

TEK DEĞİŞKENLİ ZAMAN SERİLERİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA
ÇÖZÜMLENMESİNDE KULLANILAN ÜSSEL DÜZELTME
TEKNİKLERİ VE BİR UYGULAMA DENEMESİ

Hüseyin GÜRBÜZ
Yüksek Lisans Tezi
İstatistik Anabilim Dalı
1991

TEK DEĞİŞKENLİ ZAMAN SERİLERİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA
ÇÖZÜMLENMESİNDE KULLANILAN ÜSSEL DÜZELTME
TEKNİKLERİ VE BİR UYGULAMA DENEMESİ

Hüseyin GÜRBÜZ
Yüksek Lisans Tezi
İstatistik Anabilim Dalı
1991

Yıldırım Üniversitesi
Merkez Kütüphane

TEK DEĞİŞKENLİ ZAMAN SERİLERİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA
ÇÖZÜMLENMESİNDE KULLANILAN ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİ VE
BİR UYGULAMA DENEMESİ

Hüseyin GÜRBÜZ

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

İstatistik Anabilim Dalı

Uygulamalı İstatistik Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZMEN

Ağustos-1991

Hüseyin Gürbüz'ün "YÜKSEK LİSANS" tezi olarak hazırladığı "Tek değişkenli Zaman Serilerinin Öngörü Amacıyla Çözümlemesinde Kullanılan Üssel Düzeltme Teknikleri ve Bir Uygulama Denemesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce Lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.3./.9./1991

üye: Prof. Dr. Necla ÇÖMLEKÇİ

üye: Prof. Dr. Ersay ÇANKİLER

üye: Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZMEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 29 EKİM 1991 gün
ve 292-3 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, Eskişehir ili merkez ilçede faaliyet gösteren bir gıda pazarı işletmesinin, ay ve gün zaman konumlarına göre derlenmiş olan satış tutarları zaman serilerinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde üssel düzeltme teknikleri uygulanmaya çalışılmıştır.

İki bölümden oluşan çalışmamızın birinci bölümünde; zaman serisi ve zaman serisi çözümlemesi kavramları açıklanmış ve üssel düzeltme tekniklerine ilişkin kuramsal açıklamalara yer verilmiştir.

İkinci bölümde ise; aylık satış tutarları zaman serisine uygun görülen üç üssel düzeltme tekniği uygulanmıştır. Günlük satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde ise; Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniği uygulanmıştır.

ABSTRACT

In this study, exponential smoothing techniques, which are used to analyze total sales time series which are designed as daily and monthly periods of a food market in Eskişehir, are applied for forecasting.

In the first chapter, time series and time series analysis concepts are explained and exponential smoothing techniques are described theoretically.

In the second chapter, three appropriate exponential smoothing techniques are applied to monthly total sales series. Winters' exponential smoothing technique, that is no include trend, is applied to daily total sales series.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanışında beni yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZMEN'e en içten teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca ilgi ve desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Necla ÇÖMLEKÇİ ve Prof Dr. Ersoy CANKÜYER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 1991

Hüseyin GÜRBÜZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
TEK DEĞİŞKENLİ ZAMAN SERİLERİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA ÇÖZÜMLEMESİNDE KULLANILAN ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİ	
1. KONUYA İLİŞKİN BAZI KAVRAMLAR	3
1.1. Zaman Serisi	3
1.2. Zaman Serisi Çözümlemesi	4
2. ÖNGÖRÜ AMACIYLA ÇÖZÜMLEMEDE KULLANILAN ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİ	5
2.1. Tesadüfi Unsurun Etkisini Dikkate Alan Üssel Düzeltme Teknikleri	6
2.1.1. Brown'ın Basit Üssel Düzeltme Tekniği	6
2.1.2. Trigg ve Leach'ın Uyarlayıcı Üssel Düzeltme Tekniği	8
2.2. Tesadüfi Unsurun Yanında Trend Unsurunun Etkisini Dikkate Alan Teknikler	9
2.2.1. Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği	10
2.2.2. Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği	11
2.2.3. Brown'ın Tek Parametrelili Karesel Üssel Düzeltme Tekniği	14

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
2.3. Zaman Serisinin Bütün Unsurlarını Dikkate Alan Üssel Düzeltme Teknikleri	16
2.3.1. Winters'in Tesadüfi Unsur, Trend ve Düzenli Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniği	17
2.3.2. Mentzer'in Tesadüfi Unsur, Trend ve Düzenli Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniği	19
2.4. Tesadüfi Unsurun Yanında Düzenli Dalgalanmaların Etkisini Dikkate Alan - Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniği	21
3. ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİNDE MODEL BELİRLEME AŞAMALARI	23
3.1. Modelin Düzeltme Katsayısının/Katsayılarının Belirlenmesi	23
3.2. Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	26
3.2.1. Tesadüfi Unsur/Tesadüfi ve Trend Unsuru İçeren Üssel Düzeltme Tekniklerinde Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	26
3.2.2. Tesadüfi Unsur, Trend ve Düzenli Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniklerinde Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	28
3.2.3. Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinde Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	30
3.3. Modelin Uygunluğunun Sınanması	31

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

İKİNCİ BÖLÜM

1. X İŞLETMESİNİN SATIŞ TUTARLARINA İLİŞKİN ÖNGÖRÜLERİ ELDE EDİLMESİNDE ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİNİN KULLANIMI	33
1.1. Aylık Satış Tutarları Zaman Serisinin Öngörü Amacıyla Çözümlemesi	33
1.1.1. Serinin Tanıtılması	33
1.1.2. Serideki Unsurların Belirlenmesi	34
1.1.3. Öngörü Amacıyla Çözümleme Kullanılacak Modelin Belirlenmesi	37
1.1.3.1. Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirlenmesi	37
1.1.3.1.1. Modele İlişkin Düzeltme Katsayısının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	37
1.1.3.1.2. Modelin Uygunluğunun Sınanması	40
1.1.3.2. Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirleme	43
1.1.3.2.1. Modele İlişkin Düzeltme Katsayılarının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	43
1.1.3.2.2. Modelin Uygunluğunun Sınanması	46
1.1.3.3. Brown'ın Tek Parametrelili Karesel Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirleme	48
1.1.3.3.1. Modele İlişkin Düzeltme Katsayısının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	48
1.1.3.3.2. Modelin Uygunluğunun Sınanması	51
1.1.4. Kullanılan Modellerinin Karşılaştırılması ve Daha Uygun Olanın Belirlenmesi	53

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
1.2. Günlük Satış Tutarları Zaman Serisinin Öngörü Amacıyla Çözümlemesi	57
1.2.1. Serinin Tanıtılması	57
1.2.2. Serideki Unsurların Belirlenmesi.	58
1.2.3. Öngörü Amacıyla Çözümlemede Kullanılacak Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirleme	60
1.1.3.1. Modele İlişkin Düzeltme Katsayılarının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi	60
1.1.3.2. Modelin Uygunluğunun Sınanması	64
SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	71
EKLER	73

TABLolar DİZİNİ

Tablo-1: X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları (TL)

Tablo-2: Brow'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinin X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması Sonucunda Elde Edilen Değerler

Tablo-3: Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinin X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması Sonucunda Elde Edilen Değerler

Tablo-4: Brow'ın İki Parametrelili Karesel Üssel Düzeltme Tekniğinin X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması Sonucunda Elde Edilen Değerler

Tablo-5: Tesadüfi Unsurların Yanında Trend Unsurunun Etkisini Dikkate Alan Üssel Düzeltme Tekniklerinin Değerlendirilmesi

Tablo-6: X İşletmesinin Günlük Satış Tutarları (TL)

Tablo-7: Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinin X İşletmesinin Günlük satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması Sonucunda Elde Edilen Değerler

Tablo-8: Wintes'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinin Değerlendirilmesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil-1: X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisinin Kartezyen Grafiği

Şekil-2: X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisinin Otokorelasyon Fonksiyonu

Şekil-3: Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörü Hatalarının Otokorelasyon Fonksiyonu

Şekil-4: Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörü Hatalarının Otokorelasyon Fonksiyonu

Şekil-5: Brown'ın Tek Parametrelili Karesel Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörü Hatalarının Otokorelasyon Fonksiyonu

Şekil-6: Aylık Satış Tutarları ve Öngörü Değerlerinin Karşılaştırmalı Kartezyen Grafiği

Şekil-7: Aylık Satış Tutarları ve Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörülerin Karşılaştırmalı Kartezyen Grafiği

Şekil-8: Aylık Satış Tutarları ve Brow'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörülerin Karşılaştırmalı Kartezyen Grafiği

Şekil-9: X İşletmesinin Günlük Satış Tutarları Zaman Serisinin Kartezyen Grafiği

Şekil-10: X İşletmesinin Günlük Satış Tutarları Zaman Serisinin Otokorelasyon Fonksiyonu

Şekil-11: Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğini Kullanarak Elde Edilen Öngörü Hatalarını Otokorelasyon Fonksiyonu

Şekil-12: Günlük Satış Tutarları ve Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörülerin Karşılaştırmalı Kartezyen Grafiği

EKLER

- Ek-1: Brown'ın Basit Üssel Düzeltme Tekniğinin Bilgisayar Programı
- Ek-2: Trigg ve Leach'ın Uyarlayıcı Üssel Düzeltme Tekniğinin Bilgisayar Programı
- Ek-3: Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Tekniğinin Bilgisayar Programı
- Ek-4: Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinin Bilgisayar Programı
- Ek-5: Brown'ın Tek Parametrelili Karesel Üssel Tekniğinin Bilgisayar Programı
- Ek-6: Winters'in Tesadüfi Unsur ,Trend ve Düzenli Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniğinin Bilgisayar Programı
- Ek-7: Mentzer'in Tesadüfi Unsur ,Trend ve Düzenli Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniğinin Bilgisayar Programı
- Ek-8: Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinin Bilgisayar Programı

GİRİŞ

Satış öngöruları gıda pazarı işletmelerinin planlama faaliyetlerinde, yapılan planların hedeflerine ulaşip ulaşmadığının denetlenmesinde, stok politikalarının ve mal siparişlerinin düzenli yürütülmesi için gereksinim duyulan önemli bilgilerdir.

Gıda pazarı işletmelerinin satışları sosyo-ekonomik, demografik ve teknolojik değişme gibi nedenlerden etkilendiği için zaman değişkeni ile açıklanan bir bağımlı değişken olarak ele alınabilir. Bu yapıdaki değişkenlerin gözlem değerleri arasında iç bağımlılık bulunabileceğinden tek seri verileri için geliştirilmiş bulunan tek seriye ilişkin öngörü tekniklerini uygulamak suretiyle öngörüler üretilebilir.

Bu çalışmada amaç her türlü gıda perakende satışı gibi önemli ekonomik bir faaliyet gösteren X Gıda Pazarı İşletmesinin satış tutarlarının ön dönemde göstereceği eğilimin belirlenmeye, yani öngörü yapılmaya çalışılacaktır.

Öngörülerin türetilmesi amacıyla kullanılacak geliştirilmiş teknikler kısa orta ve uzun dönemli öngörü teknikleri olarak sınıflandırılmaktadır. Gıda Pazarı İşletmelerinde ekonomik faaliyetler konusu gereği, genellikle kısa dönemli öngörülere dayandırılır. Bu nedenle bu çalışmada X Gıda Pazarı İşletmesinin satış tutarları, serilerinin kısa dönemli öngörü amacıyla çözümlenmesine ve bu amaç için başarıyla kullanılacak üssel düzeltme tekniklerine yer verilecektir.

Çalışmamız iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde zaman serisi ve çözümlemesi kavramlarına yer verilmiş, sonra sadece tesadüfi unsurların etkisini, tesadüfi unsurların yanında trend unsurunun etkisini, bütün unsurların etkisini ve sadece tesadüfi ve düzenli dalgalanmaların etkisini dikkate alan üssel düzeltme teknikleri dört grupta teorik olarak incelenmiştir. Daha sonra ise üssel düzeltme tekniklerinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde izlenmesi gereken aşamalara yer verilmiştir.

İkinci bölümde X Gıda Pazarı İşletmesinin ay ve gün zaman konumlarına göre derlenmiş bulunan satış tutarlarının öngörü amacıyla çözümlenmesi uygulamasına yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEK DEĞİŞKENLİ ZAMAN SERİLERİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA ÇÖZÜMLEMESİNDE KULLANILAN ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİ

1. KONUYA İLİŞKİN BAZI KAVRAMLAR

1.1. ZAMAN SERİSİ

'İstatistiksel bir olayın, zaman değişkeninin konumlarına göre aldığı değerlerin sıralanmasıyla zaman serisi elde edilir.'⁽¹⁾

Zaman değişkeninin konumları bulunduğumuz ana, geçmişe veya geleceğe ilişkin olabilir. Bu nedenle zaman serisi çözümlemesinde üç dönem söz konusudur. Çözümlenecek zaman serisindeki en son gözlem değerinin ait olduğu döneme bugünkü dönem denir ve t ile gösterilir. Bu döneme ilişkin gözlem değeri X_t ile simgelenir. Zamana bağlı olayın t dönemine kadar olan tarihsel gelişimini gösteren döneme 'geçmiş dönem' adı verilir ve 'geçmiş dönem' ile 'geçmiş dönem gözlem değerleri' sırasıyla $t-1, t-2, \dots$ ve X_{t-1}, X_{t-2}, \dots şeklinde simgelenir. Zaman değişkeninin aynı konumlarına göre zamanla açıklanan olayın gelecekteki eğilimini gösterecek olan döneme 'gelecek dönem' adı verilir. 'Gelecek dönem' ve 'gelecek dönem gözlem değerleri' sırasıyla $t+1, t+2, \dots$ ve X_{t+1}, X_{t+2}, \dots şeklinde ifade edilir⁽²⁾.

¹ Necla Çömlekçi, Temel İstatistik İlke ve Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, Eskişehir, Ekim 1989, s. 450.

² Ahmet Özmen, Zaman Serileri Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi, A.Ü. Ya. No:207, Fen-Ed. Fak. Ya. No:9, Eskişehir, 1986, s. 2.

1.2. ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜMLEMESİ

İktisadi olaylara ait zaman serilerinin gözlem değerleri genellikle düzenli bir artış veya azalış yerine birtakım dalgalanmalar gösterir⁽³⁾. Zaman serilerinde gözlemlenen bu dalgalanmalar ekonomik, sosyal, psikolojik ve bunun gibi çeşitli sebeplerin zaman içerisinde ilgilendiğimiz değişken üzerindeki tesir, yön ve şiddetinin farklı olmasından ileri gelmektedir⁽⁴⁾. Zaman serilerindeki dalgalanmaları trend, düzenli dalgalanma ve düzensiz dalgalanmalar şeklinde sınıflandırabiliriz. Düzenli dalgalanmalar kendi içerisinde mevsimsel olup olmamalarına göre mevsimsel düzenli dalgalanmalar ve mevsimsel olmayan düzenli dalgalanmalar, düzensiz dalgalanmalar ise konjonktürel ve tesadüfi dalgalanmalar şeklinde alt sınıflara ayrılır.

Bir zaman serisi tesadüfi unsurların yanında diğer unsurlardan birini içerebileceği gibi, herhangi ikisini veya tamamını da içerebilir. Bu nedenle zaman serileri çözümlenmedikçe büyük bir anlam taşımazlar. Çözümleme çeşitli amaçlar için yapılır⁽⁵⁾. Bunlardan birisi zaman serisinin oluşumunu etkileyen unsurların belirlenmesi amacıyla yapılan çözümlerdir. Zaman serileri çözümlemesinin en önemli amacı bu serilerin öngörü amacıyla çözümlemesidir. Zaman serilerinin geçmiş ve bugünkü dönem gözlem değerlerine dayanarak gelecek dönemlerde alacağı değer/değerlerin belirlenmesi için yapılan çalışmalar zaman

³ N. Çömlekçi, a.g.e., s. 450.

⁴ A.Özmen, a.g.e., s.1.

⁵ Bu konuda daha fazla bilgi için bakınız; A.Özmen, a.g.e., s.6-7.

serilerinin öngörü amacıyla çözümlemesinin dar kapsamlı bir tanımını oluşturur. Daha ayrıntılı bir tanım ise bir zaman serisini etkileyen unsurların belirlenmesi, yapılan belirlemeden yararlanarak geçmişin açıklanması ve istatistiksel açıdan normale göre gerçekleşen durumun değerlendirilmesi, belirlenen unsurun gelecekte seriyi aynı şekilde etkilemeye devam edeceği varsayımı altında öngörülerin yapılması ve bunların karar alma ve planlama faaliyetleri için istifadeye sunulması çalışmalarıdır⁽⁶⁾.

2. ÖNGÖRÜ AMACIYLA ÇÖZÜMLEMEDE KULLANILAN

ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİ

Bu bölümde üssel düzeltme teknikleri sadece tesadüfi unsurları, tesadüfi unsurun yanında trend unsurunu, bütün unsurları ve tesadüfi ve düzenli dalgalanmaları içeren teknikler olmak üzere dört grupta kuramsal olarak incelenecektir. Daha sonra bu tekniklerle yapılacak çözümlemenin aşamalarına yer verilecektir. Bu aşamalar düzeltme katsayısının/katsayılarının belirlenmesi, başlangıç değerlerinin belirlenmesi ve kullanılan bir modelin uygunluğunun sınanması işlemlerini kapsar.

⁶ Ahmet Özmen, Zaman Serilerinde Tutarlı Kestirimler İçin İstatistiksel Yöntem Uyarlaması, Ana.Üni.Yayınları.No:318, Fen-Ed.Fak.Yayınları No:16, Cilt:1, Sayı:1, Yıl:1988, s.70.

2.1 TESADÜFİ UNSURUN ETKİSİNİ DİKKATE ALAN ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİ

Bu başlık altında sadece tesadüfi unsurun etkisi altında bulunan zaman serilerinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde kullanılan üssel düzeltme tekniklerine ilişkin kuramsal açıklamalara yer verilecektir.

2.1.1 Brown'ın Basit Üssel Düzeltme Tekniği

Brown'ın basit üssel düzeltme öngörü tekniğine ilişkin modelin genel formu aşağıdaki gibidir.⁽⁷⁾:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha) F_t \quad (2.1)$$

Burada;

F_{t+1} : (t+1) ' inci döneme ait öngörü değerini,

X_t : t dönemine ait gözlem değerini,

F_t : t dönemine ait öngörü değerini,

α : düzeltme katsayısını ifade eder.

(2.1) nolu denklem yardımıyla (t+1) dönemine ait öngörü değerinin hesaplanabilmesi için t dönemine ait gözlem ve öngörü değeri ile α değerine gereksinim vardır. t döneminin öngörü değeri F_t

$$F_t = \alpha X_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (2.2)$$

⁷ Steven C. Wheelwright and Spyros Makridakis, Forecasting Methods for Management, John Wiley and Sons, Inc, New York, 1973.
Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright and Victor E. McGee, Forecasting: Methods and Applications, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1983.

eşitliği yardımıyla hesaplanabilir; F_{t-1} (t-1)'inci dönemin öngörü değeridir. (2.2) nolu öngörü denklemini (2.1) nolu öngörü denkleminde yerine koyarsak aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1-\alpha) [\alpha X_{t-1} + (1-\alpha) F_{t-1}]$$

$$= \alpha X_t + \alpha(1-\alpha) X_{t-1} + (1-\alpha)^2 F_{t-1} \quad (2.3)$$

F_{t+1} 'in öngürüsü için yukarıda açıklanan işlem t-1, t-2, t-3, t-4,, t-N dönemleri için sürdürülecek olursa, (t+1) dönemi için öngörü fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + \alpha(1-\alpha) X_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 X_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 X_{t-3} + \dots$$

$$\dots + \alpha(1-\alpha)^{N-1} X_{t-(N-1)} + \alpha(1-\alpha)^N F_{t-(N-1)} \quad (2.4)$$

(2.4) nolu öngörü modelinde bugünkü dönem gözlem değeri X_t den geçmiş dönem gözlem değerlerine doğru uzaklaşırken (X_{t-1}, X_{t-2}, \dots), tartıların ($\alpha(1-\alpha), \alpha(1-\alpha)^2, \dots$) üssel olarak gittikçe azalan bir değer aldığı görülmekte ve tekniklerin üssel düzeltme ismi de buradan gelmektedir⁽⁸⁾.

⁸ Bruce L. Bowerman and Richard T.O'Connell, Time Series and Forecasting: An Applied Approach, Nort Scituate, M., A. Duxburg Press, 1979, p.123-124.

Salih Özçelik, İktisadi Zaman Serilerinde Tahmin Yöntemleri: İstanbul Ticaret Odası Toptan Eşya Fiyatları İndeksi Üzerine Bir Uygulama, Doçentlik Tezi, Atatürk Üni. İşletme Fak., 1980, s.46.

2.3.2. Trigg ve Leach'ın Uyarlayıcı Üssel Düzeltme Tekniği

Trigg ve Leach (1967) tarafından geliştirilmiş olan teknik, basit üssel düzeltme tekniğinin özel bir halidir. Bu teknikte öngörü fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir⁽⁹⁾.

$$F_{t+1} = \alpha_t X_t + (1 - \alpha_t) F_t \quad (2.5)$$

(2.5) nolu öngörü fonksiyonu (2.1) nolu öngörü fonksiyonu ile aynı olup düzeltme katsayısı α yerine α_t yazılmıştır; bu iki teknik arasındaki en önemli fark basit üssel düzeltme tekniğinde α 'nın sabit bir değer, Trigg ve Leach'ın uyarlayıcı üssel düzeltme tekniğinde α_t 'nin ise bir önceki dönemin öngörü hatasına bağlı olarak (2.6) eşitlik yardımıyla uyarlanması ve bu nedenle her t dönemi için değişen değerler almasıdır. (2.6) nolu eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$\alpha_{t+1} = \left| \frac{E_t}{M_t} \right| \quad (2.6)$$

Burada;

$$E_t = \beta e_t + (1 - \beta) E_{t-1}, \quad (2.7)$$

$$M_t = \beta |e_t| + (1 - \beta) M_{t-1}, \quad (2.8)$$

şeklinde hesaplanır. E_t ve M_t nin hesaplanabilmesi için $e_t = X_t - F_t$ öngörü yanılığası kullanılır.

α_t, β : düzeltme katsayılarını,

⁹ S. Makridakis, S.C. Wheelwright and V.E. McGee, a.g.e, p.91.

E_t : t dönemine ait düzeltilmiş hata değerini,

M_t : t dönemine ait düzeltilmiş mutlak hata değerini ifade etmektedir.

(2.6) nolu formüldeki α_{t+1} 'in hesaplanabilmesi için önce t dönemine ait e_t öngörü hatası hesaplanır; (2.7) ve (2.8) nolu eşitlikleri kullanmak suretiyle düzeltilmiş hata (E_t) ve düzeltilmiş mutlak hata (M_t) değerleri belirlenir. Hesaplanan E_t 'nin M_t 'ye oranının mutlak değeri alınarak (t+1) dönemi için α_{t+1} değeri bulunur. Bu değer t+2 dönemine ait F_{t+2} öngörü değeri hesaplanırken uyarlayıcı katsayı değeri olarak alınır ve izleyen dönemler için öngörü işlemleri benzer şekilde sürdürülür. Eğer $E_t \cong M_t$ ise $\alpha_{t+1} \cong 1$ olacak ve böylece t döneminin gözlem değeri (t+1)'inci döneminin öngörü değeri olacaktır⁽¹⁰⁾.

Bu teknikteki düzeltme katsayılarından α_t verideki tesadüfi unsurun düzeltilmesinde, β ise öngörü hatalarının düzeltilmesini sağlamaktadır.

2.2 TESADÜFİ UNSURUN YANINDA TREND UNSURUNUN ETKİSİNİ

DİKKATE ALAN TEKNİKLER

Bu kısımda, tesadüfi unsurun yanında doğrusal trend veya karesel trende sahip zaman serilerinin çözümlenmesinde kullanılabilecek olan üssel düzeltme tekniklerinin kuramsal açıklamalarına yer verilmiştir.

¹⁰ Halil.Kayım, İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri, H. Ü. İ. İ.B.F.,Yayın. No: 11, Ankara, 1985, s. 36.

2.2.1 Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği

Brown ve Meyer (1961) tarafından geliştirilen tekniğe uygulamada ikili üssel düzeltme tekniği adı da verilir ve bu teknik, serideki trend unsurunu öngörü değerine aksettirir.

Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğine ilişkin $(t+m)$ 'inci ön dönem için öngörü fonksiyonu ve bu fonksiyonda yer alan a_t, b_t ve bu parametrelerin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir⁽¹¹⁾:

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2.9)$$

$$a_t = S_t' + (S_t' - S_t'') = 2S_t' - S_t'' \quad (2.10)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S_t' - S_t'') \quad (2.11)$$

$$S_t' = \alpha X_t + (1-\alpha) S_{t-1}' \quad (2.12)$$

$$S_t'' = \alpha S_t' + (1-\alpha) S_{t-1}'' \quad (2.13)$$

Burada,

F_{t+m} : $(t+m)$ 'inci döneme ait öngörü değerini,

a_t : t dönemine ait düzeltilmiş gözlem değerini,

b_t : t dönemine ait düzeltilmiş trend değerini,

X_t : t dönemine ait gözlem değerini,

S_t' : t dönemine ait basit üssel düzeltme değerini,

11. John T. Mentzer, 'Forecasting With Adaptive Extended Exponential Smoothing, Journal of the Academy of Marketing Science Fall, 1988, Vol:16, No:3-4, p.63.

S'_{t-1} : (t-1) dönemine ait basit üssel düzeltme değerini,
 S''_t : t dönemine ait ikili üssel düzeltme değerini,
 S''_{t-1} : (t-1) dönemine ait ikili üssel düzeltme değerini,
 α : düzeltme katsayısını ifade eder.

(2.10) nolu eşitlikteki a_t , verilerin basit ve ikili üssel düzeltme değerleri arasındaki farkın basit üssel düzeltme değerine eklenmesi suretiyle hesaplanır ve t dönemine ait sabit bir değerdir. (2.11) nolu eşitlikteki düzeltilmiş b_t değeri ise basit ve ikili üssel düzeltme değerleri arasındaki fark $(\alpha/1-\alpha)$ oranıyla çarpılmak suretiyle bulunmaktadır.

Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde verilerdeki tesadüfi unsurun ve trendin düzeltilmesinde düzeltme katsayısı olarak sadece α kullanılmaktadır.

2.2.2 Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği

Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği, doğrusal trend gösteren zaman serilerinin öngörü amacıyla çözümlemesinde kullanılan bir tekniktir. Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde olduğu gibi Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği de öngörü değerlerine serideki trendi yansıtır. Holt'un (1957) geliştirmiş olduğu iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde öngörü fonksiyonu aşağıdaki

gibidir⁽¹²⁾:

$$F_{t+m}=S_t+b_tm \quad (2.14)$$

Burada;

F_{t+m} : $(t+m)$ 'inci dönemine ait öngörü değerini ,

S_t : t dönemine ait düzeltilmiş gözlem değerini,

b_t : t dönemine ait düzeltilmiş trend değerini göstermektedir.

(2.14) nolu öngörü fonksiyonunda yer alan S_t şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$S_t=\alpha X_t+(1-\alpha) (S_{t-1}+b_{t-1}) \quad (2.15)$$

t döneminin düzeltilmiş gözlem değeri (S_t)' nin değeri, t dönemine ait gözlem değeri X_t 'nin α ile ağırlıklandırılan değerine $(t-1)$ dönemine ait düzeltilmiş gözlem ve trend değeri toplamının $(1-\alpha)$ ile ağırlıklandırılan değeri eklenerek bulunmaktadır.

Holt'un öngörü fonksiyonunda yer alan trend değerinin belirlenmesini sağlayan eşitlik

$$b_t=\beta(S_t-S_{t-1})+(1-\beta)b_{t-1} \quad (2.16)$$

şeklinde gösterilir; t dönemi için b_t düzeltilmiş trend değeri, t ve $(t-1)$ önemlerine ait düzeltilmiş gözlem değerleri arasındaki farkın β ile ağırlıklandırılmasıyla elde edilen değere $(t-1)$ dönemine ait düzeltilmiş trend değerinin $(1-\beta)$ ile ağırlıklandırılmasıyla bulunan değeri eklenerek bulunmaktadır.

¹² John E.Hanke and Arthur G. Reitsch, Business Forecasting, Allyn and Bacon, Inc., Boston, 1986, p. 85.

(2.15) ve (2.16) nolu eşitliklerde

X_t : t dönemine ait gözlem değerini,

S_{t-1} : (t-1) dönemine ait düzeltilmiş gözlem değerini,

b_{t-1} : (t-1) dönemine ait düzeltilmiş trend değerini,

α, β : düzeltme katsayılarını ifade eden simgelerdir.

Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde α katsayısı verideki tesadüfi unsurun düzeltilmesi, β katsayısı trendin düzeltilmesi işlevini görür. Bu teknikteki düzeltme katsayıları (0-1) arasında herhangi bir değer alabilirler. α ve β 'nin birbirinden farklı değerli olması düzeltmenin değişik oranlarda olmasını sağlar. Oysa Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde serideki unsurların düzeltilmesi işlemi sadece α nın alacağı değere bağlıdır. Böylece farklı özelliklere sahip zaman serisi unsurları aynı katsayı ile düzeltilmiş olur. Bu durum nedeniyle Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği, Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğine göre avantajlı olarak görülmektedir. Bununla beraber Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde α nın 0 ve 1 arasında (0,01'lik adımlarla) alacağı en uygun değer belirlenebilmesi için 99 denemenin, Holt'un tekniğinde α ve β için en uygun değerlerin belirlenmesinde ise 9801 denemenin yapılması gerekir.

2.2.3 Brown'ın Tek Parametrelili Karesel Üssel Düzeltilme Tekniği

Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniği zaman serisinin ikinci dereceden trende sahip olması durumunda kullanılabilen bir tekniktir. Brown'ın (1963) geliştirmiş olduğu bu teknikte doğrusal üssel düzeltmede yer alan üssel düzeltme sayısına bir yenisi, üçlü üssel düzeltme katsayısı (S_t''') modele dahil edilmiştir. Bu nedenle Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniğine üçlü üssel düzeltme tekniği adı da verilmektedir (13).

Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniğinde $(t+m)$ ' inci ön dönem için öngörü fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir⁽¹⁴⁾:

$$F_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2} c_t m^2 \quad (2.17)$$

(2.17) nolu öngörü fonksiyonunda yer alan a_t , b_t ve c_t değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır:

¹³ H.Kayım , a.g.e.,s.39.

¹⁴ Lynwood A.Johnson and Douglas C. Montgomery, Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control, John Wiley and Sons, Inc.,New York , 1974,p.425.

$$a_t = 3S_t' - 3S_t'' + S_t''' \quad (2.18)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} \left[(6-5\alpha) S_t' - (10-8\alpha) S_t'' + (4-3\alpha) S_t''' \right] \quad (2.19)$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_t' - 2S_t'' + S_t''') \quad (2.20)$$

a_t , b_t ve c_t lerin belirlenmesinde kullanılan S_t' , S_t'' ve S_t''' değerleri sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$S_t' = \alpha X_t + (1-\alpha) S_{t-1}' \quad (2.21)$$

$$S_t'' = \alpha S_t' + (1-\alpha) S_{t-1}'' \quad (2.22)$$

$$S_t''' = \alpha S_t'' + (1-\alpha) S_{t-1}''' \quad (2.23)$$

Burada;

F_{t+m} : ($t+m$)' inci döneme ait öngörü değerini,

a_t : t dönemine ait verilerin düzeltilmiş gözlem değerini,

b_t : t dönemine ait düzeltilmiş trend değerini,

c_t : t dönemine ait düzeltilmiş karesel trend değerini,

X_t : t dönemine ait gözlem değerini,

S_t' : t dönemine ait basit üssel düzeltme değerini,

S_{t-1}' : ($t-1$) dönemine ait basit üssel düzeltme değerini,

S_t'' : t dönemine ait ikili üssel düzeltme değerini,

S_{t-1}'' : ($t-1$) dönemine ait ikili üssel düzeltme değerini,

S_t''' : t dönemine ait üçlü üssel düzeltme değerini ,

S_{t-1}''' : $t-1$ dönemine ait üçlü üssel düzeltme değerini ,

α : düzeltme katsayısını ifade eder.

Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniğindeki (2.21) ve (2.22) nolu denklemler, Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğindeki (2.12) ve (2.13) nolu eşitliklerle aynıdır. (2.23) nolu eşitlik ise bu tekniğe eklenen üçlü üssel düzeltme eşitliğidir. Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniğinin öngörü fonksiyonunda hem doğrusal hem de karesel trend parametreleri kullanılmaktadır. Fonksiyondaki c_t parametresinin (1/2) ile çarpılması türev kurallarından ileri gelmektedir.⁽¹⁵⁾ Ayrıca bu teknikte düzeltme sürecinde de sadece α düzeltme katsayısı kullanılmaktadır.

2.3 ZAMAN SERİSİNİN BÜTÜN UNSURLARINI DİKKATE ALAN TEKNİKLER^(*)

Bu başlık altında bir zaman serisinin tesadüfi unsurun yanında, trend ve düzenli dalgalanmaların etkisinde bulunduğu durumlarda kullanılabilecek olan üssel düzeltme tekniklerinin kuramsal açıklamalarına yer verilecektir.

15 H.Kayım , a.g.e., s.40.

* Literatürde zaman serilerini etkileyen faktörler genellikle tesadüfi unsur, trend, düzenli dalgalanmalar (mevsimsel ve mevsimsel olmayan düzenli dalgalanmalar) ve konjonktürel dalgalanmalar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Fakat üssel düzeltme tekniklerinde zaman serilerinin üç unsuru: Trend, düzenli dalgalanmalar ve tesadüfi dalgalanmalar ile ilgilenilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada 'bütün unsurlar' dendiğinde söz konusu üç unsur anlaşılacaktır.

2.3.1 Winters'in Tesadüfi Unsur, Trend ve Düzenli Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniği

Winters'in (1960) geliştirmiş olduğu teknik zaman serilerinin tesadüfi unsur, doğrusal trend ve düzenli (mevsimsel ve mevsimsel olmayan) dalgalanmalar içermesi durumunda kullanılan bir öngörü tekniğidir. Üç parametrelili üssel düzeltme tekniği adı da verilen bu tekniğe ilişkin öngörü fonksiyonu aşağıdaki gibidir⁽¹⁶⁾:

$$F_{t+m} = [a_0(t) + b_1(t)m] sn_t(t-L+m) \quad (2.24)$$

Burada;

F_{t+m} : (t+m)'inci döneme ait öngörü değerini,

$a_0(t)$: t dönemine ait düzenli dalgalanmaların etkisinden arındırılmış düzeltilmiş gözlem değerini,

$b_1(t)$: t dönemine ait düzeltilmiş trend değerini,

$sn_t(t)$: t dönemine ait düzeltilmiş düzenli dalgalanma değerini,

L: serideki düzenli dalgalanmanın dalga uzunluğunu göstermektedir.

Winters'ın (2.24) nolu öngörü fonksiyonunda yer alan $a_0(t)$ nin hesaplanması aşağıdaki eşitlik yardımıyla yapılır:

$$a_0(t) = \alpha \frac{X_t}{sn_t(t-L)} + (1-\alpha)[a_0(t-1) + b_1(t-1)] \quad (2.25)$$

¹⁶ B.L.Bowman and R.T. O'Connell, a.g.e., .p.253-255.

Bu eşitlikteki $\frac{X_t}{sn_t(t-L)}$ oranı t'inci döneme ait gözlem değeri üzerindeki düzenli dalgalanmaların etkisini giderme işlevi görür.

t dönemine ait $b_1(t)$ 'nin değeri ise ;

$$b_1(t) = \beta[a_0(t) - a_0(t-1)] + (1-\beta)b_1(t-1) \quad (2.26)$$

şeklinde bulunur. Trendin düzeltilmesinde kullanılan bu eşitlik Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğindeki (2.16) nolu eşitlikle benzerlik gösterir. Ancak (2.26) nolu eşitlikte düzeltilmiş trend değeri t ve (t-1) dönemlerine ait düzenli dalgalanmaların etkisinden arındırılmış $a_0(t)$ ve $a_0(t-1)$ düzeltilmiş gözlem değerleri arasındaki farkın β ile ağırlıklandırılması suretiyle elde edilen değere (t-1) dönemine ait düzeltilmiş trend değeri $b_1(t-1)$ 'in $(1-\beta)$ ile ağırlıklandırılması suretiyle bulunan değerlerin eklenmesiyle bulunur.

(2.24) nolu öngörü fonksiyonundaki t dönemine ait düzeltilmiş düzenli dalgalanma etkisi $sn_t(t)$ 'nin değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$sn_t(t) = \lambda \frac{X_t}{a_0(t)} + (1-\lambda)sn_t(t-L) \quad (2.27)$$

t dönemine ait X_t gözlem değerinin $a_0(t)$ 'ye olan oranı bize gözlem değerindeki düzenli dalgalanma etkisinin değerini vermektedir; t dönemine ait düzenli dalgalanma değeri λ ile ağırlıklandırılmakta, bu ağırlıklı değere (t-L) dönemine ait $sn_t(t-L)$ 'nin $(1-\lambda)$ ağırlıklı değeri eklenmektedir.

Bu eşitlikte

α, β ve λ düzeltme katsayılarını ifade etmektedir.

Winters tekniğinde α, β ve λ olmak üzere üç tane düzeltme katsayısı bulunmaktadır. Bu düzeltme katsayılarından α verideki tesadüfiliğin düzeltilmesinde, β trendin düzeltilmesinde, λ ise düzenli dalgalanmaların düzeltilmesinde kullanılmaktadır.

2.3.2 Mentzer'in Tesadüfi Unsur, Trend ve Düzenli

Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniği

Mentzer tarafından geliştirilen teknik Winters'in üssel düzeltme tekniğinin geliştirilmiş bir halidir. Bu teknik de Winters'in üssel düzeltme tekniğinde olduğu gibi zaman serilerinin tesadüfi unsur, trend ve düzenli (mevsimsel ve mevsimsel olmayan) dalgalanmalar içermesi durumunda zaman serilerinin öngörü amacıyla çözümlemesinde kullanılabilen bir tekniktir.

Mentzer'in üssel düzeltme tekniğindeki öngörü fonksiyonu ve bu fonksiyonda yer alan parametrelerin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıdaki gibi gösterilmektedir⁽¹⁷⁾:

$$F_{t+m} = [a_0(t) + b_1(t)m] sn_t(t-L+m) \quad (2.28)$$

$$a_0(t) = \alpha_t \frac{X_t}{sn_t(t-L)} + (1 - \alpha_t) [a_0(t-1) + b_1(t-1)] \quad (2.29)$$

¹⁷ J. T. Mentzer, a.g.e., p.65.

$$b_1(t) = \beta[a_0(t) - a_0(t-1)] + (1-\beta)b_1(t-1) \quad (2.30)$$

$$sn_t(t) = \lambda \frac{X_t}{a_0(t)} + (1-\lambda)sn_t(t-L) \quad (2.31)$$

(2.29) nolu eşitlikten anlaşılacağı gibi bu kısımda ele alınan teknik ile Winters'in tekniği $a_0(t)$ nin hesaplanması ilkesinde farklılık göstermektedir. Farklılık α ve α_t düzeltme katsayılarından ileri gelmektedir. Winters'in tekniğinde $a_0(t)$ hesaplanırken kullanılan α sabittir. Mentzer'in tekniğinde düzeltme katsayısı olarak kullanılan α_t , t'de meydana gelecek değişikliğe bağlı olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla yapılacak uyarlama sonucu değişen değerler almaktadır:

$$\alpha_{t+1} = \left| \frac{(F_t X_t)}{X_t} \right| \quad (2.32)$$

Mentzer'in tekniğindeki düzeltme katsayıları da Winters'in tekniğinde olduğu gibi α_t verilerdeki tesadüfiliğin düzeltilmesinde, β trendin düzeltilmesinde ve λ ise düzenli dalgalanmaların düzeltilmesinde kullanılmaktadır.

2.4 TESADÜFİ UNSURUN YANINDA DÜZENLİ DALGALANMALARIN ETKİSİNİ DİKKATE ALAN - WINTERS'İN TREND İÇERMİYEN ÜSSEL DÜZELTME TEKNİĞİ

Winters'in bu tekniği zaman serilerinin tesadüfi unsur ve düzenli dalgalanmaları (mevsimsel ve mevsimsel olmayan) içermesi durumunda kullanılmaktadır.

Winters'in trend unsurunu içermeyen üssel düzeltme tekniğinin öngörü fonksiyonu $(t+m)$ 'inci ön dönem için aşağıdaki gibi gösterilmektedir⁽¹⁸⁾:

$$F_{t+m} = a_0(t) sn_t(t-L+m) \quad (2.33)$$

Burada;

F_{t+m} $(t+m)$ 'inci döneme ait öngörü değerini,

$a_0(t)$: t dönemine ait düzenli dalgalanmaların etkisinden arındırılmış düzeltilmiş gözlem değerini,

$sn_t(t)$: t dönemine ait düzeltilmiş düzenli dalgalanma değerini göstermektedir.

(2.33) nolu öngörü fonksiyonundaki $a_0(t)$ aşağıdaki gibi

$$a_0(t) = \alpha \frac{X_t}{sn_t(t-L)} + (1-\alpha)a_0(t-1) \quad (2.34)$$

olarak gösterilmektedir. (2.34) nolu eşitlikte gözlem değerleri, $(t-L)$ dönemine ait düzenli dalgalanma değerine oranlanmakta ve böylece gözlem değerlerindeki düzenli dalgalanmalar elimine edilmektedir. Ayrıca verideki düzenli

¹⁸ B.L.Bowman and R.T. O'Connell, a.g.e., .p.258-259.

dalgalanma değerleri yok edildikten sonra bu değerler α ile ağırlıklandırılmakta ve daha sonra ise $a_0(t-1)$ 'in $(1-\alpha)$ değerine eklenmektedir.

Winters'ın trend içermeyen öngörü modelinde yer alan $sn_t(t)$ aşığıdaki gibi gösterilmektedir:

$$sn_t(t) = \lambda \frac{X_t}{a_0(t)} + (1-\lambda)sn_t(t-L) \quad (2.35)$$

(2.35) nolu eşitlikte $sn_t(t)$ 'nin değeri; t dönemine ait X_t gözlem değerinin $a_0(t)$ ye olan oranı bize t dönemine ait düzenli dalgalanma değerini vermektedir ve daha sonra elde edilen bu değer λ ile ağırlıklandırılmaktadır. Bu ağırlıklı değer $(t-L)$ dönemine ait $sn_t(t-L)$ 'nin $(1-\lambda)$ ağırlıklı değeriyle toplanmak suretiyle hesaplanmaktadır.

Bu eşitliklerde yer alan α , λ düzeltme katsayılarını ifade etmektedir.

Winters'ın trend içermeyen üssel düzeltme tekniğinde α verideki tesadüfi unsurun, λ ise düzenli dalgalanmaların düzeltilmesinde kullanılmaktadır.

3. ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİNDE MODEL BELİRLEME AŞAMALARI

3.1 MODELİN DÜZELTME KATSAYISININ/KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

Üssel düzeltme tekniklerini tek değişkenli zaman serilerinin öngörü amacıyla çözümlemesinde kullanılan diğer tekniklerden ayıran en önemli özelliği düzeltme katsayıları adı verilen parametrelerin (α, β, λ) alacağı değerlerin belirlenmesi konusundaki yaklaşımlardır. (0-1) arasında değer alan düzeltme katsayılarının 0 'a yakın bir değer alması geçmiş dönem gözlem değerlerine daha fazla ağırlık (tartı) verildiğini, 1'e yakın bir değer alması ise bugünkü dönem gözlem değerlerine daha fazla tartı verildiğini gösterir.

Düzeltilme katsayılarının aldığı değerlerin belirlenmesinde genellikle simülasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu yol izlendiğinde, bir zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlemesinde hangi üssel düzeltme tekniği kullanılacaksa, o tekniğin içerdiği düzeltme katsayı/katsayılarının 0 ile 1 arasındaki alacağı değerlerin çeşitli kombinasyonları denenir. Düzeltme katsayı/katsayılarının değişik kombinasyonlarının gözlem değerlerine uygulanması sonucunda farklı öngörü değerleri elde edilir. Elde edilen bu farklı öngörü değerlerinin gözlem değerlerinden olan farkı bize öngörü hatalarını $(e_t = X_t - F_t ; t=1,2,\dots,n)$ verir. En uygun düzeltme katsayı/katsayılarının seçiminde ise elde edilen öngörü

hatalarının istatistiksel olarak anlamlandırılmasında kullanılan çeşitli istatistik ölçütlerinden faydalanılarak karar verilir. Bu ölçütlerden bazıları şunlardır⁽¹⁹⁾:

i. Ortalama hata (mean error)

$$ME = \sum_{t=1}^n e_t / n \quad (2.36)$$

ii. Ortalama mutlak hata (mean absolute error)

$$MAE = \sum_{t=1}^n |e_t| / n \quad (2.37)$$

iii. Hata kareler ortalaması (mean squared error)

$$MSE = \sum_{t=1}^n e_t^2 / n \quad (2.38)$$

iv. Hataların standart sapması (standart deviation of errors)

$$SDE = \sqrt{\sum_{t=1}^n e_t^2 / n} \quad (2.39)$$

v. Hata yüzdesi (percentage error)

$$PE_t = \left(\frac{X_t F_t}{X_t} \right) 100 \quad (2.40)$$

vi. Ortalama yüzde hata (mean percentage error)

$$MPE = \sum_{t=1}^n PE_t / n \quad (2.41)$$

vii. Ortalama mutlak yüzde hata (mean absolute percentage error)

$$MAPE = \sum_{t=1}^n |PE_t| / n \quad (2.42)$$

¹⁹ S. Makridakis, S.C. Wheelwright and V.E. McGee, a.g.e., p.43-54.

viii. Theil'in U istatistiği (Theil's U-Statistic)

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{F_{t+1} - X_{t+1}}{X_t} \right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{X_{t+1} - X_t}{X_t} \right)^2}} \quad (2.43)$$

ix. Durbin-Watson İstatistiği (Durbin- Watson Statistic)

$$D-W = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (2.44)$$

Üssel düzeltme katsayısının/katsayılarının alacağı en uygun değerlerin belirlenmesinde kullanılan, doğruluk ölçütleri adı da verilen bu ölçütler aynı zamanda birden fazla öngörü tekniğinin karşılaştırılmasında da kullanılmaktadır. Bir öngörü tekniğinin seçiminde doğruluk, önemli bir faktör olmasına rağmen, öngöründe doğruluk ölçütleriyle ilgili zorluklardan biri, evrensel tek bir doğruluk ölçütünün yokluğudur. (20).

Uygulamada genellikle (MSE) hata kareler ortalamasının değerini minimize eden düzeltme katsayısının/katsayılarının değerleri en uygun katsayı değerleri olarak belirlenmekte ve bu değerlerin gözlem değerlerine uygulanması sonucunda elde edilen model de en uygun model olarak belirlenmektedir.

Üssel düzeltme tekniklerinde kullanılan düzeltme

²⁰ Essam Mahmoud , 'Accuracy in Forecasting: a Survey ' Journal of Forecasting, Vol:3, No:2, 1984, p.140.

katsayısının/katsayılarının değerleri aynı zamanda izleyen kısımda açıklanacak başlangıç değerleri olarak da adlandırılan değerlerin belirlenmesine de bağlı olduğundan bir araştırmacı düzeltme katsayısının/katsayılarının değerlerini başlangıç değerleri ile birlikte belirlemelidir⁽²¹⁾.

3.2 BAŞLANGIÇ DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Üssel düzeltme tekniklerindeki başlangıç değerlerinin belirlenmesi, zaman serilerinin içerdiği unsurlara göre tesadüfi unsur/tesadüfi unsur ve trend içeren üssel düzeltme tekniklerinde, tesadüfi unsur, trend ve düzenli dalgalanmalar içeren üssel düzeltme tekniklerinde ve Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniğinde olmak üzere üç kısımda incelenecektir.

3.2.1 Tesadüfi Unsur/Tesadüfi ve Trend Unsuru İçeren Üssel Düzeltme Tekniklerinde Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi

Bir zaman serisi sadece tesadüfi unsur veya tesadüfi unsurun yanında trend unsurunu da içeriyorsa bu tür serilerin öngörü amacıyla çözümlenmesinde kullanılacak üssel düzeltme tekniklerinde başlangıç değer/değerlerinin belirlenmesine yönelik çeşitli yaklaşımlar vardır. Bu

²¹ Bovas Abraham and Johannes Ledolter , Statistical Methods for Forecasting, New York: John Wiley and Sonos, Inc., 1983,p.81-82
B.L.Bowerman and R.T. O'Connell, a.g.e., .p.127-128.

yaklaşımlara izleyen paragraflarda yer verilmiştir.

Başlangıç değerinin seçimiyle ilgili olarak Brown (1962) ile Montgomery ve Johnson'un (1976) önerisi, incelenen zaman serisiyle ilgili daha önce yapılmış bir çalışma var ise başlangıç değeri buradan seçilir, daha önce yapılmış bir çalışma yok ise geçmiş dönem gözlem değerlerinin $(X_t, X_{t-1}, \dots, X_{t-n})$ aritmetik ortalaması başlangıç değeri olarak alınır, şeklindedir.

Başlangıç değerlerinin seçimindeki alternatif bir başka yol Makridakis ve Wheelwright (1978) tarafından önerilen, incelenen serinin ilk gözlem değerini başlangıç değeri olarak seçmektir⁽²²⁾.

Başlangıç değerlerinin belirlenmesindeki üçüncü yaklaşım ise incelenen seri için en uygun modeli belirlerken, en küçük kareler tekniğini kullanmak ve bu teknik sonucunda elde edilen parametre değerlerini üssel düzeltme tekniklerinde başlangıç değeri olarak kullanmaktır.

Başlangıç değerlerinin belirlenmesindeki diğer bir yaklaşım ise Box-Jenkis tarafından uygulanan geri tahminleme tekniğidir. Bu teknikte serinin en son gözlem değerini, ilk gözlem değeri olarak almak suretiyle serinin gözlem değerlerinin yerleri değiştirilir ve öngörü değerleri, yeni oluşturulan seri kullanılarak elde edilir. Yeni serinin en son gözlem değerine ait öngörü değeri

²² B.Abraham and J. Ledolter, a.g.e., p.87-88.

ise, başlangıç değeri olarak belirlenir⁽²³⁾.

3.2.2. Tesadüfi Unsur, Trend ve Düzenli Dalgalanmalar İçeren Üssel Düzeltme Tekniklerinde Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi

Winters'in ve Mentzer'in tesadüfi unsur, trend ve düzenli dalgalanmalar içeren üssel düzeltme tekniğini bir zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlemesinde kullanabilmek için $b_1(0)$, $a_0(0)$ ve $sn_t(0)$ başlangıç değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerlerin hesaplanabilmesi için $z = \frac{n-L}{L}$ sayıda yılın (ayın, haftanın) gözlem değeri kullanılmaktadır. Bu formüldeki z , aylık verilerle çalışıldığında yıl sayısını, günlük verilerle çalışıldığında hafta sayısını göstermektedir. Hesaplanan z değeri kalanlı değer ise bu değer tam sayı kısmı z değeri olarak alınır. L ise dalga uzunluğunu ($L=4, L=6, L=12$ olabilir) göstermektedir. $t=1, 2, \dots, L$ ve $L=12$ olması durumunda (aylık verilerle çalışıldığında) başlangıç değerlerinin belirlenmesi işlemleri aşağıdaki gibi yapılmaktadır⁽²⁴⁾:

Yılları i harfi ile gösterirsek $i=1, 2, 3, \dots, z$ kadar yıla ait gözlem değerleri başlangıç değerlerinin

²³ S. Makridakis, S.C. Wheelwright and V.E. McGee, a.g.e., p.122.

²⁴ Douglas C. Montgomery and Lynwood A. Johnson, Forecasting, and Time Series Analysis, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976, p. 102-103.

Peter R. Winters, Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages, Management Science April, 1960, p. 335-338.

B.L. Bowerman and R.T. O'Connell, a.g.e., p.255-257.

B. Abraham and J. Ledolter, a.g.e., p.171.

hesaplanmasında kullanılmaktadır ve önce her i 'inci yıldaki gözlemlerin ortalaması olan \bar{X}_i 'ler hesaplanır.

Daha sonra $b_1(0)$ 'ın başlangıç değerleri aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$b_1(0) = \frac{\bar{X}_z - \bar{X}_1}{(z - 1)L} \quad (2.45)$$

Burada \bar{X}_z z 'inci yıldaki gözlem değerlerinin ortalaması ve \bar{X}_1 ise 1'inci yıldaki gözlem değerlerinin ortalamasıdır.

$a_0(0)$ başlangıç değerinin hesabı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak elde edilir:

$$a_0(0) = \bar{X}_1 - \frac{L}{2} b_1(0) \quad (2.46)$$

Düzenli dalgalanma değeri $sn_t(0) = sn_t$ hesaplamak için önce S_t 'ler hesaplanmalıdır. S_t , 1'inci yıldan z 'inci yılın sonuna kadar varolan her t ayı için hesaplanacaktır. S_t 'lerin hesaplanmasında kullanılan formül aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$S_t = \frac{X_t}{\bar{X}_i - [(L+1)/2 - j]b_1(0)} \quad t=1, 2, \dots, zL \quad (2.47)$$

Buradaki X_t , t dönemine ait gözlem değerini, \bar{X}_i ise i 'inci yılındaki gözlem değerlerinin ortalamasıdır. $i=1$ ise $1 \leq t \leq L$, $i=2$ ise $L+1 \leq t \leq 2L$ yi gösterir. j harfi ilgili yıl içindeki ayı ifade eder: $j=1$ ise Ocak ayı, $j=2$ ise Şubat ayı ve $j=3$ ise Mart ayı sözkonusudur.

S_t eşitliğiyle z tane yıldaki düzenli dalgalanma

değerleri elde edildikten sonra, her yılın aynı aylarına karşılık gelen düzenli dalgalanma değerlerinin (S_t) ortalaması alınır.

$$\bar{sn}_t = \frac{1}{z} \sum_{k=0}^{z-1} S_{t+kL} \quad t=1,2,\dots,L \quad (2.48)$$

Son olarak da düzenli dalgalanma değerleri normalize edilir.

$$sn_t(0) = \bar{sn}_t \left[\frac{L}{\sum_{t=0}^L \bar{sn}_t} \right] \quad t=1,2,\dots,L \quad (2.49)$$

Böylece (2.49) nolu formül yardımıyla 12 tane düzenli dalgalanma değeri (her aya ait düzenli dalgalanma değeri) elde edilir.

3.2.3 Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinde Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi

Winters'in tesadüfi ve düzenli dalgalanmalar içeren üssel düzeltme tekniğinde $a_0(0)$ ve $sn_t(0)$ başlangıç değerlerine gereksinim vardır. Bu iki başlangıç değerinin hesaplanması kısım (2.5.2.2) de yapılan açıklamadan biraz farklıdır. Şöyleki; $a_0(0)$ başlangıç değeri, m sayıda yılın gözlem değerlerinin ortalamasıdır. $sn_t(0)$ başlangıç değerlerinin hesaplanması ise bir önceki bölümde açıklandığı gibi yapılmaktadır. Ancak kullanılacak eşitlik:

$$S_t = \frac{X_t}{a_0(0)} \quad (2.50)$$

gibidir.

3.3 MODELİN UYGUNLUĞUNUN SINANMASI

Modelin uygunluğu örneklem öngörü hatalarının çeşitli gecikmelerde hesaplanan otokorelasyon katsayılarının $\pm z_c/\sqrt{n}$ limitleri arasında kalıp kalmadığı ile sınıanacaktır. Öngörü hataları belirlenen herhangi bir olasılık düzeyinde $\pm z_c/\sqrt{n}$ limitleri arasında kalıyorsa, öngörü hatalarının rassal dağıldığına ve öngörü modelinin uygun olduğuna karar verilir.

Ayrıca modelin uygunluğunu, Box-Pierce tarafında geliştirilen ve kendi adları ile bilinen Box-Pierce Q istatistiğine dayanarak da sınamak mümkündür. Q istatistiğiyle öngörü hatalarının otokorelasyon⁽²⁵⁾ katsayılarının rassal dağılıp dağılmadığına karar verilir. Q istatistiği şu şekilde hesaplanır⁽²⁶⁾:

²⁵ .Otokorelasyon aynı değişkenin farklı zaman aralıklarıyla aldığı değerler arasındaki ilişkinin derecesini belirler. Zamana göre elde edilmiş gözlem kümesindeki gözlemler arasındaki ilişkinin ölçülmesinde kullanılan bu katsayılar otokorelasyon katsayısı denir ve P(k) ile gösterilir. Ayrıntılı bilgi için bakınız:A. Özmen, Zaman Serileri Analizinde Box-Jenkins Yön., s.37-43.

²⁶ A.Özmen , a.g.e, s.64-66.

S. Makridakis, S.C. Wheelwright and V.E. McGee, a.g.e., p. 390-391.

J.E.Hanke , a.g.e.,p.363.

$$Q = n' \sum_{k=1}^K r_k^2(a) \quad \text{ve} \quad n' = n - d \quad (2.51)$$

Burada;

$r_k(a)$: örneklem öngörü hatalarının çeşitli gecikmelerde hesaplanan otokorelasyon katsayısını,

n : örneklem hacmini,

d : fark alma derecesini,

K : hesaplanan otokorelasyon katsayısı sayısını gösterir.

Q istatistiği yaklaşık olarak χ^2 dağılımı gösterir ve otokorelasyon katsayılarının sıfırdan anlamlı olarak farklı olup olmadığının sınanmasına imkan verir. Hesaplanan

Q istatistiğinin değeri ($\delta = K - p$ ve $p = \text{parametre sayısı}$) serbestlik derecesine sahip χ^2 tablo değerinden büyükse ($Q > \chi^2_{\alpha \delta}$) öngörü hatalar serisinin rassal dağılmadığını, hatalar serisi otokorelasyon katsayı değerlerinin $\pm z_c / \sqrt{n}$ limitleri arasında kalmadığını ve uygulanan modelin uygun olmadığını gösterir. Fakat hesaplanan Q istatistiği χ^2

tablo değerinden ($Q < \chi^2_{\alpha \delta}$) küçükse, öngörü hatalarının otokorelasyon katsayı değerlerinin $\pm z_c / \sqrt{n}$ limitleri arasında kaldığını, böylece hatalar serisinin rassal dağıldığını ve uygulanan modelin uygun olduğuna karar verilir.

İKİNCİ BÖLÜM

1. X İŞLETMESİNİN SATIŞ TUTARLARI ZAMAN SERİLERİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA ÇÖZÜMLENMESİNDE ÜSSEL DÜZELTME TEKNİKLERİNİN KULLANIMI

İşletmelerin satış tutarlarındaki aylık ve günlük eğilimin bilinmesi, bu eğilimi esas alarak yapılacak kısa dönemli isabetli planların yapılmasında yönetici açısından önemlidir. Bu nedenle bu bölümde, Eskişehir merkez ilçede faaliyet gösteren X işletmesinin ay ve gün zaman konumlarına göre derlenmiş bulunan satış tutarlarıyla ilgili iki zaman serisinin öngörü amacıyla çözümülemesi yapılmaya çalışılmıştır.

1.1 AYLIK SATIŞ TUTARLARI ZAMAN SERİSİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA ÇÖZÜMLENMESİ

1.1.1 Serinin Tanıtılması

Aylık satış tutarlarına ilişkin bilgiler X işletmesinin muhasebe kayıtlarından çıkarılmıştır. Satış tutarları tablo-1 de görüldüğü gibi 1986-1990 dönemine ait 54 aya ilişkin gözlem değerini içermektedir.

Tablo-1 : X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları (TL)

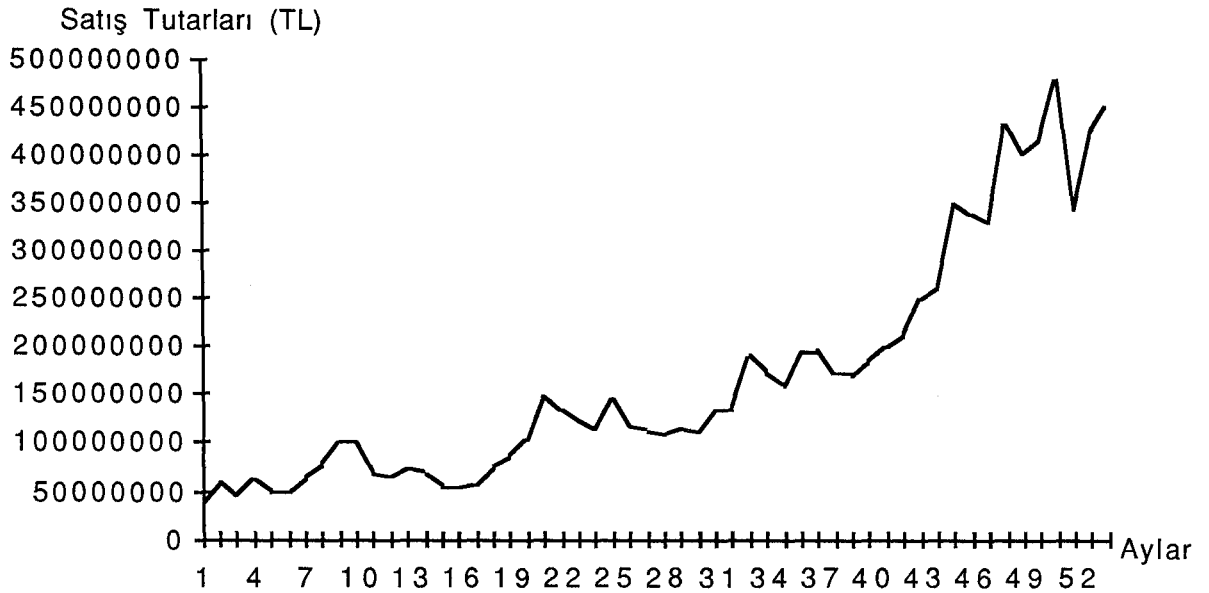
Yıllar	1986	1987	1988	1989	1990
Aylar					
Ocak		100744031	134535981	172878632	339200918
Şubat		69447693	123147859	160596926	330816404
Mart		64255062	114401159	196677148	434417500
Nisan	38686797	73732226	146227348	198159860	402045364
Mayıs	58974566	68644432	117258218	172052486	417183948
Haziran	44789173	54920518	113741282	169507197	482014749
Temmuz	61741026	54586572	108369108	185826178	344388478
Ağustos	49683728	58419747	114133059	202370813	424348494
Eylül	49961916	77662819	111110265	213970111	454676693
Ekim	65411708	88195071	135419128	252143818	
Kasım	78152271	104896478	134478590	265549164	
Aralık	100711912	149721418	191765176	351169486	

1.1.2 Serideki Unsurların Belirlenmesi

Ele alınan X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisini etkileyen unsurları belirleyebilmek için, serinin kartezyen grafiğini incelemek ve serinin otokorelasyon fonksiyonu veya bunun grafiksel gösterimi olan korelogram⁽²⁷⁾ adı verilen grafiğini incelemekle mümkün olabilir.

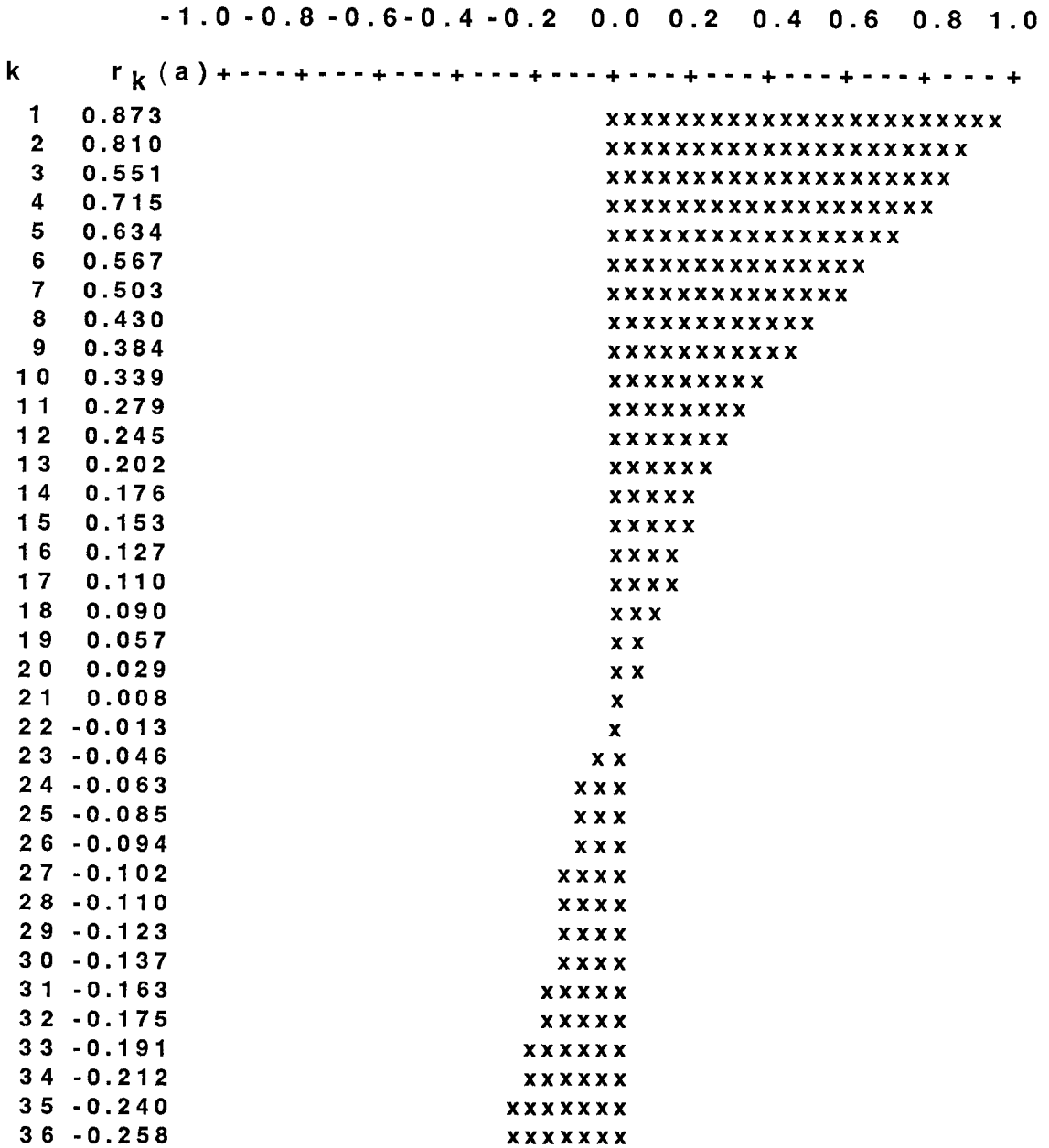
Uygulamada ele alınan 54 aylık döneme ilişkin verilerin kartezyen grafiği şekil-1 de verilmiştir.

²⁷ Korelogram, otokorelasyon katsayıları kümesinin çözümlemesiyle model belirlemede yardımcı olan ve otokorelasyon katsayıları ile k gecikme değerlerinin karşılıklı işaretlenmesiyle elde edilen grafiklerdir. Ayrıntılı bilgi için bakınız: A.Özmen, a.g.e., s.43-47.



Şekil-1 X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisinin
Kartezyen Grafiği

Serinin kartezyen grafiği incelendiğinde satış tutarlarının devamlı artma eğilimi, yani trend unsuru içerdiği görülmektedir. Ayrıca bu seri için hesaplanan ve şekil-2 de verilen 36 otokorelasyon katsayısının % 1 anlam düzeyinde $\pm z_c/\sqrt{n} = \pm 2,58/\sqrt{36} = \pm 0,43$ limitleri dışında kaldığı ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Şekil-2 deki otokorelasyon katsayılarının yüksek gecikmelerden aşağıya doğru gittikçe azalan düzgün bir seyir göstermesi bu serinin oluşumunda tesadüfi unsurların yanında trend unsurunun etkisinin var olduğu söylenebilir.



Şekil-2 X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisinin Otokorelasyon

Fonksiyonu

X işletmesinin aylık satış tutarlarından oluşan zaman serisi tesadüfi ve trend unsurunun etkisi altında olması nedeniyle bu serinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği, Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği ile Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniği kullanılabilir. İzleyen kısımlarda belirtilen bu

üç tekniğin uygulama sonuçları verilecek ve daha tutarlı öngörü veren tekniğin seçimi yapılacaktır.

1.1.3 Öngörü Amacıyla Çözümlemede Kullanılacak Modelin Belirlenmesi

1.1.3.1 Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirleme

1.1.3.1.1 Modele İlişkin Düzeltme Katsayısının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi

Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğini X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlemesinde kullanabilmek için modeldeki a_t ve b_t değerlerinin belirlenmesi gerekir. a_t ve b_t değerleri (2.12) ve (2.13) nolu formüllerdeki S'_{t-1} ve S''_{t-1} in bilinmesine bağlıdır. S'_{t-1} ve S''_{t-1} değerleri belirlenemediğinden $t=1$ için S'_t ve S''_t nin başlangıç değerleri olarak ($S'_1=S''_1=X_1=38686797$) serinin ilk gözlem değerleri alınmıştır. Başlangıç değerleri bu şekilde belirlendikten sonra (2.11), (2.12) ve (2.13) nolu eşitliklerde yer alan düzeltme katsayısı α 'nın değerinin belirlenmesi gerekir. Düzeltme katsayısı α 'nın (0-1) arasındaki en uygun değerini belirleyebilmek için α 'nın 0,01 lik artışlarla 99 farklı değeri teknikte uygulanmış ve her deneme sonunda hata kareler ortalaması hesaplanmıştır. Düzeltme katsayısı α 'nın en küçük hata kareler ortalamasını (MSE) veren değeri 0,30 ve hata kareler ortalamasının değeri de $1,08936185E+15$ olarak belirlenmiştir. Düzeltme katsayısı ($\alpha=0,30$) ve başlangıç değerleri ($S'_1=S''_1=X_1=38686797$) kullanılarak elde edilen $t=54$ dönemine ait öngörü modeli aşağıdaki gibidir:

$$F_{54+m} = a_{54} + b_{54}m$$

$$F_{54+m} = 44581403 + 12737456,6 m$$

X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel tekniğiyle (belirlenen başlangıç ve düzeltme katsayı değerlerini) elde edilen her t dönemine ait değerler tablo-2 de görülmektedir.

Tablo-2 Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinin

X İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması

Sonucunda Elde Edilen Değerler

X_t	S'_t	S''_t	a_t	b_t	F_{t+m}	E_t
386867 97	38686797	38686797				
589745 66	44773127.7	40512696.2	49733559.2	1825899.22		
447891 73	44777941.3	41792269.7	47763612.9	1279573.54	50859458.4	-6070285.4
617411 26	49866866.7	44214648.8	53519004.6	2422379.10	49043186.4	12697839.6
496831 28	49811925.1	45693821.7	53730018.5	1679182.89	57941463.7	-8257735.7
496917 16	49775922.4	47056458.9	52493385.9	1164627.22	55409201.4	-5717285.4
65411' 08	54466658.1	49280918.6	59652397	2222459.79	53658013.1	11753694.9
78152' 71	61572342.0	52968345.6	70176338	3687427.03	61874956.8	16277414.2
100711 912	73314213.0	59072105.8	87556320	6103760.23	73863765.0	26848147
10074' 031	81543158.4	65813421.6	97272895	6741315.78	93660080.2	7083951
694475 93	77914518.8	69443750.7	86385287	3630329.19	104014211	-34566518
64255' 62	73816681.8	70755620.0	76977734	1311879.34	90015616.2	-25760554.
73752' 26	73797345.1	71668144.5	75926546	912514.544	78189613.3	-4437387.3
68644' 32	72251471.2	71843142.6	72659799	174997.972	76839060.5	-8194628.5
54920' 18	67052185.2	70405855.4	63698515	-1437287.2	72834797.0	-17914279.
54586' 72	63312501.2	68277849.2	58347153	-2128006.2	62261227.6	-7674655.8
58419' 47	61844674.9	66247896.9	57341453	-1929952.2	56219146.7	2200600.3
776623 19	66590118.1	66420563.2	66759673	72666.3858	55411500.7	22251318.3
88195' 71	73071604.0	68415875.4	77727333	1995312.26	66832339.4	21362731.6
10489' 47 8	82619066.2	72676832.7	92561299	4260957.22	79722645.3	25173833
149721 41 8	102749772	81698714.5	123800930	9021882.01	96822256.2	52899162
13453' 931	112285635	90874790.7	133696479	9176076.01	132822712	1713269
12314' 85 9	115544302	98275644.1	132812960	7400853.44	142872555	-19724696
11440' 15 9	115201359	103353359	127049359	5077714.29	140213813	-25812654
14622' 34 8	124509156	109700098	139216214	6346739.15	132127073	14100275
117253 21 8	122333875	113490231	131177519	3790133.15	145664953	-26406735
113741 28 2	119756057	115369991	124142203	1879759.72	134967652	-21226370
108367 10 8	116340000	115660994	117019006	291002.572	126021963	-17652855
11413' 05 9	115677918	115666071	115689765	5077.28572	117310009	-3176950
11111' 26 5	114307622	115258536	113356708	-407534.57	115694842	-4584577
13541' 12 8	120641074	116873297	124408851	1614761.57	112949173	22469955
137473 59 0	125692329	119519007	131865651	2645709.43	126023613	11454977
19176' 17 6	145514183	127317560	163710806	7798552.72	134511360	57253816
172873 63 2	153723518	135239247	172207689	7921787.58	171509359	1369273
16059' 92 6	155785541	141403205	170167877	6163858.29	180129477	-19532551
19667' 14 8	168053023	149398150	166707896	7994945.58	176331735	20345413
198157 86 0	177085074	157704227	196465921	8306077.29	194702842	3457018
17205' 48 6	175575298	163065546	168085048	5361321.43	204771998	-32719512
169507 19 7	173754868	166272344	161237392	3206796.00	193446369	-23939172
18582' 17 8	177376261	169603519	165149003	3331175.15	184444188	1381990
20237' 81 3	184874627	174184851	195564403	4581332.58	188480178	13890635
21397' 11 1	193603272	180010378	207196166	5825526.01	200145736	13824375
25214' 81 8	211169435	189356896	232973974	9346516.72	213021692	39122126
26554' 16 4	227480554	200793992	254167115	11437097.6	242320491	23228673
35116' 48 6	264587234	219931965	309242503	19137972.4	265604213	85565273
33920' 91 8	286971339	240043778	333896900	20111811.9	328380475	10820443
33081' 40 4	300124858	258068102	342181614	18024324.0	354010712	-23194308
434417 50 0	340412651	282771466	393053836	24703365.0	360205938	74211562
402045 36 4	358902465	305610766	412194164	22839299.6	422757201	-20711837
41718' 94 8	376386910	326843609	425930211	21232843.3	435033464	-17849516
48201' 74 9	408075262	351213105	464937419	24369495.9	447163054	34851695
34438' 47 8	388968326	362539672	415396980	11326566.0	489306915	-144921437
42434' 49 4	399582376	373652482	425512269	11112811.3	426723546	-2375052
45467' 69 3	416110671	386389939	445631403	12737456.6	436625080	18051613

1.1.3.1.2 Modelin Uygunluğunun Sınanması

X İşletmesinin aylık satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinin kullanılmasının uygunluğu, örneklem öngörü hatalarının otokorelasyon katsayılarının istatistiksel olarak sıfırdan anlamlı bir şekilde farklı olup olmadığı ile test edilir.

Öngörü hatalarının otokorelasyon katsayılarının dağılımı şekil-3 te görülmektedir .Öngörü hatalarının çeşitli gecikmelerde aldığı değerlerinin tamamı $\pm 2,58/\sqrt{36}=\pm 0,43$ limitleri arasında kalmaktadır .Bu da Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği kullanılarak elde edilen modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Ayrıca modelin uygunluğu Box-Pierce Q istatistiğine dayanarak da sınamak mümkündür.

$$Q=n' \sum_{k=1}^K r_k^2(a)$$

Bu eşitlikte,

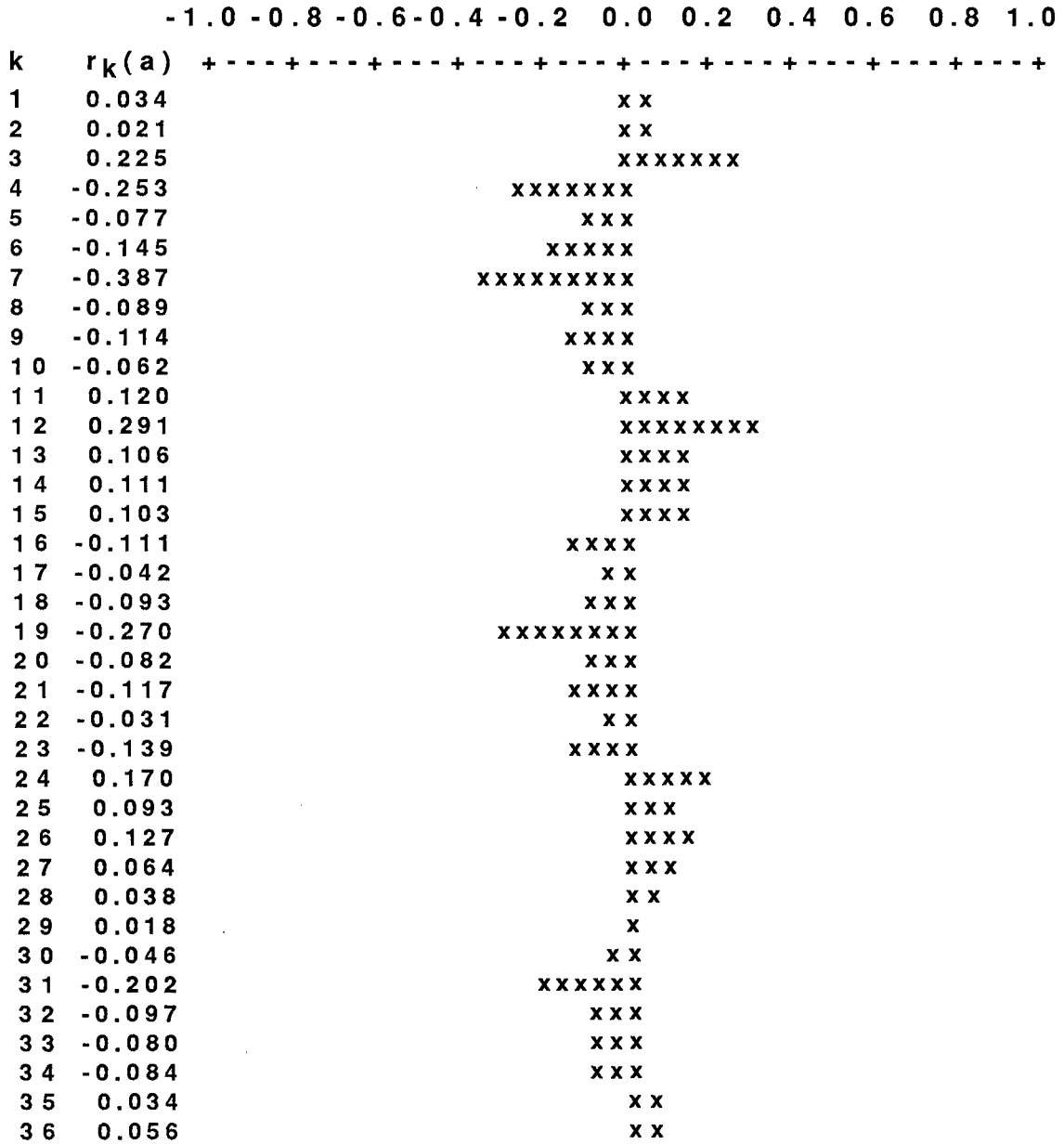
$$n'=52$$

$$K=36$$

$$r_k^2 = 0,71691 \text{ dir.}$$

$$Q = 52 \sum_{k=1}^{36} r_k^2(a) = 52 \cdot (0,71691) = 37,27932$$

Hesaplanan Q istatistiği ($K-1=35$) 35 serbestlik derecesi ve %1 anlam düzeyine sahip χ^2 tablo değeriyle karşılaştırılır. χ^2 tablo değeri $\chi^2_{0,01;35}=57,34$ dir. $37,38 < 57,34$ olduğundan öngörü hatalarının tesadüfi olarak dağıldığını ve Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinin X işletmesinin aylık satış tutarları için uygun olduğuna %99 güvenilirlikle karar verilir.



Şekil-3 Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak

Elde Edilen Öngörü Hatalarının Otokorelasyon Fonksiyonu

Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği kullanılarak 54. dönemden sonraki öngörü değerlerinin hesaplanması şu şekildedir:

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

$$m=1 \text{ için } F_{54+1} = a_{54} + b_{54}(1); F_{55} = 445831403 + 12737456,6(1)$$

$$F_{55} = 458568860$$

$$m=2 \text{ için } F_{54+2} = a_{54} + b_{54}(2); F_{56} = 445831403 + 12737456,6(2)$$

$$F_{56} = 471306316$$

Brown'ın bu modelini kullanarak hesaplanan 10 dönemin öngörü değerleri ise aşağıda verilmiştir.

Yıllar	Aylar	F_t (Öngörü Değerleri)
1990	Ekim	458568860
	Kasım	471306316
	Aralık	484043773
1991	Ocak	496781229
	Şubat	509518686
	Mart	522256143
	Nisan	534993599
	Mayıs	547731056
	Haziran	560468512
	Temmuz	573205969

1.1.3.2 Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirleme

1.1.3.2.1 Modele İlişkin Düzeltme Katsayılarının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi

Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinin bir zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde kullanabilmek için, iki başlangıç değerine gereksinim vardır. Bunlardan birincisi (t-1) dönemine ait düzeltilmiş gözlem değeri olan S_{t-1} , diğeri düzeltilmiş trend değeri olan b_{t-1} dir. t=1 için S_{t-1} 'in değeri bilinmediğinden $S_1=X_1=38686797$ olarak alınmıştır. b_t 'nin değeri b_{t-1} 'in değerine bağlı olarak hesaplanabildiği için b_{t-1} 'in değeri biliniyorsa (2.16) nolu formül kullanılarak b_t 'nin değeri hesaplanır. Aksi durumda b_t 'nin ilk değeri sıfır ($b_t=0$) olarak alınır. (28)

Holt'un tekniğinde yer alan düzeltme katsayıları α ve β 'nin (0-1) arasında 0,01'lik artışlarla aldığı değerlerin tüm ikili kombinasyonu, belirlenen başlangıç değerleriyle teknikte (uygulama sayısı 9801 dir.) uygulanmıştır. Yapılan bu uygulamalar sonunda α ve β 'nin en uygun değerleri sırasıyla 0,59 ve 0,07 olarak bulunmuştur. Belirlenen başlangıç ($S_1=38686797, b_1=0$) ve düzeltme katsayı değerlerini ($\alpha=0,59, \beta=0,07$) Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde yerine koyarsak elde edilen hata kareler ortalamasının değeri $1,0446979E+15$ ve öngörü modeli ise aşağıdaki gibidir;

²⁸ J.E. Hanke and A.G. Reitsch, a.g.e., p.86.

$$F_{54+m} = S_{54} + b_{54}m$$

$$F_{54+m} = 444279781 + 12109066,9m$$

Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinde belirlenen başlangıç ve düzeltme katsayı değerlerinin kullanılması sonucunda elde edilen değerler tablo-3 de görülmektedir.

Tablo-3 Holt'un İki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniğinin X

İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması

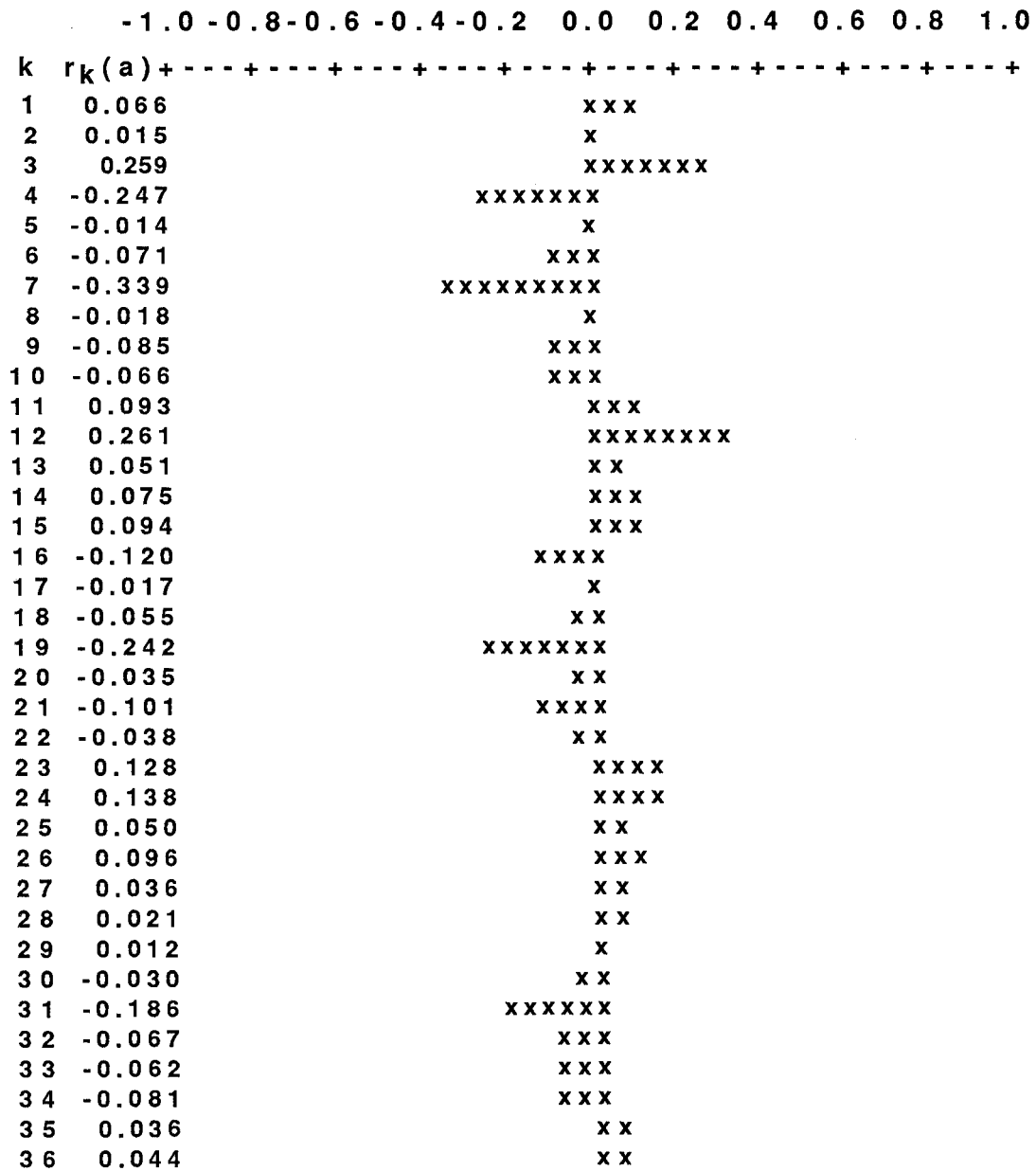
Sonucunda Elde Edilen Değerler

t	X_t	S_t	b_t	F_{t+m}	E_t
1	386867 97	386867 97	0.000		
2	589745 66	50656580.7	119697.827		
3	447891 73	47243886.3	84373.915	50776278.5	-5987105.5
4	617411 26	55831792.0	169409.233	47328260.2	14412765.8
5	496837 28	52273892.0	132136.141	56001201.2	-6317473.2
6	496917 16	50804701.9	116122.879	52406028.1	-2714112.1
7	654117 08	59470445.9	201619.090	50920824.8	14490883.2
8	781522 71	70575386.6	310652.306	59672065.0	18480206.0
9	100711 912	88483304.0	486624.957	70886038.9	29825873
10	100741 031	95916649.2	556092.159	88969929.0	11774102
11	694475 93	80527962.9	396644.374	96472741.4	-27025048.
12	642551 62	71089575.6	298294.057	80924607.3	-16669545.
13	737522 26	72782839.9	312243.759	71387869.7	2364356.3
14	686441 32	70469199.2	285984.914	73795093.7	-4450651.7
15	549205 18	61412731.1	192560.384	70755184.1	-15834666.
16	545865 72	57464247.0	151149.939	61605291.5	-7018719.5
17	584197 47	58089963.4	155895.604	57615396.9	804350.1
18	776623 19	69701865.4	270455.668	58245859.0	19416960.0
19	881951 71	80723743.6	377969.893	69972321.1	18222749.9
20	104895 478	95140624.5	518359.003	81101713.5	23794765
21	149721 418	127555820	837327.373	95658983.5	54062435
22	134535 981	132017419	873570.089	128393147	6142834
23	123147 859	127142542	816085.618	132890989	-9743130
24	114401 159	119959721	736096.552	127958628	-13557469
25	146227 348	135759421	886732.586	120695818	25531530
26	117253 218	125207272	772343.770	135646154	-19387936
27	113741 282	118758999	700137.602	125979616	-12238334
28	108369 108	112916020	634706.436	119459137	-11090029
29	114133 059	113894303	638142.202	113550726	582333
30	111111 265	112513359	617951.340	114532445	-3422180
31	135419 128	126281123	749449.467	113131310	22287318
32	137473 590	133194903	811092.772	127030572	10448018
33	191765 176	168083912	1151871.93	134005996	57759180
34	172873 632	171385064	1173364.73	167235784	3642848
35	160595 926	165501142	1102791.86	172558429	-11961503
36	196677 148	184347130	1280223.82	166603934	30073214
37	198159 860	193021532	1354165.60	185627354	12532506
38	172052 486	181205003	1222458.65	194375698	-22323212
39	169507 197	174804505	1146279.08	182427462	-12920265
40	185825 178	181777246	1204494.20	175950734	9875444
41	202371 813	194421293	1318889.73	182981740	19389073
42	213971 111	206495840	1426446.20	195740183	18229928
43	252141 818	234012990	1687353.24	207922286	44221532
44	265547 164	253311148	1863461.29	235700343	29848821
45	351161 486	311811587	2429831.17	255174609	95944877
46	339201 918	328967523	2577092.22	314241418	24959500
47	330815 404	331114970	2572795.77	331544615	-728211
48	434411 500	393118309	3167101.20	333687766	100729734
49	402045 364	399683783	3201084.93	396285410	5759954
50	417181 948	411321325	3285449.50	402884868	14299080
51	482014 749	454377480	3683156.56	414606775	67407974
52	344385 478	390992293	3012473.12	458060637	-113675159
53	424343 494	411907565	3191501.11	394004766	30343728
54	454675 693	438449866	3425009.11	415099066	39577627

1.1.3.2.2 Modelin Uygunluğunun Sınanması

Modelin uygunluğu tablo-3 de verilen ve E_t simgesi altında yer alan 52 döneme ait öngörü hatalarından $k=36$ gecikmeye ait otokorelasyon fonksiyonunun incelenmesiyle ve Box-Pierce Q istatistiği ile sınıanacaktır.

Holt'un tekniği kullanılarak elde edilen öngörü hatalarının otokorelasyon fonksiyonu şekil-4 de görülmektedir.



Şekil-4 Holt'un iki Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörü Hatalarının Otokorelasyon Fonksiyonu

Şekil-4 deki otokorelasyon fonksiyonu incelendiğinde öngörü hatalarının belirli bir eğlim göstermediği ve öngörü hatalarının tamamının $\pm z_c/\sqrt{n}=\pm 2,58/\sqrt{36}=\pm 0,43$ limitleri arasında kaldığı görülmektedir. Bundan dolayı öngörü hatalarının rassal dağıldığı söylenebilir.

Modelin uygunluğunun Q istatistiğiyle sınılanması ise şu şekildedir.

$$Q = 52 \sum_{k=1}^{36} r_k^2(a) = 52 \cdot (0,550361) = 28,618772$$

%1 anlamlılık düzeyinde ve $(K-2=34)$ serbestlik derecesine göre hesaplanan Q istatistiği χ^2 tablo değerinden küçük $(28,62 < 56,06)$ olduğundan öngörü hatalarının tesadüfi olarak dağıldığını, böylece Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğinin kullanılarak elde edilen modelin X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlemesinde uygun olduğuna %99 güvenilirlikle karar verilir.

Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniğindeki (2.14) nolu öngörü denklemini kullanarak, 54. dönemden sonraki öngörü değerlerinin hesaplanması şu şekilde yapılmaktadır:

$$F_{t+m} = S_t + b_t m$$

$$m=1 \text{ için } F_{54+1} = S_{54} + b_{54} (1); F_{55} = 444279781 + (12109066,9) (1)$$

$$F_{55} = 456388848$$

$$m=2 \text{ için } F_{54+2} = S_{54} + b_{54} (2); F_{56} = 444279781 + (12109066,9) (2)$$

$$F_{56} = 468497915$$

Bu işlemleri $m=10$ ön dönem için yapacak olursak 54. dönemden sonraki dönemlerin öngörü değerleri şu şekildedir.

Yıllar	Aylar	F_t (Öngörü Değerleri)
1990	Ekim	456388848
	Kasım	468497915
	Aralık	480606982
1991	Ocak	492716049
	Şubat	504825116
	Mart	516934132
	Nisan	529043249
	Mayıs	541152316
	Haziran	553261383
	Temmuz	565370450

1.1.3.3 Brown'ın Tek Parametrelili Karesel Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirleme

1.1.3.3.1 Modele İlişkin Düzeltme Katsayısının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi

Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniğini öngörü amacıyla kullanabilmek için (2.17) nolu öngörü fonksiyonundaki a_t , b_t ve c_t parametrelerinin değerlerinin bilinmesi gerekir. Bu parametrelerin değerleri de $(t-1)$ dönemine ait basit, ikili ve üçlü üssel düzeltmenin değerlerine bağlıdır. Bu değerler bilinmediğinden $t=1$ için basit, ikili ve üçlü üssel

düzeltilmenin değerleri olarak ilk gözlem değeri alınmıştır.

$$(S_1' = S_1'' = S_1''' = X_1 = 38686797)$$

Başlangıç değerleri belirlendikten sonra düzeltme katsayısı α nın (0-1) arasında en küçük hata kareler ortalamasını veren değeri 0,15 ve $\alpha=0,15$ değerine karşılık gelen hata kareler ortalamasının değeri de $1,16204111E+15$ olarak bulunmuştur.

Belirlenen başlangıç ve düzeltme katsayı değerlerini Brow'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniğinde kullanılması sonucunda elde edilen değerler tablo-4 de görülmektedir. Ayrıca belirlenen bu başlangıç ve düzeltme katsayı değerlerinin teknikte uygulanması sonucunda elde edilen öngörü modeli ise aşağıda verilmiştir.

$$F_{54+m} = a_{54} + b_{54}m + (1/2)c_{54}m^2$$

$$F_{54+m} = 458711799 + 17941293m + (1/2)(348168,301)m^2$$

Tablo-4 Brown'ın Tek Parametrelİ Karesel Üssel Düzeltme Tekniğinin X

İşletmesinin Aylık Satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması

Sonucunda Elde Edilen Değerler

X_t	S_t^I	S_t^{II}	S_t^{III}	a_t	b_t	c_t	F_{t+m}	E_t
38086797	38086797	38686797	3861e747					
58974366	41729962.4	39143271.6	38755209.3	46515339.3	1266717.50	66471.2183		
44789.73	42188844.0	39600107.7	3881994.3	4664203.3	1146183.01	58254.6924	47810292.4	-3027119.4
6174126	45121671.3	40428342.2	3911940.5	53193933.5	2073412.41	105226.300	47823513.6	13917512.4
49683729	45805979.8	41234587.6	39412102.7	53145077.7	1826726.46	80204.0146	55319959.1	-5636231.1
49671726	46388870.2	42008070.2	39818497.8	52960897.8	1580576.26	68238.9218	55014906.2	-5322990.2
65411708	49242295.9	43093204.1	40319703.7	58756979.7	2325394.97	104810.805	54579593.6	10836114.4
78152271	53578792.2	44666042.3	40953154.5	67701404.5	3492735.45	102244.840	61134780.1	17017490.4
100711912	60648760.2	47063450.0	41878158.8	82634129.8	5492931.16	261593.533	71275262.4	29436050
10074031	6663050.9	50003390.1	43076977.5	93075960.5	6534130.15	303734.382	68257057.8	12485173
67447341	67888747.3	52964971.1	44817189.0	88888881.0	9948117.88	201423.131	99451957.9	-38314264
64255162	66568054.5	54678778.6	46041419.0	81078767.0	3344894.42	104037.378	63110270.6	-28655209
7375225	67721154.2	56535141.1	47610478.0	81888380.0	2723379.75	64818.3737	65372600.9	-11620454
6964432	67859679.9	58319821.9	49213729.6	77956303.6	1051635.91	14193.3924	81044427.0	-14949955
54620118	65918805.6	59458819.4	50767493.1	79147452.1	317721.694	-69488.093	79715036.2	-24774518
54586172	64218970.6	60172842.1	52178295.4	69310001.4	-741017.12	-122961.10	70436429.8	-15043957
59419747	63349087.1	60649278.9	53462942.9	61544366.9	-1182062.2	-160154.35	63516183.7	-5094436.7
77662119	65496146.9	61375305.1	54818047.9	66701561.9	-237899.45	-81542.597	60296227.2	17366591.8
88195171	68900985.6	62505010.5	55818952.3	75006017.3	1021489.45	-9060.4973	66118500.0	21476171.0
10439478	74300309.5	64274205.3	57036524.3	87166537.3	2815214.42	88387.5456	76022972.6	28873585
149721418	85613475.8	67475180.9	58644822.3	113059707	6630962.90	269866.544	90623945.5	59697473
134531981	92951851.6	71296631.5	60542601.6	125503112	7836684.40	339480.330	119235603	14700378
12314859	97481252.9	75224367.2	6274866.5	129515523	7530770.42	304486.054	133516530	-10368677
11440.159	100019239	78943598.0	65174676.2	128401599	6411845.37	227544.086	137198536	-22777377
146227348	106950455	83144626.6	6787108.8	139287654	7344941.91	265082.828	134927210	11300132
117251218	108496620	86947425.6	70731757.3	135379340	5769267.94	166095.975	146765437	-29507219
113741282	109283319	90297809.7	73656665.2	130623193	4217995.94	73319.3315	141230656	-27484374
108367198	109146187	93125036.3	76593423.3	124643787	2636175.67	-16147.703	134877849	-26508741
114130659	109894210	95640435.1	79443677.4	122300014	1799360.13	-69508.100	12776889	-13143630
11111265	110076625	97905497.0	82186065.9	119010280	935664.910	-103923.52	123974120	-12603855
13541128	113878001	100216687	84970904.1	125884790	1801092.87	-51526.242	119893493	15525145
137473590	117418099	102796897	87535221.5	131448790	2362609.92	-18380.759	127600060	9818510
191763176	128570152	106662885	90468071.1	156168672	5963283.92	177236.256	133802214	77902962
172871632	135216424	110945916	93521727.0	166333252	6809482.57	213207.191	162220574	10658056
160592926	139023499	115157554	96797101.7	168164937	6229422.23	170517.074	173245639	-12646913
17667148	147671546	120034653	100857214	183167913	7773410.11	244758.706	174679618	21997530
148157860	155244793	125316174	104716075	193001932	8461234.85	268708.235	191063702	7090156
172752496	157765547	130183640	107741210	190688131	6835275.34	166293.747	202397521	-30345035
169507177	159527135	134585164	111737803	186763716	5247116.35	71458.4429	197065553	-22099356
13592178	163471992	138918188	115184861	189646273	4930190.33	50464.6316	192046561	-220383
202370813	169306815	143476482	120108604	197599603	5465738.80	76685.4498	194601695	7759118
21377111	176006310	149355957	124145707	207296766	6220696.52	113359.609	203103685	10866420
252141818	187426937	154216604	128926342	228457341	6742437.41	243531.623	213574343	38569475
265547164	199145271	160955904	133645777	248213878	10748430.9	338795.861	237321544	28227620
351167486	221948903	170104854	13514638	244646765	16833839.2	649427.325	259131705	92037777
339200918	239536706	180519632	145325307	322370609	19193779.2	741887.406	311805338	27395580
33081404	253228661	191425986	15240477	337648502	19241053.5	704340.609	341941332	-11124925
434417500	280406987	204773136	160120375	387021928	24764056.4	966809.031	357261720	77175774
402041364	278652744	218859078	168930581	408323579	29090968.6	930306.311	412268389	-10223026
417181948	316432424	233491680	178914746	427436978	24978456.4	673959.491	433379298	-15095359
44201749	341269772	249658354	189271273	464105433	27073237.3	972382.328	45252414	29162335
344381478	341737126	263470204	200901130	435201900	17412401.2	473289.446	492844861	-14787939
424341494	354128833	277062998	211011311	463028821	17981194.8	370343.109	494809960	-30512572
454675693	369211012	290890300	223749659	459111799	17941293.3	348106.301	461247188	-6573495

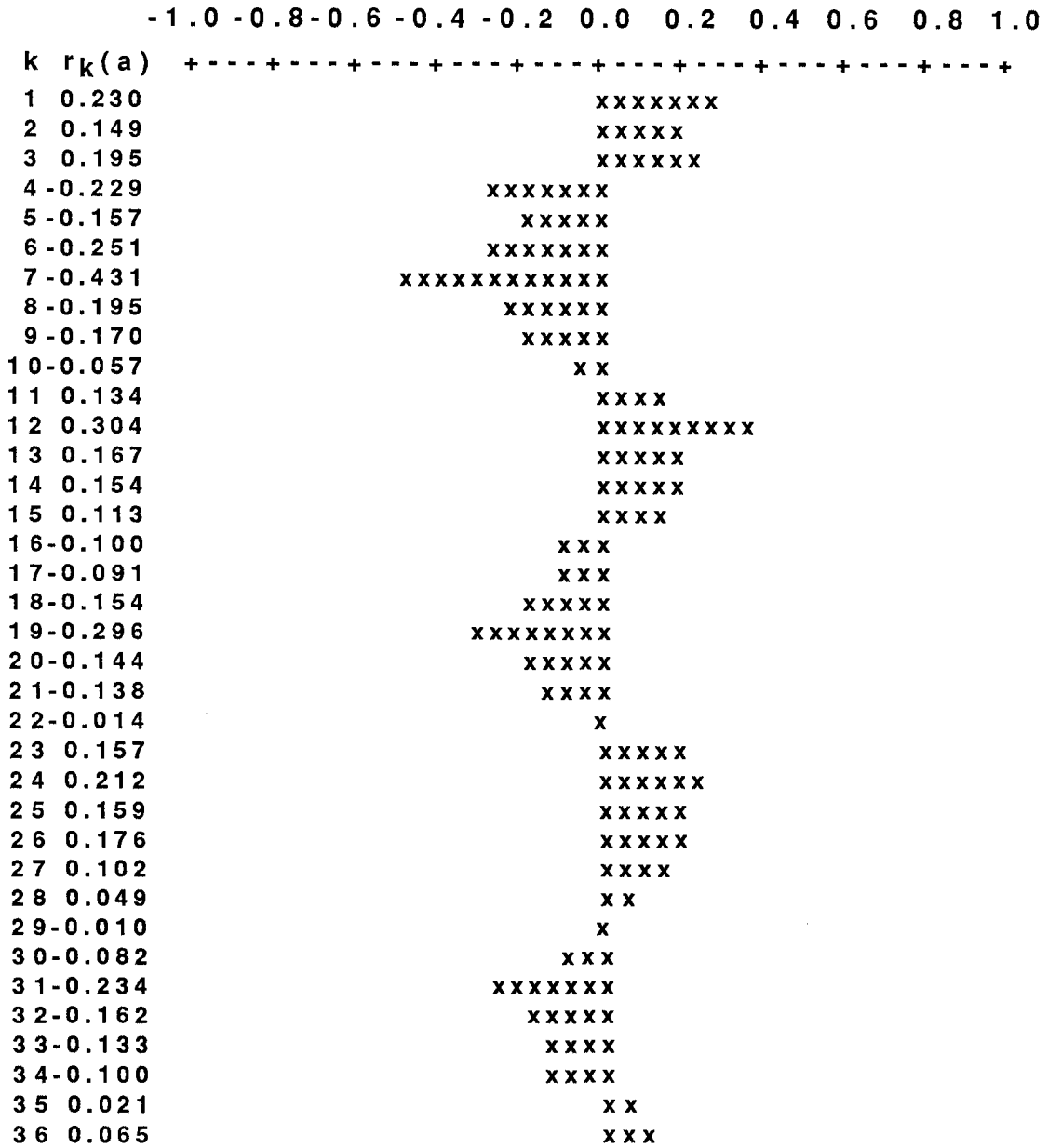
1.1.3.3.2 Modelin Uygunluğunun Sınanması

Brown'ın iki parametrelili karesel üssel düzeltme tekniği kullanılarak elde edilen öngörü hatalarının otokorelasyon fonksiyonu şekil-5 de verilmiştir; görüldüğü gibi öngörü hatalarının k=7 dönemi dışındaki otokorelasyon katsayılarının tamamı $\pm 2,58/\sqrt{36}=\pm 0,43$ limitleri içinde kalmaktadır. Bu da modelin ele alınan seri için uygun olduğunu göstermektedir. Ancak modelin uygunluğunun sınanması daha sağlıklı olarak Q istatistiğinin kullanılmasıyla yapılır.

Q istatistiğinin değeri :

$$Q = 52 \sum_{k=1}^{36} r_k^2(a) = 52 \cdot (1,112321) = 57,840692$$

olarak bulunur. Bu değer 35 serbestlik derecesinde $\chi^2_{0,01;35}=57,34$ tablo değeri ile karşılaştırılır. $Q=57,84 > \chi^2_{0,01;35}=57,34$ eşitsizliğinden öngörü hatalarından oluşan serinin tesadüfi seri özelliğine sahip bir seri olmadığını ve elde edilen modelin uygun olmadığına, $\alpha=0,01$ anlamlılık düzeyinde karar verilir.



Şekil-5 Brown'ın Tek Parametrelili Karesele Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak

Elde Edilen Öngörü Hatalarının Otokorelasyon Fonksiyonu

1.1.4 Kullanılan Modellerinin Karşılaştırılması ve Daha Uygun Olanın Belirlenmesi

X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde üç üssel düzeltme tekniği kullanılmıştır. Ancak Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniğini kullanılarak elde edilen modelin uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle bu kısımda diğer iki öngörü modelinin karşılaştırılması ve daha uygun olanın belirlenmesine çalışılacaktır.

Uygun modelin belirlenmesinde iki yol izlenecektir. Önce iki tekniğe ilişkin belirlenen başlangıç ve düzeltme katsayı değerlerinin X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisine uygulanması sonucunda elde edilen istatistik ölçütleri incelenecektir. Daha sonra ise gözlem değerleri ve öngörü değerleri aynı kartezyen grafikte karşılaştırılacaktır.

Modellerin uygunluğunun sınanmasında kullanılan istatistik ölçütleri tablo-5 de verilmektedir.

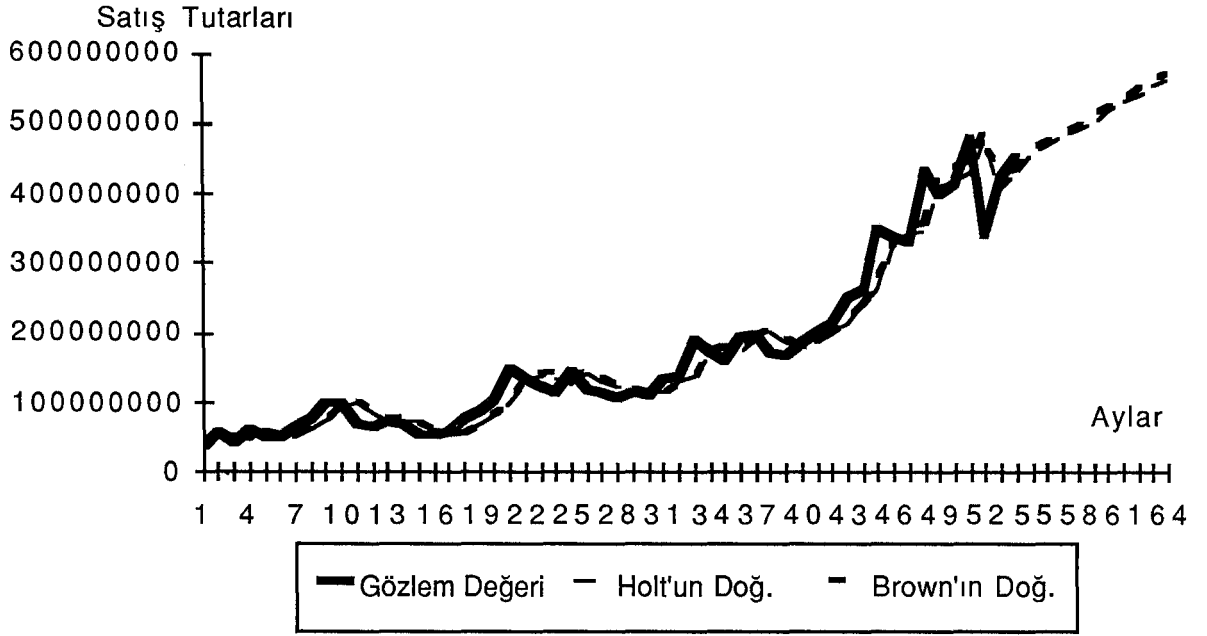
Tablo-5 Tesadüfi Unsurların Yanında Trend Unsurunun Etkisini Dikkate Alan Üssel Düzeltme Tekniklerinin Değerlendirilmesi

	Brown'ın Tek Par. Doğ. Üssel Düz.Tek.	Holt'un İki Par. Doğ.Üssel.Düz.Tek.
α	0.3	0.59
β	-	0.07
ME	2331529.27	5248268.54
MAE	22501588.8	21723049.2
MAPE	15.13	14.09
SDE	33327494.28	32637128.39
MSE	1.08936185E+15	1.0446979E+15
D-W	1.92	2.06
U	1.076	1

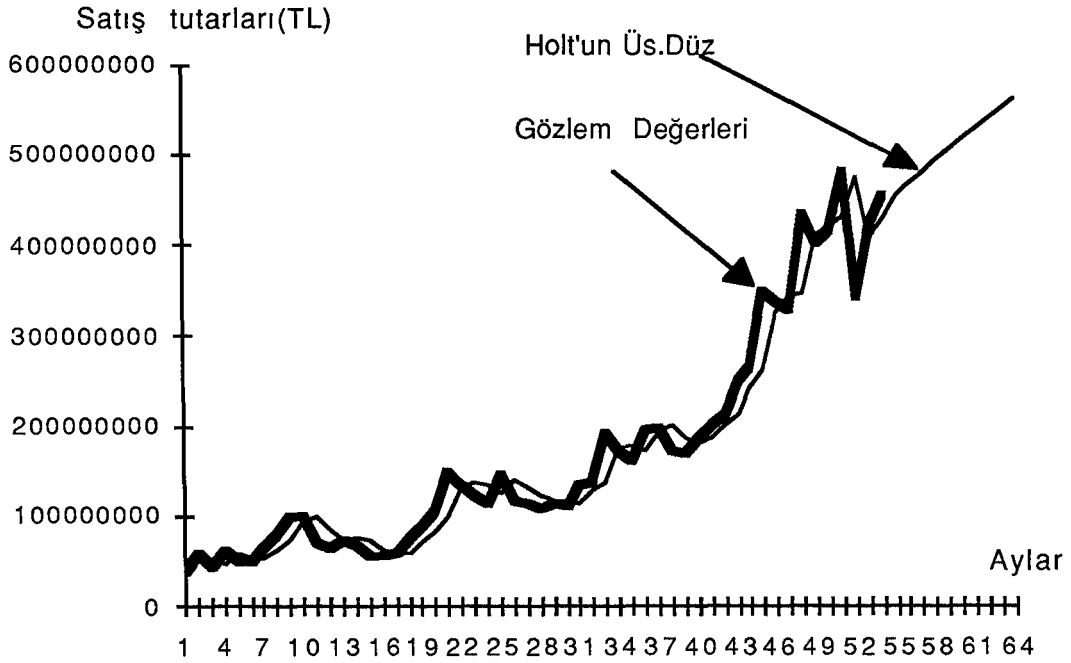
Öngörü modellerinin değerlendirilmesinde kullanılan tablo-5 deki istatistik ölçütleri X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde en uygun modelin Holt'un öngörü modeli olduğunu göstermektedir. Holt'un öngörü modeli için hesaplanan ME (Ortalama Hata) dışındaki tüm ölçüt değerleri diğer modelin ölçüt değerlerinden daha düşük değerler almaktadır. Burada ortalama hata (ME) ölçütü yerine, öngörü hatalarının mutlak değerinden faydalanılarak hesaplanan ortalama mutlak hata (MAE) ölçütünün incelenmesi daha doğrudur. Çünkü MAE; öngörü hatarındaki pozitif ve negatif değerlerin toplamı alındığında birbirlerini etkilemesini önlemekte ve böylece öngörü hatalarının gerçek ortalama değerini vermektedir. Ayrıca MAPE ölçütüne baktığımızda Holt'un modelinin %14,09 hata içerdiğini ve SDE ile MSE değerlerindeki diğer modele göre daha küçük olduğu görülmektedir. Durbin-Watson istatistiği ise Holt'un modelinde ($d=2$ olduğu için) öngörü hatalarının otokorelasyon içermediği söyleyebilir. Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği kullanılarak elde edilen Theil'in U istatistiği ($U=1$), Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği kullanılarak elde edilen Theil'in U istatistiğinden ($U=1,076$) küçük olduğu için Holt'un öngörü modelinin daha tutarlı olduğu söylenebilir.

Gözlem değerleri ve öngörü değerleri aynı kartezyen grafikte ve ayrıca gösterildiğinde Holt'un öngörü modelinin diğer modellere göre daha uygun olduğu görsel olarak görülmektedir. Bu grafikler şekil-6,7 ve 8 de

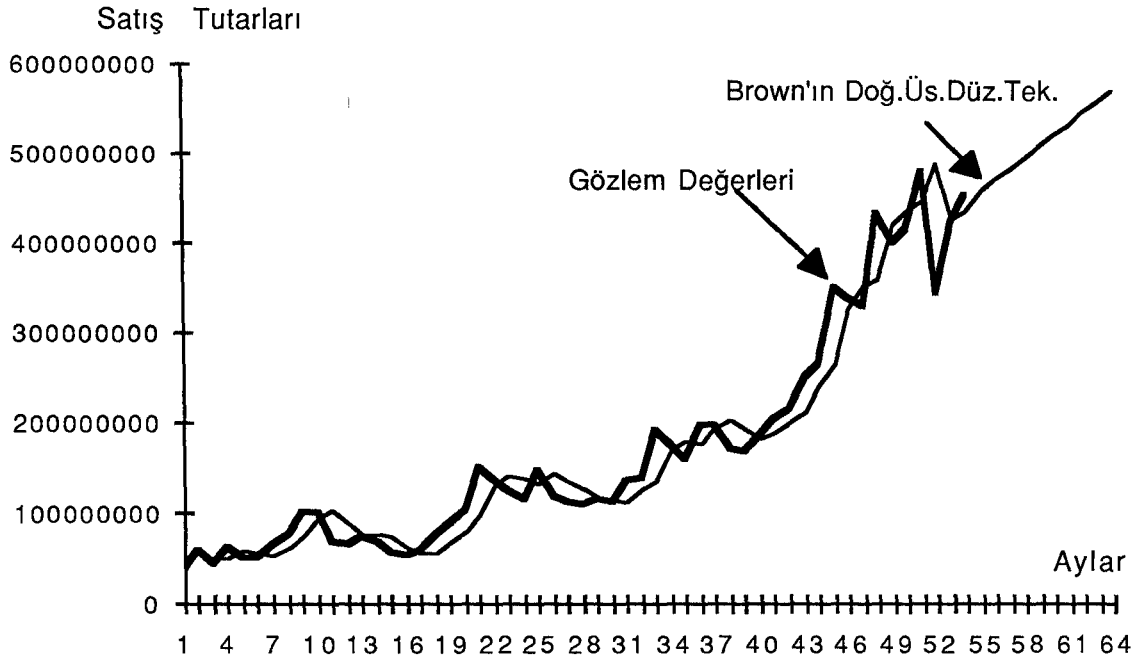
gösterilmiştir.



Şekil-6 Aylık Satış Tutarları ve Öngörü Değerlerinin Karşılaştırmalı
Kartezyen Grafiği



Şekil-7 Aylık Satış Tutarları ve Holt'un İki Parametrelili Doğrusal
Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörülerin
Karşılaştırmalı Kartezyen Grafiği



Şekil-8 Aylık Satış Tutarları ve Brown'ın Tek Parametrelili Doğrusal Üssel Düzeltme Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörülerin Karşılaştırmalı Kartezyen Grafiği

1.2 GÜNLÜK SATIŞ TUTARLARI ZAMAN SERİSİNİN ÖNGÖRÜ AMACIYLA
ÇÖZÜMLENMESİ

1.2.1 Serinin Tanıtılması

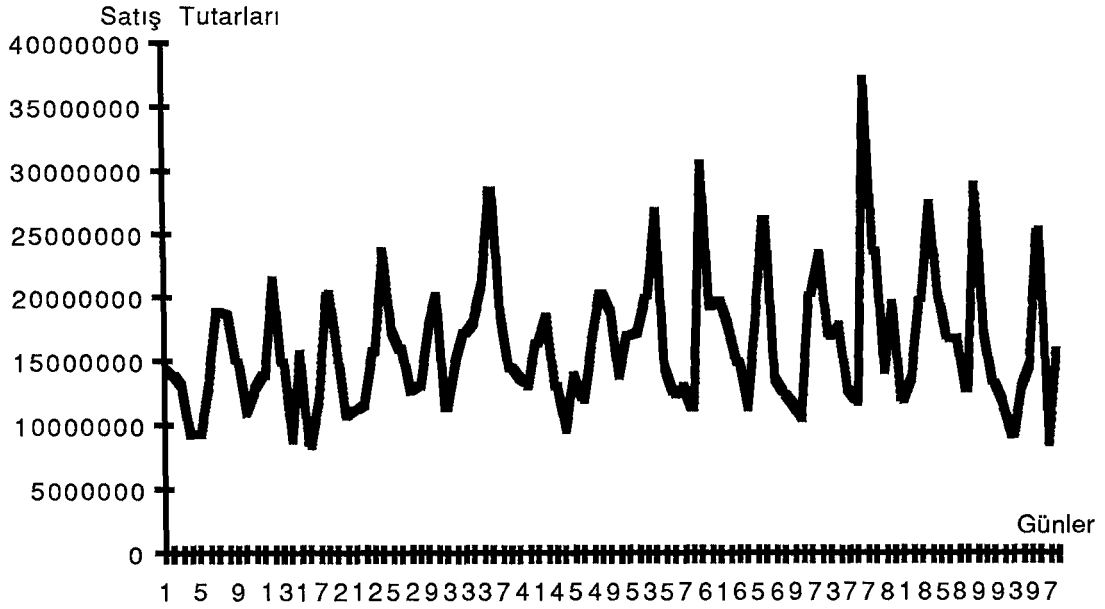
X işletmesinden elde edilen günlük satış tutarları işletmenin 9.7.1990-31.10.1990 dönemi muhasebe kayıtlarından alınmıştır ve 99 güne ait olup tablo-6 da verilmiştir.

Tablo-6 X İşletmesinin Günlük Satış Tutarları (TL)

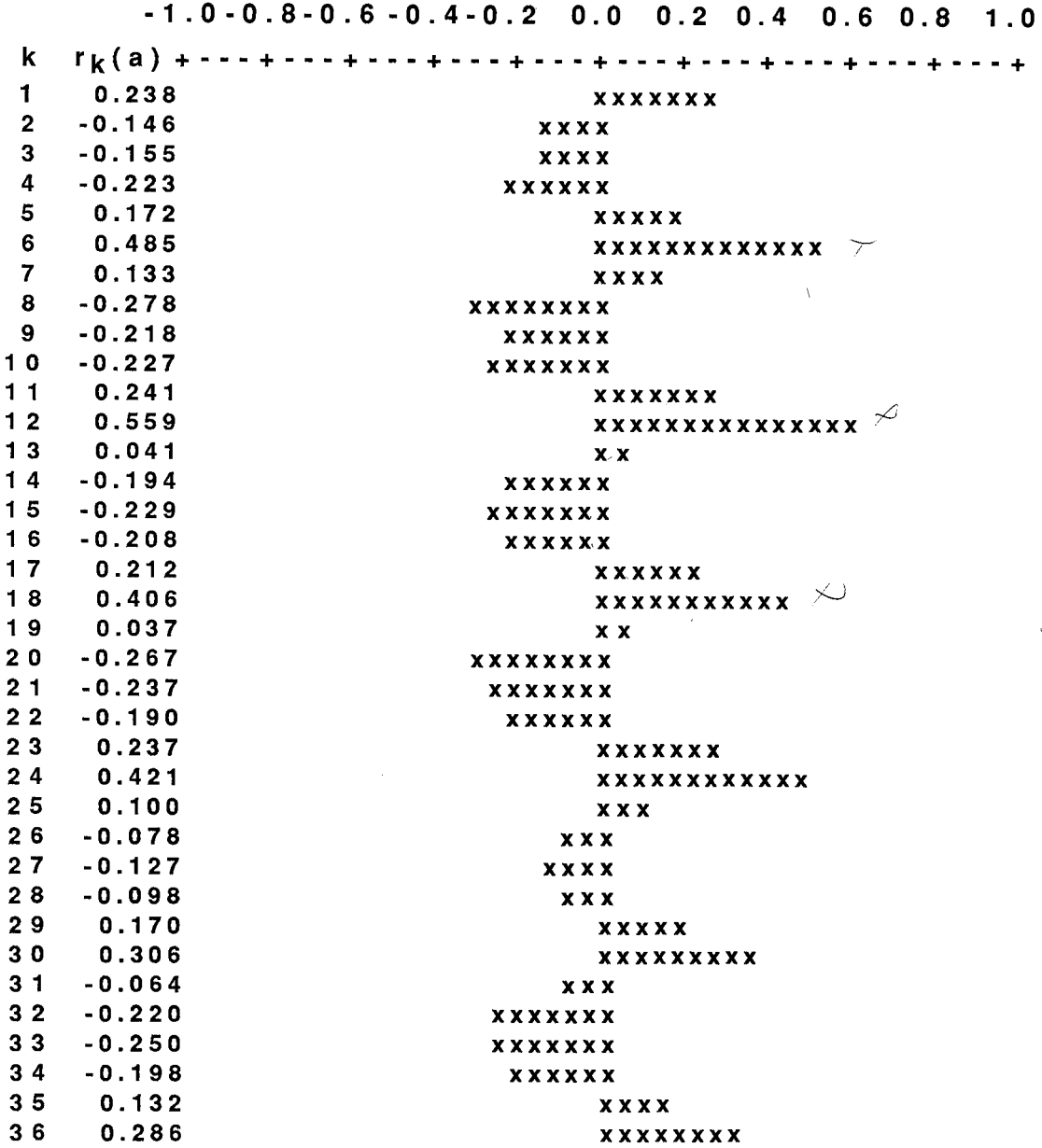
GÜNLER	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM
Pazartesi				23375403
Salı				16994132
Çarşamba		10694684		17738676
Perşembe		11224832		12809179
Cuma		11728648		11778770
Cumartesi		15745018	16480517	37189082
Pazartesi	14584406	23622976	20378297	23675126
Salı	13798938	17427293	18814248	14245873
Çarşamba	12914461	15907344	13791070	19455209
Perşembe	9286133	12590756	16952355	12080014
Cuma	9410098	13124012	17280018	13746942
Cumartesi	13328603	17553210	20050808	19911402
Pazartesi	18951168	20191628	26707424	17446387
Salı	18664729	11450722	14457682	20278262
Çarşamba	14953947	14992427	12416786	16839839
Perşembe	11043400	17285906	13022436	16725477
Cuma	12745419	18180337	11361107	12747579
Cumartesi	13808633	21035410	19770051	28910025
Pazartesi	21355865	28511343	30452233	17126283
Salı	14825402	18431981	19198696	13191072
Çarşamba	8841162	14461567	17612691	11537981
Perşembe	15533445	13577691	14848886	9255573
Cuma	8523578	12968001	11393414	13111627
Cumartesi	12048977	16369322	18358801	14817789
Pazartesi	20290190	18517463	26148151	25366152
Salı	15560373	13028766	13722801	8717536
Çarşamba		9784632	12488063	15861788
Perşembe		13886296	11617443	
Cuma		12056228	10546569	
Cumartesi			20224223	

1.2.2 Serideki Unsurların Belirlenmesi

Günlük satış tutarlarına ilişkin verilerin şekil-7 deki kartezyen grafiği ve şekil-8 deki otokorelasyon fonksiyonu incelendiğinde dalga uzunluğu $L=6$ olan düzenli dalgalanmalar gözlenmektedir.



Şekil-7 X İşletmesinin Günlük Satış Tutarları Zaman Serisinin Kartezyen Grafiği



Şekil-8 X İşletmesinin Günlük Satış Tutarları Zaman Serisinin Otokorelasyon Fonksiyonu

X işletmesinin günlük satış tutarları incelendiğinde haftanın pazartesi günlerinde düzenli olarak artma olduğu görülmektedir. Seri gözlenen düzenli dalgalanmaların ve tesadüfi unsurun etkisi altında olduğu için X işletmesinin günlük satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniği kullanılmıştır.

1.2.3 Öngörü Amacıyla Çözümlemede Kullanılacak Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinde Model Belirleme

1.2.3.1 Modele İlişkin Düzeltme Katsayılarının Seçimi ve Başlangıç Değerlerinin Belirlenmesi

Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniğini kullanabilmek için $a_0(t-1)$ ve $sn_t(t-L)$ başlangıç değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Uygulamada $z=(96-6)/6=15$ haftalık gözlem değerleri başlangıç değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

$a_0(t-1)$ 'in değeri 15 haftalık gözlem değerlerinin ortalamasıdır ($a_0(t-1)=16430662$).

S_t 'nin değeri ise $t=1, \dots, L$ ye kadar ($L=6$) gözlem değerlerinin her birinin $a_0(t-1)$ 'e olan oranıdır. S_t 'nin hesaplanması (2.50) nolu formülde gösterildiği gibi:

$$S_t = \frac{X_t}{a_0(0)}$$

şeklindedir. Burada $a_0(0) = a_0(t-1)$ dir.

S_t ler belirlendikten sonra (2.48) ve (2.49) nolu formüller yardımıyla hesaplanan düzenli dalgalanmaların ($sn_t(0)$) değerleri aşağıda verilmektedir.

$$sn_1(0)=1,3967$$

$$sn_2(0)=0,9775$$

$$sn_3(0)=0,8635$$

$$sn_4(0)=0,8216$$

$$sn_5(0)=0,7612$$

$$sn_6(0)=1,1795$$

Başlangıç değerleri bu şekilde belirlendikten sonra bu teknikteki düzeltme katsayıları α ve λ nin hata kareler ortalamasının en küçük veren değerleri sırasıyla 0,11 ve

0,01 olarak bulunmuştur. $\alpha=0,11$ ve $\lambda=0,01$ değerlerine karşılık hesaplanan hata kareler ortalamasının değeri ise $1,34051035E+13$ dür. Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniğinin öngörü modeli ise aşağıdaki gibidir:

$$F_{99+m} = a_0(99) s_{99}(99-6+m)$$

X işletmesinin günlük satış tutarları zaman serisine Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniği belirlenen başlangıç ve düzeltme katsayı değerleriyle uygulanması sonucunda elde edilen değerler tablo-7 de görülmektedir.

Tablo-7 Winters'in Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinin X İşletmesinin Günlük Satış Tutarları Zaman Serisine Uygulanması Sonucunda Elde Edilen Değerler

t	X_t	$a_o(t)$	$sn_t(t)$	F_{t+m}	E_t
1	14584 06	15771914.3	1.3919801	22948705.6	-8364299.6
2	137987 38	15589825.4	C.9765762	15417046.2	-1618108.2
3	12914 61	15520098.9	C.8631861	13461814.2	-547353.20
4	928513 3	15056162.9	0.8195517	12751313.3	-3465180.3
5	941009 8	14759825.8	C.7599635	11460751.2	-2050653.2
6	13228 03	14369942.6	1.1769108	17409214.5	-4180611.5
7	189511 68	14286848.3	1.3913250	20002673.7	-1051505.7
8	186647 29	14817660.5	0.9794068	13952196.7	4712532.30
9	149537 47	15093371.9	0.8644619	12790398.9	2163548.10
10	110434 00	14915343.1	0.8187602	12369798.0	-1326398.0
11	12745 19	15119475.8	0.7607936	11335116.0	1410303.00
12	13808 33	14746957.8	1.1745054	17794273.6	-3985640.6
13	213553 65	14813215.4	1.3918286	20517811.5	838053.50
14	14825 02	14848845.4	C.9795969	14508163.3	317238.70
15	88411 2	14340481.9	C.8619824	12826260.9	-3995098.9
16	155334 45	14849939.0	0.8210329	11741415.8	3792029.20
17	852357 8	14448834.5	0.7590849	11297739.2	-2774161.2
18	120487 77	13987927.1	1.1713742	16970233.6	-4921256.6
19	20290 90	14052844.1	1.3923488	15468796.3	821393.70
20	155603 73	14254322.4	0.9807172	13766122.5	1794250.50
21	106946 84	14051125.6	0.8609739	12286975.6	-1592291.6
22	112243 32	14009377.7	0.8208349	11526436.0	-311604.00
23	11728 48	14167960.2	0.7597722	10624306.5	1094341.50
24	15745 18	14088048.9	1.1708366	16595982.3	-850964.30
25	23622 76	14404654.1	1.3948248	19615477.3	4007498.70
26	17427 93	14774836.4	C.9827052	14126891.8	3300401.20
27	15907 44	15181963.2	0.8628419	12720748.3	3186595.70
28	12590 56	15199233.1	0.8209104	12461885.4	128870.60
29	13124 12	15427414.8	0.7606815	11547956.3	1576055.70
30	17553 10	15379521.9	1.1705416	18062981.3	-509771.30
31	20191 28	15280145.9	1.3940908	21451738.6	-1260110.6
32	11450 22	14881076.8	0.9805730	15015879.8	-3565157.8
33	14992 27	15155478.3	C.8641059	12840017.1	2152409.90
34	17285 06	15804645.2	0.8236385	12441289.4	4844616.60
35	18130 37	16695141.3	0.7639643	12022301.5	6158035.50
36	21035 10	16835448.9	1.1713309	19542356.7	1493053.30
37	28511 43	17233221.9	1.3966942	23470145.1	5041197.90
38	18431 81	17405254.3	0.9813572	16898432.6	1533548.40
39	14461 67	17331622.3	0.8638089	15039983.5	-578416.50
40	13577 92	17238495.3	0.8232785	14274991.4	-697299.40
41	12968 01	17209468.6	0.7638600	13169595.0	-201594.00
42	16369 22	16853674.6	1.1693302	20157981.5	-3788659.5
43	18517 63	16458157.4	1.3939786	22529431.9	-5021968.9
44	13028 66	16108150.1	0.9796319	16151331.2	-3122565.2
45	97846 2	15582257.8	C.8614502	13914363.5	-4129731.5
46	13886 96	15723587.1	C.8238772	12828537.9	1057758.20
47	12056 28	15730154.9	0.7638858	12010619.9	45608.10
48	16480 17	15550175.8	1.1682351	18393744.4	-1913227.4
49	20378 97	15447724.7	1.3932206	21676612.9	-1298315.9
50	18814 48	15861071.8	0.9816975	15133084.4	3681163.60

51	13791070	15877358.5	0.8615217	13663522.8	127547.20
52	16952355	16394243.5	C.8259785	13080993.9	3871361.10
53	17280118	17079209.2	0.7663646	12523330.6	4756687.40
54	20050108	17088462.8	1.1682862	15752532.2	98275.80
55	26707424	17317368.2	1.3947207	23808169.8	2899254.20
56	14457382	17032452.7	0.9803685	17000417.3	-2542735.3
57	12416786	16744271.3	0.8603220	14673826.9	-2257040.9
58	13022336	16636668.6	0.8255466	13830414.4	-807978.40
59	11361107	16437349.6	0.7656127	12749753.3	-1388646.3
60	19770051	16450690.3	1.1685921	15203530.7	566520.30
61	30452233	17078446.7	1.3986042	22999506.3	7452326.70
62	19198596	17353962.5	C.9816282	16743177.2	2455518.80
63	17612391	17696969.5	0.8616711	14929995.4	2682695.60
64	14848386	17728843.4	0.8256667	14509673.6	239212.40
65	11393414	17415628.3	0.7644986	13573427.4	-2180013.4
66	18358301	17228029.9	1.1675625	20351765.1	-1992964.1
67	26148151	17389494.5	1.3996550	24095195.7	2052955.30
68	13722301	17014409.7	C.9798772	17070017.6	-3347216.6
69	12488063	16737037.1	0.8605158	14560825.8	-2172762.8
70	11617443	16443704.6	0.8244750	13819214.6	-2201771.6
71	10546569	16152391.8	C.7633830	12571189.5	-2024620.5
72	20224223	16281020.9	1.1683088	18858927.1	1365295.90
73	23375403	16327200.2	1.3999752	22787811.5	587591.50
74	16994132	16438951.7	C.9804162	15998652.6	995479.40
75	17738576	16898207.5	0.8624080	14145977.0	3592699.00
76	12809179	16748382.7	0.8238782	13732150.2	-1122971.2
77	11778770	16603327.4	0.7628434	12785431.5	-1006661.5
78	37189082	18278432.0	1.1769716	19397814.2	17791267.8
79	23675126	18128025.9	1.3990355	25589352.4	-1914226.4
80	14245373	17732290.8	C.9786459	17773010.9	-3527137.9
81	19455209	18263247.6	0.8644366	15292469.0	4162740.00
82	12080114	17867151.9	0.8224005	15046693.3	-2966679.3
83	13746742	17884037.8	0.7629017	13529839.7	117102.30
84	19911402	17777717.2	1.1764021	21049005.1	-1137603.1
85	27446387	17980156.9	1.4003099	24871656.8	2574730.20
86	20278262	18281620.3	0.9799516	17596207.4	2682054.60
87	16839339	18413520.4	0.8649376	15303300.8	1036538.20
88	16725477	18625145.7	0.8231566	15143288.9	1582188.10
89	12747579	18414406.4	0.7621952	14209155.7	-1461576.7
90	28910025	19092066.4	1.1797805	21562746.5	7247278.50
91	17126283	18337277.8	1.3956464	26734810.2	-9608527.2
92	13191072	17800880.8	0.9775625	17969645.3	-4778573.3
93	11537081	17310147.5	0.8629536	15396650.2	-3858669.2
94	9255573	16642871.4	C.8204862	14248961.8	-4993388.8
95	13111527	16704425.0	0.7624226	12685118.6	426508.40
96	14817089	16248514.6	1.1771022	19707555.2	-4889766.2
97	25366152	16460449.9	1.3971002	22677181.4	2688970.60
98	8717536	15630739.2	0.9733640	16091117.9	-7373581.9
99	15861788	15933247.2	0.8642792	13488602.9	2373185.10

1.2.3.2 Modelin Uygunluğunun Sınanması

Winters'in bu modelinin X işletmesinin günlük satış tutarları zaman serisine uygulanması sonucu elde edilen öngörü hatalarının otokorelasyon katsayılarının fonksiyonu şekil-9 da verilmektedir .Öngörü hatalarının çeşitli gecikmelerdeki aldığı değerlerin tamamı $\pm 2,58/\sqrt{36}=\pm 0,43$ limitleri arasında kaldığı görülmektedir. Böylece Winters'in bu modelinin X işletmesinin günlük satış tutarları zaman serisini öngörü amacıyla çözümlemesinde uygun olduğunu söyleyebiliriz.

Modelin uygunluğu Box-Pierce Q istatistiğiyle ise şu şekilde sınılanır.

$$Q = n \sum_{k=1}^K r_k^2(a)$$

Burada;

$$n=99$$

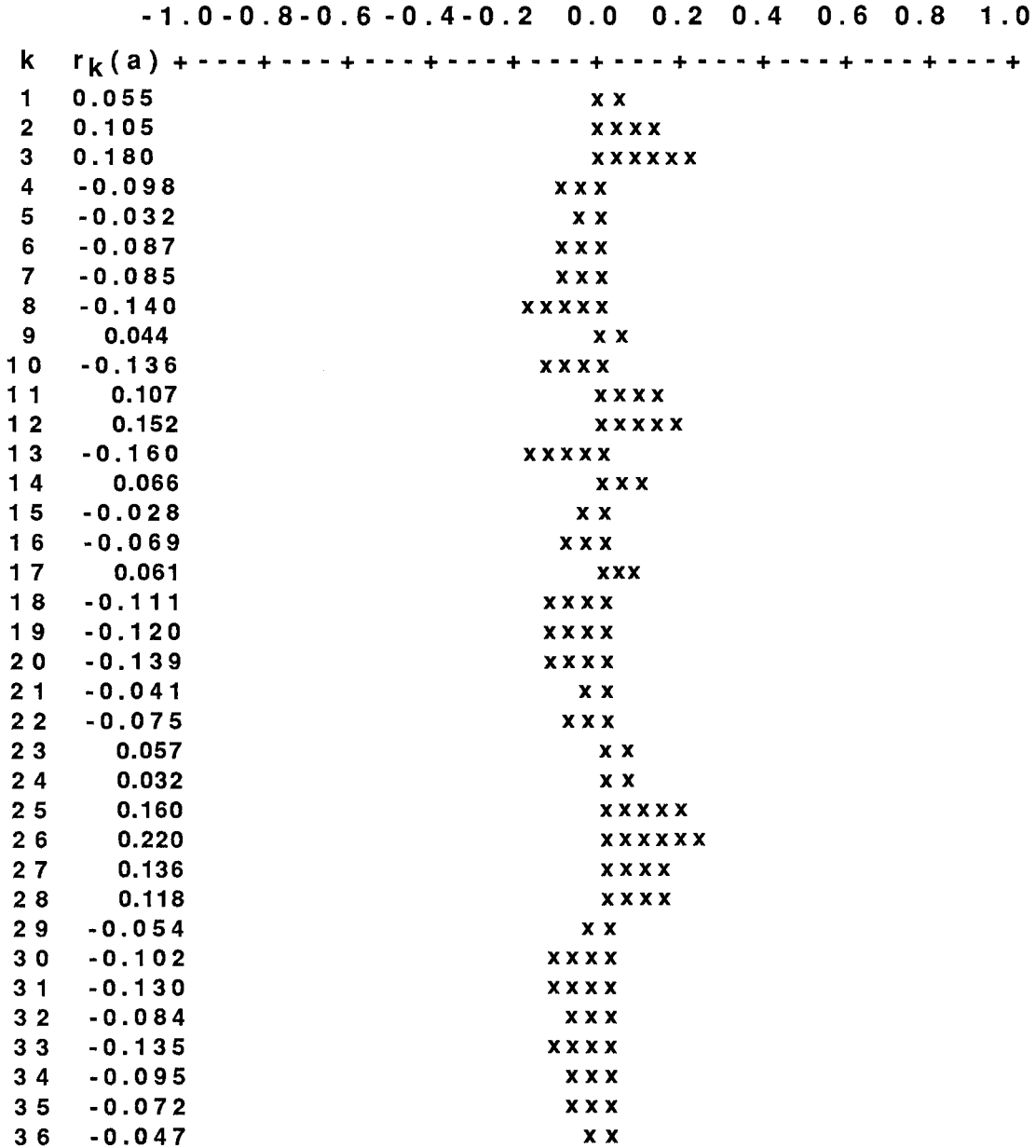
$$K=36$$

$$r_k^2 = 0,421639 \text{ a eşittir.}$$

$$Q = 99 \sum_{k=1}^{36} r_k^2(a) = 99.(0,421639) = 41,742261$$

Hesaplanan Q istatistiği (K-2=34) 34 serbestlik derecesi ve %1 anlamlılık düzeyine sahip $\chi^2_{0,01;34} = 56,06$ değerinden küçüktür. (41,74 < 56,06). Bu nedenle öngörü hatalarının tesadüfi olarak dağıldığını ve Winters'in

trend içermeyen üssel düzeltme tekniğinin X işletmesinin aylık satış tutarları zaman serisinin öngörü amacıyla çözümlenmesinde uygun olduğuna %99 güvenilirlikle karar verilir.



Şekil-9 Winters'ın Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğini Kullanarak Elde Edilen Öngörü Hatalarının Otokorelasyon Fonksiyonu

Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniğini kullanarak elde edilen öngörü modeli yardımıyla, gelecek haftanın (6 günün) satış öngörülerinin değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$F_{t+m} = a_0(t) s n_t(t-L+m)$$

m=1 için

$$F_{99+1} = a_0(99) s n_{99}(99-6+1) = (15933247,2) (0,8204863)$$

$$F_{100} = 13073011,0$$

m=2 için

$$F_{99+2} = a_0(99) s n_{99}(99-6+2) = (15933247,2) (0,7624226)$$

$$F_{101} = 12147867,0$$

m=3 için

$$F_{99+3} = a_0(99) s n_{99}(99-6+3) = (15933247,2) (1,1771022)$$

$$F_{102} = 18755060,0$$

m=4 için

$$F_{99+4} = a_0(99) s n_{99}(99-6+4) = (15933247,2) (1,3971003)$$

$$F_{103} = 22260344,9$$

m=5 için

$$F_{99+5} = a_0(99) s n_{99}(99-6+5) = (15933247,2) (0,9733640)$$

$$F_{104} = 15508849,4$$

m=6 için

$$F_{99+6} = a_0(99) s n_{99}(99-6+6) = (15933247,2) (0,8642792)$$

$$F_{105} = 13770774,7$$

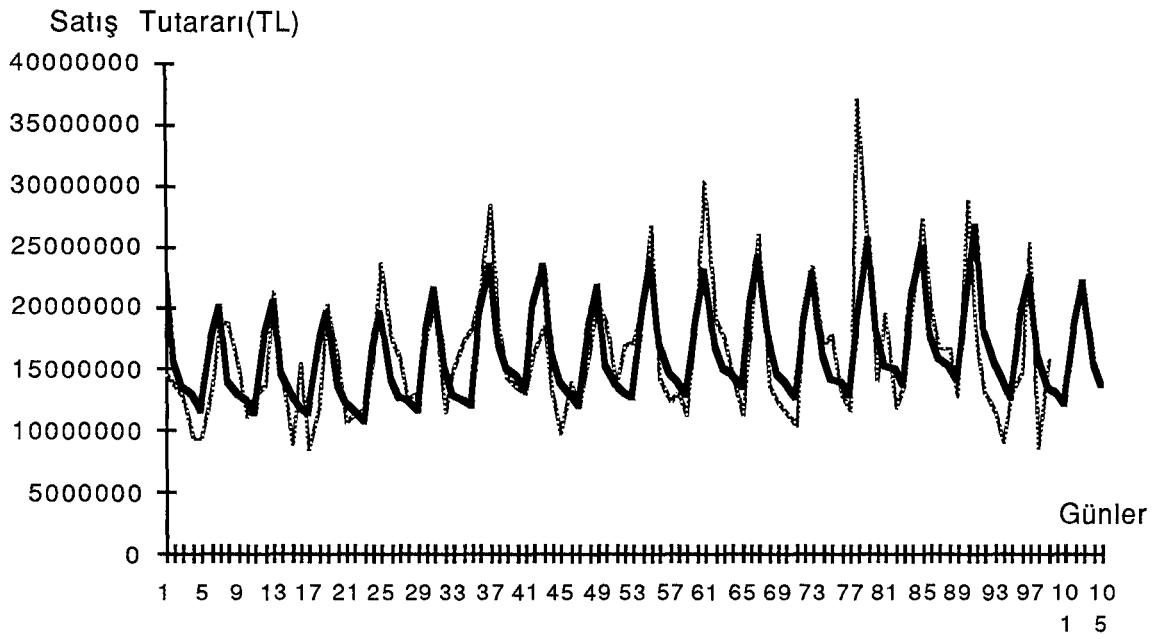
Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniğinin tablo-6 daki verilere uygulanması sonucunda elde edilen istatistik ölçütlerinin değerleri tablo-8 de görülmektedir:

Tablo-8 Winters'ın Trend İçermeyen Üssel Düzeltme Tekniğinin
Değerlendirilmesi

α	0.07
β	0.01
ME	-51520.901
MAE	2709631.77
MAPE	17.45
SDE	3679930.58
MSE	1.3405104E+13
D-W	1.83
U	0.62

Tablo 8 deki istatistik ölçütlerinden Theil'in U istatistiği 1 ($U < 1$) den küçüktür. Bu da bize Winters'ın öngörü tekniğini kullanmanın uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca Winters'ın bu modelini kullandığımız zaman öngörü hatalarında %17,45 lik bir hata yaptığımızı MAPE ölçütüne bakarak söyleyebiliriz. Durbin-Watson istatistiğinin ($d=1,83$) ikiye yakın olan değeri otokorelasyonun olmadığını gösterir fakat $d < 2$ olması pozitif otokorelasyon testini yapmamızı gerektirir. Yapılan incelemeler sonunda $n=99$ ve iki parametreye sahip olan Winters'ın trend içermeyen üssel düzeltme tekniği, %1 anlamlılık düzeyinde $d_L=1,52$ ve $d_U=1,56$ dır. Bu durumda öngörü hatalarında pozitif otokorelasyon olmadığına ($d=1,58 > d_U=1,56$) karar verilir.

Gözlem değerleri ve öngörü değerleri aynı kartezyen grafikte gösterildiğinde (şekil-10) Winters'ın trend unsurunu içermeyen öngörü tekniğinin uygun olduğu görsel olarak da görülmektedir.



----- Gözlem Değerleri

_____ Öngörü Değerleri

Şekil-10 Günlük Satış Tutarları ve Winters'ın Trend İçermeyen Tekniği Kullanılarak Elde Edilen Öngörülerin Karşılaştırmalı Kartezyen Grafiği

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tek değişkenli zaman serilerinin çözümlemesi amacıyla geliştirilmiş bulunan üssel düzeltme teknikleri, çalışmamızın birinci bölümünde kuramsal olarak açıklanmıştır. İkinci bölümde, birinci bölümdeki kuramsal açıklamalara bağlı olarak Eskişehir ili merkez ilçede faaliyette bulunan bir gıda pazarı işletmesinin ay ve gün zaman konumlarına göre derlenmesi suretiyle oluşturulmuş bulunan satış tutarları zaman serilerinin öngörü amacıyla çözümlenmesi yapılmıştır. Aylık satış tutarlarınının zaman serisi tesadüfi ve trend unsurunun etkisi altında olan seridir. Bu nedenle serinin çözümlenmesinde Brown'ın tek parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği, Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği ve Brown'ın tek parametrelili karesel üssel düzeltme tekniği kullanılmıştır. Bu tekniklere dayanılarak elde edilen bulgular ışığında yapılan karşılaştırma sonunda Holt'un iki parametrelili doğrusal üssel düzeltme tekniği yardımıyla daha tutarlı öngörülerin yapıldığı ortaya konulmuştur. Uygun bulunan bu tekniğe ilişkin modelin kullanılması suretiyle (1.10.1990 ile 31.5.1991) tarihleri arasındaki dönemlere ait öngörülerin gittikçe artma eğilimi göstereceği gözlenmiştir.

Günlük satış tutarları zaman serisi tesadüfi unsurun ve düzenli dalgalanmaların (mevsimsel olmayan düzenli dalgalanmaların) etkisi altında olduğundan çözümlenmesinde Winters'in trend içermeyen üssel düzeltme tekniği kullanılmıştır. Bu tekniğe ilişkin modelin kullanılması sonucunda (1.11.1990 ile 6.11.1990) tarihleri arasındaki günlük dönemlere ait öngörü değerlerinin de tesadüfi ve düzenli dalgalanmaların etkisi altında olduğu

gözlenmiştir.

Bu öngörü değerlerine dayanarak X Gıda Pazarı İşletmesinin yöneticisinin pazartesi ve cumartesi günlerinde düzenli olarak ortaya çıkan artışları karşılayabilecek miktarda malı sunmak ve bunun için gerekli fiziki donanıma sahip olup olmadığını gözden geçirmelidir. Ayrıca aylık serinin çözümlenmesinden çıkan uzun dönemde de artış eğilimini mevcut fiziki donanımın karşılayıp karşılayamayacağını gözden geçirmesi önerilir.

KAYNAKLAR

- ✓ ABRAHAM, Bovas and LEDOLTER, Johannes.,1983,**Statistical Medhods for Forecasting**, New York, John Wiley and Sons Inc.
- BOWERMAN, BRUCE L. and O'CONNELL, Richard T.,1979, **Time Series and Forecasting An Applied Approach**, Nort Seituat, M.A Duxburg Press.
- ÇÖMLEKÇİ, Necla.,1989,**Temel İstatistik İlke ve Teknikleri**,Bilim Teknik Yayınevi.
- HANKE, John E., REİTSCH, Arthur G.,1986, **Business Forecasting**,Allyn. and Bacon Inc., Boston.
- JOHNSON, Lynwood A. and MONTGOMERY, Douglas C.,1974, **Operations Research in Production Plannig, Scheduling and Inventory Control**, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- ✓ KAYIM, Halil.,1985,**İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri**, Hacettepe Üni. İ.İ.B.F. Yayın No:11,Ankara.
- MAHMOUD, Essam.,1984,**Accuary in Forecasting: a Survey**, Journal of Forecasting, Vol:3, No:2.
- ✓ MAKRİDAKİS, Spyros., WHEELWRIGHT,S.C., McGREE, Victor E. , 1983, **Forecasting:Methods and Applications**, John Wiley and Sons Inc.,New York.
- ✓ MENTZER, JOHN T.,1988, **Forecasting With Adaptive Extended Exponential Smoothing**, Journal of The Academy of Marketing Science Fall, Vol:16, No:3-4.

KAYNAKLAR (Devam)

- ✓ MONTGOMERY, D.C., JOHNSON, L.A., 1976, **Forecasting and Time Series Analysis**, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- ✓ ÖZÇELİK, Salih., 1980, **İstanbul Ticaret Odası Toptan Eşya Fiyatları İndeksi Üzerine Bir Uygulama**, Doçentlik Tezi, Atatürk Üni. İşletme Fak., Erzurum.
- ✓ ÖZMEN, Ahmet., 1986, **Zaman Serileri Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi**, A.Ü. Ya. No:207, Fen Ed. Fak. Ya.No:9, Eskişehir.
- ✓ ÖZMEN, Ahmet., 1988, **Zaman serilerinde Tutarlı Kestirimler İçin İstatistiksel Yöntem Uyarlaması**, A.Ü. Ya. No:318, Fen-Ed. Fak. Ya. No:16, Cilt:1, Sayı:1.
- ✓ WINTERS, P.R., 1960, **Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages**, Management Science.
- ✓ WHELLWRIGHT, Steven C. and MAKRIDAKIS, Spyros, 1973, **Forecasting Methods For Management**, John Wiley and Sons, Inc., New York. +

```

/* BRCWN BA SİT ÜSSEL DÜZELTME TEKNİĞİ */TRACE 0
PARSE UP PER ARG FN FT .
IF STRIP (FT)=' ' THEN EXIT 999
*EXECIO * DISKR *FN FT* A (FINIS STEM X.*
IF RC=0 THEN EXIT 999
DO I=1 TO X.0
  X.I=STRIP(X.I)
END
SAY A.FA
PULL A.FA .
IF STRIP(LAMDA)=' ' THEN EXIT 999
N=X.0
F.=' '
F.1=??? ???
E.1=' '
E.1=0
M=1
ETOT=0
ETOTABS=0
EETOT=0
EFTTOT=0
PETOT=0
ETOT=0
DO T=1 TO N
  TT=T+1
  F.T=ALFA*(X.T)+(1-ALFA)*F.T
  E.T=X.T-F.T
  PE=(E.T/X.T)*100
  PETOT=PETOT+ABS(PE)
  EE.J=E.T**2
  ETOT=ETOT+E.T
  ETOTABS=ETOTABS+ABS(E.T)
  EETOT=EETOT+EE.T
END
ME=ETOT/(N-1)
MAE=ETOTABS/(N-1)
SCE=EETOT/(N-2)
SCE=EXP(SCE,G.5)
MSE=EETOT/(N-1)
MAPE=PETOT/(N-1)
DO T=3 TO N
  J=T-1
  EFT=(E.T-E.J)**2
  EFTTOT=EFTTOT+EFT
END
T=N+1
F.T=ALFA*X.N+(1-ALFA)*F.N
OW=EFTTOT/EETOT
FPETOT=0
APETOT=0
DO T=1 TO (N-2)
  JJ=T-1
  FPETOT=FPETOT+((F.J-X.J)/X.JJ)**2
  APETOT=APETOT+((X.J-X.JJ)/X.JJ)**2
END
U=FPETOT/APETOT
U=EXP(U,G.5)

ERASE =N OUT A

```


11-1 (Continued)

```
LINE =LEFT('PERIOD',6)' *LEFT(XT,15)' *LEFT(FT,15)' *LEFT(ET,15)
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',85)
DO T=1 TO N
LINE =LEFT(T,4)' *LEFT(X.T,15)' *LEFT(F.T,15)' *LEFT(E.T,15)
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
END
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',85)
J=N+1

F.J=ALF A*X.N+(1-ALFA)*F.N
LINE=J' *COPIES(' ',19)' *F.J
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',85)
LINE.1='MEAN ERROR='LEFT(ME,15)' MEAN SQUARE ERROR='LEFT(MSE,15)
LINE.2='MEAN ABSOLUTE ERROR='LEFT(MAE,15)' DURBIN WATSON STATS='LEFT(DW,1)
LINE.3='MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR='LEFT(MAPE,15)' THEIL'S U STATS='LEFT(U,15)
LINE.4='STANDARD DEVIATION OF ERROR='LEFT(SDE,15)
DO I=1 TO 4
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE.I
END
CMDCAL XEDIT FN OUT A
```

/*TRIGG VE LEACH' IN UYARLAYCI ÜSSEL DÜZELTME TEKNİĞİ*/ TRACE

CE 0

```
PARSE UPPER ARG FN FT .
IF STRIP (FT) = '' THEN EXIT 999
*EXECIO * DISKR *FN FT* A (FINIS STEM X.)
IF RC = 0 THEN EXIT 999
DO I=1 TO X.0
  X.I = STRIP(X.I)
END
SAY A. FA BETA
PULL A. F BETA .
IF STRIP(LAMDA) = '' THEN EXIT 999
AL=0
N=X.0
F.= ''
F.1 = ??? ???
E.= ''
E.1 = 0
ALFA. = ' '
ALFA.1 = AL F
ALFA.2 = AL F
M=1
ETOT=0
ETOTABS =0
EETOT =)
EFTTOT= 0
PETOT =)
BE. = ' '
MT. = ' '
BE.1 = 0
MT.1 = 0
DO T=2 TO N
  TT = T - 1
  AL = \ L + 1
  F. T = ALFA. TT * X. TT + (1 - ALFA. TT) * F. TT
  E. T = X. T - F. T
  EE. T = BETA * E. T + (1 - BETA) * BE. TT
  MT. T = BETA * ABS(E. T) + (1 - BETA) * MT. TT
  IF \ L >= 2 THEN ALFA. T = ABS(BE. TT / MT. TT)
  PE = (E. T / X. T) * 100
  PET. T = PETOT + ABS(PE)
  EE. T = E. T ** 2
  ETOT = ETOT + E. T
  ETOTABS = ETOTABS + ABS(E. T)
  EET. T = EETOT + EE. T
END
T = N + 1
F. T = AL F A. N * X. N + (1 - ALFA. N) * F. N
ME = ETOT / (N - 1)
MAE = ET. T ABS / (N - 1)
SCE = EETOT / (N - 2)
SDE = EXP X(SDE, 0.5)
MSE = EETOT / (N - 1)
MAPE = PE TOT / (N - 1)
DO T=3 TO N
  J = T - 1
  EFT = (E. T - E. J) ** 2
  EFTTOT = EFTTOT + EFT
END
DW = EFTTOT / EETOT
FPETOT = 0
APETOT = 0
DO T=1 TO (N-2)
  J = T + 2
```

Ek-2 (Devam1)

JJ=J-1

FPETOT=FPETOT+((F.J-X.J)/X.JJ)**2

APETOT=APETOT+((X.J-X.JJ)/X.JJ)**2

END

U=FPETOT/APETOT

U=EXPX(U,0.5)

ERASE=N OUT A

LINE=LEFT('PERIOD',6) ,

LEFT(X,15) * LEFT('FT',15) * LEFT('ET',15) ,

LEFT('BET',15) * LEFT('MT',15) * LEFT('ALFA',15)

*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE

*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)

DO T=1 TO N

LINE=LEFT(T,4) * LEFT(X.T,15) * LEFT(F.T,15) * LEFT(E.T,15) ,

LEFT(BE.T,15) * LEFT(MT.T,15) * LEFT(ALFA.T,15)

*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE

END

*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)

J=N+1

ALFA.J=ABS(BE.N/MT.N)

LINE=COPIES(' ',20) * LEFT(F.J,15) * COPIES(' ',47) LEFT(ALFA.J,15)

*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE

*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)

LINE.1='MEAN ERROR='LEFT(ME,15)

MEAN SQUARE ERRCR='LEFT(MSE,15)

LINE.2='MEAN ABSOLUTE ERRCR='LEFT(MAE,15)

DURBIN WATSON STATS='LEFT(DW,15)

LINE.3='MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR='LEFT(MAPE,15)

THEIL'S U STATS='LEFT(U,15)

LINE.4='STANDARD DEVIATION OF ERRCR='LEFT(SDE,15)

DO I=1 TO 4

*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE.I

END

CMDCAL XEDIT FN CUT A

/*BROWN*IN TEK PAREMETRELI DOGRUSAL USSEL DUZELTME TEKNIGI */ TRACE 0

PARSE UP PER ARG FN FT .
IF STRIP (FT)='*' THEN EXIT 999
*EXECIC * DISKR 'FN FT' A (FINIS STEM X.*
IF RC=0 THEN EXIT 999
DC I=1 TO X.0
X.I= STRIP(X.I)

END
S1.1=33 686797
S2.1=33 686797
SAY A. F
PULL A. F .
IF STRIP(LAMDA)='*' THEN EXIT 999

N=X.0
A.=**
B.=**
F.=**
E.=**
M=1

ETOT=0
ETOTABS=0
EETGT=0
EFTTOT=0
PETGT=0

DC T=2 TO N
J=T-1
S1.J=ALF*X.T+(1-ALF)*S1.J
S2.J=ALF*S1.T+(1-ALF)*S2.J
A.T=(2*S1.T)-S2.T
B.T=(ALF/(1-ALF))*(S1.T-S2.T)
TT=F+M
F.TT=A.T+(B.T*M)

END
DC M=1 TO 10
J=N-M
F.J=A.N+(B.N*M)

END
DC T=3 TO N
E.T=X.T-F.T
PE=(E.T/X.T)*100
PET.T=PETOT+ABS(PE)
EE.J=E.T**2
ETOT=ETOT+E.T
ETOTABS=ETGTABS+ABS(E.T)
EET.T=EE.TOT+EE.T

END
ME=ETOT/(N-2)
MAE=ETOTABS/(N-2)
SDE=EETGT/(N-2)
SDE=EXP(X(SDE,0.5))
MSE=EETGT/(N-2)
MAPE=PE.TOT/(N-2)

DC T=4 TO N
J=T-1
EFT=(E.T-E.J)**2
EFTTOT=EFTTOT+EFT

END
DW=EFTTOT/EETGT
FPETOT=0
APETOT=0

DC T=1 TO (N-4)
J=T+3
JJ=J-1

15-3 (Dover)

FPETOT=FPETOT+((F.J-X.J)/X.JJ)**2
APETOT=APETOT+((X.J-X.JJ)/X.JJ)**2

END
U=FPETOT/APETOT
U=EXP(U,0.5)

ERASE = N OUT A

LINE = LEFT('PERIOD',6) ,
LEFT(X,10) * LEFT(S1,10) * LEFT(S2,10) ,
LEFT(A,10) * LEFT(B,10) * LEFT(F,10) * LEFT(E,10)

*EXEC IO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *LINE
*EXEC IO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *COPIES('-',100)

DO T=1 TO N

LINE = LEFT(T,4) * LEFT(X.T,10) * LEFT(S1.T,10) * LEFT(S2.T,10) ,
LEFT(A.T,10) * LEFT(B.T,10) * LEFT(F.T,10) * LEFT(E.T,10)

*EXEC IO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *LINE

END
*EXECIO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *COPIES('-',100)

DO I=1 TO 10
J=N-I

LINE = COPIES(' ',59) * LEFT(F.J,10)

*EXEC IO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *LINE

END
*EXECIO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *COPIES('-',100)

LINE.1 = MEAN ERROR = LEFT(ME,19) MEAN SQUARE ERROR = LEFT(MSE,19)

LINE.2 = MEAN ABSOLUTE ERROR = LEFT(MAE,19) DURBIN WATSON STATS = LEFT(DW,19)

LINE.3 = MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR = LEFT(MAPE,19) THEIL'S U STATS = LEFT(U,19)

LINE.4 = STANDARD DEVIATION OF ERROR = LEFT(SDE,19)

DO I=1 TO 4

*EXECIO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *LINE.I

END

CMDCAL XEDIT FN CUT A

/*HGLT* UN İ KI PARAMETRELİ DOĞRUSAL ÜSSEL DÜZELTME TEKNİĞİ*/TRACE 0

```
PARSE UP PER ARG FN FT .
IF STRIP (FT)='' THEN EXIT 999
*EXECIO * DISKR 'FN FT' A (FINIS STEM X.*
IF RC=0 THEN EXIT 999
DC I=1 TO X.0
  X.I= STRIP(X.I)
END
S1.1=33 686797
B1.1=0.000
SAY A. F BETA
PULL A. F BETA .
IF STRIP(LAMDA)='' THEN EXIT 999
N=X.0
F.='
E.='
M=1
ETOT=0
ETDTABS=0
EETOT=)
EFTTOT=0
PETOT=)
DC T=2 TO N
  J=T-1
  S1.J=ALF*X.T+(1-ALF)*(S1.J+B1.J)
  B1.J=BETA*(S1.T-S1.J)+(1-BETA)*B1.J
  TT=F+M
  F.TT=S1.T+B1.T*M
END
T=N
DO M=1 TO 10
  J=N+M
  F.J=S1.T+B1.T*M
END
DO T=3 TO N
  E.T=X.T-F.T
  PE=(E.T/X.T)*100
  PETT=PETOT+ABS(PE)
  EE.F=E.T**2
  ETOT=ETOT+E.T
  ETOTABS=ETOTABS+ABS(E.T)
  EETT=ETOT+EE.T
END
ME=ETOT/(N-2)
MAE=ETOTABS/(N-2)
SDE=EEET/(N-2)
SDE=EXP(SDE,0.5)
MSE=EEET/(N-2)
MAPE=PETOT/(N-2)
DC T=4 TO N
  J=T-1
  EFT=(E.T-E.J)**2
  EFTT=ETTOT+EFT
END
OW=EFTT/ETOT
FPETOT=0
APETOT=0
DO T=1 TO (N-4)
  JJ=J-1
  FPETOT=FPETOT+((F.J-X.J)/X.JJ)**2
  APETOT=APETOT+((X.J-X.JJ)/X.JJ)**2
END
```

~~TOP SECRET~~

U=FPETDT/APETCT
U=EXP(U,0.5)

ERASE = N OUT A

```
LINE=LEFT('PERIOD',6) ,
      LEFT(X,10)' 'LEFT(S1,10)' 'LEFT(B1,10),
      LEFT(F,10)' 'LEFT(E,10)
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('--',100)
DO T=1 TO N
  LINE=LEFT(T,4)' 'LEFT(X.T,10)' 'LEFT(S1.T,10)' 'LEFT(B1.T,10),
        LEFT(F.T,10)' 'LEFT(E.T,10)
  *EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
END
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('--',100)
DO I=1 TO 10
  J=N-I
  LINE=COPIES(' ',37)' 'F.J
  *EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
END
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('--',100)
LINE.1='MEAN ERROR='LEFT(ME,19)'           MEAN SQUARE ERROR='LEFT(MSE,19)
LINE.2='MEAN ABSOLUTE ERROR='LEFT(MAE,19)'   DURBIN WATSON STATS='LEFT(DW,19)
LINE.3='MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR='LEFT(MAPE,19)' THEIL'S U STATS='LEFT(U,19)
LINE.4='STANDARD DEVIATION OF ERROR='LEFT(SDE,19)
DO I=1 TO 4
  *EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE.I
END
CMDCAL XEDIT FN OUT A
```

/*BROWN'UN TEK PAREMETRELİ KARESEL ÜSSEL ÇÜZELTME TEKNİĞİ*/ TRACE 0

PARSE UP PER ARG FN FT .

IF STRIP (FT)=' ' THEN EXIT 999

*EXECIO * DISKR *FN FT* A (FINIS STEM X.*

IF RC=0 THEN EXIT 999

DC I=1 TO X.0

X.I= STRIP(X.I)

END

S1.1=33 686797

S2.1=33 686797

S3.1=33 686797

SAY A.F

PULL A.F .

IF STRIP(LAMDA)=' ' THEN EXIT 999

N=X.0

A.=' '

B.=' '

C.=' '

F.=' '

E.=' '

M=1

ETOT=0

ETOTABS=0

EETOT=)

EFTTOT=0

PETCT=)

DO T=2 TO N

J=T-1

S1.J=ALF*X.T+(1-ALF)*S1.J

S2.J=ALF*S1.T+(1-ALF)*S2.J

S3.J=ALF*S2.T+(1-ALF)*S3.J

A.T=(3*S1.T)-(3*S2.T)+S3.T

B.T=ALF/(2*(1-ALF)**2)*((6-5*ALF)*S1.T-(10-8*ALF)*S2.T+(4-3*ALF)*S3.T)

C.T=((ALF**2)/((1-ALF)**2))*S1.T-2*S2.T+S3.T

TT=T*M

F.T=A.T+(B.T*M)+(1/2)*C.T*(M**2)

END

DO M=1 TO 10

J=N*M

F.J=A.N*(B.N*M)+(1/2)*C.N*(M**2)

END

DO T=3 TO N

E.T=X.T-F.T

PE=(E.T/X.T)*100

PETOT=PETOT+ABS(PE)

EE.J=E.T**2

ETOT=ETOT+E.T

ETOTABS=ETOTABS+ABS(E.T)

EETOT=EETOT+EE.T

END

ME=ETOT/(N-2)

MAE=ETOTABS/(N-2)

SDE=EETOT/(N-2)

SDE=EX*X(SDE,0.5)

MSE=EETOT/(N-2)

MAPE=PETOT/(N-2)

DO T=4 TO N

J=T-1

EFT=(E.T-E.J)**2

EFTTOT=EFTTOT+EFT

END

DM=EFTTOT/EETOT

FPETOT=0

Ek-5 (Devam)

```

APETOT= C
DO T=1 TO (N-4)
  J=T+3
  JJ=J-1
  FPETOT=FPETOT+((F.J-X.J)/X.JJ)**2
  APETOT=APETOT+((X.J-X.JJ)/X.JJ)**2
END
U=(FPETOT/APETOT)
U=EXP(U,C.5)

ERASE =N CUT A

LINE =LEFT('PERIOD',6) ,
      LEFT(X,9) * LEFT(S1,10) * LEFT(S2,10) * LEFT(S3,10) ,
      LEFT(A,10) * LEFT(B,10) * LEFT(C,10) * LEFT(F,10) * LEFT(E,10)
*EXEC IO 1 DISKW *FN* CUT A (FINIS STRING *LINE
*EXEC IO 1 DISKW *FN* CUT A (FINIS STRING *COPIES('-',100)
DO T=1 TO N:
  LINE =LEFT(T,4) * LEFT(X.T,9) * LEFT(S1.T,10) * LEFT(S2.T,10) * LEFT(S3.T,10) ,
        LEFT(A.T,10) * LEFT(B.T,10) * LEFT(C.T,10) * LEFT(F.T,10) * LEFT(E.T,10)
  *EXEC IO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *LINE
END
*EXECIO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *COPIES('-',100)
DO I=1 TO 10
  J=N-I
  LINE =COPIES(' ',81) * LEFT(F,J,10)
  *EXEC IO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *LINE
END
*EXECIO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *COPIES('-',100)
LINE.1= *4 EAN ERROR=LEFT(ME,19) * MEAN SQUARE ERROR=LEFT(MSE,19)
LINE.2= *4 EAN ABSOLUTE ERRCR=LEFT(MAE,19) * DURBIN WATSON STATS=LEFT(Dw,19)
LINE.3= *4 EAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR=LEFT(MAPE,19) * THEIL'S U STATS=LEFT(U,19)
LINE.4= *5 TANDART CEVIATION CF ERRCR=LEFT(SDE,19)
DO I=1 TO 4
  *EXECIO 1 DISKW *FN* OUT A (FINIS STRING *LINE.I
END
CMDCAL XEDIT FN CUT A

```

```

WINTERS *IN TESADÜFİ, TREND VE DÜZENLİ DALGALANMALAR İÇEREN ÜSSEL
ZELTME TEKNİĞİ */TRACE OFF
PARSE UPPER ARG FN FT.
STRIP (FT)='*' THEN EXIT 999
EXECIO * DISKR *FN FT* A (FINIS STEM X.
IF RC=C THEN EXIT 999
DO I=1 TO X.0
  PARSE VAR X.I X.I S.I
  X.I=STRIP(X.I)
  S.I=STRIP(S.I)
END
AO=??????
BO=??????
SAY A.F BETA LAMDA
PULL A.F BETA LAMDA.
IF STRIP(LAMDA)='*' THEN EXIT 999
M=X.0
M=1
C=1
ETOT=0
ETOTABS=0
EETCT=)
EFTTOT=0
PETCT=)
AY=0
DO T=1 TO N
  AY=AY+1
  A1.T=ALF*(X.T/S.AY)+(1-ALF)*(AC+BO)
  B1.T=BETA*(A1.T-AO)+(1-BETA)*BC
  F.T=(AC+BO*M)*S.AY
  AO=A1.T
  BO=B1.T
  S.AY=LAMDA*(X.T/A1.T)+(1-LAMDA)*S.AY
  SS.T=S.AY
  IF AY=12 THEN AY=0
  E.T=X.T-F.T
  PE=(E.T/X.T)*100
  PET.T=PETOT+ABS(PE)
  EE.T=E.T**2
  ETOT=ETOT+E.T
  ETOTABS=ETCTABS+ABS(E.T)
  EET.T=EETOT+EE.T
NO
E=ETOT/N
AE=ETOTABS/N
CE=EETCT/N
DE=F*X(X(SDE,0.5))
SE=EETCT/N
APE=PE.TOT/N
C T=2 TO N
  J=T-1
  EFT.T=(E.T-E.J)**2
  EFTTOT=EFTTOT+EFT
NO
W=EFTTOT/EETCT
PETOT=0
PETCT=0
C T=1 TO (N-4)
  J=T-1
  FPETCT=FPETOT+((F.J-X.J)/X.T)**2
  APETCT=APETOT+((X.J-X.T)/X.T)**2
D
(FPETCT/APETOT)
EXP(U,0.5)

```

2-6 (2000)

ERASE = N OUT A

```
LINE = LEFT('PERIOD',6) ,
      LEFT(X,11) * LEFT(AT,11) * LEFT(BT,11) * LEFT(ST,11) ,
      LEFT(FT,11) * LEFT(ET,11)
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)
DO T=1 TO N
  LINE = LEFT(T,4) * LEFT(X,T,11) ,
        LEFT(FORMAT(A1.T,,3),11) * LEFT(FORMAT(B1.T,,3),11) * LEFT(FORMAT(SS.T,,4),11) ,
        LEFT(FORMAT(F.T,,2),15) * LEFT(FORMAT(E.T,,2),11)
  *EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
END
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)
M=1
DC I=N TO (N+11)
  J=N-M
  JJ=N-12+M
  F.J = (A1.N+B1.N*M)*SS.JJ
  M=M+1
  LINE = COPIES(' ',52) * LEFT(FORMAT(F.J,,2),15)
  *EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE
END
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)
INE.1 = 'MEAN ERROR=' LEFT(ME,15) ' MEAN SQUARE ERROR=' LEFT(MSE,15)
INE.2 = 'MEAN ABSOLUTE ERROR=' LEFT(MAE,15) ' DURBIN WATSON STATS=' LEFT(DW,15)
INE.3 = 'MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR=' LEFT(MAPE,15) ' THEIL'S U STATS=' LEFT(U,15)
INE.4 = 'STANDARD DEVIATION OF ERROR=' LEFT(SDE,15)
DO I=1 TO 4
  *EXEC IO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE.I
END
CMDCAL XEDIT FN OUT A
```

*MENTZER'İN TESADÜFİ, TREND VE DÜZENLİ DALGALANMALAR İÇEREN ÜSSEL

UZELTME TEKNİĞİ */TRACE CFF

PARSE UPPER ARG FN FT .

IF STRIP (FT)='*' THEN EXIT 999

*EXECIO * DISKR 'FN FT' A (FINIS STEM X.)

IF RC=0 THEN EXIT 999

DO I=1 TO X.0

PARSE VAR X.I X.I S.I

X.I=STRIP(X.I)

S.I=STRIP(S.I)

END

AC=??????

BO=??????

SAY A.F BETA LAMDA

PULL A.F BETA LAMDA .

IF STRIP(LAMDA)='*' THEN EXIT 999

N=X.0

M=1

C=1

ETOT=0

ETOTABS=0

EETCT=)

EFTTOT=C

PETOT=)

AY=0

AL=0

DO T=1 TO N

AY=Y+1

AL=L+1

A1.T=ALF*(X.T/S.AY)+(1-ALF)*(AC+B)

B1.T=BETA*(A1.T-A0)+(1-BETA)*BO

F.T=(AC+BO*M)*S.AY

ALFA.T=ALF

IF AL>=1 THEN ALF=ABS((X.T-F.T)/X.T)

A0=A1.T

BO=B1.T

S.AY=LAMDA*(X.T/A1.T)+(1-LAMDA)*S.AY

SS.T=S.AY

IF AY=6 THEN AY=0

E.T=X.T-F.T

PE=(E.T/X.T)*100

PETOT=PETOT+ABS(PE)

EE.T=E.T**2

ETOT=ETOT+E.T

ETOTABS=ETOTABS+ABS(E.T)

EETOT=EETOT+EE.T

END

ME=ETOT/N

MAE=ETOTABS/N

SCE=EETOT/(N-1)

SDE=EXP(X(SDE,0.5))

MSE=EETOT/N

MAPE=PETOT/N

DO T=2 TO N

J=T-1

EFT=(E.T-E.J)**2

EFTTOT=EFTTOT+EFT

END

DW=EFTTOT/EETCT

FPETOT=0

APETOT=0

DO T=1 TO (N-4)

J=T+1

Ek-7 (Devani)

FPEFCT=FPEOTOT+((F.J-X.J)/X.T)**2
 APEFCT=APEOTOT+((X.J-X.T)/X.T)**2

END
 U=(FPEFCT/APEOTOT)
 U=EXP(-U,0.5)

ERASE = N CUT A

LINE=LEFT('PERIOD',6) ,
 LEFT(X,10) * LEFT(AT,10) * LEFT(ST,10) ,
 LEFT('FT',10) * LEFT(ET,10) * LEFT(ALFA,10)
 *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'LINE
 *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)

DC T=1 TO N

LINE=LEFT(T,4) * LEFT(X.T,10) ,
 LEFT(FORMAT(A1.T,,3),10) * LEFT(FORMAT(B1.T,,3),10) ,
 LEFT(FORMAT(SS.T,,4),10) * LEFT(FORMAT(F.T,,2),10) ,
 LEFT(FORMAT(E.T,,2),10) * LEFT(FORMAT(ALFA.T,,5),10)
 *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'LINE

END
 *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)

M=1
 ALFA.M=' '
 NN=N+1
 ALFA.NN=LEFT(FORMAT(ABS((X.N-F.N)/X.N),,4),10)
 DO I=N TO (N+5)

J=N-M
 JJ=N-6+M
 F.J=(A1.N+B1.N*M)*SS.JJ
 M=M+1

LINE=COPIES(' ',48) * LEFT(FORMAT(F.J,,2),10) * COPIES(' ',10) * ALFA.NN
 *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'LINE

NN=NN+1
 END
 *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)

LINE.1='MEAN ERROR='LEFT(ME,15) MEAN SQUARE ERROR='LEFT(MSE,15)
 LINE.2='MEAN ABSOLUTE ERROR='LEFT(MAE,15) DURBIN WATSON STATS='LEFT(DW,15)
 LINE.3='MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR='LEFT(MAPE,15) THEIL'S U STATS='LEFT(U,15)
 LINE.4='STANDARD DEVIATION OF ERROR='LEFT(SDE,15)

DO I=1 TO 4
 *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'LINE.I

END
 CMDCAL XEDIT FN CUT A

```

/*WINTERS' IN TREND ICERMENEN \SSEL D\ZELTME TEKNIĞI*/ TRACE 0
PARSE UP PER ARG FN FT .
IF STRIP (FT)='' THEN EXIT 999
*EXECIG * DISKR 'FN FT' A (FINIS STEM .)
IF RC=0 THEN EXIT 999
DC I=1 TO X.0
  PARSE VAR X.I X.I S.I
  X.I= STRIP(X.I)
  S.I= STRIP(S.I)
END
AC=1643 0662
SAY A F LAMDA
PULL A F LAMDA .
IF STRIP(LAMDA)='' THEN EXIT 999
N=X.0
M=1
C=1
ETOT=0
ETOTABS=0
EETCT=0
EFTTOT=0
PETOT=0
AY=0
DC T=1 TO N
  AY=AY+1
  A1.T=ALF*(X.T/S.AY)+(1-ALF)*A0
  F.T=(AG)*S.AY
  A0=1.T
  S.AY=LAMDA*(X.T/A1.T)+(1-LAMDA)*S.AY
  SS.T=S.AY
  IF AY=6 THEN AY=C
  E.T=X.T-F.T
  PE=(E.T/X.T)*100
  PETOT=PETOT+ABS(PE)
  EE.T=E.T**2
  ETOT=ETOT+E.T
  ETOTABS=ETOTABS+ABS(E.T)
  EETCT=EETCT+EE.T
END
ME=ETOT/N
MAE=ETOTABS/N
SDE=EETCT/(N-1)
SDE=EXP(X(SDE,C.5))
MSE=EETCT/N
MAPE=PETOT/N
DC T=2 TO N
  J=T-1
  EFT=(E.T-E.J)**2
  EFTTOT=EFTTOT+EFT
END
DW=EFTTOT/EETCT
FPETOT=0
APETOT=0
DC T=1 TO (N-4)
  J=T-1
  FPETCT=FPETOT+((F.J-X.J)/X.T)**2
  APETCT=APETOT+((X.J-X.T)/X.T)**2
END
U=(FPETCT/APETOT)
U=EXP(X(U,0.5))
ERASE = N CUT A

```

Ek-8 (Devani)

```
LINE=LEFT('PERIOD',6) ,
      LEFT(X,10)' 'LEFT(AT,10)' 'LEFT(ST,10),
      LEFT('FT',10)' 'LEFT(ET,10)
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'LINE
*EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)
DO T=1 TO N
  LINE=LEFT(T,4)' 'LEFT(X.T,10) ,
        LEFT(FORMAT(A1.T,,3),10),
        LEFT(FORMAT(SS.T,,7),10)' 'LEFT(FORMAT(F.T,,2),10)' 'LEFT(FORMAT(E.T,,2),10)
  *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'LINE
END
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)
M=1
DO I=N TO (N+5)
  J=N-M
  JJ=N-6+M
  F.J=(A1.N)*SS.JJ
  M=M+1
  LINE=CCPIES(' ',37)' 'LEFT(FORMAT(F.J,,2),10)
  *EXEC IO 1 DISKW 'FN' CUT A (FINIS STRING 'LINE
END
*EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'COPIES('-',100)
LINE.1='1 EAN ERROR='LEFT(ME,15)'           MEAN SQUARE ERROR='LEFT(MSE,15)
LINE.2='1 EAN ABSOLUTE ERRCR='LEFT(MAE,15)'   DURBIN WATSON STATS='LEFT(DW,15)
LINE.3='1 EAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR='LEFT(MAPE,15)' THEIL'S U STATS='LEFT(U,15)
LINE.4='1 TANDART DEVIATION CF ERRCR='LEFT(SDE,15)
DO I=1 TO 4
  *EXECIO 1 DISKW 'FN' OUT A (FINIS STRING 'LINE.I
END
CMDCAL XEDIT FN CUT A
```

