

ZAMAN SERİLERİNDE DOĞRUSAL-DIŞILIĞIN TEST EDİLMESİ VE BAZI UYGULAMALAR

Yrd.Doç.Dr. Murat KARAGÖZ

İnönü Üniversitesi, İ.İ.B.F., Ekonometri Bölümü,
44069, MALATYA

ÖZET: Bu çalışmada iktisadi zaman serilerinde doğrusal dışı dinamiklerin varlığına ilişkin deliller sunulmakta ve buradan hareketle, iktisadi zaman serilerinin modellenmesi aşamasından önce serilerin doğrusal-dışılık testlerine tabi tutulmasının önemine değinilmektedir. Bu amaç için geliştirilmiş belli başlı testler gözden geçirilmiş ve uygulama kısmında örnek olarak seçilen bazı iktisadi zaman serilerinin doğrusal-dışılığı test edilmiştir.

1. GİRİŞ⁸

Box ve Jenkins 'in 1970 te yayınlanan kitaplarından bu yana Otoregresif Hareketli Ortalama (*Autoregressive Moving Average*, kısaca ARMA) modelleri, diğer alanlarla birlikte iktisadi zaman serilerinin modellenmesinde de yaygın olarak kullanılmaya başlandı. ARMA modelleri doğrusal olup ele alınan serinin doğrusal karakterli olduğunu varsaymaktadır. Oysa, aşağıda rapor edilecek pek çok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda, iktisadi zaman serilerinin genel olarak doğrusal bir süreç tarafından üretildiğinin otomatikman varsayılmayacağı ve iktisatta doğrusal-dışı (*Nonlinear*) karakterli pek çok zaman serilerine de rastlandığını göstermişlerdir. Buna paralel olarak, literatürde iktisadi zaman serilerinin doğrusal dışı modellenmesinde gittikçe aratan bir ilgi gözlenmektedir.

Doğal olarak, ele alınan bir zaman serisine doğrusal ya da doğrusal olmayan bir model uyarlamadan önce, serinin doğrusal ya da doğrusal olmayan bir süreç tarafından üretilip üretilmediğine karar verilmelidir. Bu açıdan, zaman serilerine doğrusal-dışılık testlerinin (*Nonlinearity Tests*) uygulanması önemli olmaktadır.

Chan ve Tong (1986), zaman serilerinde doğrusal-dışılık testlerinin gelişt-tirilmesi için aşağıdaki nedenleri ileri sürmektedir:

⁸İlk nüsha üzerinde çok değerli önerilerde bulunarak makalenin son şeklini almasında yardımcı olan anonim hakeme teşekkürlerimi arz ederim.

(i) Bu testler gerçek zaman serilerinde doğrusal-dışılığın meydana gelme oranı hakkında bir fikir verir.

(ii) Doğrusal modellere karşı doğrusal-dışı tahmin edicilerin kullanımı önerilebilir.

(iii) Verilerde ne tür bir doğrusal-dışılık olduğunu belirlenebilir.

2. İKTİSADİ ZAMAN SERİLERİNDE DOĞRUSAL-DIŞILIK

Bazı iktisadi zaman serileri doğrusal karakterli olurken diğer bir kısım seriler doğrusal olmayan bir süreç arz etmektedir. Brock ve Sayers (1988) ile Scheinkman ve LeBaron (1989) da sunulan sonuçlardan görülmektedir ki, *Milli Gelir Serilerinde* doğrusal-dışı dinamiklerin mevcudiyeti için çok az delil vardır. Fakat Brock ve Sayers (1988), Scheinkman ve LeBaron (1989) ve Ashley ve Patterson (1989) da rapor edilen muhtelif test sonuçlarından da anlaşıldığı gibi, *Endüstriyel Üretim ve İstihdam Serileri* için önemli doğrusal-dışılıklar vardır.

Finansal Zaman Serilerinde doğrusal-dışı dinamiklerin çokça bulunduğuna ilişkin pek çok delil vardır. Ashley ve Petterson (1986,1989) ve De Gooijer (1989), *Hisse Senedi Getirilerinin* önemli ölçüde doğrusal-dışılık içerdiğine ilişkin deliller sunmaktadırlar. Fakat kullandıkları testler ve topladıkları veriler farklılık göstermektedir. Brockett, Hinich ve Patterson (1988) ile Hsieh (1989), *Günlük Kambiyo Kurlarında* benzer doğrusal-dışı bağımlılıklar bulmuşlardır.

3. ZAMAN SERİLERİNDE DOĞRUSAL-DIŞILIK TESTLERİ

Doğrusal-dışılığın teşhis edilmesi için pek çok test önerilmiştir. Subba Rao ve Gabr (1980) bir frekans değişim aralığı (*Frequency domain*) testi önerirken, McLeod ve Li (1983) uyarlanmış bir ARMA modelinin kalıntı karelerinin otokorelasyon ve diğer ilgili portmanto istatistiklerinin doğrusal-dışı bağımlılığı test etmede kullanılabileceğini göstermektedirler. Bu tür testler özellikle alternatif hipotez ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) tipinde olduğunda uygun olmaktadır.

Büyük ilgi uyandıran bir başka test BDS istatistiği olup, korelasyon integrali ve korelasyon boyutu kavramlarına dayanmaktadır⁹.

⁹Örnek için, Brock (1986), Brock ve Sayers (1988), Brock ve Dechert (1988) ve Scheinkman (1990) gibi kaynaklara bakılabilir.

3.1. SUBBA RAO VE GABR TESTİ

Subba Rao ve Gabr (1980) ile Hinich (1982) geliştirdikleri testleri frekans değişim aralığına dayandırırken, diğerleri zaman değişim aralığına (*Time domain*) dayandırıyorlar. Subba Rao ve Gabr, aşağıdaki hususları amaçlayan iki test kurmuşlardır.

(a) Sözkonusu sürecin Gaussyen olup olmadığının belirlenmesi (serinin durağan (*stationary*) olduğu veri iken Gaussyen olduğu ortaya çıkarsa netice olarak doğrusal bir model kullanılacaktır),

(b) Eğer süreç Gaussyen değilse, verilerin doğrusal bir modele uyup uymayacağının belirlenmesi.

Test, durağan zaman serisi verilerinde spektrum ve ikili-spektrum analizlerine dayanmaktadır. Subba Rao-Gabr testinin başlıca yetersizlikleri şöylece sayılabilir.

(i) Uygulama için seri uzunluklarının büyük olması gerekir ki, spektral analizde çoğunlukla ortaya çıkan bir eksikliklerdir.

(ii) Çok sayıda parametre için içine girdiğinde testin uygulanması büyük maharet gerektirmektedir.

(iii) Test aşırı uç değerlere karşı duyarlı olabilir.

(iv) Test simetrik dağılıma sahip doğrusal-dışı zaman serisi modelleri sınıfı için iyi işlemebilir.

Hinich (1982), söz konusu testin daha iyileştirilmiş ve güçlendirilmiş (*robust*) yani aşırı uç değerlere karşı direnci artırılmış bir versiyonunu sunmaktadır.

3.2. KEENAN TESTİ

Zaman değişim aralığı yaklaşımında Keenan (1985) doğrusallık için bir test önermektedir. Keenan, Volterra açılımına sahip serilerin aşağıdaki ikinci sıradan ifade ile yeterli bir şekilde temsil edilebileceğini varsaymaktadır.

$$X_t = \mu + \sum_{i=-\infty}^{\infty} \theta_i a_{t-i} + \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \theta_{ij} a_{t-i} a_{t-j} \quad (1)$$

Bu yaklaşım ancak ve ancak sağdaki son terim sıfır olduğunda doğrusal olmaktadır, yani Keenan aşağıdaki hipotezi test etmektedir:

$$H_0: \quad X_t = \mu + \sum_{i=0}^M a_i a_{t-i} \quad (2)$$

ve karşı hipotez

$$H_1: X_t = \mu + \sum_{i=0}^M a_i a_{t-i} + \sum_{i=0}^{M'} \sum_{j=0}^{M''} a_{ij} a_{t-i} a_{t-j} \quad (3)$$

burada, $\{a_t\}$ bağımsız ve özdeş dağılımlı bir değişkenler serisi; M, M', M'' de yeterince büyük değerleri temsil etmektedir. Test mekanizması Tukey 'in bir serbestlik dereceli toplamsal-dışılık (*non-additivity*) testine benzemekte olup (X_1, X_2, \dots, X_n) gözlemlerini kullanarak aşağıdaki şekilde işlemektedir.

(a) (1) modeli verilere uyarlanarak $\{X_t\}$ uyarlanmış değerleri ve $\{a_t\}$ kalıntıları $t=M+1, \dots, n$ için hesaplanır, kalıntı kareleri toplamı $\langle aa \rangle = \sum a_t^2$ bulunur.

(b) X_t^2 değerleri $\{1, X_{t-1}, \dots, X_{t-m}\}$ üzerine regres edilebilir. $\{e_t\}$ kalıntılar olsun.

$$(c) \eta = \sum_{t=M+1}^n a_t e_t$$

(d) $H_0: F \sim F_{1, n-2M-2}$ hipotezi altında

$$F = \frac{\eta^2 (n - 2M - 2)}{\langle aa \rangle - \eta^2} \quad (4)$$

değeri hesaplanır.

Keenan testinin avantajları: test kolay ve seri olarak uygulanabilir ve subjektif seçime bağlı parametre sayısı azdır. Test genel olarak oldukça istikrarlı sonuçlar vermektedir. Bu testin başlıca yetersizliği, sadece Volterra açılımına sahip doğrusal-dışı seriler için geçerli olmasıdır. Ancak bütün doğrusal-dışı zaman serileri bu açılıma sahip değildir¹⁰.

3.3. McLEOD - Lİ TESTİ

McLeod ve Li (1983) doğrusal-dışılık için otokorelasyon karelerine dayalı bir portmanto test önerilmektedir.

¹⁰Diğer yetersizlikler için Davies ve Petrucelli (1985) 'ye bakılabilir.

$$Q_{aa} = n(n+2) \sum_{k=1}^m \rho_{aa}^2(k) / (n-k) \quad (5)$$

burada

$$\rho_{aa}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (a_t^2 - \sigma_a^2)(a_{t+k}^2 - \sigma_a^2)}{\sum_{t=1}^n (a_t^2 - \sigma_a^2)^2} \quad (6)$$

ki burada da $\sigma_a^2 = \sum_{t=1}^n a_t^2 / n$ dir.

Davies ve Petrucelli (1985), McLeod-Li ve Keenan tarafından geliştirilen doğrusal-dışılık testlerini mukayese etmektedir. Bunlar, McLeod-Li tarafından geliştirilen test istatistiğinin performansını büyük örneklem hacimleri dışında zayıf olduğunu bulurken, Keenan istatistiğinin hem ikili-doğrusal (*bilinear*) hem de Eşiksel modeller (*Threshold Models*) için daha isabetli sonuçlar verdiğini bulmuşlardır.

Petrucelli ve Davies (1986) eşiksel tipte doğrusal-dışılıklar için, uyarlanmış AR modelleri ile yapılan standartlaştırılmış bir adım ileri kestirimlerinin birikimli toplamına (CUSUM, *Cumulative Sum*) dayanan yeni bir portmanto test önermişlerdir. Bu yazarlar, testlerini gerçek ve simule edilmiş veri kümeleri üzerinde değerlendirerek, testlerin performansının McLeod-Li ve Keenan testlerine makul bir alternatif olduğunu göstermektedir.

3.4. CHAN VE TONG TESTİ

Chan ve Tong (1986), SETAR (*Self Exciting Threshold Autoregressive*) modelleri sınıfı çerçevesinde

$$H_0: \quad b_i^{(1)} = b_i^{(2)} \quad i=0,1,\dots,p$$

hipotezi için bir testin geliştirilmesini tartışmaktadırlar.

$$X_t = \begin{cases} b_0^{(1)} + \sum_{i=1}^p b_i^{(1)} X_{t-i} + e_t & \text{eğer } X_{t-d} \leq r \text{ ise} \\ b_0^{(2)} + \sum_{i=1}^p b_i^{(2)} X_{t-i} + e_t & \text{eğer } X_{t-d} > r \text{ ise} \end{cases} \quad (7)$$

Chan ve Tong (1986) geleneksel Olabilirlik Oranı yaklaşımı ile λ test istatistiğinin

$$\lambda = \left\{ \sigma_{NL}^2 / \sigma_L^2 \right\}^{N/2} \quad (8)$$

ile verildiğini bulmuşlardır. Burada N örneklem hacmi, σ_{NL}^2 ise (7) ile verilen bilinen ortalama kalıntı kareleri toplamı, σ_L^2 ise H_0 ile verilen ortalama kalıntı kareleri toplamıdır. Chan ve Tong (1986), Hinich, Keenan, CUSUM ve kendi testlerinin mukayeseli bir çalışmasını yapmışlardır.

Burada potansiyel olarak faydalı görülen fakat henüz doğrusal-dışılığı test etmede kullanılmamış iki fikirden söz edilebilir. Tong (1983) eşiksel modeller üzerine yazdığı kitabında doğrusal-dışılığı ve normal-dışılığı araştırmak için j-gecikmeli regresyon fonksiyonunu kullanmaktadır. Yani, $E[X_t / X_{t-j} = \alpha]$. j'nin özel bir değerinde söz gelimi j=1, süreç doğrusal ise $E[X_t / X_{t-j} = \alpha]$ ifadesinin X_{t-1} 'in doğrusal bir fonksiyonu olması beklenir. Fakat süreç doğrusal-dışı ise (söz gelimi ikili-doğrusal veya eşiksel olduğunda) böyle olmayacaktır. Süreç doğrusal ise bu fonksiyon bütün j'ler için doğrusaldır. Kumar (1986), bu testin uygulanabilirliğini araştırmak üzere yaptığı simülasyon çalışmalarında olumlu sonuçlar elde etti. Doğrusal AR, MA, veya karma ARMA modellerinde fonksiyon için hemen hemen doğruya yakın kalıplar elde edilirken, ikili-doğrusal ve eşiksel MA modellerinde çok farklı doğrusal-dışı fonksiyon şekilleri elde edilmiştir. Fonksiyon davranışını teorik olarak farklı modeller için inceleyerek doğrusal-dışı fonksiyonları ayırt edecek bazı testler kurmak ilginç olabilir.

Gaussyen hata terimi ile doğrusal zaman serileri durumunda bütün

$$\mu_{k,h} = E[(X_t - \mu)(X_{t-k} - \mu)(X_{t-h} - \mu)] \quad (9)$$

üçüncü sıra momentleri k ve h 'nin bütün değerleri için sıfır olurken, bir çok doğrusal-dışı zaman serilerinde veya normal-dışı hata terimine haiz doğrusal modellerde sıfır olmayacaktır. İkili-spektrum analizlerine dayanan testlerle eşdeğer olmak üzere, zaman değişim aralığında üçüncü sıra momentlere dayanan bazı testler geliştirilebilir.

4. UYGULAMALAR

Bu çalışmada McLeod-Li test istatistiği kullanılarak zaman serisi verilerinin doğrusallıktan sapmaları test edilmiştir. Söz konusu testin uygulaması dört grup seri kullanılarak gösterilmiştir. Bu çalışmada yapılan analizler STATGRAFICS, Version 4.0 adlı istatistiksel paket programıyla yapılmıştır.

Söz konusu bu dört veri seti şunlardır : Birincisi, DİE tarafından oluşturulan toplam ithalat değerlerinin (\$) serisi olup bu seriye ait değerler Ek-Tablo-1 'de verilmiştir. İkinci ve üçüncü veri seti ise, toptan eşya ve tüketici fiyatları endeksi aylık artış oranları serisi olup sırasıyla Ek-Tablo-2 ve 3 de verilmiştir. Son serimiz ise Ek-Tablo-4 de verilen Ankara iline ait iklim verisi olan aylık ortalama ısı dereceleri serisidir. Bütün seriler için aşağıdaki hipotezler test edilmektedir.

H_0 : Seri doğrusaldır.

H_1 : Seri doğrusal değildir.

Test istatistiğinin bulunması için önce her bir seriye uygun bir ARMA modeli uyarlanacaktır. Daha sonra bu modellerden elde edilen kalıntılara McLeod-Li test istatistiği uygulanarak ilgili serilerin doğrusal olup olmadığına karar verilecektir.

Serilere uyarlanan modeller sırasıyla şöyledir:

Tablo 1 Aylık İthalat Serisi Model Tahmini

Parametre	Tahmin	Standart Hata
MA(1)	-0.625	0.063
Ortalama	791.95	30.554
Sabit	791.90	

Tablo 2 Toptan eşya fiyatları endeksi artış oranı serisi Model Tahmini

Parametre	Tahmin	Standart Hata
AR(1)	0.473	0.155
Ortalama	3.895	0.435
Sabit	2.052	

Tablo 3 Tüketici fiyatları endeksi artış oranları serisi:

Parametre	Tahmin	Standart Hata
MA(1)	-0.499	0.163
Ortalama	4.043	0.457
Sabit	4.040	

Tablo 4 Ankara aylık ortalama ısı dereceleri serisi:

Parametre	Tahmin	Standart Hata
AR(1)	0.091	0.054
Ortalama	0.011	0.277
Sabit	0.010	

Her dört seri için uyarlanan modellerde parametrelerin anlamlılığı için $t_{hes} = \frac{\text{tahmin}}{\text{standart hata}}$ biçiminde hesaplanan student-t istatistiğinin 2 kritik değerini çok fazla aştığından ayrıca tablo değerlerine bakmaksızın her dört modelinde istatistiksel olarak anlamlı olduğuna karar verilebilir. O halde bu modellerin kalıntılarına dayanılarak McLeod-Li test istatistiği hesaplanabilir. Her bir seriye ilişkin test sonuçları aşağıdaki tablo ile verilmiştir.

Tablo 5 McLeod-Li test istatistiği Sonuçları

Seri Adı Test İstat.	Ser.Der.	Kritik Değer	Ho	
İthalat	665.61	166	77.929	Ret
TEFE	13.25	33	43.773	Kabul
TÜFE	21.25	33	43.773	Kabul
Ankara	96.92	346	77.929	Ret

Toptan eşya fiyatları endeksi ile Tüketici fiyatları endeksi aylık artış oranları serileri için doğrusallık hipotezi kabul edilmiştir. Bu bakımdan daha önce uyarlanan ve anlamlı bulunan doğrusal modeller güvenilir olmaktadır.

Öte yandan, Aylık ithalat serisi ve Ankara ili aylık ısı ortalamaları serisine ilişkin doğrusallık hipotezleri ret edilmiş, dolayısıyla doğrusal-dışılık hipotezi kabul edilmiştir. Buna göre, daha önce bu modeller için uyarlanmış olan doğrusal modeller yerine doğrusal dışı spesifikasyonlara baş vurulmalıdır¹¹.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Zaman serileri analizinin önemli bir vechesi, ele alınan fenomenin gerçekten doğrusal-dışılık içerip içermediği sorunudur. Araştırma sonuçları göstermektedir ki iktisadi zaman serilerinin pek çoğunda doğrusal-dışılık mevcuttur. Bunun için test prosedürlerinin geliştirilmesi önemli olmaktadır. Nitekim, iktisadi zaman serilerinde daha önce rapor edilen doğrusal-dışılıklara ilave olarak, burada incelemeye konu edilen dört seriden Türkiye'nin aylık ithalat değerleri serisi ile Ankara ilinin aylık ısı ortalamaları serisinde doğrusal-dışılık tesbit edilmiştir.

Doğrusal-dışılığın teşhis edilmesi için pek çok test önerilmiştir. Subba Rao ve Gabr (1980) bir frekans değişim aralığı (*Frequency domain*) testi önerirken, McLeod ve Li (1983) uyarlanmış bir ARMA modelinin kalıntı karelerinin otokorelasyon ve diğer ilgili portmanto istatistiklerinin doğrusal-dışı bağımlılığı test etmede kullanılabileceğini göstermektedirler. Bu tür testler özellikle alternatif hipotez ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedastisity*) tipinde olduğunda uygundur.

Keenan (1985) ve Tsay (1986) 'in önerdiği Volterra serisi açılımına dayanan regresyon tipi test, doğrusal-dışı hareketli ortalama ve ikili doğrusal alternatiflere karşı

¹¹ Doğrusal olmayan zaman serisi modelleri için Tong (1990) 'a bakılabilir.

daha güçlü olmakla beraber ARCH süreçlerine karşı muhtemelen daha az güçlüdür. Higgins ve Bera (1989), ARCH ve ikili doğrusallık için ortak bir test önermişlerdir; fakat bunların da ARCH alternatiflerine karşı daha az güçlü oldukları görünüyor.

Burada vurgulanması gereken husus, bütün bu testler doğrusal ve doğrusal-dışı stokastik dinamikleri ayırd etmek için tasarlanmışlardır. Bu testler doğrusal-dışı stokastik dinamikleri deterministik kaos dinamiklerinden ayırdetmeye muktedir değildir. Ancak doğrusallığın reddedilmesi, kaos modellerine yönelmeyi motive edebilir.

KAYNAKLAR

Ashley, R.A. ve Patterson, D.M. (1986), "A Nonparametric, Distribution-free Test for Serial Dependence in Stock Returns", *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 21,221-27.

Ashley, R.A. ve Patterson, D.M. (1989), "Linear versus Nonlinear Macroeconomics: A Statistical Test", *International Economic Review* 30, 685-704.

Brock, W.A. ve Sayers, C.L.(1988), "Is the Business Cycle Characterized by Deterministic Chaos?", *Journal of Monetary Economics* 22,71-90.

Box, G. ve Pierce, D.A. (1970), 'Distribution of Residual Otokorelation in ARIMA Time Series Models', *Journal of American Statistical Association* 65, 1519-26.

Brock, W.A. (1986), "Distinguishing Random and Deterministic Systems: Abridged Version", *Journal of Economics Theory* 40,168-95.

Brock, W.A. ve Dechert, W.D. (1988) "Theorems on Distinguishing Deterministic from Random Systems", *Dynamic Econometric Modelling* W.A. Barnett, E.R.Berndt and H.White (editörler) içinde, 247-68, Cambridge: Cambridge University Press.

Chan, W.S. ve Tong, H. (1986) On Tests for Non-linearity in Time Series Analysis, Technical

Report, University of Kent.

Davies, N. ve Petrucci, J.D. (1985) Experience with Detecting Nonlinearity in Time Series: Identification and Diagnostic Checking, Research Report MSUR/8/85, Dept. of Maths, Trent Polytechnic, U.K.

De Gooijer, J.G.(1989),"Testing Nonlinearities in World Stock Market Prices", *Economics Letters* 31, 31-35.

Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Ankara.

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri, Ankara.

Higgins, M.L. and Bera, A.K. (1989), "A Joint Test for ARCH and Bilinearity in the Regression

Model", *Econometric Reviews* 7, 171-81.

Hinich, M.J. (1982), 'Testing for Gaussianity and Linearity of a Stationary Time Series', *Journal of Time Series Analysis* 3, 169-76.

Hinich, M.J. ve Petterson, D.M. (1985), "Evidence of Nonlinearity in Daily Stock Returns", *Journal of Business and Economic Statistics* 3, 69-77.

Hinich, M.J. ve Petterson, D.M. (1989), "Evidence of Nonlinearity in the Trade-by-Trade Stock Market Return Generating Process", *Economic Complexity: Chaos, Sunspots, Bubbles, and Nonlinearity*, W.A. Barnett, J.Geweke and K.Shell (editörler) içinde

Hsieh, D.A. (1989), "Testing for Nonlinear Dependence in Daily Foreign Exchange Rates", *Journal of Business* 62, 339-68.

Keenan, D. M. (1985) A Tukey Nonadditivity Type Test for Time Series Nonlinearity, *Biometrika*, 72, 39-44.

Kumar, K. (1986) Some Topics in The Identification of Time Series Models, *yayınlanmamış doktora tezi*, University of Kent at Canterbury, U.K.

McLeod, A.I. ve Li, W. K (1983) Diagnostic Checking ARMA Time Series Models Using Squared Residual Autocorrelations, *Journal of Time Series Analysis* 4, 269-273.

Petrucelli, J.D. ve Davies, N. (1986) A Portmanteau Test for Self Exciting Threshold Autoregressive Type Nonlinearity in Time Series, *Biometrika*.

Scheinkman, J.A. (1990), "Nonlinearities in Economic Dynamics", *Economic Journal* 100 Ek, 33-48.

Scheinkman, J.A. ve LeBaron, B. (1989), "Nonlinear Dynamics and GNP Data", *Economic Complexity: Chaos, Sunspots, Bubbles, and Nonlinearity*, W.A. Barnett, J.Geweke and K.Shell (editörler) içinde 213-27, Cambridge University Press.

Subba Rao, T. ve Gabr, M.M. (1980) A Test for Linearity of Stationary Time Series, *Journal of Time Series Analysis*, 1, 145-158.

Tong, H. (1983) Threshold Models in Non-Linear Time Series Analysis, *Lecture Notes in Statistics*, Springer-Verlag.

Tong, H. (1990) Nonlinear Time Series: A Dynamic System Approach, Clarendon Press, Oxford.

Tsay, R.S. (1986), "Nonlinearity Tests for Time Series", *Biometrika* 73, 461-66.

EKLER

Tablo 1. Türkiye'nin Aylık İthalat Değerleri (\$) Serisi
(Başlangıç dönemi Ocak 1980, uzunluğu= 168 dönem, Kaynak: DİE)

(1)	425.436	(57)	1137.17	(113)	914.753
(2)	319.986	(58)	966.608	(114)	801.589
(3)	502.155	(59)	581.884	(115)	940.758
(4)	435.281	(60)	995.178	(116)	893.249
(5)	274.752	(61)	781.935	(117)	1038.96
(6)	400.122	(62)	843.742	(118)	1044.51
(7)	531.146	(63)	677.547	(119)	1321.04
(8)	428.854	(64)	652.461	(120)	1086.25
(9)	420.623	(65)	759.883	(121)	1012.10
(10)	443.707	(66)	669.113	(122)	857.809
(11)	473.247	(67)	777.098	(123)	941.788
(12)	473.338	(68)	663.038	(124)	855.693
(13)	538.433	(69)	689.036	(125)	951.250
(14)	405.254	(70)	657.245	(126)	832.997
(15)	461.376	(71)	800.120	(127)	893.753
(16)	603.022	(72)	962.147	(128)	809.610
(17)	373.330	(73)	607.965	(129)	943.653
(18)	581.470	(74)	667.538	(130)	901.734
(19)	427.581	(75)	684.847	(131)	1023.07
(20)	631.908	(76)	759.560	(132)	1081.32
(21)	476.957	(77)	768.685	(133)	860.362
(22)	369.784	(78)	734.666	(134)	998.783
(23)	349.450	(79)	678.238	(135)	981.233
(24)	577.713	(80)	654.002	(136)	1082.58
(25)	184.152	(81)	672.285	(137)	971.224
(26)	495.314	(82)	747.517	(138)	983.788
(27)	283.163	(83)	782.683	(139)	1221.95
(28)	439.633	(84)	1084.68	(140)	988.968
(29)	439.633	(85)	739.713	(141)	1295.81
(30)	396.674	(86)	749.974	(142)	1393.70
(31)	293.434	(87)	859.564	(143)	1591.92
(32)	244.724	(88)	665.214	(144)	1777.48
(33)	376.360	(89)	711.359	(145)	1046.50
(34)	417.560	(90)	724.526	(146)	1128.71

(35)	418.103	(91)	629.599	(147)	1308.50
(36)	610.399	(92)	764.450	(148)	1331.06
(37)	278.958	(93)	682.994	(149)	1187.43
(38)	389.554	(94)	792.058	(150)	1262.47
(39)	525.844	(95)	825.466	(151)	981.600
(40)	386.656	(96)	1090.08	(152)	1136.61
(41)	335.888	(97)	664.352	(153)	1146.84
(42)	486.927	(98)	694.453	(154)	1068.87
(43)	271.963	(99)	821.389	(155)	1223.78
(44)	334.095	(100)	924.619	(156)	1502.50
(45)	6210.93	(101)	876.817	(157)	1063.21
(46)	436.864	(102)	845.970	(158)	1045.44
(47)	358.398	(103)	893.660	(159)	1209.19
(48)	642.354	(104)	830.677	(160)	1274.83
(49)	433.344	(105)	942.090	(161)	1178.09
(50)	595.309	(106)	917.352	(162)	1354.23
(51)	370.069	(107)	978.630	(163)	1266.56
(52)	366.509	(108)	1366.91	(164)	1388.45
(53)	692.488	(109)	822.173	(165)	1339.39
(54)	556.877	(110)	685.255	(166)	1546.16
(55)	629.954	(111)	928.318	(167)	1542.48
(56)	584.051	(112)	866.527	(168)	1554.54

Tablo 2. Toptan Eşya Fiyatlarındaki Artış Oranları
(1987=100, başlangıç Şubat 1990, uzunluğu= 47 dönem)

(1)	6.21	(17)	3.24	(33)	4.62
(2)	6.89	(18)	5.15	(34)	2.77
(3)	4.49	(19)	2.60	(35)	2.49
(4)	1.31	(20)	2.54	(36)	4.59
(5)	0.80	(21)	2.77	(37)	5.30
(6)	2.68	(22)	4.17	(38)	4.85
(7)	3.39	(23)	4.87	(39)	5.38
(8)	4.60	(24)	4.44	(40)	1.03
(9)	5.94	(25)	4.62	(41)	1.36
(10)	4.41	(26)	4.17	(42)	2.24
(11)	4.12	(27)	2.32	(43)	4.73
(12)	7.16	(28)	1.54	(44)	4.38
(13)	3.65	(29)	1.47	(45)	3.51
(14)	3.65	(30)	1.69	(46)	3.85
(15)	5.26	(31)	4.43	(47)	4.44
(16)	4.45	(32)	5.76		

Tablo 3. Ankara'ya Düşen Aylık Yağış Miktarları
(Başlangıç Ocak 1976, uzunluğu= 360 dönem)

(1)	-0.8	(121)	4.4	(241)	2.6
(2)	0.9	(122)	2.7	(242)	2.6
(3)	4.2	(123)	6.9	(243)	7.3
(4)	13.1	(124)	10.4	(244)	10.2
(5)	16.6	(125)	15.5	(245)	13.4
(6)	19.8	(126)	19.3	(246)	20.8
(7)	23.3	(127)	23.0	(247)	23.4
(8)	23.2	(128)	22.0	(248)	22.1
(9)	16.0	(129)	19.0	(249)	19.2
(10)	12.4	(130)	10.5	(250)	15.3
(11)	8.4	(131)	7.2	(251)	5.8
(12)	3.2	(132)	1.4	(252)	6.4
(13)	1.8	(133)	-4	(253)	1.2
(14)	1.5	(134)	-2.6	(254)	-0.2
(15)	8.0	(135)	6	(255)	4.4
(16)	11.4	(136)	13.4	(256)	10.9
(17)	17.3	(137)	16.2	(257)	16.1
(18)	20.9	(138)	20	(258)	19.1
(19)	24.9	(139)	23.2	(259)	20.2
(20)	25.2	(140)	22.4	(260)	21.3
(21)	18.6	(141)	18.3	(261)	18.9
(22)	13.5	(142)	12.8	(262)	12.2
(23)	11.4	(143)	5.6	(263)	4.4
(24)	4.8	(144)	-0.8	(264)	3
(25)	2.4	(145)	-2.8	(265)	-3.6
(26)	4.5	(146)	4.9	(266)	-0.1
(27)	3.8	(147)	4.1	(267)	5.9
(28)	10.3	(148)	10.2	(268)	12.1
(29)	14.4	(149)	16.2	(269)	15.7
(30)	19.5	(150)	18.7	(270)	18.1
(31)	22.8	(151)	22.8	(271)	21.4
(32)	24.2	(152)	21.5	(272)	20.1
(33)	19.2	(152)	21.5	(273)	18.3
(34)	13.2	(153)	19.3	(274)	10.9
(35)	7.9	(154)	13.2	(275)	6.6
(36)	3	(155)	4.8	(276)	2.7
(37)	-3.5	(156)	1.4	(277)	2.8
(38)	-1.1	(157)	-4.2	(278)	4.3
(39)	6.9	(158)	2.5	(279)	6.1
(40)	9.8	(159)	7.9	(280)	8.3
(41)	14.2	(160)	9	(281)	16.3
(42)	18.7	(161)	15	(282)	19.5
(43)	32.7	(162)	20.9	(283)	21.5

(44)	20.9	(163)	22.6	(284)	19.2
(45)	17.5	(164)	21.8	(285)	19.8
(46)	13.8	(165)	14.9	(286)	13.4
(47)	7.1	(166)	16.4	(287)	7.3
(48)	4.5	(167)	7	(288)	-1.1
(49)	1.6	(168)	0.5	(289)	2.5
(50)	-0.6	(169)	-1.3	(290)	-3.5
(51)	6.9	(170)	0.9	(291)	3
(52)	9.6	(171)	8.1	(292)	11.8
(53)	15.1	(172)	13	(293)	17.6
(54)	20.8	(173)	14.7	(294)	20.1
(55)	22.7	(174)	20.3	(295)	20.8
(56)	23	(175)	24.1	(296)	24.9
(57)	19.6	(176)	22.8	(297)	17.9
(58)	9.9	(177)	18.5	(298)	10.3
(59)	7.1	(178)	12.2	(299)	8.7
(60)	4.6	(179)	5.5	(300)	2
(61)	2.3	(180)	-1.9	(301)	3
(62)	5.9	(181)	-3.4	(302)	3.7
(63)	6.9	(182)	-3.7	(303)	7.7
(64)	12.3	(183)	4.3	(304)	13.4
(65)	15	(184)	10.7	(305)	12.8
(66)	19.6	(185)	15.6	(306)	18.9
(67)	24	(186)	18.4	(307)	24.9
(68)	24	(187)	21.9	(308)	25.9
(69)	18.3	(188)	20.7	(309)	20.2
(70)	15.8	(189)	16.6	(310)	12.2
(71)	11.8	(190)	13.9	(311)	4
(72)	3.9	(191)	8.5	(312)	1.1
(73)	-0.1	(192)	1.7	(313)	2.2
(74)	-2.5	(193)	-1.2	(314)	4.6
(75)	4.4	(194)	6.2	(315)	0.9
(76)	10.2	(195)	5.6	(316)	9.1
(77)	15.1	(196)	11.1	(317)	15.2
(78)	18.4	(197)	16.1	(318)	19.1
(79)	21.8	(198)	19.4	(319)	23.9
(80)	22.7	(199)	23.3	(320)	21.7
(81)	18	(200)	23	(321)	19.7
(82)	13.5	(201)	17.8	(322)	11.8
(83)	5.6	(202)	9.8	(323)	6.4
(84)	3.7	(203)	9	(324)	2.5
(85)	-1.6	(204)	1.1	(325)	1.7
(86)	0.8	(205)	1	(326)	2.9
(87)	4.8	(206)	5.9	(327)	4.9
(88)	13.7	(207)	7.4	(328)	11.5
(89)	18.3	(208)	9.8	(329)	15.9
(90)	18.8	(209)	16	(330)	18.5

(91)	23.1	(210)	19.9	(331)	23.3
(92)	21.5	(211)	23.5	(332)	22.9
(93)	17.5	(212)	21.3	(333)	18
(94)	11.9	(213)	17.2	(334)	11
(95)	8.4	(214)	13.5	(335)	3.6
(96)	3.9	(215)	4.4	(336)	3.6
(97)	0	(216)	3.4	(337)	-2.3
(98)	0.8	(217)	1.2	(338)	0.5
(99)	6.6	(218)	4.6	(339)	8.9
(100)	8.2	(219)	8.3	(340)	16.4
(101)	17.1	(220)	11	(341)	15.6
(102)	20.7	(221)	15.9	(342)	19.5
(103)	21	(222)	20.6	(343)	23.3
(104)	24.2	(223)	21.6	(344)	24.6
(105)	19.4	(224)	23.9	(345)	18.3
(106)	11.9	(225)	19.4	(346)	11.3
(107)	7.2	(226)	12.4	(347)	6.6
(108)	5.4	(227)	8	(348)	0.7
(109)	4.2	(228)	2.8	(349)	-3.8
(110)	4.5	(229)	-3.2	(350)	2.1
(111)	7.5	(230)	-9.1	(351)	7.1
(112)	13.7	(231)	4.9	(352)	10.4
(113)	14.8	(232)	9.4	(353)	14.5
(114)	19.9	(233)	15.5	(354)	19.2
(115)	24.2	(234)	19.9	(355)	23.9
(116)	22.1	(235)	24.9	(356)	22.1
(117)	18	(236)	22.5	(357)	17.3
(118)	10.9	(237)	16.4	(358)	12.9
(119)	7.4	(238)	13.8	(359)	9.4
(120)	0.7	(239)	7.8	(360)	3.5
