

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER
VE
FENS TELİ ÜRETİMİ YAPAN
BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI

TARIK ÇAĞLAR

KASIM 2007

ÖZET

TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE FENS TELİ ÜRETİMİ YAPAN BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI

ÇAĞLAR, Tarık

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Yrd.Doç.Dr.A.Kürşad TÜRKER

Kasım 2007, 106 sayfa

İşletmeler maliyetlerini minimum yapabilmek için kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmalıdır. Bunun için üretim planının gerçeğe yakın hazırlanması gerekmektedir. Bununla birlikte işletmeler bugünü değil gelecekte yapacakları üretimi de planlamalı ve stok maliyeti, zaman, işgücü, para gibi kaynaklarını etkin olarak kullanabilmek ve israfi önlemek maksadıyla gerekli tedbirleri almalıdırlar.

Talep tahmini üretim planlamasının ilk adımıdır. Bundan dolayı üretim planlarının güvenilir olması talep tahminlerinin yapılmasına bağlıdır.

Bu çalışmada, sayısal ve sayısal olmayan talep tahmin yöntemleri örneklerle anlatılmış ve Ankara’da fens teli imalatı yapan bir işletmede sayısal talep tahmin yöntemleri MS-Excel programı ve SPSS İstatistik programı kullanılarak uygulanmış ve elde edilen tahminler yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Talep, Tahmin, Talep Tahmini, Üretim

ABSTRACT

DEMANDS FORECAST METHODS AND APLICATIONS OF THE PRODUCTION OF CAGE WIRED HEDGEROWIES AT AN ENTERPRISE

ÇAĞLAR, Tarık

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, M. Sc.Thesis

Supervisor : Asis.Prof.Dr.A.Kürşad TÜRKER

November 2007, 106 pages

All factories should use their resources effectively so that their cost can be minimum. In order to achieve this, the production plan needs to be prepared as actual as possible. In addition, factories should plan their production not only for the time being, but also for future, and they should take necessary precautions so as to use their resources such as cost of stock, time, workforce and money effectively and prevent the extravagance.

Demand forecast is the first step of production plan. For that reliable plan of production is due to demand forecast.

In this thesis numerical and nonnumerical demand forecast methods were explained by examples and numerical demand forecast methods were used with MS-Excel programme and SPSS in a cage wired hedgerowies product management in Ankara and obtained predictions were interpreted.

Key Words: Demand, Forecasting, Demand forecasting, Production

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında ve yüksek lisans eğitiminin boyunca bana her türlü yardımını gösteren ve fikirleri ile daima yardımcı olan, tez yöneticisi hocam, Sayın Yrd.Doc.Dr.A.Kürşad TÜRKER'e, Bilimsel hazırlık ve yüksek lisans dersleri aldığım değerli hocalarım Doc.Dr.Burak BİRGÖREN ve Yrd.Doc.Dr.Süleyman ERSÖZ'e, yoğun mesaimin yanında tez çalışmalarını nedeniyle de fazla vakit ayıramadığım, büyük fedakarlıklarla bana destek olan eşim Ayla AKCA ÇAĞLAR'a ve aileme, yüksek lisans eğitimi ve tez hazırlığı süresince bana yardımcı olan mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	7
2.1. Tahminin Amacı ve Önemi	7
2.2. Tahmin Çeşitleri ve Tahmini Etkileyen Satış Karakteristikleri	8
2.2.1. Pazar Tahmini	8
2.2.2. Satış Tahmini	8
2.2.3. Üretim Tahmini	9
2.2.4. Tahmini Etkileyen Satış Karakteristikleri	9
2.3. Tahmin Prensipleri	11
2.4. Talep Tahmini Araştırmasında Yapılacaklar	11
2.4.1. Bilgi Toplama	12
2.4.2. Talep Tahmin Periyodunun Tespiti	12
2.4.3. Tahmin Yönteminin Seçimi ve Hata Hesabının Yapılması	13
2.4.4. Tahmin Sonuçlarının Geçerliliğinin Araştırılması	13
2.5. Tahmin Kararları	13
2.5.1. Talep trendi	13

2.5.2. Diğer kararlar:	14
2.5.3. Birleştirilmiş tahmin	14
2.6. Talep Tahmininin Üretim Planlamadaki Yeri	15
2.7. Tahmin İçin Kullanılan yöntemler	16
2.7.1. Sayısal Olmayan Tahmin Yöntemleri	17
2.7.1.1. Delphi Yöntemi	18
2.7.1.2. Uzmanların Görüşleri Yöntemi	20
2.7.1.3. Satış Elamanları ve Ürün Hattı Yöneticileri	21
2.7.1.4. Satış Gücü Grupları Yöntemi	21
2.7.1.5. Pazar Araştırması Yöntemi	21
2.7.1.6. Yaşam Eğrilerinin Benzeşimi Yöntemi (Tarihsel Benzeşim)	22
2.7.1.7. Senaryo Analizi	22
2.7.1.8. Uzman Panelleri	23
2.7.2. Sayısal Tahmin Yöntemleri	24
2.7.2.1. Sebep-Sonuc İlişkisine Dayanan Yöntemler	24
2.7.2.1.1. Regresyon Analizi	24
2.7.2.1.2. Ekonometrik Modeller	28
2.7.2.2. Zaman Serisi Analizine Dayanan Yöntemler	28
2.7.2.2.1. Trend Analizi	29
2.7.2.2.2. Kısımlara Ayırma Yöntemi	34
2.7.2.2.3. Aritmetik Ortalama Yöntemleri	34
2.7.2.2.4. Mekanik (Naive) Yöntemi	39
2.7.2.2.5. Üstel Düzleştirme Yöntemleri	39
2.7.2.2.6. Box-Jenkins Yöntemi	46
2.8. Zaman Serileri	47
2.8.1. Zaman Serilerine Etki Eden Faktörler	47

2.8.1.1. Genel Eğilim (Trend)	48
2.8.1.2. Devresel Değişmeler (konjonktür)	48
2.8.1.3. Mevsim Dalgalanmaları	49
2.8.1.4. (Rastlansal Değişmeler) Arızı	51
2.9. Box-Jenkins Tahmin Yöntemi	51
2.9.1. Temel Kavramlar	53
2.9.2. Doğrusal Durağan Stokastik Modeller.....	56
2.9.2.1. (AR) Otoregresif Modeller	56
2.9.2.2. (MA)Hareketli Ortalama Modelleri	59
2.9.2.3. (ARMA)Birleştirilmiş Otoregresif-Hareketli Ortalama Modeli	60
2.9.3. (ARIMA)Doğrusal Durağan Olmayan Stokastik Modeller	62
2.9.4. Model Belirleme	63
2.9.5. Geçici Modele Ait Geçici Parametrelerin Tahmini	66
2.9.5.1. (AR) Modellerde Parametre Tahmini	66
2.9.5.2. (MA) Modellerinde Parametre Tahmini	67
2.9.5.3. (ARMA) Modelinde Parametre Tahmini	68
2.9.6. Geçici Modele Ait Nihai Parametrelerin Tahmini	69
2.9.7. Modelin Uygun Olup Olmadığının Test Edilmesi.....	69
2.9.8. Uygun Modelin Tahmin için Kullanılması	70
2.9.8.1. (AR) Modellerinde Tahmin	70
2.9.8.2. (MA) Modellerinde Tahmin.....	71
2.9.8.3. (ARMA) Modelinde Tahmin	73
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	74
3.1. Tahmin Yöntemleri Uygulaması.....	74
4. TARTIŞMA VE SONUC	97
KAYNAKLAR	101

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

2.1. Bisiklet firmasına ait Veriler	32
2.2. GATA'ya Başvuru Yapan Hasta Sayısı	33
2.3. Çağlar A.Ş'nin Satış Miktarı	36
2.4. Çağlar A.Ş'nin Üçerli Hareketli Talep Tahmini	37
2.5. Çağlar A.Ş'nin Dörderli Hareketli Talep Tahmini	38
2.6. AR, MA ve ARMA Modellerinde Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonlarını Özellikleri	66
3.1. Ürüne ait 1997-2006 Yılları Talep Miktarları	75
3.2. Ürüne ait 3 aylık Hareketli Ortalama Sonuçları	77
3.3. Ürüne ait 5 aylık Hareketli Ortalama Sonuçları	78
3.4. Ürüne ait Ağırlıklı Hareketli Ortalama Sonuçları	79
3.5. Ürüne ait Basit (Tekli) Üstel Düzleştirme Sonuçları	81
3.6. Ürüne ait Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Sonuçları	82
3.7. Ürüne ait Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Sonuçları	83
3.8. Ürüne ait Doğrusal Fonksiyonlu Regresyon Analizi Sonuçları	85
3.9. Ürüne ait ARIMA Modeli Talep Tahmin Değerleri	90
3.10. Hata Ölçütleri	92
3.11. Son 1, 3 ve 5 Yıllık Verilere ait Hata Ölçütleri	95

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1. En Küçük Kareler Metodu Gösterimi	26
2.2. Elle Çizme Yöntemi Grafik Gösterimi	30
2.3. Yarım Ortalama Grafiği Yöntemi Gösterimi	31
2.4. Gerçekleşmesi Mümkün Olan Birkaç Eğrisel ve Doğrusal Trend Şekilleri	48
2.5. Konjonktür Dalgalanmaları.....	49
2.6. Mevsim Dalgalanmaları	50
2.7. Box-Jenkins Yaklaşımın Şematik Gösterimi	52
2.8 Durağan Serilere ait Korelogramlar	64
2.9. Durağan Olmayan Serilere ait Korelogramlar	64
3.1. Ürüne ait 1997-2006 Yılları Talep Miktarlarının Grafik Gösterimi	76
3.2. Ürüne ait Basit Hareketli Ortalama Değerlerinin Grafik Gösterimi	77
3.3. Ürüne ait 3 aylık Hareketli Ortalama Değerlerinin Grafik Gösterimi	78
3.4. Ürüne ait 5 aylık Hareketli Ortalama Değerlerinin Grafik Gösterimi	79
3.5. Ürüne ait Ağırlıklı Hareketli Ortalama Değerlerinin Grafik Gösterimi.....	80
3.6. Ürüne ait Basit(Tekli) Üstel Düzleştirme Değerlerinin Grafik Gösterimi.....	81
3.7. Ürüne ait Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Değerlerinin Grafik Gösterimi	82
3.8. Ürüne Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Değerlerinin Grafik Gösterimi.....	84
3.9. Ürüne ait Doğrusal Fonksiyonlu Regresyon Analizi Sonuçları Grafik Gösterimi.....	85
3.10. Ürüne ait Korelasyon Katsayısı Korelogramı	86

3.11. Ürüne ait Kısmi Korelasyon Katsayısı Korelogramı	86
3.12. Ürüne ait Birinci Farklar Serisinin Korelasyon Katsayısı Korelogramı.....	87
3.13. Ürüne ait Birinci Farklar Serisinin Kısmi Korelasyon Katsayısı Korelogramı.....	88
3.14. Ürüne ait Arıma Modeli Talep Tahmini Sonuçları Grafik Gösterimi.....	91
3.15. Ürüne ait Son 1 Yıla âit Gözlem Değerleri Gösterimi.....	94
3.16. Ürüne ait Son 3 Yıla Ait Gözlem Değerleri Gösterimi.....	95
3.17. Ürüne ait Son 5 Yıla Ait Gözlem Değerleri Gösterimi.....	95

SİMGELER DİZİNİ

SİMGE

Y_i	Bağımlı Değişkenin Tahmin Değeri
a	Regresyon Doğrusunun Başlangıcı
b	Regresyon Doğrusunun Eğimi
X_i	Bağımsız Değişkenin Aldığı Değerler
e	Hata Terimi
\bar{y}	y' lerin Ortalaması
\bar{x}	x'lerin Ortalaması
n	Veri Sayısı
S_{xy}	Standart Sapma
a	Düzleştirme Sabiti
y_t^1	Tekli Üstel Düzleştirme Değeri
y_t^2	İkili Üstel Düzleştirilmiş Değeri
s	Mevsim Uzunluğunu
L_t	Serinin t Dönemdeki Genel Seviyesi
B_t	Tred Bileşeni
s_t	Mevsimsel Bileşeni
F_{t+m}	m İleri Dönem İçin Öngörü Değeri
m	Otokorelasyon Sayısı
d	Fark Alma Derecesi
r_k	Tahmin Hatalarının Otokorelasyon Değerleri

1. GİRİŞ

Günümüzde şirketler artan rekabet koşullarında varlıklarını sürdürebilmek, kârlarını arttırabilmek ve üretim maliyetlerini düşürebilmek için bazı tedbirler almaktadırlar. Üretim konusunda stok maliyetini minimum yapabilmek hatta mümkünse tamamen stok maliyetinden kurtulmak, piyasa talebine cevap verememek gibi sorunlarla karşılaşılması için üretim planlamaların önceden yapılması gerekmektedir. Üretim planlamasında, ilk aşamada ön planlama çalışmaları yer alır. Ön planlama aşamasındaki çalışmalar olmadan güvenilir bir üretim planı yapmak olanaksızdır.

Üretilmesi gereken ürünün miktarının belirlenmesi planlamalar yapılır iken çalışılmaya başlanması gereken ilk yerdir. Bunun için de üretimi yapılacak ürüne ait talep tahmini yapılmalıdır. Üretilmesi düşünülen mala ne kadar talep olacağı bilinmeden herhangi bir planlamaya girilmez. Çünkü bu planlamaya göre hammadde, yedek parça, yarı mamul, makine, insan gücü ve yatırım ihtiyaçları belirlenecektir.

Talep, bazı şeylerin değişmediği varsayımı ile alıcıların her fiyat seviyesinde bir maldan, zaman birim başına, satın almak istedikleri miktarları gösterir. Talep kabaca, insanların, üretilmiş ya da üretilmesi düşünülen bir ürünü satın alma isteklerinin ölçüsüdür.⁽¹⁾ Tahmin, bir değişkene ait geçmiş zaman dilimlerinde elde edilen verilerin, gelecekte ne olacağının belirlenmesi olarak tanımlanabilir.⁽²⁾

Talep tahmini, tüketicilerin gelecekte ne miktar mal ve hizmet talep edeceklerinin kestirilmesi işlevidir. Bu tahmin işletmenin üretim seviyesinin

saptanmasında temel oluşturur. Hangi ürünün üretileceği, tüketicilerin bu üründen ne miktar talep edecekleri ve bu talebin çoğunlukla hangi tarihlerde gerçekleşme olasılığının bulunduğu talep tahminleri ile yorumlanır. Talep tahminlemede sayısal ve sayısal olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Sayısal olmayan talep tahmini tahmincinin bilgi ve tecrübesine dayanan, sayısal talep tahmin yöntemleri ise sebep sonuç ilişkisine dayanan teknikler ve zaman serisi analizlerine dayanan yöntemlerden oluşur.⁽²⁾

Bu çalışmada, talep tahmininde kullanılan sayısal ve sayısal olmayan talep tahminleme yöntemleri örneklerle anlatılmaya çalışılmış, konu ile ilgili literatür taramasında talep tahminlemesine yönelik yapılan çeşitli çalışmalara yer verilmiş ve son bölümde fens teli imalatı yapan bir imalathanede ürün talebinin tahminlenmesinde sayısal yöntemler kullanılarak en iyi tahmin bulunmaya çalışılmıştır.

Literatür Araştırması ;

Tahminleme teknikleri, yönetim bilimi/yöneylem araştırması alanındaki çalışmalarda kullanılan tekniklerin başında gelmektedir. 1960'lı yıllardan itibaren tahminleme alanında önemli gelişmelere tanık olunmuştur⁽³⁾. Talep tahminlemesine yönelik başlıca çalışmalar :

IBM 7094 model bilgisayar kullanılarak 5 farklı ülkeden alınan farklı dikiş makinesi ürün gruplarına ait 7,5 yıllık aylık satış verilerinden oluşan 23 farklı seri kullanılarak talep tahminlerinin yapılmasında üstel düzleştirme, hareketli ortalamalar ve zaman serileri analizinde en küçük kareler yöntemlerinin kullanılmış ve uygulamada trend analizi ve mevsimsellik içeren üstel düzleştirme yönteminin daha iyi olduğu görülmüştür. ⁽⁴⁾

1960 ve 1969 yılları arasındaki veriler ile İngiltere pazarındaki binek otomobil talebinin üstel düzleştirme ve hareketli ortalamalar yöntemleriyle tahminlenmesi için iç pazar toplam binek otomobil üretimi, ihracat için toplam binek otomobil üretimi ve yeni kayıt olmuş binek otomobillerin bilgileri kullanılarak tahmin yapılmış ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. ⁽⁵⁾

Avustralya'da Matematik ve İstatistik bölümünde yapılan bir yüksek lisans tezinde telefon talebinin tahminlenmesinde doğrusal regresyon ve hareketli ortalamalar yöntemleri kullanılmıştır. ⁽⁶⁾

Bitkisel bileşenler için yapılan reklam harcamaları ile pazarlama arasındaki ilişkinin belirlenmesinde tahmin yapmak amacıyla regresyon analizi ve kovaryans analizinden yararlanılmıştır. ⁽⁷⁾

Amerika'da mini otomobil, küçük otomobil, orta boy otomobil, standart model otomobil ve lüks otomobil kategorisinde 5 farklı otomobilin 5 yıllık talebinin, bağımsız değişkenler olarak harcanabilir gelir, otomobil türüne göre değişen fiyatlar, benzin fiyatları, benzin kıtlığı ve Amerika otomotiv işçilerinin grevinin kullanıldığı çoklu regresyon analizi ile tahminlemesi yapılmıştır. ⁽⁸⁾

Zaman serileri ve regresyon analizi kullanılarak Libya'da yiyecek talebinin tahminlenmesi yapılmıştır. ⁽⁹⁾

Güneybatı Pennsylvania'da halkın ambulans hizmetlerine olan talebini tahminlemede bölgeye ilişkin dört adet veri (bağımsız) kullanılmıştır. Bunlar sosyo-demografik veriler, geçmiş yıl talep verileri ve ambulans hizmeti veren firmanın yapısı ve hizmetin niteliğine ait verilerdir. Uygulamada çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. ⁽¹⁰⁾

Amerika’da halka elektrik dağıtımını sağlayan 75 firmanın geçmiş talep tahminleri ve mevcut satış verileri kullanılarak doğrusal regresyon analizi, zaman serileri analizi, Holt’un üstel düzleştirme yöntemi ve çoklu regresyon analizi ile 2, 4, 6 ve 7 yıllık satış tahminleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yöntemlerin birbirlerine göre üstünlükleri açıklanmıştır. ⁽¹¹⁾

Güney Carolina’da 4 ilçeye ait günlük acil sağlık hizmeti ve rutin sağlık hizmetlerine ait talebinin tahminlenmesinde Winter’s üstel düzleştirme yöntemi kullanılmış, acil ve rutin hizmetlerin taleplerinin birleştirilmesinde hedef programlama modeli formülize edilmiş ve elde edilen sonuçlar çoklu regresyon analizi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu yaklaşımların etkili programlama üzerine etkileri belirlenmiştir. ⁽¹²⁾

Düzensiz seyreden ürün talebinin tahminlenmesinde üstel düzleştirme yöntemi kullanılmıştır. ⁽¹³⁾

Kesikli özelliğe sahip yedek parça talebinin farklı periyodik envanter kontrolü yöntemleri kullanılması halinde düşük ve basit üstel düzleştirme ve hareketli ortalamalar yöntemleri ile tahminlenmesi yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. ⁽¹⁴⁾

Bu araştırmada ülkemizde kullanılan 8 farklı kağıt türünün talep tahminlerinin yapılması amaçlanmıştır. Kağıt tüketimini etkileyebilecek değişkenler olarak kağıt ürünleri ve basım sanayine ait toplam eşya fiyat endeks sayıları, ithalat ve ihracat miktarları, Gayri Safi Milli Hasıla ve nüfus faktörleri dikkate alınarak, Türkiye’de kullanılan kağıt-karton türlerinin talep tahminlerinin çoklu regresyon analizi ile oluşturulması ve değişkenler arasındaki ilişki korelasyon analiziyle

belirlenmiş ve kağıt-karton türlerinin 2000 yılına kadar talep tahminleri yapılmıştır.⁽¹⁵⁾

Amerikan donanmasında regresyon analizi ile bakım-onarım parçalarının talep tahmini yapılmıştır.⁽¹⁶⁾

Hong Kong'a Japon turistlerin seyahat taleplerinin tahminlenmesi üzerine çalışılmıştır.⁽¹⁷⁾

Amerika'da birleşik perakende satışlarının zaman serileri analizinde çoklu regresyon kullanımı ile tahminlenmesi ve yapay sinir ağları ile yapılan tahminlerle karşılaştırılması yapılmıştır.⁽¹⁸⁾

Hareketli ortalamalar, üstel düzleştirme ve çoklu regresyon analizi gibi yöntemler yardımıyla Amerikan turistlerin Durban'a seyahat taleplerinin tahminlenmesinde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.⁽¹⁹⁾

Zaman serileri analizi kullanılarak Melbourne su tedarik sisteminin şehir bölgesine ilişkin saatlik ve günlük su talebinin tahminlenmesi yapılmıştır.⁽²⁰⁾

Doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle Amerika nüfus idaresinden alınan 1985-1999 yıllarına ait aylık perakende satış verileri kullanılarak satışların tahminlenmesi yapılmıştır.⁽²¹⁾

Tedarik zincirinde bulunan servis parçalarının rastlansal taleplerin tahminlenmesi uygulanmıştır.⁽²²⁾

Logaritmik regresyon modeli kullanılarak Avrupa'daki bir marketler zincirine ait beş ürünün bütünlük talebinin tahminlenmesi yapılmıştır.⁽²³⁾

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu yüksek lisans tez çalışmasının amacı kuruluşların gelecekte yapacakları üretim miktarlarını belirlemek için kullanılan sayısal ve sayısal olmayan talep tahmin yöntemleri üzerinedir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde talep, tahmin, talep tahmini ve yöntemleri hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Bu bölümün devamında literatür araştırması ile çalışma amaç ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde, tahminin amacı ve önemi, çeşitleri, ilkeleri, iyi bir tahminin özellikleri gibi konuların yanında talep tahmin yöntemleri ve Box-Jenkins tahmin yöntemi konularında bilgiler verilmiş ve konular örneklerle açıklanmaya çalışılmıştır. Zaman serileri, zaman serilerinin özellikleri ve Zaman Serileri Analizi ile analiz yöntemleri de ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Uygulamada kullanılacak olan talep tahmin yöntemlerinin teorileri ve uygulamada kullanılacak eşitlikler ve formüller hususunda da bu bölümde bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, Ankara'da fens teli imalata yapan bir işletmeye ait veriler ile sayısal talep tahmin yöntemleri uygulanmış ve bu yöntemler ve sonuçları çizelge ve grafikler kullanılarak yorumlanmıştır. Ayrıca yöntemlerin hata uygunluk karşılaştırmaları yapılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Uygulamanın yapıldığı ürüne ait talep tahmini verileri ve sonuçları dördüncü bölümde anlatılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Tahminin Amacı ve Önemi

Akla, sezgiye veya bazı verilere dayanarak gelecek bir şeyi, olayı kestirme veya kestirim tahmin kelimesinin sözlük anlamıdır. ⁽²⁴⁾ Geleceği tahmin etmek veya etmeye çalışmak sosyo-ekonomik gelişmenin bir unsurudur. Karar verme zorunluluğunda olan bütün özel veya kamu kuruluşları gelecek zamanda mevcut durumlarını muhafaza etmeleri ve geliştirebilmeleri için gelecekteki olayları tahmin edebilmeleri ve iyi bir plan çerçevesinde uygun çözümler bulmaları ile gerekmektedir.

Tahminin amacı kuruluşların gelecekte karşılaşılabilecekleri durumları önceden kestirebilmeleri için çeşitli verilere ve tekniklere dayanan yöntemlerle önlem almalarını sağlamaktır. Amaç gelecek dönemler için tahmin yapmak olduğuna göre, incelenen verilerin önceki dönemlere ait seyri ve özellikleri doğru bir şekilde ortaya konmalıdır.⁽¹⁾ Bunun sebebi talep tahmini üretim planlama ve kontrol sisteminin diğer fonksiyonlarına temel girdiyi sağlamasıdır. Bu fonksiyonlar sayesinde yapılan tahminler hammadde, yedek parça, yan mamul, makine, insan gücü, programlama ve diğer kararlara dönüştürülür.

Kuruluşlar veya şirketler geleceğe yönelik kararlarını verirken ve ileriye doğru politikalarını belirlerken doğru ve güvenilir tahminlere ihtiyaç duymaktadırlar. Çünkü doğru olmayan tahminler kuruluşun veya şirketlerin politikaları ile gelecekteki hedeflerini olumsuz olarak etkiler. Bunun sonucunda artan stok maliyeti ve talebe cevap verilememesi gibi nedenlerle pazar kaybı meydana gelir. Tahmine geçilmeden tahmin ihtiyacı açıkça ortaya konulmalıdır ve tahminin bir satış hedefi

olmadığının anlaşılması gerekir. Tahmin yapılırken kuruluşların satışlarda amaçladığı artış oranlarını talebin ne olacağı ile değerlendirmeleri gerekmektedir. Diğer taraftan tahmin, üretim kapasitesi tarafından da sınırlandırılmamalı ve tahmin gerçek satışları mümkün olduğu kadar doğru kestirmelidir.

2.2. Tahmin Çeşitleri ve Tahmini Etkileyen Satış Karakteristikleri

Tahmin için bazı metotlar göz önüne alınır. Tahmin araştırması geleceğe ait planlama ve karar vermeye yardım sağlamaya dayalı yapılır. Kuruluşun çeşitli kademelerinde gelecekteki planlama konusunda değişik tahminlere ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, İşletmenin genel müdürü bir kaç yılın toplam parasal gelirlerinin tahmini ile ilgilenirken; üretim yönetimi belli bir dönemde her bir üründen ne kadar talep edebileceği ile ilgilenmektedir. Tahmin çeşitlerini üç genel başlık altında toplayabiliriz.

2.2.1. Pazar Tahmini

Bu tahmin bir yıldan yirmi yıla kadar uzun dönemin genişleme planları ile kuruluşun araştırma ve geliştirme faaliyetlerine rehberlik eder. Kuruluşun izleyeceği yolu belirleyen pazar tahmini önemlidir. Bu nedenle büyük bir titizlikle hazırlanmalıdır.

2.2.2. Satış Tahmini

Kısa dönem satışları için yapılan satış tahmini satış kampanyalarının ve diğer pazar stratejilerinin planlanmasında kullanılır. Genellikle bir aydan bir yıla kadar olabilmesine karşın genellikle üçer aylık tahminler halinde yapılması daha faydalıdır.

2.2.3. Üretim Tahmini

Bu tahmin çeşidinde her üründen kaç birim talep edileceğinin tahmini yapılır. Tahmin bir plan dahilinde (genellikle üç aylık veya bir yıl) her bir dönem (genellikle bir hafta veya ay) yapılır. Tek tek dönemlere göre yapılan tahminler daha sonra toplam talebi elde etmek üzere birleştirilir. Bundan yararlanılarak uzun dönem üretim planları yapılabilir. Üretim planlarında vardiya sayıları, işgücü miktarları, ilâve araç-gereç miktarı, fason üretim ile ilgili kararlar bulunmaktadır. Dönemlere ait tahminler üretim emirlerinin, malzeme ihtiyaçlarının saptanması için kullanılır. Bunlar detaylı programların yapılmasında, işçi ve makinenin görevlendirilmesinde ve diğer kısa dönem kararların alınmasında yardımcı olacaktır.⁽²⁵⁾

Yeni ürün iş başarısının kaynağı olmuştur ve olmaya devam edecektir. Gerçekte bugünün rekabetçi pazarlamacılarının yeni ürün tanıtımları tercih değil bir zorunluluktur. Bütün ürünler içinde yeni ürün tahmini en zor olandır. Çünkü yeni ürün hakkında hiç tarihi bilgi veya deneyim yoktur.⁽⁴⁸⁾

Bazı ürünlerin yaşam çemberi standart zaman serisi tahmin yöntemlerinin uygulanması için kısadır. PLC (Product Life Cycle) yalnızca mevsimsellik elementlerini değil, fiyat değişimleri ile destek olaylarını birleştirmeyen gerçek pazar verileri uygun olduğunda günceller. Bu metot sadece bir yıldan az talep tahmini yapılan teknoloji ürünleri için uygundur.⁽⁴⁹⁾

2.2.4. Tahmini Etkileyen Satış Karakteristikleri

Mamulün özellikleri ile talep modeli, yapılacak tahminin tipini ve kapsayacağı zaman süresini etkiler. Eğer mamule olan talep daima sabit ise, tahminin zaman süresi biraz daha kısa olabilir. Geleceği planlama, talebin daima aynı düzeyde

kalacağı kabulüne dayanır ve bu tarz durumlarda var olan kapasite genellikle talep hacminin çoğunu karşılayabilir. Ürüne olan talep dalgalanmalar gösteriyorsa, tahmin bir dönemi kapsamına almalıdır. Tercih edilen tahmin, iki tepe noktası arasındaki süreyi içine alır. Bu süre, maksimum talebi karşılamak için daha iyi üretim ve envanter planlama imkânları sağlamaktadır. Eğer talepte dönemsel değişiklikler varsa, talebi karşılamak için fazla mesai ve/veya stok gerekli olabilir.

Talepte uzun bir zaman içinde gittikçe artan bir eğilim (trend) bekleniyorsa, zorunlu olacak genişleme veya donanımın sağlanmasını planlamaya imkân veren bir zaman süresi için tahmin yapmak gereklidir. Bu zaman aralığı birkaç aydan, birkaç yıla kadar değişebilir.

Bazı ürünlerin talep değerleri mevsimlere göre azalır veya çoğalır. Böyle durumlarda öncelikle talepteki mevsimsel değişmelerin nedenini iyi belirlemek gerekmektedir. Eğer talebin bazı mevsimlerde fazla, bazılarında az olmasını gerektiren geçerli nedenler varsa o zaman mevsimsel tahmin yöntemleri kullanılabilir.

Firmaların büyük bir kısmında birden fazla tahmine gerek vardır. Bunlar zaman sürelerine göre aşağıdaki şekilde ayrılabilir:

1. Uzun vade tahminleri: İşletme tesislerinin genişletilmesi, yeni makine ve donanım için gerekli sermaye yatırımını planlamak için yapılır. Beş yıllık veya daha fazla olabilir.

2. Orta vade tahminleri: Tedarik süresi belirsiz veya uzun olan malzeme alımlarının, üretim prosesi karmaşık mamullere ait imalat faaliyetlerinin, talebi mevsimsel dalgalanma gösteren mamul stoklarının planlanması amacıyla hizmet ederler. Altı aydan başlayarak beş yıla kadar uzanan bir süreyi kapsayabilirler.

3. Kısa vade tahminleri: İşgücü seviyesini hesaba katarak, satın alma veya imalat için uygun sipariş miktar ve zamanlarını tespit etmek ve uygun üretim kapasitesini planlamak için yapılır. Üç aydan, altı aya kadar bir süreyi kapsar.

4. Çok kısa vadeli tahminler: Haftalık, hatta günlük olarak parça, malzeme ve mamul stoklarının kontrolü veya montaj hattı iş programlarının hazırlanması amacı ile yapılır. Daha çok işletme içi verilerden yararlanır.⁽²⁶⁾

Talep tahmininin kapsadığı zaman aralığı büyüdükçe sonucu etkileyen faktörlerin sayısı artar ve bunlar arasındaki ilişkiler gittikçe karmaşık bir hal alır. Doğru bir tahmin için her detayı önemsemek gerekir. Buna karşılık vade kısaldıkça tahminlerin gerçeğe uygunluk derecesi önem kazanır.

2.3. Tahmin Prensipleri

Talep tahminlerinde göz önünde bulundurulması gereken prensipler;

1. Miktar veya çeşit bakımından büyük olan gruplar için yapılan tahminler daha duyarlıdır.

2. Tahminlerin kapsadığı zaman aralığı kısaldıkça (kısa vadeye gidildikçe) duyarlılık artar.

3. Her talep tahmin araştırmasında sapmaları belirleyecek hata hesaplamaları yer almalıdır.

4. Herhangi bir talep tahmin araştırmasının sonuçlarını uygulamaya geçmeden önce kullanılan yöntemin testi yapılmalıdır.⁽²⁵⁾

2.4. Talep Tahmini Araştırmasında Yapılacaklar

Talep araştırması, tahmin prensipleri gözönüne alınmak koşulu ile başlıca 4 aşamada gerçekleştirilen bir faaliyettir. Bu belli başlı faaliyetler;

2.4.1. Bilgi Toplama

Araştırmanın geçerliğini etkileyen çok önemli bir aşamadır. İşe yarayacak bilgilerin toplanması işletmenin kayıt sisteminin iyi olmasına bağlıdır. Geçmişe ait satış, tedarik, işlem zamanı ve maliyet verileri olmadan geleceği tahmin etmenin güçlüğü hatta imkânsızlığı ortadadır. Bunun yanında araştırmacı da kendi amaçlarını göz önüne alarak toplayacağı bilgilerin cinsi, kapsamı ve ayrıntısı konusunda doğru karar vermesi gerekir. Eksik veya istenilenden daha ayrıntılı bilgiler araştırmanın maliyetini arttırdığı gibi sonuçların doğruluğunu da olumsuz etkiler.

Geniş kapsamlı bir pazar araştırmasıyla, talep tahmininde kullanılacak bilgilere ulaşılır. Bu bilgilerin talebi etkileyen bütün faktörleri ve konuyla ilgili tüm değişkenleri göz önünde bulundurulacak şekilde geniş ve detaylı bir araştırma sonucuna dayalı olması gerekir. Araştırmanın hedefine bağlı olarak bilgiler objektif ölçülere göre doğru ve tam olarak elde edilmelidir. Böylece araştırmadan elde edilmesi beklenen sonuçlara daha kolay ulaşılabılır.

2.4.2. Talep Tahmin Periyodunun Tespiti

Talep araştırması sonuçlarının kullanılış amacı ile periyodun uzunluğu arasında yakın bir ilişki vardır. Örneğin günlük iş emirlerinin hazırlanmasında başvurulacak tahminlerin aylık dönemler için yapılması yanıltıcı sonuçlar ortaya koyar. Bunun nedeni de günlük değerlerdeki oluşacak farklılıkların aylık değerlerde tamamen kaybolmasıdır.

2.4.3. Tahmin Yönteminin Seçimi ve Hata Hesabının Yapılması

Tahmin için toplanan bilgilerin belirsizlik, duyarlılık, değişim gibi özellikleri ile uygulama amaçları kullanılacak yöntemin seçiminde dikkate alınması gereken en önemli unsurlardır. Aynı kriterlere, hata hesabının yapılmasında da başvurulabilir.

Kullanılacak olan metotla talep tahmini işlemi arasında uyumluluk sağlanmalıdır. Ayrıntılı talep araştırması gerektiren durumlar için fazla ayrıntılı inceleme yapmayan metotların kullanılması, istenilen sonuçların elde edilmesini engelleyebilir. Aynı ölçünün ve durumun hata hesabında da dikkate alınması gerekmektedir.

2.4.4. Tahmin Sonuçlarının Geçerliliğinin Araştırılması

Tahmin sonuçlarının geçerliliğinin araştırılması, çeşitli bilgilere dayanılarak yapılan tahminlerle gerçek değerler arasındaki farkların sistematik biçimde tespiti ve nedenlerinin araştırılmasından ibarettir.⁽²⁵⁾

2.5. Tahmin Kararları

Tahmin fonksiyonundan elde etmeye çalıştığımız sonuçlar alt başlıklar halinde verilmiştir;

2.5.1. Talep Trendi

Tahmin yöntemi, üretilen üründen her dönemde ne kadar satış yapacağımızı gösteren talep trendini belirlemelidir. Bu trend, geçmişte ürüne ait talebin analizi ile elde edilir. Üretilen ürünün talep eğiliminde bir azalma, üründe bazı düzenlemelerin yapılması için ürün geliştirmeye ulaştırılır. Bütün ürünler zamanla tüketicileri tatmin

edemez duruma gelir ve üretimden kaldırılır. Şirketin veya kuruluşun üst düzey yöneticileri tarafından bir ürünün üretiminin sonlandırılması hususunda karar verildiğinde alınan bu karar tahmin fonksiyonu aracılığıyla kontrol sistemine gönderilmektedir.

2.5.2. Diğer Kararlar

Tahmin fonksiyonu ile birlikte birçok değişik konudaki kararlar kontrol sistemine girebilir. Bu kararlar çıkarılan talep trendiyle etkileşim içinde olduklarından, gerçek tahmini de etkilerler. Örnek verilecek olursa, bazı durumlarda satış elemanlarının kişisel yargı ve düşünceleri önemsenmesi gereken önemli bir girdidir. Satıcılar genellikle tüketicilere çok yakın ve onların tepkilerini hemen anlayacak durumdadırlar.

Tahmini etkileyen önemli bir diğer girdi reklâmdır ve reklâm programlarının sonucunda reklâma ait beklenen etkilerdir. Bir satış kampanyası, talepte hızlı bir artış sonrası hızlı bir düşüşe, daha sonra da normal bir düzeye ulaşmayla sonuçlanabilir.

Tahmini etkileyen dışsal etkiler ise rekabet, (yeni ürün veya rakip bir malın fiyatında yapılan indirim) politik faktörler ve endüstrinin genel ekonomik durumu olarak sayılabilir.

2.5.3. Birleştirilmiş Tahmin

Planlamada her üründen ne kadar satılacağını tahmin edebilmek için, tahmin fonksiyonu, yukarıda anlatılan diğer kararlar ile talep trendini birleştirmek zorundadır. Kümülatif talepler üretim planlarının, periyodik talepler ise detaylı

üretim programlarının hazırlanmasında kullanılır. Bunlar ise üretim planlarının girdilerini oluşturur.

2.6. Talep Tahmininin Üretim Planlamadaki Yeri

Üretim kısaca; İnsan gereksinimlerini karşılayacak mal ve hizmetlerin ortaya çıkarılışı olarak tanımlanabilir.⁽²⁷⁾ Üretim Planlama ise gelecekteki ihtiyaçları karşılamak için üretim prosesinin sabit ve değişken girdilerini karşılaştıran ve belirli oranlarda bir araya getiren bir orta dönem planlamadır. Üretim planları tahmin edilen rakamlara dayanır.⁽²⁶⁾ Planlama, üretimi yapılacak ürün hakkındaki bütün verilerin analiziyle başlamaktadır.

Ürettiğini satabilen başarılı firmalar, sonraki yıllara ait yaptıkları satış tahminlerini temel alan farklı dönemler için üretim planlarında hazırlayabilirler.⁽²⁸⁾ Talep tahmini, üretim planlama çalışmasının temelini oluşturur. Talep tahmininde kullanılan veya kullanılacak veriler ürüne olan talebin, belirli zaman aralıkları ile gözlenmesi sonucunda elde edilir.

Üretilmesi düşünülen ürüne ne kadar talep olacağını bilmeden yapılacak bir planlama gerçek bir planlama olamaz. Pazar koşulları bir ölçüde kestirilebilir ama tahmin edilmesi zordur. Önceden bilinmeyen durumlarda da talep tahmini yapılmaktaydı. Gelecekte talebin ne düzeyde oluşacağını bilmesi üretim planlama çalışmaları açısından çok önemlidir. Talebin doğru olarak tahmin edilmesi sonucuna kapasite ihtiyacının çıkarılması, her üründen veya parçadan ne kadar üretileceği belirlenerek kararlar verilir. Üretilen ürünün hitap edeceği toplumun talep düzeyini göz önüne almadan üretimde bulunan bir işletme uygun olmayan miktarlarda üretim yapması sonucu zarara uğraması kaçınılmazdır. Eksik üretim halinde, aylık kapasite nedeniyle birim başına sabit masraflar artacak, dolayısıyla da birim maliyet

artacaktır. Buna karşılık, fazla üretim halinde ise, sermayenin dönme hızı azalacağı gibi, stoklama problemleri ortaya çıkacak ve maliyet yine artacaktır.

Talep her zaman süreklilik göstermeyebilir. Yazın dondurma satışları yüksekken, kışın satış miktarı düşer. Bazı ürünler için ise talep sadece belirli zamanlarda ortaya çıkar. Üretim işletmelerinde en önemli veri taleptir. Üretim işletmelerinde yapılacak çalışmaların tamamı oluşacak talebin miktarına bağlı olması talep tahmininin önemini ortaya koymaktadır.

2.7. Tahmin İçin Kullanılan Yöntemler

Talep tahmini için tek bir yöntem yoktur. Tek bir yöntem olmaması da doğaldır. Bir ekonomide üretilen mal ve hizmetlerin çok çeşitli oluşu; tüketim malları, ara mallar, sermaye malları taleplerinin birbirinden farklı şekilde meydana gelişi, elde edilebilen istatistiklerin çoğu zaman sınırlı ve güvenilirlik derecelerinin çok değişik bulunuşu, tek bir talep tahmin yönteminin kullanılmasını imkansız kılmaktadır.

Karar sürecinde kullanılan tahminleme teknikleri sayısal olanlar ve sayısal olmayanlar olarak sınıflandırılmaktadır. Karar vericiler öncelikle tahmin yapacakları sorunun yapısına en uygun tahminleme tekniğini belirlemelidir. Tahminleme faaliyetleri; tahmin tipi, tahminin kapsadığı zaman, erişilebilir bilgi kaynakları ve kullanılan tahminleme tekniğinin fonksiyonu niteliğinde olmaktadır.⁽²⁹⁾

İşletmelerin karar verme sürecinde kullanacakları tahminleme tekniklerinin seçilmesinde; tahminlerin kapsadığı zaman aralığı, tahminlerin hazırlanması için gerekli olan zaman süresi, tahminlerin sonuçlarına göre verilecek kararların uzun veya kısa vadeli oluşu, verilere erişebilme, elde edilen verilerin niteliği ve seyri,

tahminleme sürecinde kullanılan kaynakların maliyeti, karar vericinin tolere edebileceği hata payı, tekniğin anlama ve uygulama açısından kolaylığı, yöntemi uygulayacak ve tahminleri kullanarak kararlar verecek olan bireylerin özellikleri v.b. pek çok faktörün dikkate alınması gerekmektedir.⁽²⁹⁾

Tahminlemede kullanılan tekniklerden sayısal tahminleme teknikleri, mevcut durumlara ve gelecekle ilgili planlara ilişkin bilgisi olması beklenen kişilerin fikir ve yargılarının toplanmasını gerektirmektedir.⁽²⁹⁾

Sayısal olmayan teknikler, tahminlenecek olguya ilişkin sayısal verilerin elde edilememesi, belirsizliğin ve verilerin değişkenliğinin fazla olması durumunda kullanılabilir. Sübjektif faktörlerin ele alınmasını sağlayan sayısal tahminleme tekniklerinin girdileri çeşitli kaynaklardan elde edilebilmektedir. Bu bilgi kaynakları, müşteriler, satış elemanları, yöneticiler, teknik elemanlar veya işletme dışından çeşitli uzmanlar olabilmektedir.⁽²⁹⁾

Sayısal olmayan tekniklerle yapılan tahmin, tahmincinin bilgi ve tecrübesine dayalı olarak gerçekleştirilir. Çünkü her tahmincinin bilgi ve tecrübesi aynı değildir.⁽²⁾

Uygulamada ileriye yönelik tahminler için sayısal olmayan ve sayısal yöntemlerin birlikte kullanıldığı da görülmektedir.⁽²⁹⁾

2.7.1. Sayısal Olmayan Tahmin Yöntemleri

Sayısal olmayan tahmin yöntemlerinde, tahminin doğruluğu çalışma alanı konusunda uzman kabul edilen bireylerin yargılarına ve deneyimlerine dayanmaktadır. Bu yöntemlerde bilgi işleme süreci uzmanlar veya jüri üyeleri tarafından yapılmaktadır. Sayısal olmayan tahmin yöntemleri sübjektif yargılara

bağlı olmaları nedeniyle, sayısal yöntemler gibi tekrarlanamayan, sonuçları tartışmaya açık yöntemler olsa da sayısal olmayan tahmin yöntemlerini kullanmayı gerektiren bazı nedenler vardır. Bunlar;

1. Geçmişe yönelik yeterli verinin bulunmaması,
2. Mevcut zaman serilerinin güvenilir yada geçerli olmaması,
3. Makro çevrenin çok hızlı bir şekilde değişmesi,
4. Çevresel etkiler açısından büyük karışıklıklar beklenmesi,
5. Uzun dönem tahminlerine ihtiyaç duyulmasıdır.

Yukarıda bahsedilen durumlarda kullanılabilmesi sayısal olmayan tahmin yöntemlerinin en önemli avantajlarıdır. Buna ilave olarak; genellikle ucuz maliyetli olmaları ve üstün istatistiksel yeteneklere ihtiyaç duymamaları sayısal olmayan tahmin yöntemlerinin avantajlarına ilave olarak eklenebilir. Bunun yanında, seçilen jüri üyelerinin veya uzman kişilerin deneyimlerinin yetersizliği, kendi düşüncelerini tahminlere yansıtma ihtimali, geleceğe ilişkin beklentilerin tahminleri etkilenmesi, sayısal olmayan tahmin yöntemlerinin dezavantajlarıdır.

2.7.1.1. Delphi Yöntemi

Delphi geleceğin tahmin edilmesinde istatistiksel bir metodoloji değildir.⁽²⁹⁾ Delphi yöntemi, özel bir araştırma yöntemi olup, belirlenen kısa ve uzun vadeli olayların meydana gelmesine ilişkin tahminler yapmada kullanılmaktadır. Bu teknik, 1960'larda "Rand Corporation" firmasında çalışan "Olaf Helmer" ve "Norman Dalkey" adında iki araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.

Uzmanların bir araya gelerek oluşturduğu bağımsız grup çalışması şeklinde yürütülen yöntem, söz konusu alan ile ilgili düzenlenmiş sorular ve uzmanlardan alınan görüşler ve düşünceler aracılığıyla yürütülmektedir. Delphi yönteminin mantığı; birden fazla anket formunun gönderilmesi sonucunda “geri besleme” yoluyla grup üyelerinin ortak bir görüş birliğine varmalarını sağlamaktır.

Yöntemin işleyişi maddeler halinde verilmiştir;

1. Yöntemin uygulanmasına katılacak uzman üyelerin belirlenmesi ve katılımın sağlanması,
2. Anket formunda yer alacak soruların tartışmaya sunulması,
3. İlk anket formunun panel üyelerine gönderilmesi,
4. Sonuçların değerlendirilmesi,
5. Uzmanların konu hakkındaki görüşlerini tekrar gözden geçirmeleri için ikinci anket formunun gönderilmesi,
6. Yanıtların değerlendirilmesi,
7. Elde edilen sonuçların özet olarak panel üyelerine gönderilmesi,
8. Sorunun çözüme ulaşmasıdır.

Delphi yönteminin bazı üstünlüklerinden ve eksikliklerinden bahsedilebilmektedir.

Üstünlükleri:

Delphi yönteminde bireylerin yüz yüze gelmelerinden doğabilecek problemler en az düzeye indirilmektedir. Bu şekilde bireylerin düşüncelerini, diğerlerinin baskılarına maruz kalmadan serbestce ifade edebilmektedirler. Katılımcılar ardışık anketler yoluyla sağlanan geri bildirimler neticesinde farklı

düşüncelerden haberdar edilmekte, kendi düşüncelerini yeniden gözden geçirme fırsatı yakalamaktadırlar. Delphi tekniği, katılımcıların zaman, mekan, uzaklık, maliyet gibi faktörler nedeniyle sıklıkla toplanma olasılığının olmadığı durumlarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Delphi tekniği, farklı bilgi, beceri ve deneyimler yardımıyla bireylerin farklı bakış açılarıyla sorunların ilgili parçalarına katkıda bulunmalarına fırsat tanımaktadır.

Eksiklikleri;

1. Başarının uzmanların seçimine bağlı olması,
2. Sonuçların geri bildiriminin zaman alması,
3. Sürecin uzamasıyla birlikte katılımın azalması olarak özetlenebilir.⁽³⁰⁾

2.7.1.2. Uzmanların Görüşleri Yöntemi

İşletmede karar yetkisine sahip yöneticilerin, uzmanların, tecrübeli kişilerin düşünceleri ve kişisel değerlendirmeleri birleştirilerek işletme satış tahmini elde edilir.

Yöntemin Üstünlükleri;

1. Kısa sürede hazırlanabilirler.
2. Kantitatif yetenek gerektirmez.
3. Her ortamda uygulanabilir.
4. Bilgisayar desteğine gerek duymaz.
5. Geçmişe dayalı veriler kullanılabilir.

Yöntemin en önemli zayıflıklarından biri toplam tahmini yansıtmamasıdır.⁽²⁷⁾

2.7.1.3. Satış Elamanları ve Ürün Hattı Yöneticileri

Satış elamanları yada satış sorumlularının deneyimlerine dayalı yaptıkları talep tahminleri, daha sonra işletme üst düzey yöneticileri tarafından gözden geçirilmektedir ve gerekli görüldüğü takdirde düzeltmeler yapılmaktadır. Bu düzeltmeler satış elemanları veya satış gruplarının tahmin yaparken göz önüne almadığı etkenler bulunduğu takdirde yapılır. Ürüne ilişkin gelecek hakkında satış elemanlarının bilmediği fakat yöneticilerin haberdar oldukları, reklâm kampanyaları, ürünün tasarım veya fiyatında olacak değişiklikler, işletme politikası, rakip firmaların durumu ve stratejileri gibi birçok etken satış elemanları tarafından gelen tahminler üzerinde düzeltmeler yapılmasını gerektirebilmektedir.

Deneyim ve sezgiye dayalı olması, kötümser tahminlerle iyimser tahminlerin eş değer tutulması sakıncaları bulunmaktadır. Yöntemin avantajları ise; düşük maliyetli olması ve kısa süreli çalışmalarla geliştirilebilmesidir.⁽³¹⁾

2.7.1.4. Satış Gücü Grupları Yöntemi

Satış elemanlarının tüketiciler ile en yakın ilişkiler kuranlar olduğunun varsayılması nedeniyle, tüketicilerin gelecekteki davranışları hakkında kendilerinden bilgi alınamaması durumunda en sağlıklı bilginin satış elemanlarından alınabileceği düşüncesine dayanmaktadır.⁽³¹⁾

2.7.1.5. Pazar Araştırması Yöntemi

Gelecekteki talep tahminleri hakkında bilgi almak amacıyla tüketicilerden, mülakat, anket, telefonla konuşma gibi yöntemler ile bilgi toplanmasını amaçlayan bir tahmin yöntemidir. Zaman alıcı ve yüksek maliyetlidir. Bu yöntemden elde edilen

bilgilerin güvenilirlik derecesi çok küçük olmaktadır.⁽³¹⁾ Sadece talep tahmini değil, yeni ürün planlaması ve ürün tasarımının geliştirilmesinde de faydalanılır.⁽²⁷⁾

2.7.1.6. Yaşam Eğrilerinin Benzeşimi Yöntemi (Tarihsel Benzeşim)

Piyasalarda genel olarak ürünlerin belli bir yaşamı olduğu ve bu yaşamın belli aşamalardan geçtiği kabul edilmektedir. Bunlar tanınma, büyüme, olgunluk, doygunluk ve gerileme aşamalarıdır. Gerileme aşamasından sonra ürünün piyasadaki yaşamı sona erer. Bu yöntemde genellikle piyasaya yeni çıkacak bir ürünün talep ön görümleri piyasadaki benzer ürünlerin yaşam eğrilerinden esinlenerek yapılır. İşletmeler kendi ürünlerini talebiyle ilgili o ürüne benzer özellikler gösteren piyasadaki bir başka ürünün yaşam aşamalarında sahip olduğu satış rakamlarına bakarak yorumlarda bulunabilir. Böyle yapılan talep tahminine yaşam eğrilerinin benzeşimi adı verilir.⁽²⁷⁾

2.7.1.7. Senaryo Analizi

Senaryo analizinin tahmin çalışmalarında bir araç olarak kullanılması 1967'den sonra "Herman Kahn"ın çalışmalarıyla popülerlik kazanmıştır. Senaryolar geleneksel tahmin yöntemlerinden farklı olarak alternatif gelecekler ortaya koymakta ve aynı zamanda, ekonometrik modellerin dışarıda bıraktığı konuları ve kalitatif perspektifleri de içine almaktadır. Senaryolar geleceğe ait muhtemel gelişmeleri dikkate alarak daha net bir görüş acısı sağlayabildiği gibi nelerin olabileceği veya olanların ne olduğunu anlamaya yardımcı olmaktadır.

Senaryo analizi yaklaşımlarından en çok bilineni ve kullanılanı "sezgisel mantık" yaklaşımıdır. Bu yaklaşımın yararı esnek ve iç tutarlılığa sahip senaryolar üretilebilmesidir. Senaryo analizi için kullanılan diğer bir yaklaşım "eğilim-etki"

(trend-impact) analizidir. Bu yöntem geleneksel tahmin yöntemleri ile nitel faktörler arasında köprü kurmaktadır. Üçüncü yaklaşım ise “çapraz-etki” (cross-impact) analizidir ve senaryo geliştirilmesinde dikkate alınan olayların birbirine bağımlılıklarını da analizine dahil eder.

Bir organizasyonun hangi durumlarda senaryo analizinden yararlanacağına ortaya konulması zor olsa da, belirsizliğin yüksek olması, geçmişte maliyeti yüksek çok sayıda sürpriz yaşanmış olması, algılanan ve yaratılan yeni fırsatların yetersizliği, stratejik planlamanın çok rutin bir hal alması nedeniyle stratejik düşünmenin kalitesinin düşüklüğü, içinde bulunulan endüstrinin önemli değişimler içinde bulunması yada böyle bir olasılığın varlığı, farklılığın yok edilmeden organizasyon bünyesinde ortak bir dil oluşturma isteği, her bir farklı yarara sahip kuvvetli farklılıklar ve görüşlerin varlığı ve rakiplerin senaryo analizi kullanıyor olması şeklinde sıralanabilecek nedenler, organizasyonların belli başlı senaryo analizi kullanım gerekçeleri olarak ifade edilebilir.

Senaryo analizinin zayıf yönleri de bulunmaktadır. Öncelikle senaryoların yaratım süreci hala tam olarak anlaşılmaş değildir. Senaryo teknikleri, uzmanlardan bilgi alınmasını gerekli kılsa da bu bilginin alınma şekli ve doğasındaki kısıtlar üzerinde çok durulmamıştır. Senaryo analizi yaklaşımlarının diğer temel zayıflığı ise içerdikleri statik yapıdır.⁽³⁰⁾

2.7.1.8. Uzman Panelleri

Bu yöntem, oluşturulan bir panel aracılığı ile üyelerin çoğunluğu tarafından onaylanan bir sonuca ulaşmayı hedeflemektedir. Bu yöntemin Delphi modelinden farkı, panel üyelerinin bir araya gelerek konu hakkındaki görüş ve düşüncelerini karşılıklı belirtme ve fikir alış verişinde bulunma olanağına sahip olmalarıdır. Bu

nedenle bu tekniğin en temel özelliği, gurup üyelerinin etkileşimi esasına dayanmasıdır. Çalışmalar seminer ve komite toplantıları halinde yürütülür. Çalışmalarda mümkün olduğu kadar fazla fikir alış verişine yer verilir. Çalışma süreci panel üyelerinin ortak bir projeksiyonda karar vermeleri ile son bulur.

Tahmin çalışmalarında değişik ve birbiriyle çatışan fikirlerin tartışılması hayati önem taşıdığından, panellerin oluşturulmasında çeşitli görüşlerin temsil edilmesi sağlanmalıdır. Aksi durumda oluşturulan komitelerin aynı ya da benzer görüşlü kişilerden oluşması ve dolayısıyla ortaya çıkan görüşlerinde daha dar bir çerçeve içine sıkışması tehlikesi mevcuttur.⁽³⁰⁾

2.7.2. Sayısal Tahmin Yöntemleri

Geçmiş verilerden ve değişkenlerden yararlanarak bir veya birden fazla matematiksel model kullanılarak yapılan tahminlerdir.⁽³⁶⁾ Sayısal tahmin teknikleri çeşitli açılardan sınıflandırılabilir de, esas olarak, sebep sonuc ilişkisine dayanan teknikler ve zaman serisi analizlerine dayanan teknikler olarak iki gruba ayrılabilir. Sebep sonuc ilişkisine dayanan sayısal teknikler Regresyon Analizi ve Ekonometrik Modellerdir.⁽²⁾

2.7.2.1. Sebep-Sonuc İlişkisine Dayanan Yöntemler

2.7.2.1.1. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, herhangi bir değişkenin (bağımlı değişken) bir veya birden fazla değişken ile (bağımsız veya açıklayıcı değişken) arasındaki ilişkinin matematiksel bir fonksiyon şeklinde yazılmasıdır. Bu fonksiyona regresyon denklemi adı verilmektedir. Regresyon denklemi yardımıyla bağımlı değişken ile bağımsız

değişkenler arasındaki ilişkiyi kuran parametrelerin değerleri tahmin edilir. Bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin tahmin edilmesi, bu değişken üzerinde geliştirilecek plan ve politikalarda hangi değişkenlerin önem kazandığının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu teknik sayesinde, hangi faktörlerde nasıl bir değişiklik yapılarak ilgilenilen değişkende artış veya azalış meydana geleceği ortaya çıkarılabilmektedir.⁽³⁷⁾

Burada Y bağımlı değişken; X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız değişkenlerdir. Y, bağımsız değişkenlerin değerlerine göre farklı değerler alır. İki veya ikiden fazla değişken arasındaki ilişki doğrusal ya da eğrisel olabilir. Temel olarak basit doğrusal regresyon, eğrisel regresyon, çoklu doğrusal regresyon ve üssel regresyon denklemleri vardır. Bunların matematiksel gösterimleri aşağıdaki gibidir;

$$\text{Basit Doğrusal Regresyon} \quad : Y = a + bX \quad (2.1)$$

$$\text{Eğrisel Regresyon} \quad : Y = a + b_1X + b_2X^2 \dots b_nX^n \quad (2.2)$$

$$\text{Çoklu Doğrusal Regresyon} \quad : Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \dots b_nX_n \quad (2.3)$$

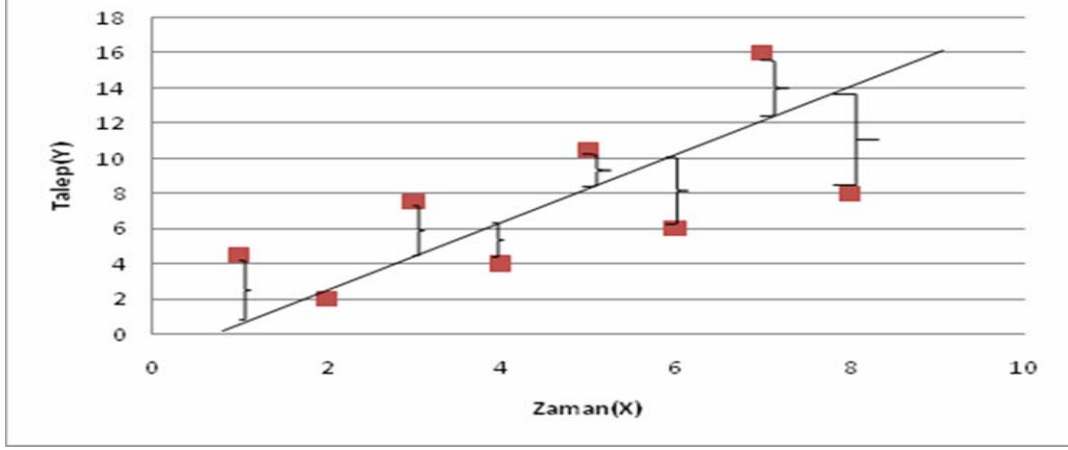
$$\text{Üssel regresyon} \quad : Y = a.b_1^x \quad (2.4)$$

Basit doğrusal regresyon, iki değişken olduğu ve aralarındaki ilişkinin doğrusal olduğu kabul edilirse denklem $Y_i = a + bX_i + e$ şeklinde ifade edilir ve bağımsız değişkenin değeri yerine konarak tahmin değeri elde edilir.

Denklemdaki a,b değerlerinin bulunabilmesi için en küçük kareler yöntemi kullanılır. En küçük kareler yönteminde gerçekleşen değerlerden sapmaların toplamının 0 olması ve bu sapmaların karelerinin toplamının minimum olması kriterleri esas alınır. Bu durumu matematiksel olarak ifade edersek:

$$\sum [Y_i - (a + bX_i)] = 0 \quad (2.5)$$

$$\sum [Y_i - (a + bX_i)]^2 = \min \quad (2.6)$$



Şekil 2.1 En Küçük Kareler Metodu

$$(y_1 - Y_1)^2 + (y_2 - Y_2)^2 + \dots + (y_n - Y_n)^2$$

Modelin varsayımına göre $\sum e_i = \sum (y_i - Y_i) = 0$ olacaktır. Yöntemin esası söz konusu farkları en küçük yapacak a ve b katsayılarını seçmektir.

Buna göre ; $\sum e_i^2 = \sum (Y_i - a - b.x_i)^2$ ifadesinin türevi alınarak söz konusu minimum nokta bulunur.

Grafikten de görüldüğü gibi doğru üzerindeki noktalarla sapmalar arasındaki düşey uzaklıkların karelerinin minimum olması istenmektedir ve bu toplamı minimum yapan doğru; $Y = a + bX$ doğrusudur.

Formüldeki a ve b değerleri;

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.7)$$

$$b = \frac{\sum xy - n.\bar{x}.\bar{y}}{\sum x^2 - n.\bar{x}^2} \quad (2.8)$$

Seçilen regresyon doğrusunun verilere uygunluğu son derece önemlidir. Kullanılacak olan regresyon doğrusu ile elde edilecek tahminlerin hata derecesini analiz ederken tahminlenen ve gerçekleşen değerler arasındaki farkların standart sapmasını ölçüt olarak alabiliriz.

Tahminin standart sapması (hatası) ise aşağıdaki formülle hesaplanabilir;

$$n \leq 30 \text{ olduğunda} \quad S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n-2}} \quad (2.9)$$

$$n \geq 30 \text{ olduğunda} \quad S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n}} \quad (2.10)$$

Çoklu doğrusal regresyon, regresyon modelinde bir bağımlı ve birden çok bağımsız değişken doğrusal ilişki gösteriyorsa çoklu regresyondan söz edilir. Çoklu regresyon ifadesi eşitlik 2.3 de verilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon her bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile doğrusal regresyon varsayımlarına benzer şekildedir. Modelin katsayılarının bulunması için en küçük kareler metodundan yararlanılabilir.

Doğrusal olmayan regresyon, değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade etmede doğru denkleminin yeterli kalmadığı durumlarda eğri denklemleri kullanılır. Bu eğrisel modelin saptanmasında yapılabilecek en basit işlem verilerin grafiğini çizmektir. Çeşitli modeller belirlendikten sonra ilişkiyi en iyi açıklayan modelin seçilmesi yerinde olacaktır. Elde edilen eğri parabolik, hiperbolik veya üssel olabilir. ⁽²⁷⁾

2.7.2.1.2. Ekonometrik Modeller

Talep tahmini için yeterli istatistiksel verinin sağlanabildiği işletmelerde ekonometrik yöntemler kullanılarak tahmin yapma en güvenilir yöntemdir. Ekonometrik modelin kurulması bağımlı değişkeni açıklayan bağımsız değişkenlerin ve bunlar arasındaki bağıntıların matematiksel olarak ifadesi ile mümkündür.

Talep tahmini için kullanılan ekonometrik modeller basit modellerden çok değişkenli karışık modellere kadar geniş bir alanı kapsamaktadır. Talep tahmini için kullanılan çok denklemlili ve çok bilinmeyenli girdi-çıktı analizi veya doğrusal programlama gibi ekonometrik modeller mevcuttur. Bu modeller çoğu zaman bilgisayar desteği ile kullanılabilir. Talep tahminleri için ekonomik modelleri kullanabilmek uzmanlık gerektirmektedir.⁽²⁷⁾

2.7.2.2. Zaman Serisi Analizine Dayanan Yöntemler

Zamanın periyodik noktalarında, bir cevap değişkeni gözlenmesi yoluyla verilerin toplanması zaman serisi olarak adlandırılır.⁽⁵³⁾

Bir olguya ilişkin değişken ya da değişkenlerin zaman içinde yapılan ölçümleri yada gözlemleri zaman serilerini oluşturur. Düzenli bir zaman içerisinde gözlenen ardışık verilere zaman serisi denir. Bir fabrikadan ihraç edilen haftalık ürün miktarı, bir karayolunda meydana gelen haftalık kaza sayısı, bir ülkedeki aylık enflasyon oranı gibi veriler zaman serisine örnek olarak verilebilir.⁽³⁴⁾

Zaman serisi verileri genellikle bağımsız değildir. Birbirine zamanca yakın gözlemler genellikle uzak olanlara kıyasla daha çok benzerdir. Yani veriler arasındaki ilişki zaman aralığıyla ters orantılıdır.⁽³⁸⁾

Zaman Serileri Yöntemi, geçmiş gözlemlerine dayanılarak geleceğe ait tahminlerde bulunması esasına dayanmaktadır. Geçmişe ait gözlem ise belirli aralıklarla toplanan istatistik veriler, başka bir ifadeyle zaman serileri ile yapılabilir.

Zaman serilerinden yararlanılarak, üretimi öngörülen mal ve hizmetin geçmiş yıllardaki tüketiminin göstermiş olduğu eğilim saptanır ve gelecekteki talebin de aynı şekilde gelişeceği kabul edilerek tahminler yapılır. Zaman serileri analizinde, tahminlenecek değişkene ilişkin geçmiş veriler belirli bir veri seyri elde etmek üzere analiz edilmektedir. Bu nedenle tahminleme sadece geçmiş verilerin bu amaçla analiz edilmesine ve yapılacak tahminlerde kullanılmasına dayanmaktadır. Bu özelliğinden dolayı zaman serileri analizi, değişmeyen koşullar altında daha etkin olmaktadır.⁽²⁹⁾

Zaman serisi analizine dayanan tahmin yöntemleri; Trend Analizi, Kısımlara Ayırma Tekniği, Aritmetik Ortalama, Mekanik (Naive) Yöntemi, Üstel Düzleştirme Yöntemleri ve Box-Jenkins tekniğidir. Ayrıca yapay sinir ağları kullanılarak da talep tahminleri yapılmaktadır.

2.7.2.2.1. Trend Analizi

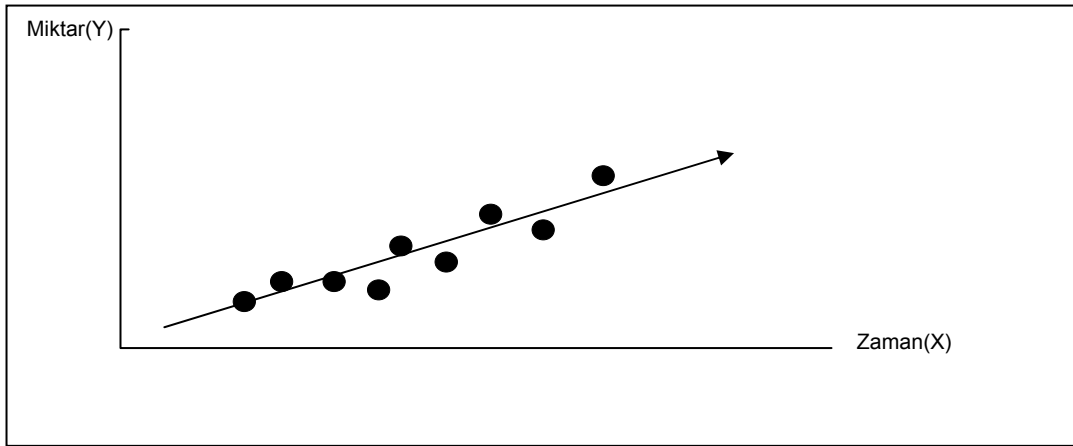
Bu yöntemin temeli, geçmiş dönemlerde işletme satışlarının göz önünde tutularak geleceğe ilişkin satışların oluşumu üzerinde tahmin yapılmasına dayanır. Geçmişteki tüm koşulların gelecekte de sürmesi beklenen durumlarda, bu yöntem oldukça sağlıklı sonuçlar verir.

Trend analizinde geçmiş düzenli bir gelişme göstermektedir. Ekonomik olayların istatistikleri ele alındığında noktalar belirli bir doğru üzerinde sıralanır. Gelecekteki gelişmeyi tahminleme de eğrinin önceki biçimini sürdüreceği varsayılır.

Bu durumda trend ve ona bağılı olarak söz konusu ekonomik değişken zamanın bir işlevi olarak kabul edilir.

Trend hesaplama yöntemleri üç ana grup altında incelenebilir;

1. Elle çizme yöntemi, saptanmış olan noktalar arasından bir eğri/doğru çizilir. Eğri yada doğru çizilirken; noktaların eğrisini iki yanında aynı oranda dağılım gösterecek biçimde olmasına özen gösterilir ve çizilen eğriye ilişkin eşitlik hesaplanır.⁽³⁴⁾

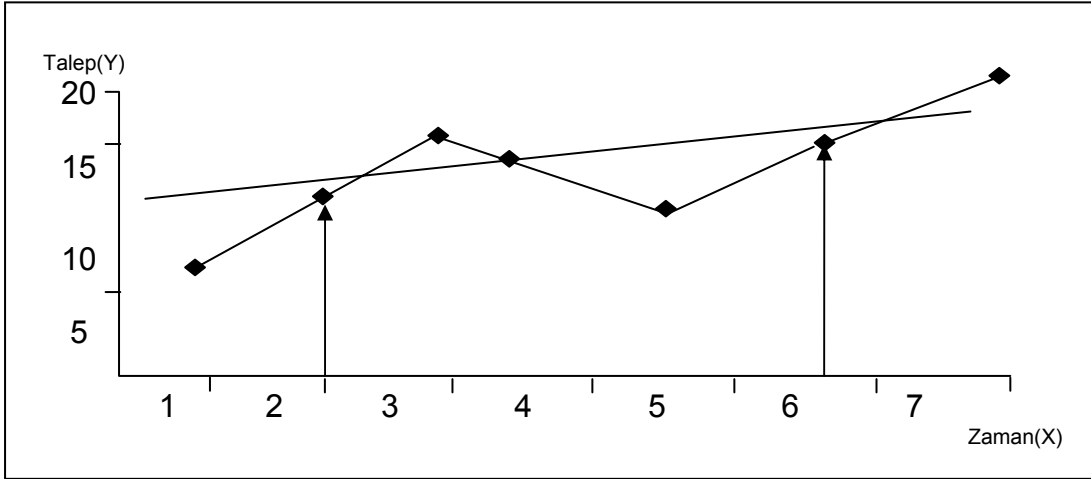


Şekil 2.2. Elle Çizme Yöntemi Grafiği

Bu yöntem hesaplama da kolaylık göstermekle birlikte, objektif olmaktan uzaktır. Ayrı kişiler tarafından göz kararı ile çizilecek doğrular birbirinden farklı olabilir. Bu nedenle duyarlı analiz yapılmak istenildiğinde ve analiz sonuçlarının işletmenin yönetimi için alınacak kararlara ışık tutması beklenildiğinde, kullanılması uygun olmaz.

2. Yarım ortalama yöntemi, incelenen dönem iki eşit yarıma bölünür ve bu dönemlere ilişkin ortalama değerler grafik üzerinde işaretlendikten sonra bir doğru ile birleştirilir.

Ancak incelenecek dönem çift sayıdan oluştuğunda, tam ortadan iki eşit döneme ayrılabilir ve her dilimdeki gözlemler için birer aritmetik ortalama hesaplanır. Dönem tek sayıdan oluştuğunda, iki eşit dilime bölünemeyeceğinden, dönemin ortasına düşen yıl (gözlem) hem üst hem de alt dilimde hesaplamaya dahil edilir.



Şekil 2.3 Yarımlama Grafiği Yöntemi⁽³⁵⁾

Bazı araştırmalarda, örnek tek sayıda gözleme sahip olduğu takdirde ortadaki değer analiz dışı bırakılmıştır. Ortalamaların birleştirilmesiyle elde edilen doğrunun trendi belirlediği kabul edilir. Trend doğrusunun çizilmesi ile çizgi üzerinde her yıla karşılık olan trend değeri bulunabilir.

Veri Sayısı	Yıl (X)	Satışlar (Y)	X ²	XY	Y ²
1	0(2000)	380	0	0	144400
2	1(2001)	354	1	354	125316
3	2(2002)	430	4	860	184900
4	3(2003)	468	9	1404	219024
5	4(2004)	522	16	2088	272484
6	5(2005)	484	25	2420	234256
7	6(2006)	556	36	3336	309136
8	7(2007)	606	49	4242	367236
	28	3800	140	14704	1856752

Çizelge 2.1 Bisiklet Firmasına ait Veriler

Örnek olarak bisiklet firmasının 2000-2007 yıllarına ilişkin satışları çizelge 2.1 de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bulunan iki nokta, yani 2001 yılı ve 2005 yılı ortalamaları arasındaki dört yıl içinde satış niceliklerinde $542-408 = 134$ (*1000 birim) artış olmuştur. Bundan yıllık ve altı aylık artış hesaplanabilir.

$$\text{Yıllık artış} = 134/4 = 33,5 (*1000)$$

$$\text{6 aylık artış} = 134/8 = 16,75 (*1000)$$

Bu niceliğin yada katlarının ortalamalara eklenmesi ya da çıkarılmasıyla ilgili yılların trend değerlerine ulaşılabilir. 2008 yılının trend değeri $2008 = 542+5(16,75) = 625,75(*1000 \text{ birim})$ hesaplanır.

Trend analizinde en çok uygulanan yöntem “ En Küçük Kareler Yöntemi”dir. Bu yöntemde ölçüt uygulanacak trend eğrisi seçenekleri arasında noktaların kendisine uzaklıklarının karelerinin toplamını kendisine en küçük kılacak

eğrinin aranmasıdır. Bulunacak eğri ya da doğru “Trend Eğrisi” veya “Trend Doğrusu” olarak adlandırılır. (26)

Trend doğrusu $Y = a + bx$ şeklinde ifade edilir. Tek bağımsız değişken t zamanıdır. Bu denklemde x yerine zaman değerleri konularak Y trend değerine ulaşılır. Hata oranlarını minimize eden a ve b değeri eşitlik 2.7 ve 2.8 kullanılarak bulunur.

Aylar	(X_i)	Hasta Sayısı (y_i)	X_i^2	$X_i y_i$
Ocak	1	328	1	328
Şubat	2	310	4	620
Mart	3	355	9	1065
Nisan	4	362	16	1448
Mayıs	5	375	25	1875
Haziran	6	380	36	2280
Temmuz	7	408	49	2856
Ağustos	8	415	64	3320
Eylül	9	417	81	3753
Ekim	10	412	100	4120
Kasım	11	429	121	4719
Aralık	12	434	144	5208
TOPLAM	78	4625	650	31592

Çizelge 2.2 GATA’ya Başvuru Yapan Hasta Sayısı.

Bu yöntem iki değişkenli regresyon modelini baz almaktadır. Ancak bu yöntemde doğrusal regresyon modeli ifadeleri kullanıldığında trendin doğrusal olduğu varsayımı yapılmakta olduğundan trendin parabolik veya üssel eğilimler gösterdiği durumlarda kullanılması tavsiye edilmez. Bu durumlarda doğrusal olmayan regresyon modelleri kullanılmaktadır.

Örnek: Çizelge 2.2 de GATA ilk yardım odasına başvuran hasta sayılarının aylara göre dağılımı görülmektedir. Regresyon tekniğini kullanarak talep tahminleri belirlenmiştir.

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{12 (31592) - (78)(4625)}{12 (650) - 78^2} = \frac{18354}{1716} = 10.7$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n} = \frac{4625}{12} - 10.7 \frac{78}{12} = 315.9$$

Hesaplanan katsayılar eşitlik 2.1 doğru denkleminde yerine konursa; $F_t = 315.9 + 10.7X$ olarak sayısal tahmin modeline ulaşılır.

Örnek bir hesaplama yapılırsa, Ekim ayındaki hasta sayısının tahmini için, $F_t = 315.9 + 10.7(10) = 422.9$ değerine ulaşırız. Eşitlik 2.1 kullanılarak tüm aylara ait hesaplamalar yapılabilir.

2.7.2.2.2.Kısımlara Ayırma Yöntemi

Kısımlara ayırma yöntemi, zaman serilerini etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak ve bu etkiler doğrultusunda tahmin yapmak üzere geliştirilmiş bir yöntemdir.

2.7.2.2.3. Aritmetik Ortalama Yöntemleri

Bu yöntemlere göre, bir sonraki dönemin talebi kendisinden önceki dönemlerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır. Yöntemin avantajı bütün dönemleri kullanarak tahminde düzgünleşme sağlanması ve kolay uygulanmasıdır.

Aritmetik ortalama yöntemleri üç alt başlık altında toplanmıştır.

1. Basit Hareketli Ortalama Yöntemi

Talep tahmini açısından geleceğe en basit bakış geleceğin, geçmişte olanların ortalamasına doğru eğilim göstereceğini varsaymaktadır. Bu varsayıma göre geleceğin en geçerli tahmini, geçmişte olup bitenlerin tek tek toplanıp ortalamasını almaktır.

Bu talep tahmin yöntemi, oldukça basittir. Aritmetik ortalama;

$$AO = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} \quad (2.11)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Eşitlik (2.11)'e göre, geçmiş dönemlere ilişkin veriler toplanarak, dönemlerin sayısına bölünürse ortalama değer hesaplanmış olur. Böylece gelecek dönemler için tahminin, hep bu ortalama değeri alacağı ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yeni dönemlere ilişkin veriler geldikçe bunların yeni hesaplamalara dahil edilerek son güne uygun bir tahminin yapılması da aynı modelle mümkündür.

Ancak, tarihi olarak olup bitenlerin istatistik ortalamasına dayanan bu tahminin, zaman içinde tek tek gözlemlenen noktaların sırasını göz önüne almadığı görülmektedir.

Örnek: Çağlar A.Ş'de sahibi her hafta sonu talep tahminleri istemektedir. Çizelge 2.3 de şirketin satış adetleri bulunmaktadır. Aritmetik ortalama tekniğini kullanarak her haftanın talep tahmini ve 10. hafta talep tahmini belirlenecektir.

Hafta (t)	Gerçekleşe n Satış (y _t)	Tahmin (F _t)
1	110	----
2	102	110 = (110) / 1
3	108	106 = (110+102) / 2
4	121	106.67 = (110+102+108) / 3
5	112	110.25 = (110+102+108+121) / 4
6	105	110.60 = (110+102+108+121+112) / 5
7	114	109.67 = (110+102+108+121+112+105) / 6
8	106	110.29 = (110+102+108+121+112+105+114) / 7
9	115	109.75 = (110+102+108+121+112+105+114+106) / 8
10	----	110.33 = (110+102+108+121+112+105+114+106+115) / 9

Çizelge 2.3 Çağlar A.Ş'nin Satış Miktarı.

$$F_{10} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} = \frac{110 + 102 + 108 + 121 + 112 + 105 + 114 + 106 + 115}{9} = 110.33$$

2. Hareketli Ortalama Yöntemi

Bir zaman serisi ne kadar tesadüflük içeriyorsa ortalamadan sapma da o derece fazla olmaktadır. Bu tesadüflük durumunu ortadan kaldırmak için son gözlem değerlerinin ortalamasını almak uygun olabilir. Hareketli Ortalamalar Yöntemi bu amaçla, geçmiş verileri alarak bunların ortalamasını bulmakta ve bu ortalamayı gelecek dönem için öngörü olarak kullanmaktadır. Hareketli ortalamaya dahil edilecek gözlem sayısı öngörü yapacak kişi tarafından belirlenmekte ve sabit kalmaktadır. Hareketli Ortalama teriminin kullanılması sebebi, seriye eklenen her yeni değer ile birlikte yeni ortalamanın hesaplanabilmesi ve bunun öngörü olarak kullanılabilir olmasıdır.⁽³⁰⁾ Hareketli Ortalamalar tahmin tekniği yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Hareketli ortalama yöntemi, uzak geçmişten çok, yakın geçmişe ağırlık verir ve buna dayanarak, yalnızca bir dönem satış tahminini yapar.

Örneğin geçmiş tarihi dönem verilerinin üçü, dördü veya beşi alınarak, en son gerçekleşen dönem bunlara ilave edilir. Daha sonra, bu verilerin ortalaması, bir sonraki dönem satış miktarı olarak kabul edilir.

Bu yöntem ile yapılacak tahmin, talep yükselen bir trend gösteriyor ise çok küçük, alçalan bir trend gösteriyor ise çok büyük olacaktır. Aynı şekilde şayet dönem sayısı çok az ise gerçek talebin etkileri abartılmış olacak, dönem sayısı çok büyük ise bu etkiler azaltılmış olacaktır. Matematiksel olarak aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$HO (n) = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-n+1}}{n} \quad (2.12)$$

Örnek: Çağlar A.Ş'nin verilerine göre üçerli hareketli ortalama yöntemini kullanarak talep tahminini belirlenecektir. (n=3)

Hafta (t)	Gerçekleşe n Satış (y _t)	Tahmin (F _t)
1	110	----
2	102	----
3	108	----
4	121	106.67 = (110+102+108) / 3
5	112	110.33 = (102+108+121) / 3
6	105	113.67 = (108+121+112) / 3
7	114	112.67 = (121+112+105) / 3
8	106	110.33 = (112+105+114) / 3
9	115	108.33 = (105+114+106) / 3
10	----	111.67 = (114+106+115) / 3

Çizelge 2.4 Çağlar A.Ş'nin Üçerli Hareketli Talep Tahmini.

$$HO (3) = F_{10} = \frac{y_9 + y_8 + y_7}{3} = \frac{114 + 106 + 115}{3} = 111,67$$

Yapılan hesaplama sonucunda 3 aylık hareketli ortalama değeri 111,67 bulunmuştur.

3. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi

Hareketli ortalama yönteminin sakıncalarından bir kısmı ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi kullanılarak giderilebilir. Bu yöntemde en yakın veriye en büyük ağırlık verilir. Matematiksel olarak;

$$AHO (n) = w_1 y_t + w_2 y_{t-1} + \dots + w_n y_{t-n+1} \quad (2.13)$$

şeklinde ifade edilir.

Bazı talep yapılarında bu yöntem standart hareketli ortalamalarının zayıflıklarını kısmen ortadan kaldırır. (n) için seçilecek değer ve ağırlık katsayıları (w) ihtiyari olarak seçilir ve çeşitli deneyimlerden geçirildikten sonra kabul edilir.⁽⁴⁰⁾

Örnek: Çizelge 2.5'teki veriler kullanılarak dörderli ağırlıklı hareketli ortalama yöntemine göre talep tahminlerini belirlenecektir. (n=4, w₁=0,4 w₂=0,3 w₃=0,2 w₄=0,1)

Hafta (t)	Gerçekleşen Satış (y _t)	Tahmin (F _t)
1	110	----
2	102	----
3	108	----
4	121	----
5	112	112.2 = 0.4(121) + 0.3(108) + 0.2(102) + 0.1(110)
6	105	113.9 = 0.4(112) + 0.3(121) + 0.2(108) + 0.1(102)
7	114	110.6 = 0.4(105) + 0.3(112) + 0.2(121) + 0.1(108)
8	106	111.6 = 0.4(114) + 0.3(105) + 0.2(112) + 0.1(121)
9	115	108.8 = 0.4(106) + 0.3(114) + 0.2(105) + 0.1(112)
10	----	111.1 = 0.4(115) + 0.3(106) + 0.2(114) + 0.1(105)

Çizelge 2.5 Çağlar A.Ş'nin Dörderli Hareketli Talep Tahmini.

$$AHO(4) = F_{10} = w_1 y_9 + w_2 y_8 + w_3 y_7 + w_4 y_6$$

$$= 0.4(115) + 0.3(106) + 0.2(114) + 0.1(105) = 111.1$$

2.7.2.2.4. Mekanik (Naive) Yöntemi

Mekanik modeller en basit tahmin yöntemleridir. Bir tahmin yapmanın yanında yapılmış olan tahminin üstünlüğünün olup olmadığının tespitinde kullanılmaktadır.⁽³⁶⁾

Bir zaman serisi değişkeninin son dönem de aldığı değer bir sonraki dönemin tahmini olarak kullanılır ve tahmin eşitlik 2.12 de verilmiştir.

$$y_{t+1} = y_t \quad (2.14)$$

Eğer tahmini yapılacak olan serinin kesin trendi gözleniyorsa, tahmin trendin yönüne göre yapılır;

$$y_{t+1} = y_t + (y_t - y_{t-1}) \quad (2.15)$$

Zaman serisi mevsimlik bir özellik gösteriyorsa bu duruma uygun formül;

$$y_{t-1} = y_{t+3} \quad (2.16)$$

Hem trend hem de mevsimsel bir yapı gösteren zaman serilerinde ise iki yaklaşım kombine edilerek, örneğin üçer aylık seriler için;

$$y_{t-1} = y_{t-3} + (y_t - y_{t-1}) + \dots + (y_{t-3} - y_{t-4}) / 4 \text{ kullanılabilir.}^{(30)}$$

2.7.2.2.5. Üstel Düzleştirme Yöntemleri

Üstel düzleştirme yöntemleri, geçmiş dönem verilerine eşit ağırlık veren basit hareketli ortalamalar yöntemine benzeyen ancak geçmiş dönem verilerine eşit değil farklı ağırlıkların verildiği yöntemler topluluğudur. Üstel terimi verilen ağırlıkların veriler eskidikçe, üstel bir şekilde azalması anlamını taşımaktadır. Diğer

bir ifade ile tahminde kullanılan geçmiş dönem verilerinden yakın geçmişte gerçekleşenlere yüksek, veriler eskidikçe ise üstel bir şekilde azalması anlamını taşımaktadır. Düzleştirme yöntemlerinin en önemli özellikleri kolay uygulanabilir ve düşük maliyetli olmalarıdır.⁽³⁸⁾

Üstel düzleştirme yöntemleri aşağıda verilmiştir.

1. Basit (Tekli) Üstel Düzleştirme Tekniği

Bu yöntem literatürde Brown'un basit üstel düzleştirme yöntemi olarak bilinmektedir. Bu yöntemde, hareketli ortalamalar yönteminde olduğu gibi, sürecin sabit olduğu varsayılır. $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ belirgin bir trendi ve mevsimlik dalgalanması olmayan zaman serisinin basit üstel düzleştirme yöntemiyle tahmini aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

$$y'_t = ay_{t-1} + (1-a)y'_{t-1} \quad (2.17)$$

Bu yöntemde t dönemi tahmini a oranında bir önceki dönem değeri ile $(1-a)$ oranında bir önceki dönem tahmin değerinden oluşmaktadır. a , $0 < a < 1$ değerleri arasında değişebilmektedir. Hataların kareleri toplamını minimum yapan a değeri seçilerek tahminlerde kullanılmaktadır. Uygulamada düzleştirme sabiti olarak 0,01 ile 0,3 arasındaki değerlerin genellikle daha uygun olduğu saptanmıştır.⁽³⁸⁾ a 'nın düşük değerleri, hareketli ortalamalar yönteminde ortalamaya alınan dönem sayısının yükseltilmesiyle ve mekanik (naive) yöntemiyle eşdeğer bir etki yaratır.

2. Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi

Bu yöntem, çift hareketli ortalama yönteminde olduğu gibi zaman serisinde trendin olması durumu için geliştirilmiştir. İncelenen seride trend olması durumunda basit üstel düzleştirme yöntemi ile yapılan tahminler gerçekleşen değerleri gecikmeli

olarak arkadan takip eder. Seride artış veya azalış eğilimi varsa Brown'un modeli daha uygun olmaktadır. Bu modelde başlangıç denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$y_t^1 = ay_{t-1} + (1-a)y_{t-1}^1 \quad (2.18)$$

$$y_t^2 = ay_t^1 + (1-a)y_{t-1}^2 \quad (2.19)$$

İlk y_t^1 ve y_t^2 değerleri hesaplanırken bilinmesi mümkün olmayan y_{t-1}^1 ve y_{t-1}^2 değerleri yerine y_t değeri veya birkaç gözlem değerinin ortalaması kullanılmaktadır. Çift hareketli ortalama yönteminde olduğu gibi a_t ve b_t istatistikleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$a_t = y_t^1 + (y_t^1 - y_t^2) = 2y_t^1 - y_t^2 \quad (2.20)$$

$$b_t = \frac{a}{1 - a(y_t^1 - y_t^2)} \quad (2.21)$$

Bu istatistikler kullanılarak m dönem sonrasının tahmin değerini kestirmek için oluşturulan model:

$$\hat{y}_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2.22)$$

3. Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi

Doğrusal trende sahip olan seriler için önerilen yöntemlerden biride Holt'un iki parametrelili üstel düzleştirme tekniğidir.⁽³⁷⁾ Bu yöntemde ikinci düzleştirme formülü kullanılmamakta, bunun yerine trend değerleri direkt olarak düzleştirilmektedir. Holt'un iki parametrelili doğrusal üstel düzleştirme yönteminde tahminler iki düzleştirme sabiti ve üç denklem yardımıyla yapılmaktadır.

$$y_t^1 = ay_t + (1-a)(y_{t-1}^1 + b_{t-1}) \quad (2.23)$$

$$b_t = \beta(y_t^1 - y_{t-1}^1) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (2.24)$$

$$\hat{y}_{t+m} = y_t^1 + b_t m \quad (2.25)$$

Holt yönteminde ilk denklemden y_t^1 değeri, y_t değerine bir önceki dönem trendi değeri b_{t-1} ile bir önceki dönem düzeltilmiş değer ilavesiyle elde edilmektedir. İkinci denklem son iki dönem düzeltme değerlerinin farkı şeklinde trendi güncellemektedir. Tahminde kullanılan son denklem ise \hat{y}_{t+m} tahmini, bir önceki dönem düzeltilmiş değerine \hat{y}_t , m kadar t dönemi trendinin b_t ilavesiyle yapılmaktadır. a ve β düzeltme sabitleridir ve diğer düzeltme sabitleri gibi 0 ile 1 arasında değer almaktadır. En uygun a ve β değerleri, tahmin hataları kareleri toplamını minimum yapan değerlerdir.⁽³⁸⁾

4. Brown'un İkinci Derece Üstel Düzeltme Yöntemi

Zaman serileri eğrisel olduğunda (ikinci, üçüncü veya daha üst dereceden) Brown'un İkinci Derece Üstel Düzeltme Yöntemi önerilmektedir. Doğrusaldan eğrisel düzeltmeye geçerken üçüncü bir düzeltme eklenmekte ve ilave bir parametre modele girmektedir. Üçüncü ve daha üst dereceden düzeltmeler de aynı şekilde dördüncü, beşinci,... ilave parametrelerle gerçekleştirilmektedir.

$$y_t^1 = ay_t + (1-a)y_{t-1}^1 \quad (2.26)$$

$$y_t^2 = ay_t^1 + (1-a)y_{t-1}^2 \quad (2.27)$$

$$y_t^3 = ay_t^2 + (1-a)y_{t-1}^3 \quad (2.28)$$

$$a^t = 3y_t^1 - 3y_t^2 - y_t^3 \quad (2.29)$$

$$b_t = \frac{a}{2(1-a)} [(6-5a)y_t^1 - (10-8a)y_t^2 + (4-3a)y_t^3] \quad (2.30)$$

$$c_t = \frac{a^2}{(1-a)^2} (y_t^1 - 2y_t^2 + y_t^3) \quad (2.31)$$

tahmin denklemi ise;

$$\hat{y}_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2} c_t m^2 \quad (2.32)$$

a 'nın seçimi, diğer üstel düzleştirme yöntemlerinde olduğu gibi yapılmaktadır.

5. Mevsimsel Üstel Düzleştirme- Winters Yöntemi

Bu yöntem Üstel düzleştirme tekniklerinin farklı bir formu olarak 1960'lı yıllarda Winters tarafından geliştirilmiştir. Doğrusal üstel düzleştirme yöntemlerine benzer sonuçlar üretmekle birlikte Winters'in mevsimsel üstel düzleştirme yönteminin en önemli avantajı, trendin yanı sıra mevsimsel dalgalanmaya sahip veriler üzerinde de uygulanabilmesidir. Winters'in doğrusal veya mevsimsel üstel düzleştirme yöntemi, herbiri modelin üç bileşenini; trend, tesadüfi (rassal) dalgalanmalar ve mevsimselliğe bağlı parametrelerin düzleştirilmesinde kullanılan üç eşitliğe dayanmaktadır. Bu yönüyle Holt'un iki parametrelili doğrusal düzleştirme yöntemine benzerlik göstermekte, ancak üç düzleştirme sabiti yanında mevsimsellik ile ilgili üçüncü bir denklemden yararlanılmaktadır.

Winters yönteminin denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$L_t = a \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-a)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.33)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (2.34)$$

$$s_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)s_{t-1} \quad (2.35)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) s_{t-s+m} \quad (2.36)$$

a, β ve γ , Winters yönteminde ki düzeltirme sabitidir. a , modelin düzeltirme sabiti, β , trend düzeltirme sabiti ve γ , mevsim düzeltirme sabitidir. Mevsimsellik denklemi, serinin en son değerlerini gösteren Y_t 'nin son düzeltilmiş değerleri olan L_t 'ye bölünmesi ile elde edilen mevsimsel indeks ile karşılaştırılabilir. Y_t, L_t 'den büyük ise, oran 1'den büyük aksi durumda 1'den küçük olacaktır.

L_t seri değerlerinin düzeltilmiş bir uyarlamasıdır ve bu nedenle mevsimsel etkileri taşımazlar. Diğer yandan Y_t değerleri hem mevsimselliği hem de rassal bileşeni kapsamaktadır. Bu rassallığı düzeltmek için mevsimsellik denklemi γ katsayısı ile ağırlıklandırılır. Trend denkleminde ilk terimin mevsimsel indekse (S_{t-s}) bölünmesi ile yapılan uyarlama, Y_t 'den mevsimsel dalgalanmaların etkilerini arındırmak için yapılmaktadır.

Winters yönteminde, algoritmanın başlatılması için bileşenlerin (seviye değeri olan L_t , trend değeri olan b_t ve mevsim indeksi s_t 'nin) ilk değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Seviye başlatma değeri ilk mevsimde gerçekleşen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

$$L_s = \frac{1}{S} (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s) \quad (2.37)$$

Bu denklemde, S dereceden hareketli ortalama hesaplanmakta ve serideki mevsimselliği devre dışı bırakmaktadır. Bu nedenle trend değerinin tespit edilmesi için en az iki tam mevsimim değerlerinin kullanılması uygun olmaktadır;

$$b_s = \frac{1}{S} \left[\frac{Y_{s+1} - Y_1}{S} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{S} + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{S} \right] \quad (2.38)$$

Mevsim indeksinin başlangıç değeri, serinin ilk birkaç değerinin ilk yılın ortalamasına oranlanması ile belirlenmektedir;

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (2.39)$$

Başlangıç değerlerinin belirlenmesinde genellikle yukarıdaki yöntemler kullanılmakla birlikte başka yöntemlerde kullanılabilir. ⁽³⁹⁾

6. Diğer Üstel Düzleştirme Yöntemleri

Literatürde yukarıda incelenen yöntemler dışında başka üstel düzleştirme yöntemleri de geliştirilmiştir. Bunlar arasında;

1. Chow'un Uyarlanabilir Kontrol Yöntemi,
2. Harrison'un Harmonik Düzleştirme Yöntemi,
3. Uyarlanabilir Tepki Oranlı Basit Üstel Düzleştirme Yöntemi,
4. Brown'un Tek Parametrelili Uyarlanabilir Yöntemi

sayılabilir. Ancak çok uzun ve yorucu hesaplamalar gerektirdikleri için geniş uygulama alanına sahip olamamışlardır. ⁽²⁾

2.7.2.2.6.Box-Jenkins Yöntemi

Box-Jenkins tekniği, diğerlerine göre en son geliştirilen tahmin tekniklerinden birisidir. Box-Jenkins metodu tek değişkenli bir modeldir. Kısa dönem tahmininde oldukça başarılı olan bu metodun uygulandığı serinin, eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olması bu metodun önemli bir varsayımdır. Tekniğin amacı en az sayıda parametre iğereren uygun modeller elde etmektir. Box-Jenkins'ten önce kullanılmakta olan Hareketli Ortalama ve Üstel Düzleştirme Tekniklerinde tahmin değerleri, otomatik olarak bilgisayar programına müdahale edilmeden elde edilir. Bu yönden Box-Jenkins tekniği tamamıyla otomatik değildir ve diğer tekniklere nazaran oldukça karışık ve anlaşılması güçtür. Box-Jenkins tekniği incelenen serilerin durağan olup olmamasına, mevsimsellik etki iğerip iğermemesine göre farklı şekillerde tahmin modelleri geliştirmeye uygun bir yapıdadır. Bu yöntemde beş aşamadan geçerek tahmin işleminin geręekleřtirilmesi amaçlanmaktadır. Bunlar;

1. İncelenen seri için genel model sınıfının belirlenmesi,
2. Genel modelin derecesinin belirlenmesi,
3. Parametre tahminleri,
4. Uygunluk testi,
5. Tahmin işleminin geręekleřtirilmesidir.

Box-Jenkins tahmin tekniği çözüme adım adım gitmesi, her adımda denetlenebilmesi, istatistik testlerle sonuca ulaşması, incelenen verilerin özelliğine göre modellenenebilmesi gibi üstün özelliklerinden dolayı günümüzde ençok tercih edilen bir yöntemdir. Bu nedenle Box-Jenkins modellerini kullanarak yapılacak kısa

dönemli tahminlerin diğer tekniklerin kullanılmasıyla yapılacak tahminlerden daha güvenilir olacağı söylenebilir. Bunun yanında yapılan tenkitler şöyle sıralanabilir; üstel düzeltme tekniklerinde olduğu gibi Box-Jenkins modellerinden tahmin çabucak elde edilemez. Box-Jenkins tekniği ile tahminde uygulamacının ihtisas sahibi olması zorunludur. Belirleme aşamasında tekniğin uygulamacıya tanıdığı geniş olanaklar en kötü seçimin yapılmasına dolayısıyla sağlıksız tahminlerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Aynı zaman serisini kullanan iki uygulamacı sayısal olarak farklı sonuçlara varabilir. Bunu önleyici herhangi bir denetim sistemi yoktur. Başarılı bir uygulamacı için oldukça büyük örnekleme olmalıdır.⁽²⁾

Bu modelle ilgili olarak daha detaylı bilgiler 2.10 uncu bölümde verilmiştir.

2.8. Zaman Serileri

Herhangi bir olayın gözlenmesi neticesinde ortaya çıkan değerleri zamana ait bir unsur (ay, gün, yıl, v.b.) ile açıklayan serilere zaman serileri denir. Yıllar itibariyle üretim veya satış miktarları, nüfus sayımı sonuçları, aylık ortalama sıcaklık dereceleri bir zaman serisini teşkil eder.⁽²⁾

Zaman serileri ile elde edilen tahminler, ülke ekonomisinin planlanmasında ya da işletme bazında üretim planlaması yapılmasında kolaylık sağlar. Günümüzde modern finans pazarı özellikle sok pazarının gelişimi, zaman serisine ilginin artışına öncülük etmiştir.⁽⁵³⁾

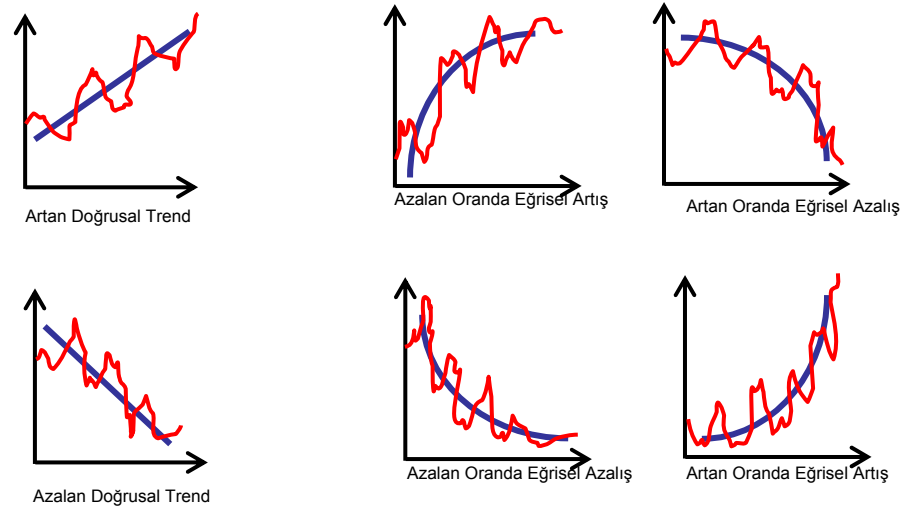
2.8.1. Zaman Serilerine Etki Eden Faktörler

Zaman serilerini oluşturan değerlerin grafiği çizildiğinde, zamana göre olayın aldığı değerlerin çeşitli değişim ve dalgalanmalar gösterdiği görülür. Zaman

serilerine etki eden faktörler dört başlık altında toplanabilir. Bunlar devam eden alt bölümlerde verilmektedir.

2.8.1.1. Genel Eğilim (Trend)

Trend bir zaman serisinin uzun dönem içerisinde belirli bir yönde gösterdiği ilerlemedir. Zaman serisinin uzun zamanda gözlemlenen düzenli artış veya azalış eğilimi olarak tarif edilebilir. Örneğin sermaye stokunun büyümesi, zevk ve tercihlerde ve tüketim kalıplarındaki değişimler gibi faktörlerin etkisi sonucunda seri uzun dönemde artma veya azalma eğilimi gösterebilir.



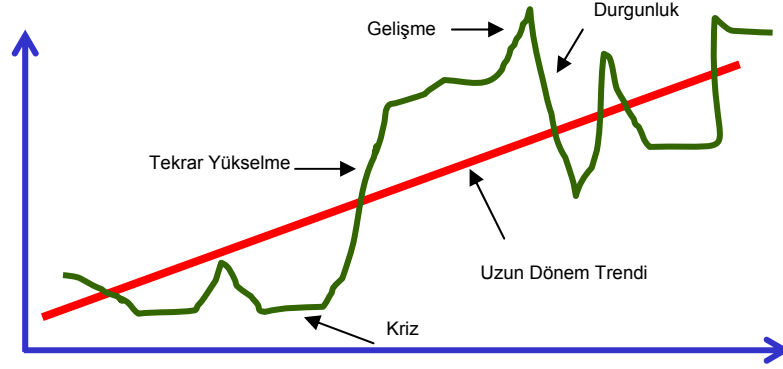
Şekil 2.4 Gerçekleşmesi Mümkün Olan Birkaç Eğrisel ve Doğrusal Trend Şekilleri

2.8.1.2. Devresel Değişmeler(Konjonktür)

Bağımlı değişkende uzun bir zaman periyodunda oluşan ve ekonomide genel bir kriz olduğunda gerilemeyi, daha sonra büyümeyi karakterize eden dalgalanmalar konjonktür dalgalanmaları olarak tanımlanır.⁽⁵³⁾

Ekonomik faaliyetler düzeyinin uzun yıllar aynı seviyede kalmasını önleyen enflasyon, iktisadi durgunluk v.b. gibi iktisadi hayatı ilgilendiren ve bir yıldan daha

fazla bir sürede düşüş veya yükseliş şeklinde ortaya çıkan değişimlerdir. Tekrar ortaya çıkma sıklıkları her defasında aynı zaman dilimlerinde gerçekleşmez.⁽²⁾



Şekil 2.5 Konjonktür Dalgaları

2.8.1.3. Mevsim Dalgaları

Birçok olay doğal ve sosyal sebeplerden dolayı mevsimin etkisindedir. Bir malın üretim, satış, tüketim ve fiyatında iklim sebebiyle mevsimlere göre değişimler görülür.

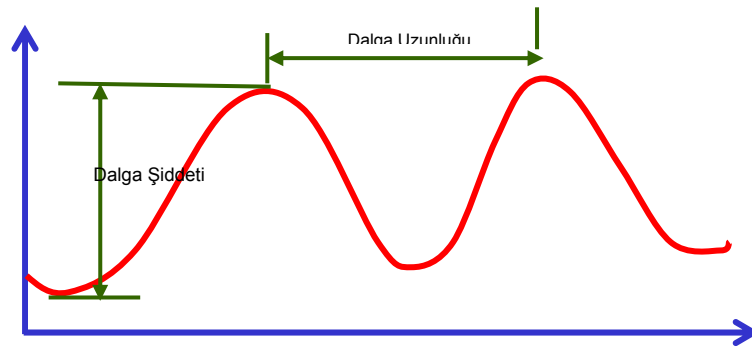
Mevsimsellik indeksleri çeşitli yollardan hesaplanır.

1. Basit ortalama metodu: Bu yöntemde her aya ait veriler yıllık ortalamanın yüzdeleri olarak ifade edilir. Daha sonra aritmetik ortalama yardımıyla farklı yılları aylarına düşen yüzdelerin ortalamaları bulunur.

2. Trende nispet metodu: Bu yöntemde her aya ait veriler kendilerine karşılık gelen trend değerlerine bölünür ve trend değerlerinin yüzdeleri olarak ifade edilir. Daha sonra bu yüzdelerin aylar itibarıyla ortalamaları alınır.

3. Hareketli ortalama nispet metodu: Bu yöntemde ise önce 12 aylık hareketli ortalamalar hesaplanır ve sonuçlar ayların karşısına değil birbirini takip eden ayların ortasına düşer. Bu yüzden bu ortalamaların 2’li hareketli ortalamaları alınır. Bulunan sonuçlara “12 aylık ortalananmış hareketli ortalama” denir. Daha sonra her ayın gerçekleşen değeri kendine karşılık gelen ortalamaya bölünür. Sonuçların aylar itibariyle ortalamaları alınarak mevsim indekslerine ulaşılır.

4. Zincirleme nispet metodu: Bu metotta her aya ait değer, bir önceki aya ait değer yüzdesi olarak ifade edilir. Bu yüzdelere, her ayı bir önceki aya bağladıkları için “zincirleme nispetler” adı verilir. Daha sonra, zincirleme nispetlerin aylar itibariyle ortalamaları hesaplanır. Böylece 12 tane “ortalama zincirleme nispet” elde edilmiş olur. Bu 12 zincirleme nispetten, ocak ayını 100 kabul etmek suretiyle diğer ayların bu aya göre nispi yüzdelerini hesaplamak mümkündür. Bu hesaplamalar sonunda trende meydana gelen yükselme veya azalmaya bağlı olarak gelecek ocak ayının %100’den daha az veya fazla olduğu görülür. Bulunan yüzdelere, bu trend için düzeltildikleri takdirde, ortalamaları %100 olan düzeltilmiş yeni yüzdelere elde edilmiş olur. Bu yüzdelere mevsimlik indekslerdir.⁽²⁾



Şekil 2.6 Mevsim Dalgalanmaları

2.8.1.4. (Rastlansal Değişmeler) Arızı

Rastlantısal değişmeler oluş sebeplerinden dolayı belli bir düzen göstermedikleri için bunların ne zaman, nasıl bir şiddetle ortaya çıkacakları bilinmez. Dolayısıyla zaman serilerinin bu dördüncü unsurunu diğer üçü derecesinde istatistikî bir ölçüye bağlamak ve özellikle bunu göz önünde bulundurarak önceden tahmin yapmak pek mümkün olmaz. ⁽²⁾

2.9. Box-Jenkins Tahmin Yöntemi

Box-Jenkins tahmin yönteminden bölüm 2.7.2.2.6 da kısmen bahsedilmişti. Bu yönteme George Box ve Gwilym Jenkins'in 1970 yılında yayınlanan ünlü "Time series Analysis: Forecasting and Control" kitaplarında yer verilmiştir. ⁵⁶⁾

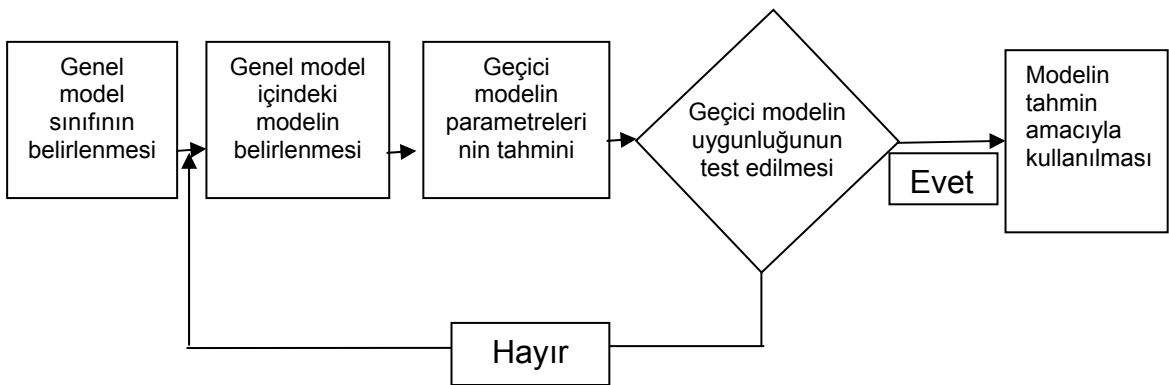
Box-Jenkins yönteminde, uygun modelin belirlenmesi, ele alınan zaman serisinin örneklem otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayılarının artan gecikme uzunluklarında izledikleri seyrin, çeşitli derecelerden teorik AR (p), MA(q), ARMA(p,q) modelleriyle karşılaştırılmasına dayanır. ⁽⁵⁵⁾

Box-Jenkins tahmin yöntemi diğer tahmin yöntemlerine göre oldukça yeni ve başarılı sonuçlar veren fakat oldukça karmaşık işlemlerden sonra sonuca ulaşabilen, ara işlemlerde tahmincinin uzmanlığından ve sezgilerinden de yararlanan bir yöntemdir. Öte yandan Box-Jenkins modellerine zaman serileri için doğrusal filtreleme tekniği de denilmektedir. Levenbach ve Cleary (1984) Wandale (1983), geniş ölçüde kontrol mühendisliğinde kullanılan filtreleme tekniğini de 1930'larda matematikçiler Kolmogrov ve Wiener otomatik kontrol problemlerinde uygulamışlardır. Doğrusal filtrenin özel bir çeşidi olan Otoregresif (Autoregressive)

AR modelleri ilk defa Yule (1927) tarafından düşünülmüştür. Diğer bir filtre çeşidi olan Hareketli Ortalama (Moving Average) MA modeli, ilk defa 1937’de Shutsky tarafından ortaya atılmıştır.

Otoregresif (Autoregressive) AR ve Hareketli Ortalama (Moving Average) MA modelinin birleşimi olan ARMA (Autoregressive- Moving Average) modeli Wold (1954) tarafından geliştirilmiştir. Zaman serileri için genel model belirleme stratejisi G.E. Box ve G.M.Jenkins tarafından geliştirilmiştir. Öyle ki ARMA ve daha geneli ARIMA (Autoregressive- Integrated Moving Average) modelleri Box-Jenkins Modelleri olarak bilinir.

Box-Jenkins’e göre tahmin modelinin beş aşamadan geçirilerek kurulması gerekir. Birinci aşamada genel modele ait sınıf belirlenir, sonra genel modele ait sınıf içinde zaman serisine uyan geçici model belirlenir. Genel model ve geçici model sınıfının belirlenmesinde eldeki zaman serisine ait otokovaryans ve otokorelasyonlardan faydalanılır. Belirlenen geçici modelin parametreleri tahmin edilir. Parametreleri tahmin edilen geçici modelin eldeki verilere uygunluğu test edilir. Belirlenen modelin eldeki verilere uygunluğuna karar verilirse model tahmin amacıyla kullanılabilir. Seçilen model eldeki verilere göre uygun bulunmazsa başka bir model için yukarıdaki işlemler tekrarlanır.



Şekil 2.7 Box-Jenkins Yaklaşımın Şematik Gösterimi⁽²⁾

2.9.1. Temel Kavramlar

Box-Jenkins tahmin modellerinin özellikleri ortalama, varyans, otokovaryans, otokorelasyon, kısmi otokorelasyon ve korelogram gibi parametreler ve araçlar ile tanımlanabilir.

Stokastik süreç olmalarından dolayı ortalama ve varyansları sabittir. Ortalama serinin etrafında dalgalanma gösterdiği düzeyi, varyans ise değerlerin ortalamadan sapmalarının ölçüsünü verir.

$$\text{Ortalama} = E(Y_t) = E(Y_{t+k}) = \mu$$

$$\text{Varyans} = \sigma_y^2 = E(Y_t - \mu)^2$$

Otokorelasyon Fonksiyon, otokovaryans, birbirinden k zaman uzaklığı ile ayrılmış gözlem çiftlerinin hareketlerini yansıtan ve böylece zaman serisinin davranışını belirlemeye yardımcı olan bir ölçüdür.

$$C_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y}) \quad (2.40)$$

Otokovaryans, farklı ölçü birimleriyle ifade edilmiş veya terimleri farklı büyüklüklerde olan zaman serilerinin karşılaştırılmalarında yanıltıcı olabileceği için yetersiz kalmaktadır.

Bu yetersizlik otokovaryans fonksiyonunun standartlaştırılması ile giderilebilir. Standartlaştırılmış otokovaryans fonksiyonuna ” otokorelasyon fonksiyonu” denir. Otokorelasyon aynı değişkenin farklı zaman aralıklarında aldığı değerler arasındaki ilişkinin derecesini belirler.

İncelenen zaman serisi için hesaplanan otokorelasyon katsayısına “örneklem otokorelasyon katsayısı” denir ve r_k ile gösterilir.

Otokorelasyon katsayılarının çeşitli gecikme değerlerine göre çizilen grafiğine de “korelogram” adı verilir.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (2.41)$$

Otokorelasyon fonksiyonunu örnek otokovaryans fonksiyonunu C_k 'dan yararlanarak da hesaplanabilir. Bu durumda örnek otokorelasyon katsayısı;

$$r_k = \frac{C_k}{C_o} \quad -1 \leq r_k \leq 1 \quad (2.42)$$

formülüyle elde edilir. ⁽²⁾

Otokorelasyon fonksiyonu simetriktir, yani korelasyon pozitif veya negatif yer değiştirmeler için aynıdır. Otokorelasyon fonksiyonunu değeri k gecikmesine karşı işaretlendiğinde sapmalar pozitifmiş gibi düşünülebilir. ⁽³³⁾

Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu, otokorelasyon, istatistikte iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ölçmekte kullanılan korelasyon ile aynı anlamdadır. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında bir değerdir. Otokorelasyon ise aynı değişkenin değerleriyle çeşitli gecikme değerleri arasındaki ilişkileri inceler ve onun değeri -1 ile + 1 arasındadır. Bu anlamda korelasyon katsayısı, değişkenler üzerinde etkili olan başka değişkenler söz konusu olduğunda bunların etkisini de taşıyan yetersiz bir ölçü olmaktadır.

Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için, aralarında ilişki araştırılan iki değişken dışındaki değişkenlerin etkisini sabit kılacak şekilde korelasyon katsayısının tekrar hesaplanması gerekmektedir. İşte bu ölçüye kısmi otokorelasyon

katsayısı denir. Φ_{kk} simgesi ile gösterilen kısmi otokorelasyon katsayısıda -1 ile +1 arasında bir değerdir ve otokorelasyonun katsayısı gibi yorumlanır.

Kısmi otokorelasyon katsayıları ($\Phi_{11}, \Phi_{22}, \dots, \Phi_{kk}$) tahmininde;

$$\rho_j = \Phi_{k1}\rho_{j-1} + \dots + \Phi_{k(k-1)}\rho_{j-k+1} + \Phi_{kk}\rho_{j-k} \quad (2.43)$$

$J = 1, 2, 3, \dots, k$ Yule-Walker denklem sistemi kullanılır. Bu eşitlikten kısmi otokorelasyon fonksiyonunun tahmin edilebilmesi için, uygulamada genellikle ana kütle otokorelasyon katsayıları (ρ_j) yerine, örnekten hesaplanan değerler (r_j) yerleştirilir. Bu durumda eşitlik;

$$r_j = \Phi_{k1}r_j + \dots + \Phi_{k(k-1)}r_{j-k+1} + \Phi_{kk}r_{j-k} \quad (2.44)$$

Φ_{kk} değerinin bu eşitlikten hesaplanabilmesi için sözkonusu eşitlik;

$$\begin{vmatrix} 1 & r_1 & \cdot & \cdot & \cdot & r_{k-1} \\ r_k & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & r_{k-2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{k-1} & r_{k-2} & r_{k-3} & \cdot & \cdot & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Phi_{k1} \\ \Phi_{k2} \\ \Phi_{k3} \\ \cdot \\ \Phi_{kk} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} r_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ r_k \end{vmatrix} \quad (2.45)$$

halinde yazılabilir. Yapılan eşitlik $\Phi_{11}, \Phi_{22}, \dots, \Phi_{kk}$ için ayrı ayrı çözüldüğünde her aşamada hesaplanan Φ değerinin en sonuncusu gecikmeli kısmi otokorelasyon katsayısı olarak kabul edilecektir. Kısmi otokorelasyon katsayısı otoregresif sürecin (AR modellerinin) derecesinin belirlenmesinde kullanılan kriterlerden biridir.

Bunun için k gecikmeyi, p AR modelinin derecesini göstermek üzere, kısmi otokorelasyon katsayılarına ait standart hata formülü;

$$S(\Phi_{kk}) = \frac{1}{n} \quad k > p \quad (2.46)$$

Eşitlikten elde edilen değer, kısmi otokorelasyon katsayılarının hangi gecikmeye kadar sıfırdan farklı, hangi gecikmeden sonra sıfır değerini aldığından anlaşılması açısından önemlidir. Dolayısıyla sıfırdan farklı ilk p adet kısmi otokorelasyon katsayısı, kurulacak modele ilişkin AR derecesini verir.⁽²⁾

2.9.2. Doğrusal Durağan Stokastik Modeller

Belirli zaman aralıklarında olayın gözlemlenmesiyle elde edilen değerlere kesikli zaman serisi, belirli olmayıp da sürekli olarak olayın gözlenmesiyle elde edilen değerlere sürekli zaman serisi adı verilir. Zaman içinde olayın meydana gelişini tesadüfî ise bu durumda sürece stokastik süreç denir. Doğrusal durağan stokastik süreçler istatistiksel açıdan bir dengeyi ifade etmektedir. Özellikle, gözlem değerlerinin ortalaması ve varyansları ve olasılık fonksiyonları zaman içinde değişme göstermezler. Bu tür seriler durağan seriler olarak tanımlanır.⁽²⁾

2.9.2.1. (AR) Otoregresif Modeller

Bu modeller bir zaman serisinin herhangi bir dönemdeki gözlem değerlerini, aynı serinin ondan önceki belirli sayıda dönemin geçmiş dönemin gözlem değerlerine ve hata terimine bağlı olarak açıklayan modellerdir. AR modelleri içerdikleri geçmiş dönem gözlem değerleri sayısına göre isimlendirilirler. Bir AR modeli bir tane geçmiş gözlem değeri içeriyorsa “birinci dereceden”, iki tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa “ikinci dereceden” ve genel olarak, p tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa p 'inci dereceden AR modeli olarak isimlendirilir.

$$Y_t = \mu' + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (2.47)$$

Eşitlik (2.47) p inci mertebeden otoregresif sürece ilişkin genel gösterimdir ve kısaca AR(p) şeklinde ifade edilir. Modeldeki $\mu', \Phi_1, \Phi_2, \Phi_p$ sabit değerlerdir. $Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ gözlem değerlerini göstermektedir. μ modelin ortalamasına ilişkin sabit değerdir. $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$ modelin parametreleridir. Bu parametreler t dönemine ait gözlem değeri Y_t ile geçmiş dönem değerleri $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ arasındaki ilişkiyi gösteren “ilişki katsayılarıdır”. p modelin derecesini ve a_t bağımsız bir süreç oluşturan, normal dağılmış hata değişkenini göstermektedir.

Yukarıdaki modelde Y_t bağımlı değişken, $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ bağımsız değişkenler olarak düşünülürse, eşitlik çoklu doğrusal regresyon anlamına gelen “otoregresif model” olarak tanımlanır.

AR(p) modelinin p+2 sayıda tahmin edilmesi gereken parametresi ($\mu', \Phi_1, \Phi_2, \Phi_p$ ve σ_a^2) vardır ve bu parametreler bilindiğinde model belirlenmiş olur. Uygulamada daha çok bir ve ikinci mertebeden AR modelleri kullanılır ve sırasıyla AR(1) ve AR(2) olarak kısaltılarak simgelenir.⁽²⁾

AR(1) süreci zaman serisi analizlerinde, zaman serisi değişkeni Y_t 'nin ortalama, varyans ve kovaryansının hesaplanması önemli ilk adımlardandır. Bütün rastgele değişkenlerin geçmiş, bugün veya gelecek değerlerine bakılmaksızın aynı ortalama ve varyansa sahip oldukları varsayılır. Ayrıca Y_t ve Y_{t+s} gibi herhangi iki rastgele değişken arasındaki kovaryansın zamana bağlı olmadığı, fakat iki rastgele değişken arasındaki sayıda öncüle veya gecikmeye bağlı olduğu varsayılır.⁽³³⁾

$$Y_t = \mu' + \Phi_{11}Y_{t-1} + a_t \quad (2.48)$$

AR(1) süreci eşitlik 2.48 ile formüle edilir.

Birinci derece otoregresif zaman serisi modelleri birçok ekonomik zaman serisini yeterince tasvir eder. Bununla birlikte diğer seriler için daha genel otoregresif süreçler gerekebilir. ⁽³³⁾ Bu süreç AR(2) sürecidir ve

$$Y_t = \mu' + \Phi_{11}Y_{t-1} + \Phi_{21}Y_{t-2} + a_t \quad (2.49)$$

denklemleri ile formüle edilir.

Uygulamada çok kullanılan AR(1) ve AR(2) için parametrelerin durağanlık koşulları;

$$\text{AR(1) modeli için} = |\Phi_1| < 1 \text{ veya } -1 < (\Phi_1) < 1 \quad (2.50)$$

$$\text{AR(2) modeli için} = |\Phi_2| < 1 \text{ veya } -1 < (\Phi_2) < 1^{(2)} \quad (2.51)$$

AR süreci için bir örnek,

“Bir limonata satıcısı olduğunuzu ve her saat beş bardak limonata sattığınızı düşünürseniz eğer siz limonata sattığınız yeri kapatmak ve limonata bittiği için satmaktan vazgeçmek istemiyorsanız, her saat başına tükenen limonata yerine yeni limonata doldurmanız gerekir. Böylece her saat beş bardak limonata satılsa da siz her zaman yerine yenisini ilave ettiğinizden siz bir kaza geçirmediğiniz sürece asla limonata satışınızda bir aksama olmaz. Bu bir otoregresif süreci tarif eder. Çünkü daha az ya da daha fazla limonata satmanız şeklinde bir şok belli bir saatteki limonata seviyesini etkiler. ⁽⁴²⁾

2.9.2.2. (MA)Hareketli Ortalama Modelleri :

Bir değişkenin AR(p) modelinde gözlenen değeri onun geçmiş ve bir rastgele değişkeninin kalıntı değerleri ile ilgilidir. Bununla birlikte, hareketli ortalama süreci olarak adlandırılan başka bir zaman serisi formu ile ifade edilebilecek hipotezler vardır. Hareketli Ortalama modelleri, herhangi bir dönemdeki gözlem değerini, zaman serisinin aynı ve ondan önceki belirli sayıda dönemdeki hata terimlerine bağlı olarak açıklayan modellerdir.

MA modelleri içerdikleri geçmiş dönem hata terimi sayısına göre isimlendirilir. Modelde bir tane geçmiş dönem hata terimi varsa birinci, iki tane varsa ikinci ve genel olarak q tane varsa q'uncu mertebeden MA modelleri olarak isimlendirilir. Q'uncu mertebeden genel MA(q) modeli;

$$Y_t = \mu + a_t - \Theta_1 a_{t-1} - \Theta_2 a_{t-2} + \dots + \Theta_q a_{t-q} \quad (2.52)$$

$\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_q$ modelin parametreleridir ve herhangi bir dönemdeki gözlem değeri ile aynı döneme ve geçmiş dönemlere ait hata terimleri arasındaki ilişkiyi gösterirler. Uygulamada daha çok birinci ve ikinci mertebeden MA modelleri kullanılır ve sırasıyla MA(1), MA(2) olarak simgelenir.

MA(1) modeli;

$$Y_t = \mu + a_t - \Theta_1 a_{t-1} \quad (2.53)$$

MA(2) modeli;

$$Y_t = \mu + a_t - \Theta_1 a_{t-1} - \Theta_2 a_{t-2} \quad (2.54)$$

Uygulamada çok kullanılan MA(1) ve MA(2) parametrelerinin çevrilebilirlik koşulları;

$$\text{MA(1) modeli için} = |\Theta_1| < 1 \text{ veya } -1 < \Theta_1 < 1 \quad (2.55)$$

$$\text{MA(2) modeli için} = |\Theta_2| < 1 \text{ veya } -1 < \Theta_2 < 1^{(2)} \quad (2.56)$$

2.9.2.3. (ARMA) Birleştirilmiş Otoregresif-Hareketli Ortalama Modeli

Box-Jenkins ARMA parametrelerinin tahmini için yalnızca zaman serilerinin oto-kovaryanslarının kullanımını 1976' da açıklamışlardır. Bu prosedür iki bölümden oluşur. Birincisi bölüm AR parametresinin tahmininde Yule-Walker eşitliğinin kullanılmasıdır. İkinci bölüm MA parametresinin Newton-Raphson algoritması ile tahminidir.⁽⁴³⁾

Arma modelleri, ele alınan serinin durağan olmasını gerektirir. Diğer bir ifade ile serilerin trend içermemesi gerekir.⁽⁴⁰⁾

Durağan serilerde sadece AR(p) veya MA(q) süreçlerinin değil de, her iki sürecin özelliklerine sahip oldukları durumda oluşturulacak olan ve seriler için daha iyi uyum sağlayan modeller “Otoregresif Hareketli Ortalama Modelleri” ARMA(p,q) modelleri olarak adlandırılmaktadır. ARMA(p,q) modelleri, en genel durağan stokastik süreç modelleri olup, geçmiş gözlemlerin ve geçmiş hata terimlerinin doğrusal bir fonksiyonudur.⁽³⁰⁾

Zaman serilerinin modellenmesinde esneklik sağlamak ve en az sayıda parametre ilkesini gerçekleştirmek amacıyla bazı durumlarda, modele hem otoregresif ve hem de hareketli ortalama parametrelerinin alınması bir çok yarar sağlamaktadır. Bu düşünce ARMA modelini ortaya çıkarmıştır. ARMA modellerinde herhangi bir zaman serisinin herhangi bir dönemine ait elde edilen gözlem değerleri,

söz konusu dönemden önceki belirli sayıdaki gözlem değeri ve hata teriminin doğrusal bir bileşimi olarak ifade edilir. ARMA model AR ve MA modellerinin karışımından meydana geldiği için $p+q+2$ adet terimden oluşur ve (p,q) 'uncu mertebeden genel ARMA(p,q) modeli ;

$$Y_t = \frac{\Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p}}{AR(P)} + \frac{\mu'}{Sbt} + \frac{a_t - \Theta_1 a_{t-1} - \Theta_2 a_{t-2} - \dots - \Theta_q a_{t-q}}{MA(q)} \quad (2.57)$$

Bu modele ilişkin sembollerin anlamları AR(p) ve MA(q) modellerinde tanımlandığı gibidir. ARMA(p,q) modeli en genel doğrusal durağan stokastik modeldir. Çünkü ARMA(p,q) modelinde $p=0$ alınırsa MA(q) modeli, $q=0$ alınırsa AR(p) modeli elde edilir. Başka bir deyişle AR(p) ve MA(q) modelleri ARMA(p,q) modelinin özel bir halidir.

Uygulamada sık karşılaşılan ARMA modeli türü ARMA(1,1) modelidir. Bu model birinci dereceden ($p=1$) AR ve birinci dereceden ($q=1$) MA modelinin kombinasyonudur. ARMA(1,1) modelinin denklemi;

$$Y_t = \mu' + \Phi_1 Y_{t-1} + a_t - \Theta_1 a_{t-1} \quad (2.58)$$

$$ARMA (1,1) \text{ modelinin durağanlık koşulu} = |\Phi_1| < 1 \text{ veya } -1 < (\Phi_1) < 1 \quad (2.59)$$

$$\text{çevrilebilirlik koşulu} = |\Theta_1| < 1 \text{ veya } -1 < \Theta_1 < 1 \quad (2.60)$$

ARMA (1,1) modeli, AR(1) ve MA(1) modellerinin karışımı olduğundan, söz konusu modelin durağanlık ve çevrilebilirlik koşulları karışımı olduğu modellerin durağanlık ve çevrilebilirlik koşullarıyla aynıdır.⁽²⁾

2.9.3. (ARIMA)Doğrusal Durağan Olmayan Stokastik Modeller

ARIMA modelinin özelliği değişkenlerin kesin değerlerinin değişkenlerin ilk değerlerinin lineer kombinasyonun yoluyla tahmin edilmesidir ve ARIMA modeli hala en popüler lineer modeldir.⁽⁴⁴⁾

ARIMA birbirinden farklı birçok zaman serisi tekniğini içeren zaman serisi modellerinin genel bir sınıflamasını temsil eder.⁽⁴⁵⁾

Durağan olmayıp farkı alınarak durağan hale getirilmiş serilere uygulanan modellere” durağan olmayan doğrusal stokastik modeller” veya kısaca “entegre modeller” denir. Bu entegre modeller belirli sayıda farkı alınmış serilere uygulanan AR ve MA modellerinin birleşimidir. Eğer AR modelinin derecesi p, MA derecesi q ve serinin d kez farkı alınmış ise bu modele (p,d,q) dereceden “otoregresif entegre hareketli ortalama modeli” denir ve ARIMA (p,d,q) şeklinde gösterilir.⁽³⁰⁾

ARMA(p,q) genel denklemi, Δ fark alma operatörünü ve d fark alma derecesini göstermek üzere, Y_t yerine Y_t 'nin d'inci mertebeden farkı alınmış seri anlamında $Z_t, (Z_t = \Delta^d Y_t)$ konularak tekrar yazılırsa ARIMA (p,d,q) genel denkleme ulaşılır.⁽²⁾

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \Phi_2 Z_{t-2} + \dots + \Phi_p Z_{t-p} + \mu' + a_t - \Theta_1 a_{t-1} - \Theta_2 a_{t-2} - \dots - \Theta_q a_t \quad (2.61)$$

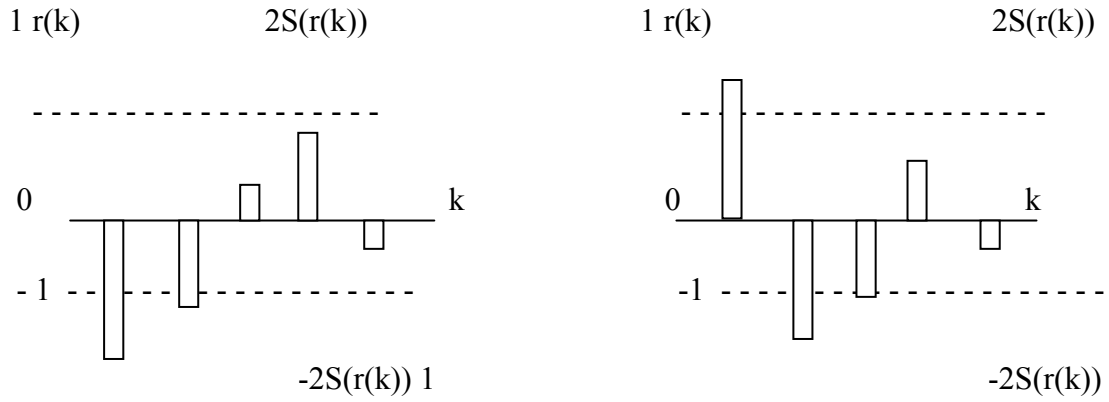
rağan hale getirilmiş farklar serisine AR, MA ve ARMA modellerinin uygulanması gerekmektedir. Bundan dolayı uygulamada sıkça kullanılan ARIMA modelleri bu kısımda tekrar verilmemiştir. Ayrıca ARIMA modellerindeki durağanlık ve çevrilebilirlik koşulları, aynen ARMA modellerinde olduğu gibidir.⁽²⁾

2.9.4. Model Belirleme

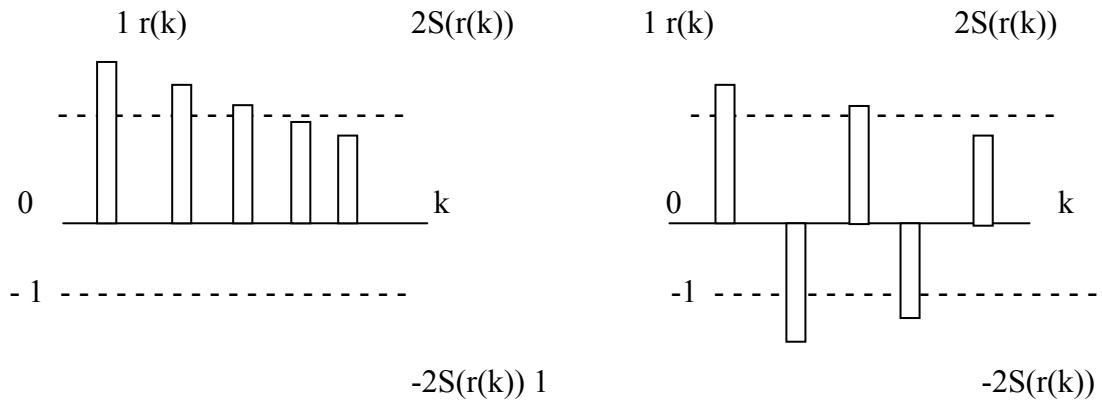
Model belirleme, model kurmanın anahtarı durumundadır ve ARIMA sürecinin p , d , q mertebelerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Model kurulması aşamasındaki en zor adım belirlemedir. Belirleme aşamasında önce seriye ait durağanlık ve mevsimsellik analizi uygulanır. Seriyeye ait oto korelasyon fonksiyonu ve kısmi oto korelasyon fonksiyonuna bakılarak serinin durağan olup olmadığı incelenebilir. Otokorelasyon fonksiyonu, serinin tesadüfî veya durağan olup olmadığının ortaya çıkarılması ve durağan değilse hangi düzeyde durağanlaştığının saptanmasında kullanıldığı gibi verilerde mevsim etkisinin ve uzunluğunun tespit edilmesine de imkân vermektedir.⁽³⁸⁾

Otokorelasyon daha önce belirttiğimiz gibi, aynı değişkenin çeşitli gecikme değerleri arasındaki ilişkisini ortaya koyan bir ölçüdür. Çeşitli gecikmelerde hesaplanan otokorelasyon değerleri istatistikî açıdan sıfırdan farklı ise (standart hata değerinden büyükse), değişkenim gecikmeli değerleri arasında ilişki olduğuna ve serinin tesadüfî olarak dağılmadığı sonucuna varılır. Otokorelasyon değerleri sıfırdan farklı değilse (standart hata değerinden küçük ise) bu durumda söz konusu serinin tesadüfî dağılım gösterdiğine karar verilir. Serinin tesadüfî dağılıp dağılmadığı, otokorelasyon değerlerine ait grafiğin belli bir şekil gösterip göstermemesine de bağlıdır. Eğer otokorelasyon değerlerinden meydana gelen grafik gecikme değerlerine bağlı olarak belli bir şekil gösteriyorsa serinin tesadüfî dağılım göstermediğine, belli bir şekil göstermiyorsa tesadüfî dağılım gösterdiğine karar verilir. Otokorelasyon değerlerinin incelenmesiyle aynı zamanda, incelenen zaman serisinin durağan olup olmadığına da karar verilir. Değerler birkaç gecikmeden sonra

sıfıra yaklaşıyorsa incelenen serinin durağan olduğuna, sıfırdan anlamlı şekilde farklıysa durağan olmadığına karar verilir.



Şekil 2.8. Durağan Serilere ait Korelogramlar.



Şekil 2.9. Durağan Olmayan Serilere ait Korelogramlar.

AR sürecinde otokorelasyon değerleri, gecikme sayısı arttıkça azalma gösterir. Bundan dolayı durağan veya durağan olmayan hale getirilmiş bir zaman serisinin otokorelasyon değerleri azalarak sıfır değerine yaklaşıyorsa ve p gecikmeden sonra kısmi otokorelasyonar sıfır oluyorsa söz konusu seri için AR modeli seçilir. MA sürecinde ise otokorelasyon değerlerinin q'uncu gecikmeden sonra anlamlı olarak sıfır değerini aldıklarından durağan veya durağan hale getirilmiş bir zaman serisinin otokorelasyon değerleri belli bir gecikme değerinden sonra sıfır değerini alıyor ve kısmi otokorelasyon değerleri giderek azalıyorsa sözkonusu seri

için MA modelinin seçilmesi uygundur. İncelenen zaman serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri beraberce azalıyor, bu durumda söz konusu seri için uygun modeli ARMA modellerinde aramak daha doğru olacaktır.

İncelenen zaman serisinin hangi model grubuna girdiğinin tespitinden sonra seçilen modelin mertebesinin tespit edilmesi gerekir. Bu durumda MA modelinin mertebesi için otokorelasyon, AR modelinin mertebesi için kısmi otokorelasyon, ARMA modelinin mertebesinin belirlenmesi için de hem otokorelasyon hemde kısmi otokorelasyon değerlerinden ve grafiklerinden yararlanılır.

AR modelinin mertebesi için, kısmi otokorelasyon değerlerinin sıfırdan farklı ilk p sayısına bakılır. Örneğin, birinci kısmi otokorelasyon değeri sıfırdan farklı, diğer gecikmeler için sıfır değerini alıyorsa AR modelinin p değeri bir, ilk iki kısmi otokorelasyon değeri sıfırdan farklı diğer gecikmeler sıfır değerini alıyorsa, AR modelinin mertebesi iki değerini alacaktır.

MA modelinin mertebesi için, otokorelasyon değerinin sıfırdan farklı ilk q sayısına bakılır. Örneğin, birinci otokorelasyon değeri sıfırdan farklı diğer gecikmeler için sıfır değerini alıyorsa, MA modelinin q mertebesi bir değerini, ilk iki otokorelasyon sıfırdan farklı diğer gecikmeler sıfır değerini alıyorsa, MA modelinin mertebesi ilk iki değerini alacaktır.

ARMA modelinin mertebesinin tayini, AR ve MA kısımları için ayrı ayrı yapılır. AR kısmının derecesi istatistiksel olarak sıfırdan farklı kısmi otokorelasyon sayısına, MA kısmının ise istatistiksel olarak sıfırdan farklı otokorelasyon sayısına bakılarak tayin edilir.⁽²⁾

Model	Otokorelasyon Fonksiyonu	Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu
AR(p)	Üssel ve/veya sinüs fonksiyonu şeklinde azalır	p-gecikme sonrası istatistiki olarak sıfır değerini alır
MA(q)	q-gecikme sonrası istatistiki olarak sıfır değerini alır	Üssel ve/veya sinüs fonksiyonu şeklinde azalır
ARMA(p,q)	q-p adet gecikmeden sonra üssel veya sinüs fonksiyonu şeklinde azalır	q-p adet gecikmeden sonra üssel veya sinüs fonksiyonu şeklinde azalır

Çizelge 2.6. AR, MA ve Arma Modellerinde Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu Özellikleri.⁽⁷⁴⁾

2.9.5. Geçici Modele Ait Geçici Parametrelerin Tahmini

2.9.5.1. (AR) Modellerde Parametre Tahmini

Otoregresif modellerde geçici parametrelerin tahminleri Yule-Walker denklem sisteminin örnek otokorelasyon değerleri kullanılarak çözümünden elde edilir. Buna göre eşitlik;

$$r_k = \Phi_1 r_{k-1} + \Phi_2 r_{k-2} + \dots + \Phi_p r_{k-p} \text{ daha açık bir şekilde yazılırsa;}$$

$$r_1 = \Phi_1 r_1 + \Phi_2 r_1 + \dots + \Phi_p r_{k-1}$$

$$r_1 = \Phi_1 r_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_p r_{k-2}$$

$$r_p = \Phi_1 r_{p-1} + \Phi_2 r_{p-2} + \dots + \Phi_p \text{ eşitliği elde edilir.} \quad (2.62)$$

Yule-Walker denklem sistemi, örnek olarak AR(1) ve AR(2) çözüldüğünde Φ_1 ve Φ_2 değerleri r_1 ve r_2 , birinci ve ikinci gecikmelerdeki otokorelasyon katsayılarını temsil etmek üzere;

$$\text{AR (1) için; } \Phi_1 = r_1 \quad (2.63)$$

$$\text{AR (2) için; } \Phi_1 = \frac{r_1(1-r_2)}{1-r_1^2} \quad (2.64)$$

$$\Phi_1 = \frac{r_2 - r_1^2}{1 - r_1^2} \quad (2.65)$$

eşitlikleri elde edilir. Φ_1 ve Φ_2 değerlerinin daha önce belirtilen durağanlık koşullarını sağlamaları gerekmektedir.

2.9.5.2. (MA) Modellerinde Parametre Tahmini

Hareketli Ortalama Modellerinde otokorelasyon katsayıları r_j 'ler ile modelin parametreleri Θ_j 'ler arasındaki ilişkiler, AR modellerinde olduğu gibi doğrusal değildir. Uygulamada hareketli ortalama modellerinden genellikle MA(1) ve MA(2) kullanıldığından, bunlara ilişkin eşitlikler;

MA(1) için; tahmin edilmesi gereken ve Θ_1 ile gösterilen bir tane parametresi vardır.

$$r_1\Theta_1 + \Theta_1 + r_1 = 0 \quad \text{veya}$$

$$\Theta_1 = -\frac{1}{2r_1} \mu \sqrt{\frac{1}{(2r_1)} - 1} \quad (2.66)$$

Θ_1 'e göre denklem çözüldürse iki farklı değer çıkar. Bu değerlerden MA(1) modeline ait çevrilebilirlik koşulu olan $|\Theta_1| < 1$ koşulunu sadece bir değer sağlar ve bu değer Θ_1 'e ait geçici parametre değeri olarak kabul edilir.

MA(2) için; tahmin edilmesi gereken Θ_1 ve Θ_2 ile gösterilen iki tane parametresi vardır.

$$r_1 = \frac{-\Theta_1 + \Theta_1\Theta_2}{1 + \Theta_1^2 + \Theta_2^2} \quad (2.67)$$

$$r_2 = \frac{-\Theta_2}{1 + \Theta_1^2 + \Theta_2^2} \quad (2.68)$$

denklemlerinin ortak çözümü ile Θ_1 ve Θ_2 tahmin sonuçlarına ulaşılır. Elde edilen Θ_1 ve Θ_2 değerlerinin $|\Theta_2| < 1$ veya $-1 < \Theta_2 < 1$ koşullarını sağlamalıdır.

2.9.5.3. (ARMA) Modelinde Parametre Tahmini

ARMA modellerinde tahmin edilmesi gereken modelin AR kısmına ait p sayıda Φ ve MA kısmına ait q sayıda Θ parametresi vardır. Uygulamada genellikle ARMA(1,1) modeli kullanıldığından, söz konusu modele ilişkin Φ_1 ve Θ_1 parametre tahmin denklemleri;

$$\Phi_1 = \frac{r_2}{r_1} \quad (2.69)$$

$$r_1 = \frac{(1 - \Phi_1\Theta_1)(\Phi_1 - \Theta_2)}{1 + \Theta_1^2 - 2\Phi_1\Theta_1} \quad (2.70)$$

denklemlerinin çözümü ile elde edilecek iki değerden, çevrilebilirlik şartını sağlayan değer, Θ_1 'in tahmini olarak kabul edilir. Yine elde edilen Φ_1 değerinin $-1 < \Phi_1 < 1$ olan durağanlık şartını, elde edilen Θ_1 değerinde çevrilebilirlik şartı olan $-1 < \Theta_1 < 1$ koşulunu sağlaması gerekir.

2.9.6. Geçici Modele Ait Nihai Parametrelerin Tahmini

Bir zaman serisi için belirlenmiş geçici model parametre tahminleri, hata kareler toplamlarını büyük bir olasılıkla minimum yapmazlar. Bilindiği gibi en iyi tahmin, hata kareler toplamını en küçük yapan tahmindir. Bunun için en çok olabilirlik (Maximum Likelihood) Yaklaşımı, Bayes Yaklaşımı veya En Küçük Kareler Yaklaşımı uygulanabilir. Bunlardan hangi yaklaşım uygulanırsa uygulansın, sonuçta Doğrusal Olmayan Regresyon işlemleri yapılır. Yukarıda bulunan geçici parametre tahminleri, adım adım çözümde başlangıç değerleri olarak kullanılır.

Diğer bir yaklaşımda, adım adım çözüme sıfır veya bir değeri ile başlamaktır. Başlangıç değeri belirlendikten sonra hataların kareleri toplamını minimize edecek parametre veya parametrelerin değerine ulaşılan kadar hesaplamaya devam edilir. Hataların kareleri toplamlarını minimum yapan parametre veya parametrelerin değerleri nihai parametre değeri olarak kabul edilir.⁽²⁾

2.9.7. Modelin Uygun Olup Olmadığının Test Edilmesi

Uygunluk testleri, örnek içi öngörü hatalarının oto korelasyonlarını kullanarak, belirleme ve parametre tahmini aşamaları sonucunda seçilen modelin seri için uygun olup olmadığını ortaya koymak amacıyla yapılmaktadır.⁽⁴⁷⁾

Otokorelasyonların ayrı ayrı sıfırdan farklı olup olmadıklarını araştırmak yerine ilk birkaçının birlikte sıfırdan farklı olup olmadığını araştırmak daha pratiktir. Bunun için Box ve Pierce, Q istatistiğini geliştirmişlerdir. Q istatistiği incelenen zaman serisinin gerçek değerlerinden hareketle serinin durağan olup olmadığını araştırılmasında kullanıldığı gibi, tahmin hatalarından hareketle kurulan modelin uygun olup olmadığının araştırılmasında da kullanılmaktadır.

$$Q = n \sum_{k=1}^m r_k^2 \quad k=1,2,3,\dots,m \quad (2.71)$$

Q istatistiği, (m-p-q) serbestlik derecesinde yaklaşık olarak X^2 dağılımı gösterir. Hesaplanan Q formül değeri (m-p-q) serbestlik derecesi ve belirlenen anlam düzeyinde X^2 tablo değerinden büyükse, tahmin hatalarından meydana gelen hatalar serisinin rassal dağılmadığına, yani hatalardan oluşan serinin otokorelasyon değerlerinin $\pm Z_a / \sqrt{n}$ (%95 güvenle $\pm 2\sqrt{n}$) sınırları arasında kalmadığına, dolayısıyla seçilen modelin uygun olmadığına, aksi halde hatalar serisinin rassal dağıldığına ve seçilen modelin tahmin için kullanılabileceğine karar verilir.

2.9.8. Uygun Modelin Tahmin için Kullanılması

İncelenen zaman serisine ait geçici modelin ve derecesinin, geçici ve nihai parametrelerinin belirlenmesinin gerçekleştirilmesini müteakip, Q istatistiği ile modelin uygun olduğu tespit edilirse, nihai amaç olan tahmin için kullanılması gerçekleştirilebilir.

2.9.8.1.(AR) Modellerinde Tahmin

İncelenen zaman serisi için kurulan model AR ise, serinin ileriye doğru tahmini, tahmin döneminden önceki belirli sayıda dönemin gerçekleşmiş gözlem değerlerine, tahmin değerlerine ve (a_t) hata terimine bağlı olarak gerçekleştirilir.

AR(1) için;

$$\text{Genel denklem} \quad Y_t = \Phi Y_{t-1} + a_t \quad (2.72)$$

$$1 \text{ dönem sonrası için} \quad \hat{Y}_{t+1} = \Phi_1 Y_t$$

$$2 \text{ dönem sonrası için} \quad \hat{Y}_{t+2} = \Phi_1 \hat{Y}_{t+1}$$

$$b \text{ dönem sonrası için} \quad \hat{Y}_{t+b} = \Phi_1 \hat{Y}_{t-1+b} \quad (b \geq 3) \quad (2.73)$$

Gerçekleşmiş dönemlere ilişkin hata terimi (a_t), AR(1) genel denkleminde (a_t) teriminin çekilmesiyle bulunur.

$$a_t = Y_t - \Phi_1 Y_{t-1} \quad (2.74)$$

t uygun dönemden başlayarak ve genel denklem kullanılarak birer dönem sonrası için tahminler gerçekleştirilir. T. dönemin tahmin hatası eşitlik 2.75 ile bulunur.

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_{t+1} \quad (2.75)$$

AR(2) için;

$$\text{Genel denklem } Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + a_t \quad (2.76)$$

$$1 \text{ dönem sonrası } \hat{Y}_{t+1} = \Phi_1 Y_t + \Phi_2 \hat{Y}_{t-1}$$

$$2 \text{ dönem sonrası } \hat{Y}_{t+2} = \Phi_1 \hat{Y}_{t+1} + \Phi_2 \hat{Y}_t$$

$$b \text{ dönem sonrası } \hat{Y}_{t+b} = \Phi_1 \hat{Y}_{t-1+b} + \Phi_2 \hat{Y}_{t-2+b} \quad (b \geq 3) \quad (2.77)$$

Gerçekleşmiş dönemlere ilişkin hata terimi;

$$a_t = Y_t - \Phi_1 Y_{t-1} - \Phi_2 Y_{t-2} \quad (2.78)$$

t. dönemin tahmin hatası yine eşitlik 2.75 ile bulunur.

2.9.8.2. (MA) Modellerinde Tahmin

İncelenen zaman serisi için kurulan model MA unsuru içeriyorsa, serinin ileriye doğru tahmini, tahmin döneminden önceki belirli sayıda dönemin tahmin hatalarına bağlı olarak gerçekleşir.

MA(1) için;

Genel denklem $Y_t = a_t - \Theta_1 a_{t-1}$

1 dönem sonrası $\hat{Y}_t = -\Theta_1 a_t$

2 ve diğer dönemler $\hat{Y}_{t+2} = -\Theta_1 a_{t+1} = 0$ (2.79)

Çünkü iki dönem sonrası için yapılan tahminde (a_{t+1}) değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değer söz konusu dönemde gerçekleşmiş gözlem değeri olmadığından sıfır olarak alınır. Dolayısıyla (\hat{Y}_{t+2}) ve daha sonraki tahminler sıfır değerini alır. Gerçekleşmiş dönemlere ilişkin hata terimi;

$$a_t = Y_t + \Theta_1 a_{t-1} \quad (2.80)$$

t. dönemin tahmin hatası yine eşitlik 2.75 ile bulunur.

MA(2) için;

Genel denklem $Y_t = a_t - \Theta_1 a_{t-1} - \Theta_2 a_{t-2}$

1 dönem sonrası $\hat{Y}_t = -\Theta_1 a_t - \Theta_2 a_{t-1}$

2 dönem sonrası $\hat{Y}_{t+2} = -\Theta_2 a_t$

3 ve diğer dönemler $\hat{Y}_{t+3} = 0$ (2.81)

Gerçekleşmiş dönemlere ilişkin hata terimi;

$$a_t = Y_t + \Theta_1 a_{t-1} + \Theta_2 a_{t-2} \quad (2.82)$$

denklemleri ile t. dönemin tahmin hatası eşitlik 2.75 kullanılarak bulunur.

2.9.8.3. (ARMA) Modelinde Tahmin

İncelene zaman serisi için kurulan model hem AR hem de MA unsurlarını birlikte içeriyorsa, söz konusu serinin ileriye doğru tahmini, gerçekleşmiş gözlem değerlerine, tahmin değerlerine ve (a_t) hata terimine bağlı olarak gerçekleşir.

ARMA(1,1) için;

$$\text{Genel denklem } Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + a_t - \Theta_1 a_{t-1}$$

$$1 \text{ dönem sonrası } \hat{Y}_t = \Phi_1 Y_t - \Theta_1 a_t$$

$$2 \text{ dönem sonrası } \hat{Y}_{t+2} = \Phi_1 \hat{Y}_{t+1}$$

$$b \text{ ve diğer dönemler } \hat{Y}_{t+b} = \Phi_1 \hat{Y}_{t-1+b} \quad (b \geq 3) \quad (2.83)$$

Gerçekleşmiş dönemlere ilişkin hata terimi ;

$$a_t = Y_t + \Phi_1 Y_{t-1} + \Theta_1 a_{t-1} \quad (2.84)$$

denklemleri ile t. dönemin tahmin hatası eşitlik 2.75 kullanılarak bulunur.⁽²⁾

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Tahmin Yöntemleri Uygulaması

Bu bölümde Ankara’da fens teli üretimi yapan bir işletmede üretimi yapılan fens teline ait ikinci bölümde anlatılan talep tahmin yöntemleri kullanılarak talep tahmin çalışması yapılmıştır. İşletmede elde edilen ürüne ait 1997-2006 yıllarındaki aylık talep miktarı verileri kullanılarak hangi talep tahmin yöntemi uygulamasının en uygun sonucu verdiği ve tahmin yöntemlerin kullanılmasıyla ürün için gelecek dönemlere ait talep tahminleri ile farklı dönemlere ait gözlem değerleri incelenerek kullanılan verilerin miktarının talep tahmini yönteminin seçilmesinde etkisi araştırılmıştır.

Ürüne ait en uygun talep tahmin yönteminin elde edilmesi ve geleceğe ait üretim miktarı tahminlerinin yapılması sağlanarak işletmenin verimliliğinin artırılması, zaman, para, işgücü vb. gibi kaynakların etkinliğinin sağlanması hedeflenmiştir.

Tahminlerin yapılabilmesi için fens teline ait 1997-2006 yıllarına ait aylık talep miktarları MS-Excel kullanılarak aşağıdaki yöntemler uygulanmıştır:

1. Basit Hareketli Ortalama Yöntemi,
2. 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi,
3. 5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi,
4. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi,
5. Basit (tekli) Üstel Düzleştirme Yöntemi,
6. Brown’un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi,

7. Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi,

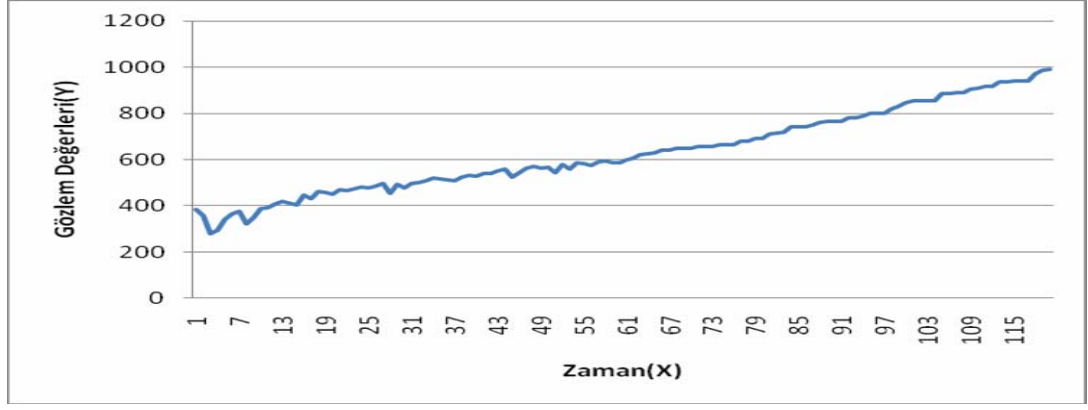
8. Regresyon Analizi,

ve SPSS istatistik programı kullanılarak Box-Jenkins tahmin yöntemi ile talep tahminleri yapılmıştır. Yöntemlerden elde edilen sonuçlar çizelge ve grafik şeklinde gösterilmiş ve MAE (Ortalama Mutlak Hata), MSE (Ortalama Hata Kare) ve MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata) hata ölçütleri hesaplanarak en uygun yöntem seçilmiştir. Ayrıca ürünlere ait son 1, 3 ve 5 yılın gözlem değerleri alınarak talep tahmini yapılmış ve hata ölçütleri ile tahmin yöntemlerinin uygunlukları belirlenmiştir.

Fens teli için 1997-2007 yılları arasında gerçekleşen aylık talep miktarları çizelge 3.1.de ve şekil 3.1 de grafik olarak verilmiştir.

AYLAR	YILLAR									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
OCAK	384	418	476	508	562	600	655	740	800	905
ŞUBAT	356	411	487	525	567	605	665	740	820	910
MART	280	403	497	532	543	620	665	750	830	915
NİSAN	294	445	453	527	578	627	665	760	845	915
MAYIS	342	432	493	541	561	630	680	765	855	935
HAZİRAN	365	462	478	539	587	640	680	765	855	935
TEMMUZ	378	458	498	551	581	640	690	765	855	940
AĞUSTOS	321	451	503	559	576	650	690	780	855	940
EYLÜL	349	470	510	523	590	650	710	780	885	940
EKİM	389	468	521	543	595	650	715	790	885	970
KASIM	391	475	518	565	585	655	720	800	890	985
ARALIK	407	482	512	572	587	655	740	800	890	990

Çizelge 3.1 Ürüne ait 1997-2006 Yılları Talep Miktarları

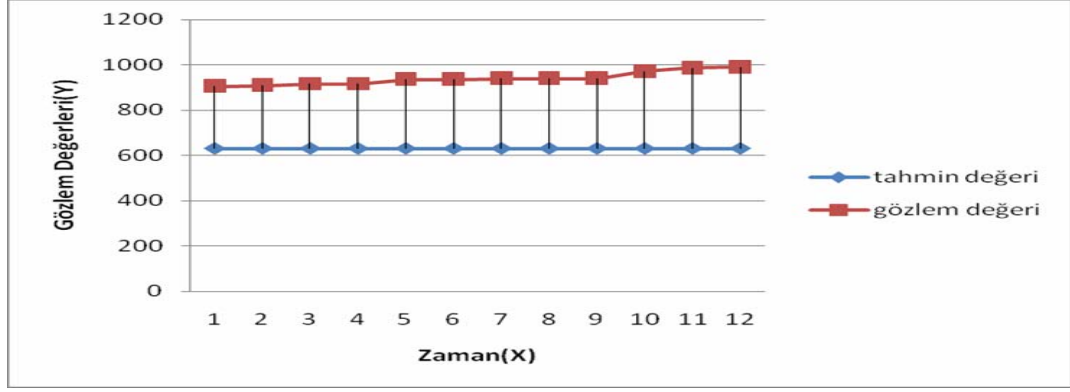


Şekil 3.1 Ürüne ait 1997-2006 Yılları Talep Miktarlarının Grafik Gösterimi

Ürüne ait talep miktarları dikkate alındığında 1997-2001 yılları arasında (1-60 aylar arasında) inişli çıkışlı bir talep varken son dönemlerde talepte düzenli bir artış olduğu görülmektedir. Tahmin hesaplamaları MS-Excel yararlanılarak düzenlenen formüllere veri girişleri yapılarak hesaplanmış ve grafikleri çizilmiştir. Tüm hesaplamalar 120 aylık değerler alınarak yapılmış ancak sunum kolaylığı sağlaması nedeniyle 12 aya ait sonuçlar gösterilmiştir.

Aritmetik Ortalama Yöntemlerinden Basit Hareketli Ortalama Yöntemi kullanılarak ilk tahmin yapılacaktır. Burada eşitlik 2.11 kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Ürüne ait on yıllık taleplerin toplamı 75.651 olarak hesaplanmış bu değerinin dönem sayısı 120' ye bölünmesiyle Basit Hareketli Ortalama 630,425 olarak hesaplanmıştır.

Tahminin tekrar hesaplanması için gelecek dönemdeki talep miktarları toplama ilave edilir ve dönem sayısına bölünür. Hesaplamaya ait grafik gösterimi şekil 3.2 de sunulmuştur.



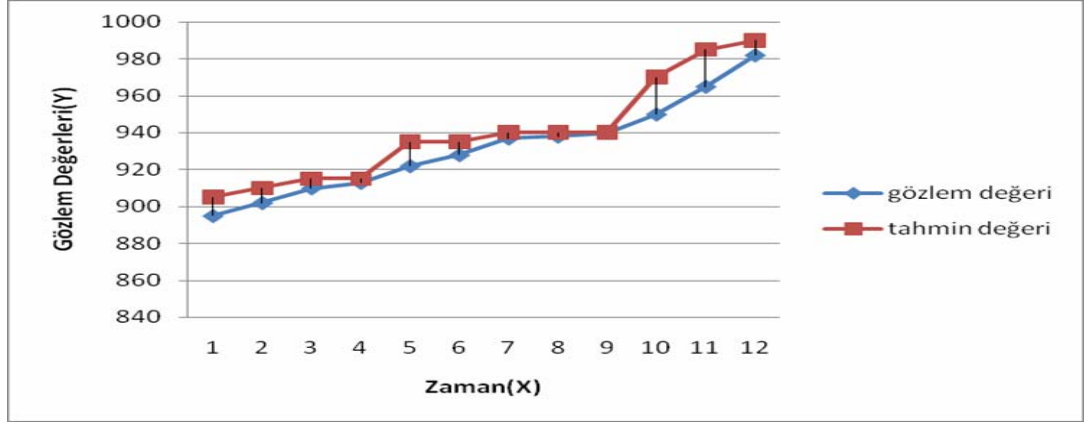
Şekil 3.2 Ürüne Ait Basit Hareketli Ortalama Değerlerinin Grafik Gösterimi

Ürüne ait ikinci tahmin 3 aylık Hareketli Ortalama Yöntemi ile yapılacaktır.

Bu yöntemde eşitlik 2.12 yararlanılmış ve n değeri 3 olarak alınmıştır. Hesaplamalarda son 12 aya ait sonuçlar çizelge 3.2 de grafik gösterimi şekil 3.3 de verilmiştir.

AYLAR	GERÇEK TALEP	HAREKETLİ ORTALAMA	TAHMİN TALEBİ	TAHMİN HATASI
1	905	895	888	17
2	910	902	895	15
3	915	910	902	13
4	915	913	910	5
5	935	922	913	22
6	935	928	922	13
7	940	937	928	12
8	940	938	937	3
9	940	940	938	2
10	970	950	940	30
11	985	965	950	35
12	990	982	965	25

Çizelge 3.2 Ürüne ait 3 Âylık Hareketli Ortalama Sonuçları

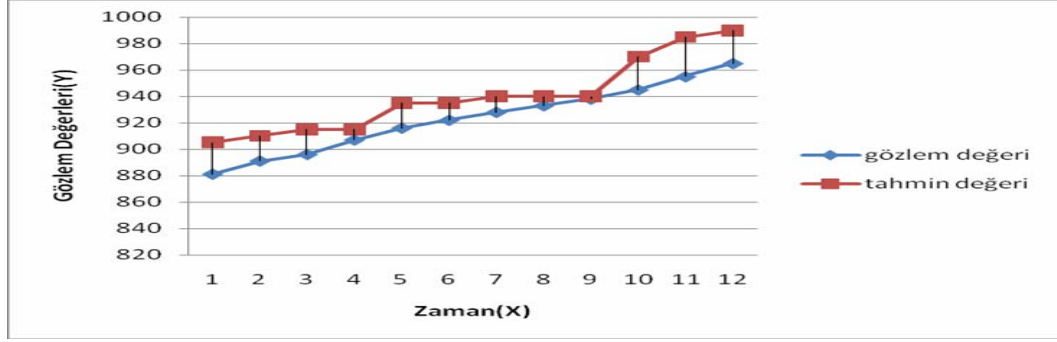


Şekil 3.3 Ürüne ait 3 Aylık Hareketli Ortalama değerlerinin grafik gösterimi

5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi sonuçları aşağıda verilmiştir. Eşitlik 2.12 deki n değeri bu sefer 5 olarak alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalara ilişkin sonuçlar çizelge 3.3 de ve şekil 3.4 de verilmiştir.

AYLAR	GERÇEK TALEP	HAREKETLİ ORTALAMA	TAHMİN TALEBİ	TAHMİN HATASI
1	905	881	874	31
2	910	891	881	29
3	915	896	891	24
4	915	907	896	19
5	935	916	907	38
6	935	922	916	19
7	940	928	922	18
8	940	933	928	12
9	940	938	933	17
10	970	945	938	32
11	985	955	945	40
12	990	965	955	35

Çizelge 3.3 Ürüne ait 5 aylık Hareketli Ortalama Sonuçları

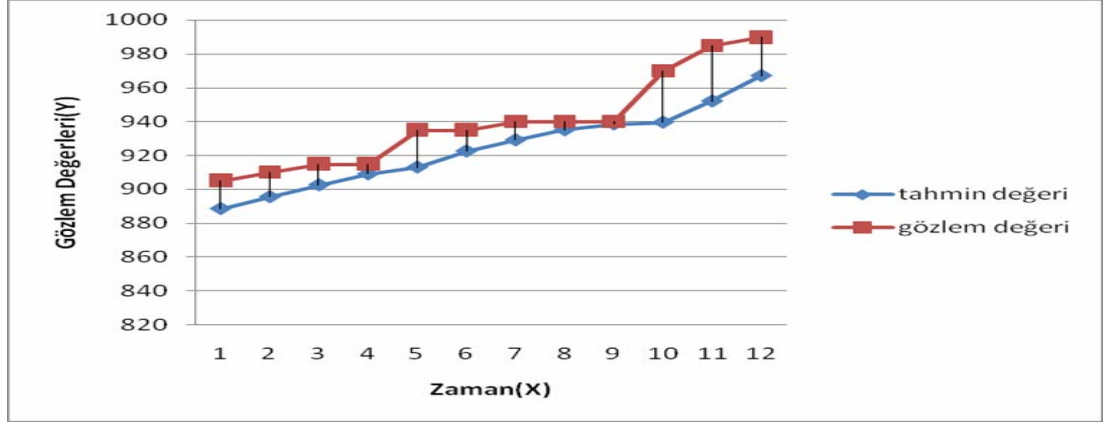


Şekil 3.4 Ürüne ait 5 aylık Hareketli Ortalama Değerlerinin Grafik Gösterimi

Aritmetik Ortalama Yöntemlerinden Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi ile eşitlik 2.13 kullanılarak verilerin tahminleri yapılmıştır ve oniki aya ait değerler çizelge 3.4'de ve şekil 3.5 de verilmiştir. Burada dörderli Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi ile hesaplama yapılmıştır. $n=4$ olarak alınmıştır bunun anlamı Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemine dahil edilen dönem sayısının dört olduğudur. Bundan sonra hesaplamada kullanılacak ağırlık değerleri $w_1=0.4$, $w_2=0.3$, $w_3=0.2$ ve $w_4=0.1$ olarak alınmıştır.

AYLAR	GERÇEK TALEP	AĞIRLIKLI HAREKETLİ ORT.	TAHMİN HATASI
1	905	889	17
2	910	896	14
3	915	903	13
4	915	909	6
5	935	913	23
6	935	923	33
7	940	929	12
8	940	935	6
9	940	939	2
10	970	940	31
11	985	952	32
12	990	967	23

Çizelge 3.4 Ürüne ait Ağırlıklı Hareketli Ortalama Sonuçları



Şekil 3.5 Ürüne ait A. H. O. Değerlerinin Grafik Gösterimi

Aritmetik Ortalama Yöntemlerinden sonra Üstel Düzleştirme Yöntemleri kullanılarak tahmin hesaplanması yapılmıştır. İlk olarak eşitlik 2.17 kullanılarak Basit (Tekli) Üstel Düzleştirme Tekniği ile tahmin yapılmıştır.

Uygulamada eşitlik 2.17'deki düzleştirme sabiti $a=0,2$ olarak alınmıştır. İlk başlangıç değeri Y_0 'nin hesaplanması iki yöntem ile yapılabilmektedir.

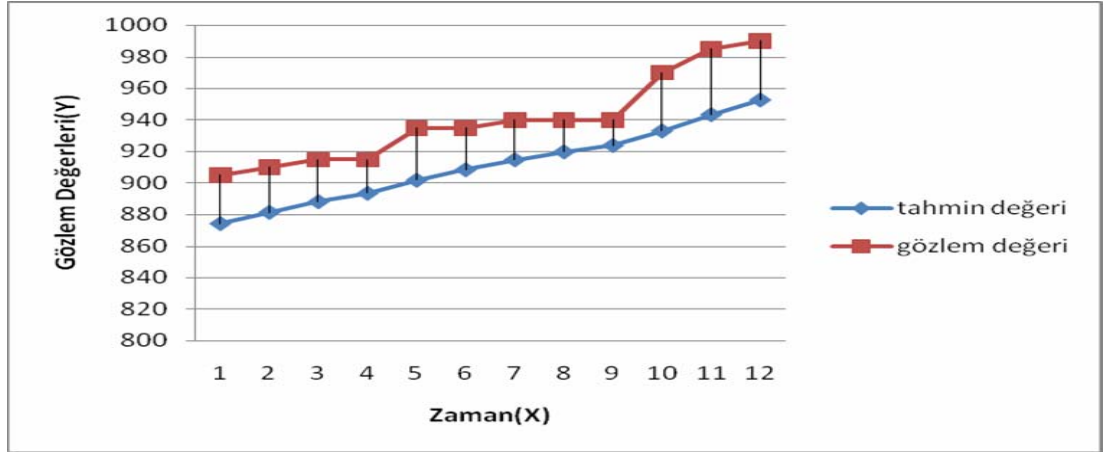
Birinci yöntem geçmişe ait veriler var ise aritmetik ortalama alınarak bulunmasıdır.

İkinci yöntem ise eğer geçmişe ait veriler yok ise geliş güzel bir değer seçilmesidir.

Talep tahmini hesaplanan ürünün geçmişe ait verileri bilindiğinden Y_0 başlangıç değeri aritmetik ortalamayla hesaplanmış olup 630,425 olarak hesaplanmış ancak hesaplamalarda kolaylık sağlaması amacıyla 630 olarak alınmıştır. Yapılan hesaplamalara ilişkin son 12 aya ait değerler çizelge 3.5 ve şekil 3.6 da verilmiştir.

AYLAR	GERÇEK TALEP	BASİT(TEKLİ) ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	TAHMİN TALEBİ	TAHMİN HATASI
1	905	874	867	38
2	910	881	874	36
3	915	888	881	34
4	915	893	888	27
5	935	902	893	47
6	935	908	902	33
7	940	915	908	32
8	940	920	915	25
9	940	924	920	20
10	970	933	924	36
11	985	943	933	52
12	990	953	943	47

Çizelge 3.5 Ürüne ait Basit(Tekli) Üstel Düzleştirme Sonuçları



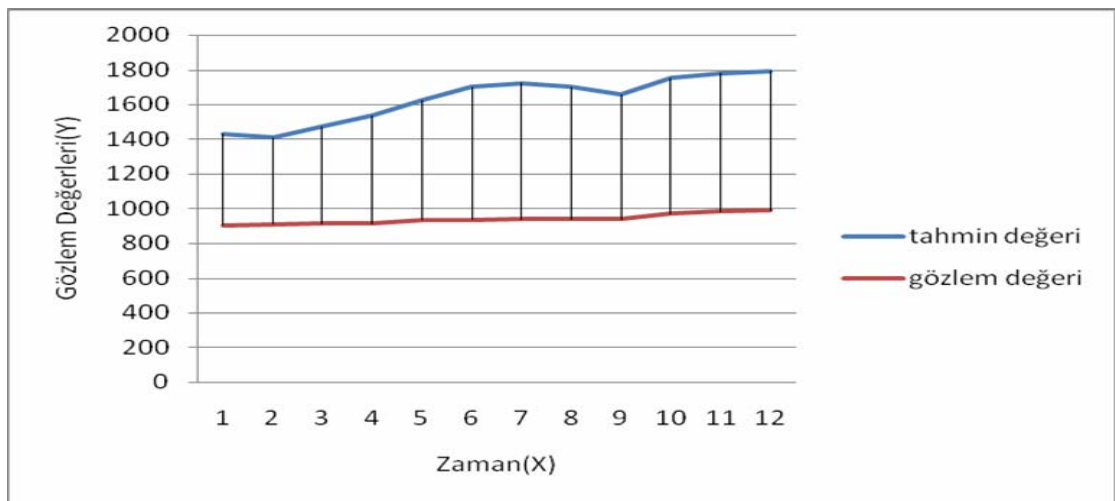
Şekil 3.6 Ürüne ait B. Ü. D. Değerlerinin Grafik Gösterimi.

İkinci aşamada Üstel Düzleştirme Yöntemlerinden Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi ile eşitlik 2.22 kullanılarak talep tahmini yapılmıştır. Bu uygulamada da düzleştirme sabiti olan a değeri 0,2 olarak alınmıştır.

Ayrıca eşitlik 2.18 ve 2.19 de ilk y^1_t ve y^2_t değerleri hesaplanırken bilinmesi mümkün olmayan y^1_{t-1} ve y^2_{t-1} değerleri yerine y_t değeri kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalara ilişkin son 12 aya ait değerler çizelge 3.6 ve şekil 3.7 de verilmiştir.

AYLAR	GERÇEK TALEP	BROWN'UN TEK PARAMETRELİ DOĞRUSAL ÜSTEL DÜZLEŞTİRMESİ	TAHMİN HATASI
1	905	1431	-521
2	910	1410	-521
3	915	1471	-495
4	915	1534	-556
5	935	1624	-599
6	935	1702	-689
7	940	1722	-762
8	940	1702	-782
9	940	1657	-762
10	970	1752	-687
11	985	1781	-767
12	990	1792	-791

Çizelge 3.6 Ürüne ait Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Ü. D. Sonuçları



Şekil 3.7 Ürüne ait Brown'un Tek P. D. Ü. D. Değerlerinin Grafik Gösterimi.

Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi ürün için tahmin hesaplaması yapılan Üstel Düzleştirme Yöntemlerinden son yöntemdir. Tahmin hesaplamalarında eşitlik 2.23, 2.24 ve 2.25 kullanılmıştır.

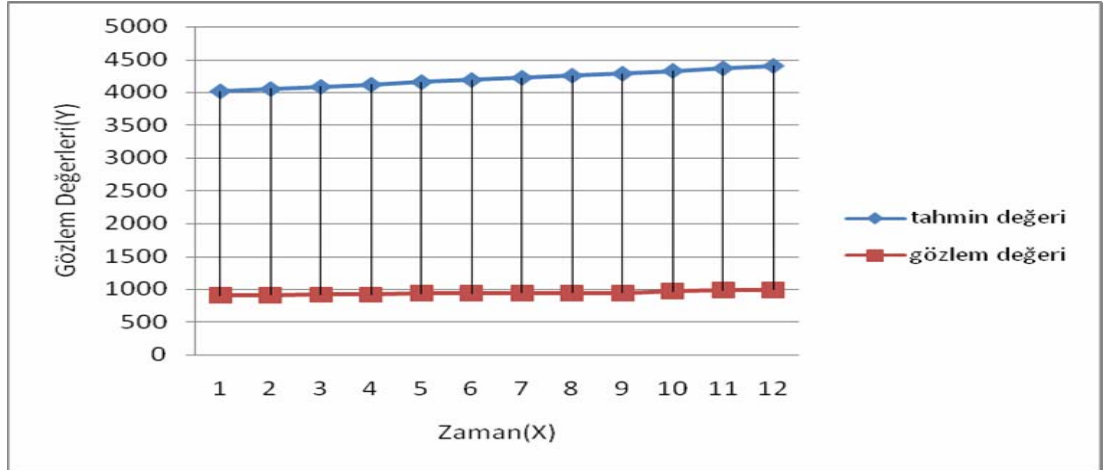
Yapılan hesaplamalara ilişkin son 12 aya ait değerler çizelge 3.7 ve şekil 3.8 de verilmiştir

AYLAR	GERÇEK TALEP	HOLT'UN ÇİFT PARAMETRELİ DOĞRUSAL ÜSTEL DÜZLEŞTİRMESİ	TAHMİN HATASI
1	905	4016	-3111
2	910	4050	-3140
3	915	4084	-3169
4	915	4116	-3201
5	935	4156	-3221
6	935	4188	-3253
7	940	4222	-3282
8	940	4253	-3313
9	940	4284	-3344
10	970	4327	-3357
11	985	4366	-3381
12	990	4402	-3412

Çizelge 3.7. Ürüne ait Holt'un Çift P. D. Ü. Düzleştirme Sonuçları

Bu yöntemle tahminin yapılmasına çalışılırken ilk etapta iki değere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu iki değer ilk trend değeri ile ilk temel değerdir ve belirlenmesinde iki alternatif bulunmaktadır. İlk alternatif ilk gözlem değerini ilk temel değere, ilk trend değerini de ikinci ve ilk gözlem değerleri arasındaki farka eşitlemektir. İkinci alternatif ise en küçük kareler yöntemini kullanarak bu iki değeri belirlemektir. Yapılan çalışmada birinci alternatife göre değerler alınmıştır. Buna göre ilk denklemdeki y_t^1 değeri 384 olarak ilk trend değeri b_t ise 24 olarak hesaplanmıştır.

Eşitlik 2.23 deki a değeri 0,2 eşitlik 2.24 daki β değeri 0.01 olarak alınmıştır. Yapılan hesaplamalara ait son 12 ayın değerleri çizelge 3.7. de ve şekil 3.8 de verilmiştir.



Şekil 3.8. Ürüne Holt'un Ç. P. D. Ü. D. değerlerinin grafik gösterimi

Üstel düzleştirme yöntemlerinden Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme yöntemi ile Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme yöntemine ait tahmin hatalarının çok yüksek olduğu görülmektedir.

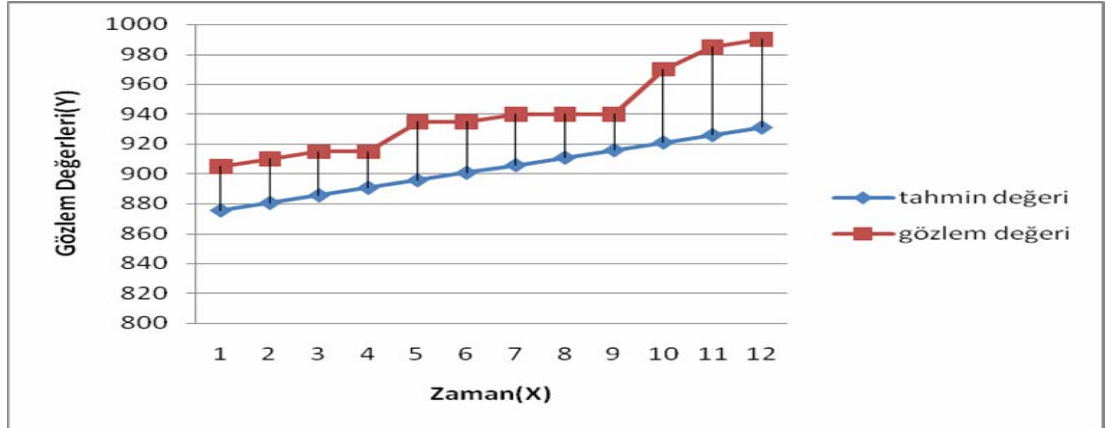
Üstel düzleştirme yöntemlerinden sonra ürüne ait doğrusal fonksiyon kullanılarak yapılan regresyon analizine ait hesaplamalarda eşitlik 2.7 ile a değeri eşitlik 2.8 ile b değeri hesaplanmış ve doğrusal fonksiyon için eşitlik 2.1 kullanılmıştır. Regrosyon analizi ile yapılan hesaplamalar çizelge 3.8 de ve şekil 3.9 da sunulmuştur. Yapılan son 12 aya ait hesaplamada b ve a değerleri;

$$b=5,055$$

$$a= 324,59 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

AYLAR	GERÇEK TALEP	REGRESYON ANALİZİ	TAHMİN HATASI
1	905	876	29
2	910	881	29
3	915	886	29
4	915	891	24
5	935	896	39
6	935	901	34
7	940	906	34
8	940	911	29
9	940	916	24
10	970	921	49
11	985	926	59
12	990	931	59

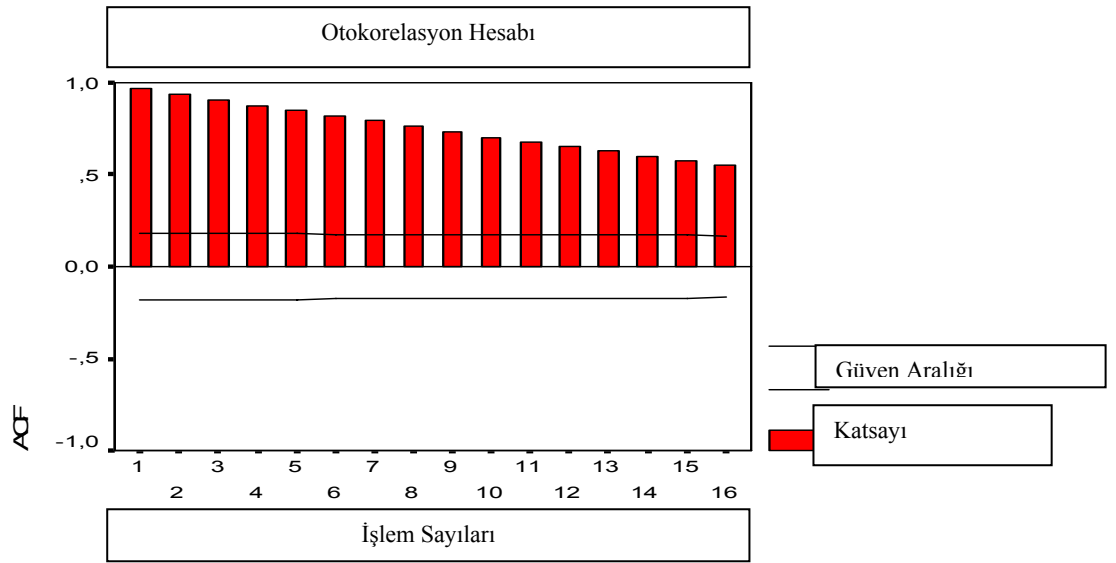
Çizelge 3.8 Ürüne ait Doğrusal Fonksiyonlu Regresyon Analizi sonuçları



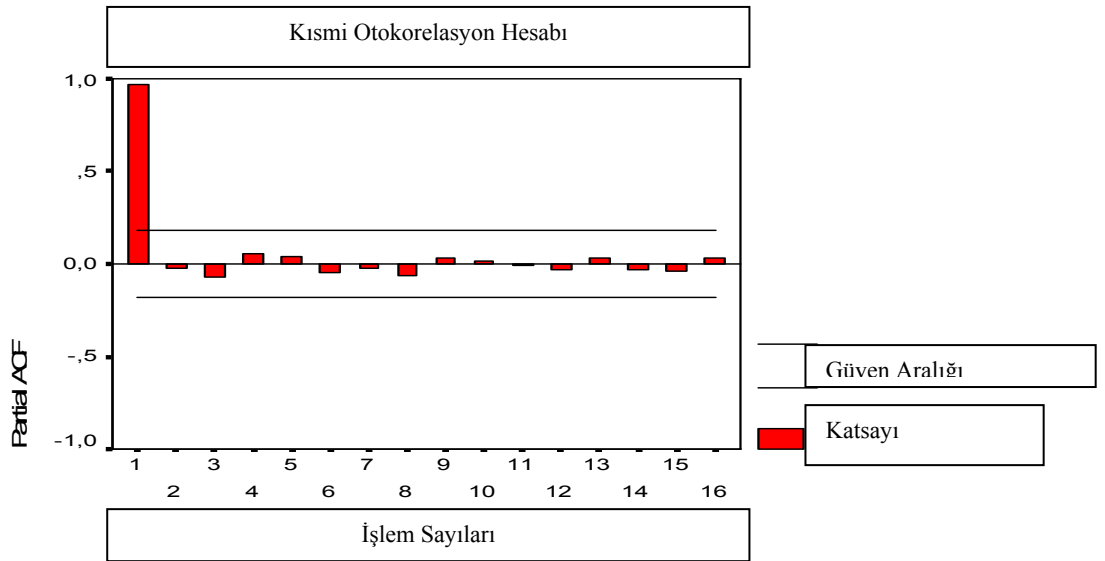
Şekil 3.9 Ürüne ait Doğrusal Fonk. Reg. Analizi sonuçları grafik gösterimi.

Son olarak Box-Jenkins yöntemiyle talep tahmini uygulaması yapılacaktır. Box-Jenkins tekniğinin uygulanmasında öncelikli olarak incelenen ürüne ait sırasıyla genel model sınıfının belirlenmesi, modelin derecesinin belirlenmesi, parametre

tahminleri ile uygunluk testi gerçekleştirilecektir. Modelin belirlenmesinde başvurulacak otokorelasyon analizi ve kısmi otokorelasyon analizi SPSS istatistik programı ile hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamalar sonucunda otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerine göre incelenen serinin durağan olup olmadığına ve uygulanacak modele karar verilecektir. SPSS programı ile yapılan hesaplamalar sonucu otokorelasyon katsayısına ve kısmi otokorelasyon katsayılarına ait şekil 3.10 da rılmıştır.



Şekil 3.10 Ürüne ait Korelasyon Katsayısı Korelogramı.



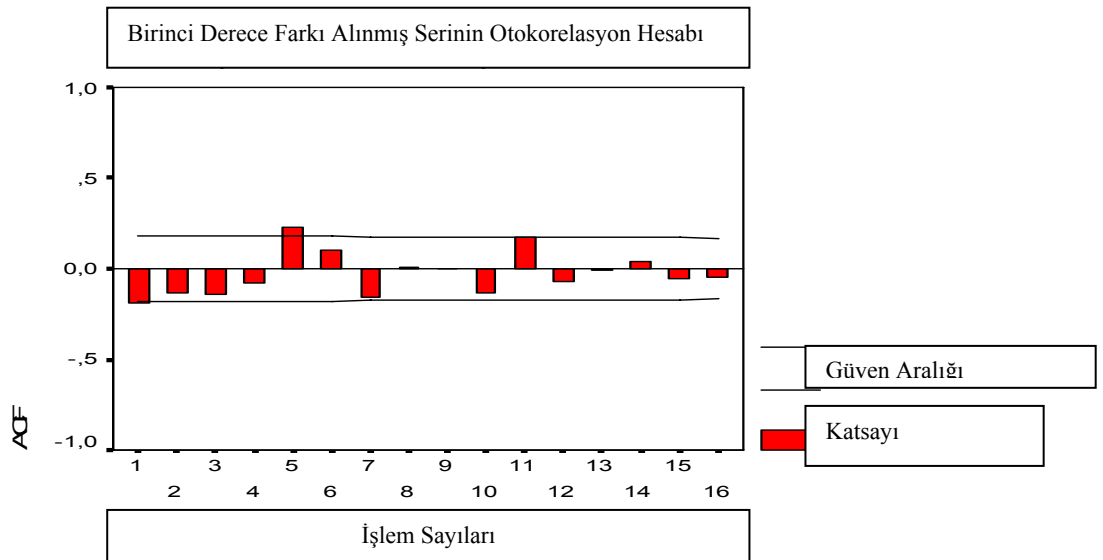
Şekil 3.11 Ürüne ait Kısmi Korelasyon Katsayısı Korelogramı.

İncelenen zaman serisinde eğer otokorelasyon değerleri birkaç geçikmeden sonra sifıra yaklaşırsa zaman serisi durağan olarak kabul edilir. Bunun yanında zaman serisinin belirli geçikmelerden sonra anlamlı olarak sıfırdan farklı değerler aldığı görülüyorsa zaman serisinin durağan olmadığı kabul edilir.

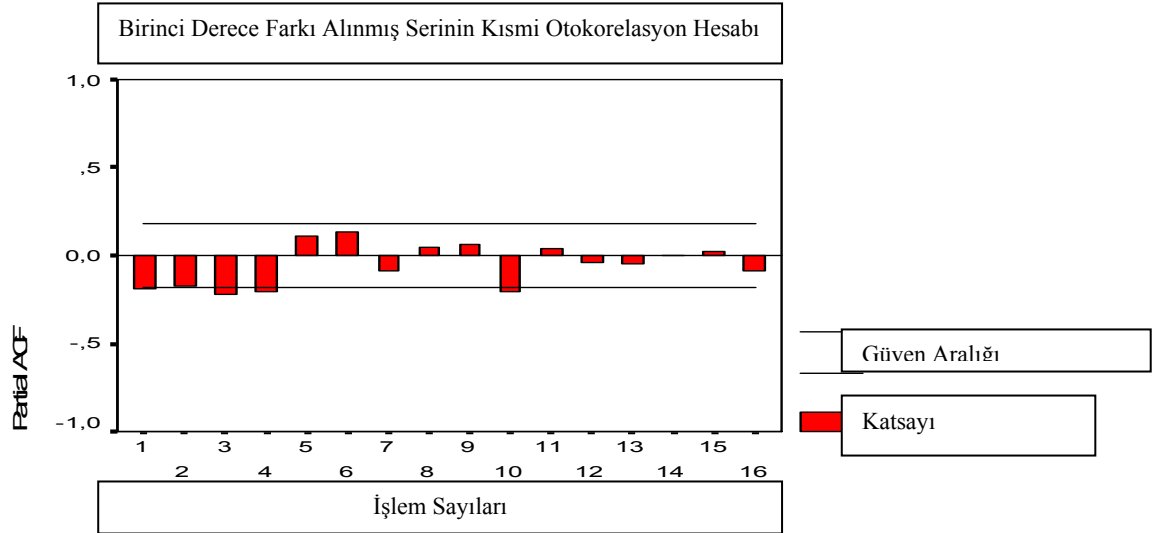
Aynı zamanda serinin hesaplanan değerlerinin %5 anlam seviyesinde $\pm 2S[r(k)] = \pm 2 \cdot 1/120 = \pm 0,1825$ limitleri dışında kaldığından serinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılabilir.

Sonuc olarak hesaplanan otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri incelendiğinde serinin durağan olmadığı görülmektedir. Durağan olmayan bir serinin durağan hale getirilmesi gerektiğinden bunun yapılabilmesi için en yaygın kullanılan yöntem olan birbiri izleyen gözlem değerlerinin farklarının alınması suretiyle durağan hale getirme uygulanmıştır.

Zaman serisinin durağan hale getirilmesi amacıyla yapılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.12 Ürüne ait Birinci Farklar Serisinin Korelasyon Katsayısı Korelogramı.



Şekil 3.13 Ürüne ait Birinci Farklar Serisinin Kısmi Kor. Katsayısı Korelogramı.

Yapılan birinci farklar serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerinin incelenmesi sonucunda zaman serilerinin durağan hale geldiği görülmektedir. Ayrıca hesaplanan değerlerin %5 anlam seviyesinde 0,1825 limitleri içerisinde kaldığıda görülmektedir.

Durağan zaman serilerinin modellenmesinde AR, MA ve ARMA modelleri kullanılmaktadır. Durağan zaman serisinin otokorelasyon değerleri azalarak sıfır değerine yaklaşıyorsa ve p geçikmeden sonra kısmi otokorelasyon değerleri sıfır oluyorsa AR modeli, otokorelasyon değerleri belli bir geçikme değerinden sonra sıfır değerini alıyorsa ve kısmi otokorelasyon değerleri giderek azalan değer alıyorsa MA modeli ve son olarak incelenen zaman serisine ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri beraberce azalıyorsa ARMA modeli uygulanır.

Bu nedene modelin belirlenmesi için kısmi otokorelasyon değerinde hesaplaması da yapılmıştır.

Durağan olmayıp farkı alınarak durağan hale getirilen serilere uygulanan modele durağan olmayan doğrusal stokastik modeller denir. Bunlar belirli sayıda

farkı alınmış serilere uygulanan AR ve MA modellerinin birleşimidirler. AR modelinin derecesi p, MA modelinin derecesi q ve serinin d kez farkı alınmış ise modele (p,d,q) dereceden Doğrusal Durağan Olmayan Stokastik Model“ARIMA(p,d,q) denir.

Tüm bu açıklamalar değerlendirildiğinde model olarak ARIMA modelini seçilmesi kaçınılmazdır.

Bundan sonraki aşamada seçilen modelin mertebesinin belirlenmesi gerekmektedir. Serinin birinci dereceden farkı alındığında durağan hale geldiğinden d değeri 1 olarak alınır, p ve q değerlerine ise otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri ile karar verilir. p değerinin tespiti için kısmi otokorelasyon değerinin sıfırdan farklı ilk p sayısına bakılır ve bu değer 1 dir. q değerinin tespiti için ise otokorelasyon değerini sıfırdan farklı ilk q sayısına bakılır otokorelasyon değerlerinin sıfıra yaklaşması nedeniyle q değeri 0 dır. Böylece modelin mertebesi ARIMA(1,1,0) olarak tespit edilir.

Modelin mertebesine karar verildikten sonra AR ve MA modellerinin parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Parametre değerleri hesaplandıktan sonra bulunan değerler formülde yerine yazılarak tahmin modeli oluşturulur. MA modelinin mertebesi 0 olarak belirlendiğinden parametre tahmini AR modeli için yapılacaktır. AR(1) için; eşitlik 2.64 den faydalanılarak parametre değeri $\phi_1 = r_1$ olduğu görülür. Burada ki r_1 değeri otokorelasyon katsayısının değeridir. Böylece parametre değerinin $\phi_1=0.970$ olduğu bulunur.

Şimdi modelin uygunluğunun test edilmesi gerekmektedir. Uygunluk testi için eşitlik 2.71 de verilen Q istatistiği kullanılacaktır.

Burada dikkat edilecek husus hesaplanması gereken m otokorelasyon sayısının tespitidir. m değerinin çok küçük seçilmesi durumunda yüksek derecelerdeki sıfırdan farklı otokorelasyon değerleri tespit edilememesi, çok büyük alınması durumunda da ilk geçikmelerdeki yüksek otokorelasyon değerlerinin yüksek derecelerde sıfıra yaklaşan otokorelasyonlar nedeniyle gözardı edilmeleridir.

İdeal olan m değerinin örnek büyüklüğünün (n) 1/4 'ünden fazla olmamasıdır.

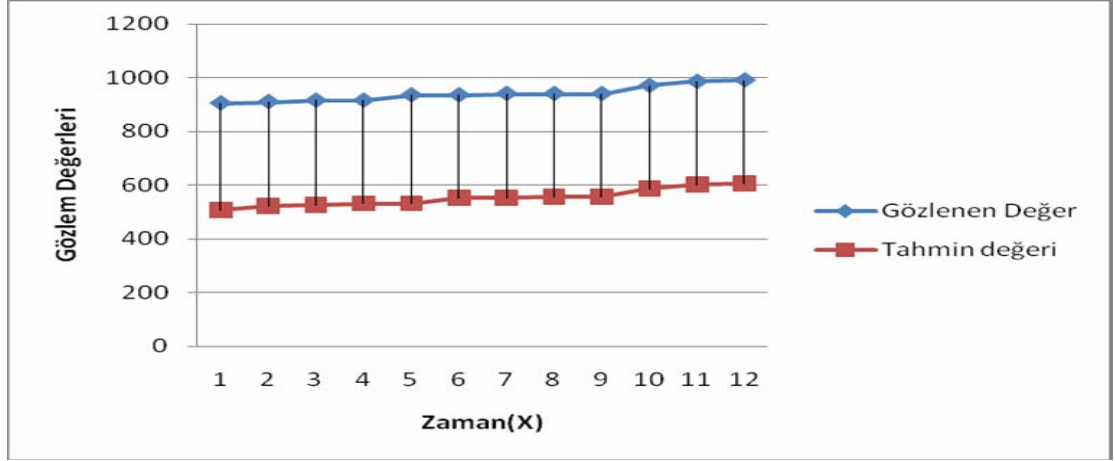
Bu çalışmada m değeri 15 olarak alınmış olup MS-Excel ile yapılan hesaplama sonucunda $Q = 81,13$ bulunmuştur.

Bulunan bu Q değeri serbestlik derecesi $K-p-q = 120-1-1=119$ olan $\chi^2_{0.05,119}=124.3$ değeri ile karşılaştırıldığında $Q < \chi^2$ olduğundan tahmin hatalarının tesadüfi olarak dağıldığı ve modelin fens teli üretimi tahmininde kullanılmasına uygun olduğu %5 anlam seviyesinde kabul edilir.

Ürüne ait tahmin hesabının yapılabilmesi maksadıyla eşitlik (2.62) yararlanılarak yapılan tahmine ilişkin son 12 aya ait veriler çizelge 3.10 ve şekil 3.14 de verilmiştir.

AYLAR	GERÇEK TALEP	ARIMA(1,1,0)	TAHMİN HATASI
1	905	506	-226
2	910	521	-228
3	915	526	-229
4	915	531	-229
5	935	531	-234
6	935	551	-234
7	940	551	-235
8	940	556	-235
9	940	556	-235
10	970	586	-243
11	985	601	-246
12	990	606	-248

Çizelge 3.9. ARIMA(1, 1, 0) Modeli Talep Tahmin Değerleri



Şekil 3.14. Ürüne ait ARIMA Modeli Talep Tahmini Sonuçları Grafik Gösterimi.

Ürüne ait en iyi talep tahmini yönteminin bulunabilmesi maksadıyla MAE (Ortalama Mutlak Hata), MSE (Ortalama Hata Kare) ve MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata) hata ölçütleri hesaplanarak çizelge 3.9 da sunulmuştur.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (3.1)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (3.2)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (3.3)$$

Yukarıda verilen formüllerdeki e_t , t dönemi tahmin hatasını gösterir ve t dönemimdeki gözlem değerinin t dönemimdeki tahmin değerinden farkı alınarak bulunur. Dönem sayısı n ile gösterilir. PE_t , t dönemimdeki yüzde hata olup, t dönemimdeki gözlem değerinin t dönemimdeki tahmin değerinden farkının t dönemimdeki gözlem değerine bölünmesi ile elde edilir ve bölüm değeri yüzde çarpılarak yüzdellik ifade edilir.

TALEP TAHMİNİ YÖNTEMİ	HATA ÖLÇÜSÜ		
	MAE	MSE	MAPE
3 AYLIK H. O.	0	0	0
BASİT H. O.	0.086	0.905	0.014
AĞIRLIKLIL H. O.	0	0	0
BASİT (TEKLİ) ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	0.028	0.098	0,0050
BROWN'UN TEK PARAMETRELİ D. Ü. D.	0.081	0.077	0,0028
HOLT'UN ÇİFT PARAMETRELİ D. Ü. D.	0.83	84.291	0.23
REGRESYON ANALİZİ	0.19	4,79	0.021
BOX-JENKİNS (ARIMA(1,1,0) MODELİ)	3,83	570	0,41

Çizelge 3.10 Hata Ölçütleri

3 aylık hareketli ortalama değerlerinin hata hesaplamaları yapıldığından ve benzer bir talep tahmini olduğundan 5 aylık hareketli ortalamanın hata hesaplamaları değerlendirilmeye alınmamıştır. Ürüne ait son 12 ayın tahmin değerleri verilmiş olup hata hesaplamaları 120 ay için yapılmıştır. Yapılan hata hesaplamalarına göre ürün için en iyi talep tahmini yöntemi 3 Aylık Hareketli Ortalama ve Ağırlıklı Hareketli Ortalamadır. Basit Hareketli Ortalamanın ise Aritmetik Ortalama Yöntemlerinden üçüncü en iyi tahmin yöntemidir. Box-Jenkins modelini MAE ve MSE hata değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Üstel düzleştirme yöntemlerinde, MAE sonucuna göre Basit (Tekli) Üstel Düzleştirme Yöntemi, Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi ve Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi en uygun tahmin yöntemleri olarak sayılır. Regresyon analizi ise MAE değerine göre Box-Jenkins modelinden daha iyi sonuç vermiştir. MAE değerine göre en uygun olmayan yöntem Box-Jenkins modeli olarak görülmektedir.

MSE değerine göre üstel düzleştirme yöntemlerinden en uygun olanları sırasıya Hareketli Ortalama Yöntemlerinden sonra Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal stel Düzleştirme Yöntemi, Basit (Tekli) stel Düzleştirme Yöntemidir. Regresyon Analizi ve Basit Hareketli Ortalamanın, Holt'un ift Parametrelili Doğrusal stel Düzleştirme Yönteminden daha uygun olduğu yine Box-Jenkins modelinin en uygun olmayan yöntem olduğu görülmektedir.

MAPE değerine göre ise izelge 3.10 incelendiğinde üstel düzleştirme yöntemlerinden Holt'un ift Parametrelili Doğrusal stel Düzleştirme yöntemleri hariç diğer yöntemlerin uygun olduğu ayrıca Regresyon Analizinin sonucunun Basit Hareketli Ortalama Yöntemine göre daha iyi olduğu ve son olarak Box-Jenkins modelinin yine en uygun olmayan yöntem olduğu söylenebilir.

Genel olarak ifade edilmesi gerekirse ürüne ait en iyi tahmini verecek yöntemler; MAE değerine göre; 3 Aylık Hareketli Ortalama, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Basit (Tekli) stel Düzleştirme Yöntemi, Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal stel Düzleştirme Yöntemi, Basit Hareketli Ortalama Yöntemi, Regresyon Analizi, Holt'un ift Parametrelili Doğrusal stel Düzleştirme Yöntemi ve Box-Jenkins (Arima(1,1,0) Modeli) dir.

MSE değerine göre; 3 Aylık Hareketli Ortalama, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal stel Düzleştirme Yöntemi, Basit (Tekli) stel Düzleştirme Yöntemi, Basit Hareketli Ortalama Yöntemi, Regresyon Analizi, Holt'un ift Parametrelili Doğrusal stel Düzleştirme Yöntemi ve Box-Jenkins (Arima(1,1,0) Modeli) dir.

MAPE değerine göre de sıralama yapılırsa MSE değerlerinde ortaya çıkan sonucun aynısı ile karşılaşılır.

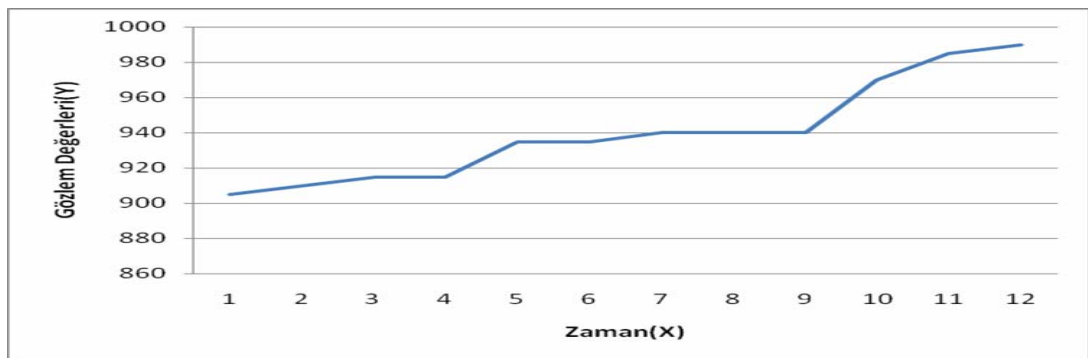
Tahmin hataları değerlerine bakıldığında ise Box-Jenkins (Arima(1,1,0) Modeli), Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi ve Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi en yüksek tahmin hataları değerlerine sahiptirler.

Kullanılan Verilerin Miktarına Göre Tahmin Yöntemlerinin Durumu:

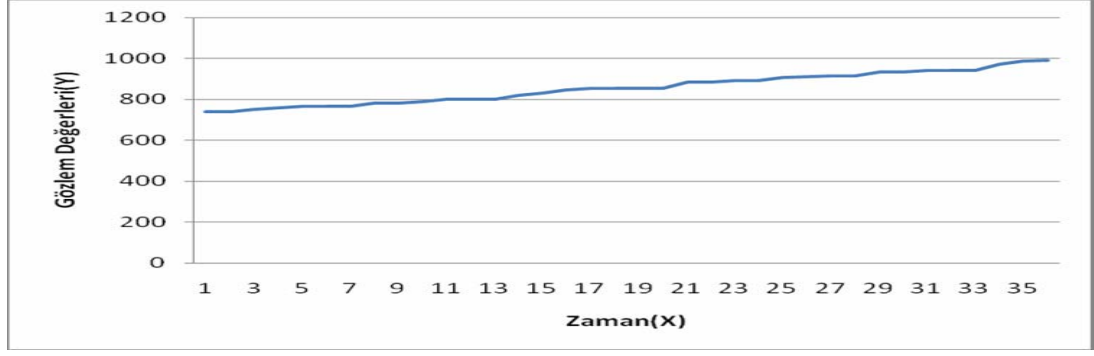
Fens teli üretimi yapan işletmeye ait 120 aylık veriler kullanılarak yapılan talep tahminlerinin hata ölçütlerinin durumu çizelge 3.10 da verilmiş ve hata ölçütlerinin değerlendirilmesi sonucu hangi yöntemin uygun olduğu bölüm 3.1 de anlatılmıştır.

Talep tahmininin de kullanılan verilerin miktarlarında farklı zaman aralıkları kullanılarak talep tahmini hesaplamaları yapıldığında tahmin yöntemlerinden farklı yöntemlerin daha iyi sonuçlar verip vermediği de araştırılmıştır.

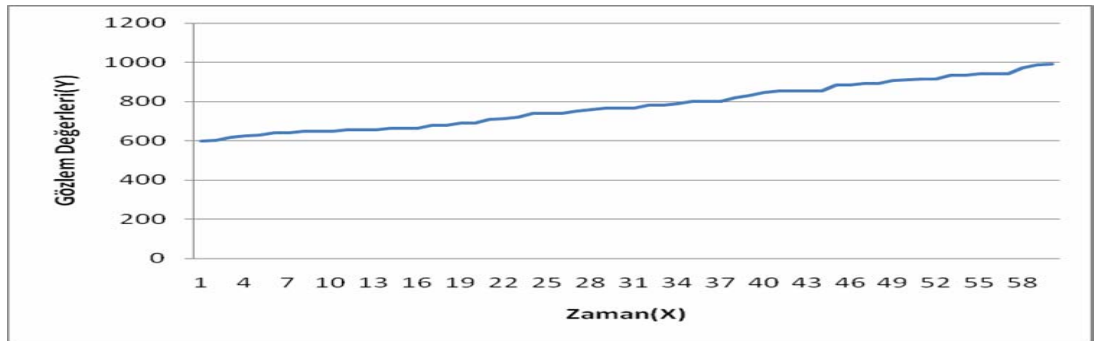
Bu kapsamda işletmeye ait son 1(12 aylık), 3(36 aylık) ve 5(60 aylık) yılın gözlem değerleri şekil 3.15, 3.16 ve 3.17 de verilmiştir. Şekil 3.15, 3.16 ve 3.17 deki veriler kullanılarak hesaplanan tahmin yöntemlerinin hata ölçütleri de çizelge 3.11 de sunulmuştur.



Şekil 3.15. Ürüne ait Son 1 Yıla ait Gözlem Değerleri Gösterimi.



Şekil 3.16. Ürüne ait Son 3 Yıla ait Gözlem Değerleri Gösterimi.



Şekil 3.17. Ürüne ait son 3 yıla ait gözlem değerleri gösterimi.

TAHMİN YÖNTEMLERİ	HATA ÖLÇÜTLERİ								
	1 YILLIK			3 YILLIK			5 YILLIK		
	MAE	MSE	MAPE	MAE	MSE	MAPE	MAE	MSE	MAPE
3 AYLIK H.O.	0,01	0,02	0	0	0	0	0	0	0
AĞIRLIKLIL H.O.	0,05	0,01	0	0,1	0,01	0	0,01	0,01	0
BASİT H.O.	2,28	628,26	0,25	0,91	100,05	0,13	0,08	0	0
BASİT (TEKLİ) Ü.D.Y.	0,13	2,17	0	0,13	2,17	0,86	0,08	0,93	0
BOX-JENKİNS MODELİ	23,3	218,6	0,02	7,6	2,114	0	3,08	570	0,41
BROWN'UN TEK P. Ü.D.Y.	4,16	2082,89	0	0,3	25,12	0,02	0,3	25,12	0
HOLT'UN ÇİFT P. Ü.D.Y.	25,92	80656,52	0,02	21,84	57241,5	0	15,3	28126	0,02
REGRESYON ANALİZİ	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 3.11 Son 1, 3 ve 5 Yıllık Verilere ait Hata Ölçütleri

Yapılan hesaplamalar neticesinde son 1 yılın değerleri incelendiğinde, yöntemlerin uygunluk sıralaması, hareketli ortalama yöntemleri, regresyon analizi, üstel düzleştirme yöntemleri ve son olarakta Box-Jenkins modeli olarak sıralanabilir.

Son 3 yılın ve 5 yılın değerleride incelendiğinde yukarıda yapılan sıralamada değişiklik olmadığı sadece 3 yıllık verilerin MAPE değerlerine göre Box-Jenkins modelinin en iyi sonucu veren yöntemlerden biri olduğu görölmektedir.

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Fens teli üretimi yapan firmaların küçük pazarlama alanlarına sahip olduğu düşünülmektedir. Ancak ortaya çıkan emniyet ve güvenlik ihtiyaçları doğrultusunda ülkemizde ve dünyada gelecekte daha çok pazar alanına sahip olacaktır. Fens teli özellikle fiziki güvenlik kapsamında kışlaların ve devlete ait kurumların emniyetlerinin alınmasında, özel mülkiyet alanlarının birbirinden ayrılmasında ve inşa edilen ve edilmekte olan sitelerin, tesislerin birbirinden fiziki sınırlarının ayrılmasında ve benzeri bir çok alanda kullanılmaktadır. Bu durum da fens teli üretimi yapan firmaların pazarlama sahalarını genişletmekte ve rekabet ortamını da arttırmaktadır.

Bu çalışmada fens teli imalatı yapan işletmenin geleceğe yönelik daha gerçekçi planlamasının oluşturulabilmesi amacıyla üretim planlamanın birinci basamağı olan talep tahmini çalışması yapılmış ve işletmeye ait 1997-2006 dönemine ait veriler kullanılarak en uygun talep tahmininin bulunması amaçlanmıştır. Şimdiye kadar talep tahmini çalışması yapılmamış olan işletmemizde yapılan bu çalışma neticesinde işletmenin gelecekte alacağı kararları daha sağlıklı ve isabetli olacağı düşünülmektedir. Talep tahmini sonucunda ne kadar üretim üretileceği belirlenecek ve bunun sonucunda depolama maliyeti, zaman ve işgücü gibi kısıtlarla daha iyi mücadele edilebilecektir.

Zaman serilerini oluşturan gözlem değerleri yıllık, aylık, haftalık ve günlük olarak tespit edilebilir. Ancak ortalama bir zaman birimi olma özelliğinden dolayı, aylık gözlem değerlerini içeren zaman serileri ile çalışılma yapılmıştır.

Yapılan çalışma da öncelikle talep tahmini ile ilgili bilgiler verilmiş ve talep tahminini oluşturan ve etkileyen unsurlar ile zaman serileri, tahmin yöntemleri ve Box-Jenkins modelinden bahsedilmiştir. Araştırma ve Bulgular bölümünde ürüne ait 120 aylık periyodu içeren veriler alınarak MS-Excel programı ile; Basit Hareketli Ortalama Yöntemi, 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi, 5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Basit (tekli) Üstel Düzleştirme Tekniği, Brown'un Tek Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi, Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzleştirme Yöntemi, Regresyon Analizi, ve SPSS istatistik programı kullanılarak Box-Jenkins tahmin yöntemi ile talep tahmini yapılmış elde edilen değerler çizelge ve grafikler halinde sunulmuştur.

Talep tahmini yapılmasında kullanılan verilerin miktarlarına göre yöntemlerin durumu da incelenmiş ve yöntemlere ait MAE (Ortalama Mutlak Hata), MSE (Ortalama Hata Kare) ve MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata) hata ölçütleri hesaplanmıştır. Tahmine ait hata ölçütleri hesaplamaları da MS-Excel programı kullanılarak yapılmış ve hata ölçütleri çizelge 3.11 de verilmiştir.

Talep tahmini yöntemlerinden Box-Jenkins modelinin uygulanmasında uygulayıcının sezgileri önemlidir. Özellikle incelenen seriye ait geçiçi modelin ve derecesini belirlenmesinde sayısal bir yöntem yoktur. Sayısal bir yöntem olmadığından genellikle incelenen seriye ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri ile bu değerlerden oluşan grafikler incelenerek model ve modelin derecesi belirlenmektedir. Bunun yanında incelenen serinin durağan olup olmadığı belirlendikten sonra seri durağan hale getirilmektedir.

Çalışmada incelenen zaman serisinin durağan olmadığı tespit edildiğinden durağan hale getirilmiş ve durağan hale getirilen seride ARIMA modeli uygulanmıştır.

Box-Jenkins modeli haricinde çalışmada uygulanan diğer tahmin yöntemleri belirli bir matematiksel formüle sahip olduklarından uygulamacı tecrübe ve deneyimlerini kullanmaya ihtiyaç duymamaktadır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda Aritmetik Ortalama Yöntemlerinin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği yapılan tahmin sonucu ulaşılan değerlerin mevcut gözlem değerleri ile fazla tahmin hatası vermedikleri gözlemlenmiştir. Üstel Düzleştirme Yönteminin, Regresyon Analizinden, Regresyon Analizinin de Box-Jenkins Modelinden (ARIMA(1,1,0)) daha iyi tahmin sonuçları verdiği görülmüştür.

Son 1 ,3 ve 5 yılın hata ölçütleri değerlendirildiğinde trend artışının stabil olduğu durumda Aritmetik Ortalama Yöntemlerinden 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi ile Regresyon Analizinin iyi sonuçlar verdiği, Box- Jenkins modelinin ise sadece 3 yıllık gözlem değerleri alındığında iyi sonuç vermesi diğer zamanlarda farklı sonuçlar vermesinin nedeni incelenen zaman serilerine göre uygulanacak Box-Jenkins modelinin değişmesidir.

Box-Jenkins modelinin uygulanmasında aynı ürüne ait farklı zaman serilerine ile uygulama yapıldığında yöntemin farklı sonuçlar verdiği bunun nedeninin incelenen zaman serisinin farklı zaman aralıklarında farklı davranışlar sergilemesinden kaynaklandığı (ilk 2 yıllık zaman serisine ait verilerin sürekli artan bir eğilimi var iken ilk 6 yıla ait verilerde inişli çıkışlı bir eğilimin bulunması v.b.durumlarda) düşünülmektedir. Çünkü zaman serilerine ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerinin hesaplanmasında incelenen zaman serisinin

davranışı önemlidir. Hesaplanan otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerine göre Box-Jenkins yönteminin hangi modelinin kaçınıcı mertebeden uygulanacağı ve modelin parametre değerinin ne olacağını belirlemede kullanılmaktadır. Box-Jenkins modeline ait bu durumun bir tez konusu olarak incelenebileceği düşünülmektedir.

Sonuc olarak yapılan çalışma neticesinde fens teli imalatı yapan işletmeye Aritmetik Ortalama Yöntemlerinden 3 Aylık Hareketli Ortalama ile Ağırlıklı Hareketli Ortalamanın uygulanması sonucu işletmenin; üretim planını yaparak stok maliyetini, çalışan personel sayısının tespit edilmesi ile işgücü maliyetini azaltacağı, üretim hattına ilave yapıp yapılamayacağına karar vererek yatırım maliyetlerini ve işletme ile ilgili diğer planlamaları daha gerçekçi yapabileceği dolayısıyla kârını arttırabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

1. O. Türksay, İktisat Teorisine Giriş, İmaj Yayıncılık, Ankara, 1995.
2. G. Çağıl, Mevsimsellik Olmayan Box-Jenkins Modellerinde İki Aşamalı Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması ve Bir Uygulama. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 1997.
3. R. Fildes, R. Hastings, “The Organization and Improvement of Market Forecasting”, Journal of the Operational Research Society, **45**, 1(1994).
4. R. M. Kirby, “A Comparison of Short and Medium Range Statistical Forecasting Methods”, Management Science, **13**, 4(1966).
5. L. J. Marchant, D. J. Hockley, “A Comparison of Two Forecasting Techniques”, The Statistician, **20**, 3(1971).
6. S. Bhattacharya, A Comparative Study of Different Methods of Predicting Time Series. Yüksek Lisans Tezi. Concordia University, Canada, 1997.
7. R. S. Winer,” An Analysis of the Time-Varying Effects of Advertising: The Case of Lydia Pinkham”, Journal of Business, **52**, 4(1979).
8. R. L. Carlson, M. M. Umble,” Statistical Demand Functions for Automobiles and Their Use for Forecasting in an Energy Crisis”, The Journal of Business, **53**, 2(1980).
9. M. A. K. Malik, M. I. Ahmad,” Forecasting Demand for Food in Libya- Using Confidence Limits”, Long Range Planning, **14**, 59(1981).
10. R. D. Kamenetzky, L. J. Shuman, H. Wolfe,” Estimating Need and Demand for Prehospital Care”, Operations Research, **30**, 6(1982).

11. W. R. Huss,” Comparative Analysis of Company Forecasts and Advanced Time Series Techniques Using Annual Electric Utility Energy Sales Data”, *International Journal of Forecasting*, **1**, 3(1985).
12. J. R. Baker, K. E. Fitzpatrick,” Determination of an Optimal Forecast Model for Ambulance Demand Using Goal Programming”, *Journal of Operational Research Society*, **37**, 11(1986).
13. C. R. Schultz,” Forecasting and Inventory Control for Sporadic Demand under Periodic Review”, *The Journal of The Operational Research Society*, **38**, 5(1987).
14. B. Sanı, B. G. Kingsman,” Selecting the Best Periodic Inventory Control and Demand Forecasting Methods for Low Demand Items”, *The Journal of Operational Research Society*, **48**, 7(1997).
15. E. Gavcar, S. Şen, A. Aytekin,”Türkiye’de Kullanılan Kağıt-Karton Türlerinin Talep Tahminlerinin Belirlenmesi”, *Tr. Journal of Agriculture and Forestry*”, *TÜBİTAK*, **23**, 203(1999).
16. M. P. Businger, R. R. Read,” Identification of Demand Patterns for Selective Processing: A Case Study, *Omega*”, *International Journal of Management Science*, **27**, 2(1999).
17. R. Law, A. U. Norman, “A Neural Network Model to Forecast Japanese Demand for Travel to Hong Kong”, *Tourism Management*, **20**, 1(1999).
18. I. Alon, Q. I. Min, R. Sadowski,” Forecasting Aggregate Retail Sales: A Comparison of Artificial Neural Networks and Traditional Methods” *Journal of Retailing and Consumer Services*, **8**, 3(2001).

19. C. J. S. C. Burger, M. Dohnal, M. Kathrada, R. Law,” A Practitioners Guide to Time-Series Methods for Tourism Demand Forecasting – A Case Study of Durban, South Africa”, *Tourism Management*, **22**,4(2001).
20. S. L. ZhoumcMahon, T. A. Walton, A. Lewis, “ Forecasting perational Demand for an Urban Water Supply Zone”, *Journal of Hydrology*, **259**, 1(2002).
21. C. Chu, G. P. Zhang, A Comparative Study of Linear and Nonlinear Models for Aggregate Retail Sales Forecasting”, *International Journal of Production Economics*, **86**, 3(2003).
22. T. R.Willemain, C. N. Smart, H. F. Schwarz,” A New Approach to Forecasting Intermittent Demand for Service Parts Inventories”, *International Journal of Forecasting*, **20**, 3(2004).
23. Giulio ZOTTERI, Matteo KALCHSCHMIDT, Federico CANIATO, The Impact of Aggregation Level on Forecasting Performance, *International Journal of Production Economics*, 94 (2005).
24. Türk Dil Kurumu Sözlüğü, 2006
25. N. Acar, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, MPM Yayınları, Ankara, 1998.
26. V. Köseoğlu, İşletmelerde Talep Tahminlemesinin Önemi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2007.
27. E. Özsoy, Talep Tahminine Dayalı Müşteri Odaklı Üretim Planının Oluşturulması ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2006.

28. R. Taykut, İşletmelerde Üretim Planlaması ve Kontrolü, İ.Ü. İşletme Fakültesi yayımları,1982.
29. A. Özdemir, A. Özdemir, Talep Tahminlemede Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması : Seramik Ürün Grubu Firma Uygulaması, Dokuz Eylül Üniversitesi. 2006.
30. M. Cuhadar, Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama), Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2006.
31. Ş. Bulut, Orta Ölçekli Bir İşletmede Talep Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2006.
32. J. Heizer, R. Barry, Operations Management, Practice Hall, New Jersey, 2001.
33. E. Erdoğan, Zaman Serilerinde Arıma Modelleri, Yüksek Lisans Tezi. Muğla Üniversitesi, Muğla, 2006.
34. H. Demir, Ş. Gümüšoğlu, Üretim/İşlemler Yönetimi, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş. ,İstanbul, 1994.
35. A. B. Köksal, İstatistiksel Analiz Metotları, Çağlayan Kitapevi, İstanbul, 1985.
36. S. Özmucur, Geleceği Tahmin Yöntemleri, İstanbul Sanayi Odası Araştırma Dergisi, 2,(1990).
37. J. E. Hanke, A. G. Reitsch, Business Forecasting, Allyn and Bacon, Boston, 1992.

38. N. Orhunbilge, Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat Endeksleri, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1999.
39. S. Makridakis, S. C. Wheelwright, R. H. Hyndman, Forecasting: Methods and Application, John Wiley and Sons Inc., New York, 1998.
40. D. B. Subaşı, Enflasyonun Arıma Modelleri İle Tahminlemesi:1994-2005 Türkiye Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2005.
41. J. G. D. Gooijer, R. J. Hyndman , 25 years of time series forecasting, International Journal of Forecasting, **22**, 446(2006).
42. R. Sandy, Statistics for Business and Economics, Mc-Graw-Hill C. USA, 1990.
43. E. L. Homaker, C. V. Dolan, P. C. M. Molenaar, “On The Nature of SEM Estimates of ARMA Parameters”, Lawrence Erlbaum Associates, Inc. **3**, 347(2002).
44. K. L. Lo ,Y. K. Wu, “Risk Assessment Due to Local Demand Forecast Uncertainty in The Competitive Supply Industry”, IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., **150**, 5(2003).
45. K. Kumar, A. K. Yadav, M. P. Singh, H. Hassan, V. K. Jain, Forecasting Daily Maximum Surface Ozone Concentrations in Brunei Darussalam—An ARIMA Modeling Approach, J. Air & Waste Manage. Assoc. **54**, 809(2004)
46. I.AKGÜL,Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri,Der Yayınları,İstanbul,2003.

47. Ö. Akmut, R. Aktaş, H. S. Binay, Öngörü Teknikleri ve Finans Uygulamaları, Siyasal Kitapevi, Ankara, 1999.
48. C. L. JAİN, Benchmarking New Product Forecasting, The Journal of Business Forecasting, Fall, 27 (2003).
49. J. Burruss, D. Kuettner, Forecasting for Short-Lived Products: Hewlett-Packard's Journey, The Journal of Business Forecasting, Winter, 9(2002).
50. B. Alilter, Forecasting For Inventory Control And An Application, Thesis For The Degree Of Master Of Science In Industrial Engineering Programme. Marmara University , İstanbul, 2005.