- PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. "Econometric Models and Economic Forecasts". Third Edition. McGraw-Hill International Editions. Singapore. 1991.
- REIF, F. "İstatistik Fizik". Berkeley Fizik Serisi Cilt:5. Çev.: Durlu, T.Nuri; Elerman, Yalçın. Bilim Yayınları:43. Zirve Ofset. Ankara. 1997.
- SERPER, Özer. "Uygulamalı İstatistik 2". Filiz Kitabevi. Genişletilmiş 3.Baskı. İstanbul. 1996.
- SERPER, Özer. AYTAÇ, Mustafa. "Örnekleme". Filiz Kitabevi. İstanbul. 1988.
- STEPHEN, A. DeLurgio. "Forecasting Principles and Applications". First Edition. Irwin McGraw-Hill. USA. 1998.
- STOCK, James H. "Measuring Business Cycle Time". Journal of Political Economy. Vol:95. No:6. 1987.
- STOICA, Petre, MOSES, Randolph. "Introduction to Spectral Analysis". Prentice Hall. New Jersey. 1997.

- TATLIDİL, Hüseyin. "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz". Cem Web Ofset Ltd. Şti. Ankara. 1996.
- TAYLOR, Bryan. "btaylor@pacificnet.net". Global Data Co. U.S.A. 1998.
- TINTNER, Gerhard. "Time Series: General". Science Dictionary. Vol:2.
- TOKTAMIŞ, Öviz. "İleri Analiz". Emel Matbaacılık. Ankara. 1995.
- TUKEY, J. W. "The estimation of (power) spectra and related quantities". On Numerical Approximation. ed. by R. E. LANGER. U.S.A. 1959.
- TURANLI, Münevver. "Pazarlama Yönetiminde Karar Alma". 2. Baskı. Beta Basım A.Ş. İstanbul. 1988.
- TURANLI, Münevver. "Zaman Serilerinin Analizinde Doğrusal Stokastik Modeller". M.Ü. İstatistik ve Ekonometri Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi. Sayı:1. Nisan 1994.
- TURANLI, Münevver, GÜRİŞ, Selahattin, AYAYDIN, Aydın. "İstatistik Temel Kavramlar ve Uygulamalar". Der Yayınları. genişletilmiş 2. Baskı. İstanbul. 1995.
- TURANLI, Münevver., AKIN, Besim., ÇİLİNGİRTÜRK, A. Mete. "İstatistik-Olasılık". Hava Harp Okulu Yayınları. 1996.
- UNAY, Cafer. "Makro Ekonomi". Akademi Kitabevi Yayınları. 4.Baskı. Bursa. 1984.
- VURAN, Ateş. "İstatistik III". İ.İ.T.İ.A. İşletme Fak. İstatistik ve Kantitatif Araştırmalar Enstitüsü Yayını no:82/2. Meter Matbaası. İstanbul, 1981.
- YULE, G. U. "On a method of invastigating periodicities in disturbed series". Trans. Royal Society. (A). 1927.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON BİRİMİNE