

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORTA ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE**  
**TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI**

**ŞÜKRÜ BULUT**

**AĞUSTOS 2006**

Fen Bilimleri Enstitüsünce Yüksek Lisans Tezi Olarak Uygun Bulunmuştur.

Prof. Dr. M. Yakup ARICA

---

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. O. Bilal TOKLU

---

Anabilim dalı başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

---

Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

.....

Prof. Dr. O. Bilal TOKLU

.....

Yrd. Doç. Dr. Mustafa YÜZÜKIRMIZI

.....

## ÖZET

### ORTA ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI

BULUT, Şükrü

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

Ağustos 2006, 116 sayfa

Talep tahmini, tüketicilerin gelecekte ne miktar ürün veya hizmet talep edeceklerinin ve bu taleplerin hangi zamanlarda gerçekleşeceğinin kestirilmesi işlevidir. Talep tahmin yöntemlerinde genellikle geçmiş dönemlerdeki talepler üzerinde yapılan çeşitli analizler kullanılmaktadır. Bunun yanında talebi etkileyecek diğer faktörlerdeki değişmelerin, talebi ne yönde ve ne kadar etkileyeceğinin tespitinde istatistiksel analizlerden yararlanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, çeşitli talep tahmin yöntemleri incelenmiş, incelenen bu yöntemler, orta ölçekli bir işletme olan Kırıkkale Kırmaksan A.Ş.'den elde edilen altı çeşit ürüne ait sekiz yıllık talep verilerine uygulanmış ve her bir ürün çeşidi için en uygun talep tahmin yönteminin tespit edilmesine çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Talep Tahmin, Zaman Serileri Analizi, Üretim, Planlama.

## ABSTRACT

### DEMAND FORECAST METHODS AND THE APPLICATION IN A MEDIUM SIZED ENTERPRISE

BULUT, Şükrü

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Burak BİRGÖREN

August 2006, 116 pages

Demand forecast is the process of estimating the amount of a product or service that a customer will demand in the future, and the timing of the demand. Demand forecast is performed by several different analysis methods that make use of historical demand data. Moreover, statistical analysis methods are used to estimate how much and in what direction, factors, apart from time, affect demand.

In this thesis study, various methods of demand forecast have been examined, these methods have been applied to the demand data belonging to an eight year period for six different products produced by a medium sized enterprise, Kırıkkale Kırmaksan A.Ş. These methods have been compared and the most suitable demand forecast method for each product type have been determined.

**Key Words:** Demand Forecast, Time Series Analysis, Production, Planning.

## TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlamam esnasında bana yardımcı olan, yol ve yöntem gösteren, engin bilgi birikimi ile bana her konuda yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Burak BİRGÖREN'e teşekkür ederim.

Tez konumu bana öneren, çalıőmamda ve kaynak temininde yardımlarını esirgemeyen sayın Yrd. Doç. Dr. Osman Őadi ÖZKUL'a, her türlü desteklerinden ve fedakârlıklarından dolayı aileme ve beni yalnız bırakmayan Firuze, Yusuf ve Özlem'e teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Literatür Araştırması .....	2
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM .....	6
2.1. Talep ve Talep Tahmini .....	6
2.2. Talep Tahminlerinin Üretim Planlamadaki Önemi.....	7
2.3. Talep Tahmininin Önemi .....	8
2.3.1. Yatırım Projesi Hazırlanmasındaki Önemi .....	8
2.3.2. Pazar Araştırmasında Önemi .....	10
2.4. Tahmin Çeşitleri.....	11
2.4.1. Kısa Vadeli Tahminler .....	11
2.4.2. Orta Vadeli Tahminler .....	11
2.4.3. Uzun Vadeli Tahminler.....	11
2.5. Talep Tahmin İlkeleri.....	11
2.6. Tahmin Sürecinin Aşamaları .....	13
2.6.1. Bilgi Toplanması.....	13
2.6.2. Talep Tahmin Döneminin Tespiti .....	13

2.6.3. Tahmin Yönteminin Secimi ve Hata Hesabının Yapılması .....	13
2.6.4. Tahmin Sonuçlarının Geçerliğinin Araştırılması .....	13
2.7. Tahmin Yöntemleri .....	14
2.7.1. Sayısal Olmayan Tahmin Yöntemleri .....	15
2.7.1.1. Satış Gücü Grupları Yöntemi .....	15
2.7.1.2. Yönetici Görüşleri Yöntemi .....	15
2.7.1.3. Satış Elemanları ve Ürün Hattı Yöneticileri .....	15
2.7.1.4. Delphi Yöntemi .....	16
2.7.1.5. Nominal Grup Yöntemi .....	17
2.7.1.6. Pazar Araştırması Yöntemi .....	18
2.7.1.7. Tarihi Analog Yöntemi .....	18
2.7.2. Sayısal Tahmin Yöntemleri .....	18
2.8. Zaman Serileri ve Zaman Serilerinin Tahmin Teorisi İçindeki Yeri .....	19
2.9. Zaman Serileri Analizi .....	20
2.10. Zaman Serisi Çeşitleri .....	21
2.10.1. Ekonomik Zaman Serileri .....	21
2.10.2. Fiziksel Zaman Serileri .....	22
2.10.3. İşletme Zaman Serileri .....	22
2.10.4. Demografik Zaman Serileri .....	22
2.10.5. Süreç Kontrol Serileri .....	22
2.10.6. İkili Süreç Serileri .....	23
2.10.7. Nokta Süreç Serileri .....	23
2.11. Zaman Serilerinin Elemanları .....	25
2.12. Zaman Serisi Kalıpları .....	26
2.12.1. Rassal Zaman Serisi Kalıpları .....	28

2.12.2. Trend Yapan Zaman Serisi Kalıpları .....	30
2.12.3. Mevsimsel Zaman Serisi Kalıpları.....	32
2.12.4. Konjonktürel Zaman Serisi Kalıpları.....	35
2.12.5. Otokorelasyonlu Zaman Serisi Kalıpları.....	36
2.12.6. Sapan Değerli Zaman Serisi Kalıpları.....	37
2.13. Zaman Serisi Analizi Aşamaları .....	39
2.14. Zaman Serileri Analizi Yöntemleri.....	40
2.14.1. Naive Yöntemi .....	41
2.14.2. Ortalama Yöntemleri.....	42
2.14.2.1. Basit Ortalama Yöntemi.....	42
2.14.2.2. Hareketli Ortalama Yöntemi .....	43
2.14.2.3. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi .....	45
2.14.3. Üssel Düzeltme Yöntemleri .....	46
2.14.3.1. Tek Üssel Düzeltme Yöntemi .....	46
2.14.3.2. Holt'un Doğrusal Yöntemi.....	48
2.14.3.3. Holt-Winters Yöntemi.....	51
2.14.3.3.1. Çarpımlı Dönemsellik .....	52
2.14.3.3.2. Toplamlı Dönemsellik.....	54
2.14.3.4. Pegel'in Sınıflandırması.....	54
2.14.4. Trend analiz.....	56
2.14.4.1. Elle Çizme Yöntemi .....	58
2.14.4.2. Yarım Ortalama Yöntemi.....	59
2.14.4.3. En Küçük Kareler (Regresyon) Yöntemi.....	60
2.14.4.3.1. Tahminin Standart Hatası.....	65
2.14.4.3.2. Determinasyon ve Korelasyon .....	66



2.14.4.3.3. En Küçük Kareler Yöntemi'nin Fayda ve Sakıncaları.....	68
2.15. Tahmin Hataları .....	69
2.15.1. Tahmin Hataları İçin Standart İstatistiksel Ölçüler.....	69
2.15.2. Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	72
2.15.2.1. Naive Forecast Yöntemi.....	72
2.15.2.2. Theil'in U İstatistiği .....	73
2.16. İzleme Sinyali.....	75
3. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	77
3.1. Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması.....	77
4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	101
KAYNAKLAR .....	104
EK-1 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI .....	109
EK-2 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	109
EK-3 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI.....	110
EK-4 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI .....	110
EK-5 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	111
EK-6 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI.....	111
EK-7 ÜRÜN 4 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI .....	112
EK-8 ÜRÜN 4 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	112
EK-9 ÜRÜN 4 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI.....	113
EK-10 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI .....	113
EK-11 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	114
EK-12 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI.....	114
EK-13 ÜRÜN 6 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI .....	115
EK-14 ÜRÜN 6 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	115

EK-15 ÜRÜN 6 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI..... 116

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

2.1. Süreç kontrol serisi grafiği .....	23
2.2. İkili süreç serisi grafiği .....	24
2.3. Nokta süreç serisi grafiği .....	24
2.4. Bir zaman serisi değişkenine ait zaman yolu grafiği .....	28
2.5. Bir zaman serisi değişkeninin farklı bileşenlere ayırımı .....	29
2.6. Rassal dalgalanmalar içeren zaman serisi grafiği .....	30
2.7. Doğrusal trend gösteren zaman serisi grafiği .....	31
2.8. Doğrusal olmayan trend gösteren zaman serisi grafiği .....	32
2.9. Eğrisel ve doğrusal trend şekilleri .....	32
2.10. Mevsimsel dalgalar içeren zaman serisi grafiği .....	33
2.11. Mevsimsel dalgalanmalı serilerde dalga şiddeti ve uzunluğu .....	34
2.12. Konjonktürel dalgalanmalar içeren zaman serisi grafiği .....	36
2.13. Durağan dışı otokorelasyonlu zaman serisi grafiği .....	37
2.14. Pozitif otokorelasyonlu zaman serisi grafiği .....	38
2.15. Sapan değerli zaman serisi grafiği .....	39
2.16. Ortalamaların farklı yöntemler üzerindeki etkisi .....	48
2.17. Trend içeren serilerde trend ayarlaması grafiği .....	51
2.18. Pegel'in sınıflandırdığı zaman serileri .....	55

2.19. Elle çizme yöntemi grafiği .....	59
2.20. Yarım ortalama yöntemi grafiği.....	60
2.21. En küçük kareler yöntemi .....	61
3.1. Ürün 1 için zaman serisi grafiği .....	79
3.2. Ürün 1 için 3 aylık hareketli ortalama grafiği .....	80
3.3. Ürün 2 için 5 aylık hareketli ortalama grafiği .....	81
3.4. Ürün 1 için ağırlıklı aylık hareketli ortalama grafiği .....	83
3.5. Ürün 1 için tek üssel düzeltme grafiği .....	84
3.6. Ürün 1 için Holt'un doğrusal yöntemi grafiği .....	86
3.7. Ürün 1 için Holt-Winters çarpımsal dönemsel yöntem grafiği .....	87
3.8. Ürün 1 için Holt-Winters toplamlı dönemsel yöntem grafiği.....	88
3.9. Ürün 1 için doğrusal regresyon grafiği .....	90
3.10. Ürün 1 için parabolik regresyon grafiği .....	91
EK –2 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	109
EK –2 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	111
EK –2 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	112
EK –2 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	114
EK –2 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ .....	115

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

2.1. Farklı $\alpha$ sabitleri ile geçmişe verilen ağırlıklar .....	48
2.2. Pegel'in sınıflandırılmasında kullanılan tahmin ve hesaplama formülleri .....	57
3.1. Ürün 1 için 1996 – 2003 yılları arasında gerçekleşen talep miktarları .....	79
3.2. Ürün 1 için 3 aylık hareketli ortalama sonuçları .....	81
3.3. Ürün 1 için 5 aylık hareketli ortalama sonuçları .....	82
3.4. Ürün 1 için ağırlıklı hareketli ortalama sonuçları .....	83
3.5. Ürün 1 için üssel düzeltme yöntemi sonuçları .....	85
3.6. Ürün 1 için çift üssel düzeltme yöntemi sonuçları .....	86
3.7. Ürün 1 için çarpımsal dönemli Holt-Winters yöntemi sonuçları .....	89
3.8. Ürün 1 için toplamsal dönemli Holt-Winters yöntemi sonuçları .....	89
3.9. Ürün 1 için doğrusal regresyon yöntemi sonuçları .....	92
3.10. Ürün 1 için parabolik regresyon yöntemi sonuçları .....	92
3.11. Ürün 1 için gerçek talep ve talep tahmin yöntemleri tahmin değerleri .....	94
3.12. Ürün 1 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri .....	95
3.12. Ürün 2 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri .....	95
3.13. Ürün 3 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri .....	97
3.14. Ürün 4 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri .....	98
3.15. Ürün 5 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri .....	99

3.16. Ürün 6 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri .....	100
3.17. Ürün 6 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri .....	100
EK – 1 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI.....	109
EK – 3 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI .....	110
EK – 4 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI.....	110
EK – 6 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI.....	111
EK – 7 ÜRÜN 4 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI.....	112
EK – 9 ÜRÜN 4 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI.....	113
EK – 10 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI.....	113
EK – 12 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI .....	114
EK – 13 ÜRÜN 6 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI.....	115
EK – 15 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI .....	116

## 1. GİRİŞ

Planlama, üretim yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır. İleriye yönelik belirsizlikler, planlama fonksiyonunun etkin bir şekilde yerine getirilmesini güçleştirmektedir. Dolayısıyla, belirsizliği azaltmak için atılacak her adımın, sağlıklı kararlar alınması yönünde değerli bir katkısı olacaktır<sup>(1)</sup>.

Bireyler, işletmeler ve kurumlar, günlük yaşam içerisinde işlerini ya da görevlerini sürdürdükleri zaman zarfında farklı farklı kararlar vermek durumunda kalabilmektedirler. Gelecek zamanlara ilişkin alınacak olan kararlar, insanların daha iyi bir yaşama kavuşması, işletme ve kurumların ise daha çok kar etmesi veya üretim ya da hizmet faaliyetleri açısından hayatta kalabilmesi açısından oldukça büyük önem taşımaktadırlar. Geleceğe yönelik kararların doğru alınmaması halinde bahsedilen durumların tam tersi durumlar söz konusu olabilmektedir. Belirsizliklerin bir hayli fazla olduğu günümüzde, bireylerin, işletmelerin, kurumların ve toplumların geleceğini rastlantılara bırakmak yerine daha önceden planlayabilmesi oldukça önemlidir. Bahsedilen bu planların ve bu planları uygulamaya yönelik programların hazırlanması da geleceğe yönelik bir dizi kararı beraberinde gerektirir. Geleceğe yönelik kararlarda, ileriye yönelik tahmin çalışmaları büyük önem taşımaktadırlar.

İşletmelerde, yatırım ve işletme kararlarının alınmasında en önemli rol oynayan faktör, üretilecek mal veya hizmetin gelecekteki satış miktarı yani talebidir. Ekonomik düzen içerisinde bir üründen veya hizmetten talep edilecek miktarın belirlenmesi, işletme yatırımlarının şekillendirilmesi bakımından çok büyük önem taşımaktadır. Ekonomik hayatta, bir işletme kurmak, bir endüstri oluşturmak, herhangi bir endüstri alanında bir ürünün üretimini gerçekleştirmek için alınacak kararlar, daima üretilen malın piyasada alıcısı olup olmadığına veya ürünün ne kadar

miktarda talep göreceğini tahmin etmeye dayanmaktadır. Ürün talebine ilişkin bu tahminlerin de, belirli verilerin ve yöntemlerin kullanıldığı talep tahmin yöntemlerine dayandırılması, işletmede karar alıcı kişiler ya da birimler açısından güvenilir olarak kabul edilmesi ve uygulanabilmesinin temel bir şartıdır.

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından hemen sonra, çok hızlı şekilde gelişen sanayi, diğer sektörlerin gelişmesinde de etkili olmuştur. Bu durum karmaşık işlemleri içeren organizasyon ve yönetsel sorunları da beraberinde getirmiştir. Daha önceleri sektörler, son ürünleri elde etmek ve tüketiciye bu ürünleri sunabilmek için yürüttükleri işlemleri tek tek araştırıp inceleyerek değerlendirirken, artık, üretim sürecine katılan tüm unsurların etkileşimlerini belirlemek ve gelecekte ne kadar üretim yapılması gerektiğini öğrenmek amacıyla talep tahmin edebilmek için çeşitli tahmin yöntemlerinden yararlanmaktadırlar.

Talep tahmin edilmesinde yararlanılan yöntemlerden sayısal yöntemler temel olarak zaman serilerini kullanmaktadırlar. Zaman serisi, eşit zaman aralıkları ile elde edilen gözlemler setine verilen isimdir. Zaman Serileri Analizi, zaman serisi gözlemlerine ait verilerin belirli bir zaman periyodu içerisindeki değişmelerin ölçülmesi ve arındırılması ile ilgilidir. Zaman serileri verilerinin çeşitli elemanlara ayrılması, analizlerden beklenen başlıca iki beklentinin gerçekleşmesine yardımcı olur. Bunlardan ilki, geçmişte ne olduğunu anlamak ve ikincisi ise geleceğe ilişkin hareketlerin tahminini yapmaktır<sup>(2)</sup>.

### **1.1. Literatür Araştırması**

Zaman serilerini kullanarak yapılan talep tahmin çalışmalarının temeli, Holt<sup>(3,4)</sup> (1957, 2004), Brown<sup>(5,6)</sup> (1959, 1963) ve Winters'in<sup>(7)</sup> (1960) ortaya koyduğu Zaman Serileri Analiz Yöntemlerine dayanmaktadır. Holt, Brown ve Winters zaman serileri



analizlerinde Üssel Düzeltme Yöntemlerini kullanan yöntemlerle ilgili çalışmalar yapmışlar ve bu yöntemlerin teorilerini ortaya koymuşlardır. Holt, Tek Üssel Düzeltme Yöntemi ve zaman serilerinde trendin etkisinde göz önüne alan Çift Üssel Düzeltme Yöntemini sunmuştur. Brown, Çift Üssel Düzeltme Yöntemi üzerinde çalışmış, Winters ise Holt'un yöntemlerini biraz daha geliştirerek zaman serilerinde trend ile birlikte mevsimsel etkileri de göz önüne alarak tahmin yapabilen bir yöntem geliştirmiştir. Bu çalışmalar yapılmadan önce farklı yapıdaki Zaman Serileri Analizleri ekonomi ve endüstri alanında kullanılmasına rağmen, analizler istatistikçilerin pek fazla ilgisini çekememiş ve gelişimlerini yavaş bir biçimde sürdürmüşlerdir.

Pegel<sup>(8)</sup> (1969) Holt ve Winters'in yöntemlerini kullanarak zaman serilerini, toplamsal yada çarpımsal olmaları durumuna göre ve trend ya da mevsimsel dalgalanmaları içerip içermediğini de göz önünde tutarak dokuz ayrı sınıfa ayırmıştır. Pegel'in bu sınıflandırması Zaman Serileri Analizi için basit fakat çok kullanışlı bir sınıflandırmadır. Ayrıca Koehler<sup>(9)</sup> (2001) ve Chatfield<sup>(10)</sup> (2001) sınıflandırma çalışmaları yapmışlardır. Pegel'in sınıflandırmasını Hyndman<sup>(11)</sup> (2002) biraz daha geliştirmiştir. Taylor<sup>(12)</sup> (2003) Hyndman'ın geliştirdiği sınıflandırmaya kendi bulduğu zaman serilerinin bir kalıbı olan sönümlü çarpımsal kalıbı da ekleyerek sınıflandırmayı on beş farklı zaman serisi için yapmıştır.

Box ve Jenkis<sup>(13)</sup> (1970, 1976) zaman serilerinin durağan olmayan yapıları için tahmin yapan bir yöntem olan otoregresif hareketli ortalama (ARIMA) yöntemini inşa etmişlerdir. Bu yöntem günümüzde modern Zaman Serileri Analizi ve tahmin çalışmalarına temel oluşturmaktadır.

Gardner<sup>(14)</sup> (1985) ve Synder<sup>(15)</sup> (1985) zaman serilerinde uygulanan

yöntemlerin durağan ve durağan olmayan zaman serileri üzerindeki etkisini araştırmış ve bu çalışmalar büyük bir şekilde kendilerinden sonra gelen Zaman Serileri Analizi çalışmalarını Üssel Düzeltme Yöntemleri başlığı altında etkilemiştir.

1985 yılından itibaren zaman serileri üzerine yapılan çalışmalar daha çok yöntemlerin deneysel özellikleri (Bartolomeri & Sweet<sup>(16)</sup>, 1989; Makridakis & Hibon<sup>(17)</sup>, 1991), tahminlerin değerlendirilmesi (Sweet & Wilson<sup>(18)</sup>, 1988; Mc Clain<sup>(19)</sup>, 1988), istatitiki yöntemlerin tahmin yöntemlerine uyarlanması (Mc Kenzie<sup>(20)</sup>, 1986) ve tahmin hatalarının ölçülmesi ve bu ölçülerin yorumlanması (Armstrong & Collopy<sup>(21)</sup>, 1992; Theil<sup>(22)</sup>, 1996; Makridakis<sup>(23)</sup>, 1998) ile ilgili çalışmalar olmuştur.

## **1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı**

Bu yüksek lisans tez çalışması, üretim ve hizmet sektöründe oldukça geniş uygulama alanları bulunan zaman serileri ve bu serilerin analizleri ile yapılan talep tahmin çalışmaları üzerinedir.

Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş olup bu bölümde talep tahmini ve Zaman Serileri Analizi ile ilgili özet bilgilere yer verilmiştir. Yine bu bölümde literatür araştırması ile çalışma amaç ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, talep ve talep tahmini kavramları üzerinde durulmuştur. Talep tahminlerinin üretim planlamadaki yeri ve önemi ile özellikleri açıklanmıştır. Ayrıca zaman serileri, zaman serilerinin özellikleri ve Zaman Serileri Analizi ile analiz yöntemleri ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Uygulamada kullanılacak olan talep tahmin yöntemlerinin teorileri ve uygulamada kullanılacak eşitlikler yine bu bölümde ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, örnek işletmeden elde edilen verilere talep tahmin yöntemleri uygulanmış ve bu yöntemler ve sonuçları gösterilmiştir. Yöntemlerin uygunluk karşılaştırmaları yapılmıştır.

Son bölümde elde edilen sonuçlarla ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Uygulamanın yapıldığı ürünlere ait veriler ve sonuçlar ekler kısmında sunulmuştur.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Talep ve Talep Tahmini

Talep, belirli bir dönemde ve belirli bir pazarda tüketicilerin değişik fiyat düzeylerinde satın almaya istekli oldukları ve satın alabilecekleri ürün miktarıdır. Talep, ürünün fiyatı, tüketicilerin gelirleri ve gelir dağılımları, tamamlayıcı ürünlerin fiyatı, tüketicilerin zevk ve tercihleri, fiyatlarla ve gelirlerle ilgili beklentilerden etkilenebilmektedir.

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<sup>(24)</sup>.

Tahminle ilgili yapılan çalışmaların genelinde talep tahminleri üzerinde durulmaktaysa da, kârlar, gelirler, maliyet ve verimlilik gibi değişkenlerle ilgili tahminler ile gayrisafi milli hâsıla, enflasyon, devlet borçlanması gibi temel olan ekonomik göstergelere ait tahminlerin de büyük önem taşıdığı unutulmaması gerekir. Talep tahmininde uygulanan kavram ve yöntemlerin diğer tahmin alanlarına da aynı şekilde uygulanması mümkündür<sup>(25)</sup>.

Tahmin konusunu bilim ve sanatın bir karışımı olarak görmek mümkündür. Yararlı tahminlerin oluşturulmasında deneyim, kişisel yargı ve teknik uzmanlık önem taşır. Tahminler belirlenirken, tahmin yöntemlerinin özellikleri, bu yöntemlerin altında yatan varsayımlar, her bir yöntemin taşıdığı sınırlar bilinmeli ve tahmin sonuçları dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır<sup>(1)</sup>.

Tahmin yöntemleri bir araçtır. Elde edilen sonuçları gözü kapalı uygulamak hatalı bir yaklaşımdır. Tahmin sonuçları, deneyimler, sezgiler, toplumdaki sosyal ve kültürel değerler gibi modelin dikkate almadığı ancak talep üzerinde etkili olabilen faktörlerle birlikte değerlendirilmelidir.

## **2.2. Talep Tahminlerinin Üretim Planlamadaki Önemi**

Talep tahmin çalışmaları, üretim planlama ve kontrol sistemi açısından çok büyük önem taşımaktadırlar. İleride karşılaşılabilecek durumların kesin olarak belirlenememesi, planlama fonksiyonunun başarılı bir şekilde yerine getirilmesi karşısında önemli bir engeldir. Bu yüzden ileriye dönük belirsizlikleri azaltmak amacıyla yapılacak her çalışma, planlama fonksiyonunu başarılı olması yönünde büyük yarar sağlayacaktır. Bahsedilen bu belirsizliği azaltmak amacıyla birtakım tahmin yöntemleri kullanılır.

Tahmin çalışmalarından elde edilen değerler ile gerçekleşen talep değerleri arasındaki fark büyüdükçe, yani tahmin hataları fazlaştıkça, atıl kapasite oluşması, tüketici ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanamaması, ürün stoklarının yükselmesi gibi pek çok olumsuz durumla karşılaşılır. Genellikle bu ve benzeri nedenlerden dolayı maliyetlerde bir yükselme meydana gelir. Dolayısıyla, üretim sistemlerinin tasarımı, planlaması ve işletilmesiyle ilgili kararların verilmesinde, doğru tahmin bilgilerinin kullanılması başarı için bir ön koşul olarak kabul edilmelidir.

Üretim planlama, işletmenin belli bir dönem içinde üreteceği ürün miktarının belirlenmesi ve kontrol altında tutulmasıdır. Üretim planlaması, hangi ürünlerin, nerelerde, kimler tarafından, ne zaman ve nasıl üretileceğini gösteren planların hazırlanmasıdır. Üretim planlamanın amacı, üretimin aksamadan, düzen içinde yürümesini, gereksiz faaliyetlerin elenmesini ve üretime ilişkin her türlü faaliyetin

birbiriyle uyum içinde olmasını sağlamaktır. Bu amaçlara uygun olarak tüm üretimin miktar, kalite, yer, zaman ve çalışacak insan gücü bakımından planlanması gerekir.

Planlama, üretimi yapılacak ürün hakkındaki verilerin analiziyle başlamaktadır. Belirlenmiş olan hedeflere ulaşmak üzere kaynakların kullanımı, bir program hazırlanarak ana hatlarıyla verilmektedir. Yani üretim planı, üretimin her kademesi için hedefleri, belirli zaman dönemleri açısından ortaya koymaktadır. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi de ana hedefi desteklemektedir. Üretim planlaması iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalar üretim programının hazırlanması ve fiili üretimin planlanması aşamalarıdır<sup>(26)</sup>. Üretim programları bir işletmede belirli bir plan dönemi içinde hangi ürünlerin, hangi miktarlarda ve ne zaman üretileceğini gösteren programlardır. Fiili üretimin planlanması, üretim hazırlıklarının planlanması ve işlemin planlanması aşamalarından oluşur.

Bir üretim planlaması faaliyeti için ön şart, talep raporudur. Üretilen ürünlere ait talep şekli, planlama faaliyetini sınırlayabilmekte ve üretim planlaması döneminin süresini etkileyebilmektedir<sup>(27)</sup>. Talep tahmini, üretim planlamanın başlıca girdisidir. Talep tahmini, planlanan dönem içinde işletmenin ne kadar süre faaliyette bulunacağını saptamaya yardımcı olur. Diğer girdiler yeni ürünlerle eski ürünlerde yapılacak düzenlemelerle veya üretim sürecinde önerilen değişikliklerle ve finansman kontrolden sağlanan parasal sınırlar ve bütçe sınırlamaları ile ilgilidir.

## **2.3. Talep Tahmininin Önemi**

### **2.3.1. Yatırım Projesi Hazırlanmasındaki Önemi**

Yatırım, tasarruf edilen para ve mallara, üretim aşamasında kullanılmak üzere bir yön verilmesidir. Veya bir başka tanımlama ile gelecekte uzunca bir zaman içinde gerçekleşmesi beklenen kârlar elde etmek amacı ile kaynakların projelere tahsis

edilmesine yatırım denilmektedir. Yatırım tutarına sadece nakit harcamasına yol açan giderler dâhil edilir<sup>(28)</sup>.

Bir yatırım projenin hazırlanmasında, gelecekteki üretim faaliyetlerinin planlanmasının temelini, üretilmesi gereken veya talep edilen miktarın tahmin edilmesi oluşturur. Çünkü talep miktarı bilinmeden planlamanın yapılması mümkün değildir.

Ekonomik olayları izleyenlerin ve işletmecilerin sıkça karşılaştığı iki durum söz konusu olabilmektedir;

1. Üretilmesi mümkün ürünler çok sık talebi karşılayamayacak duruma gelebilmekte, ürünün fiyatı yükselmekte ve ürün için ithal etme zorunluluğu doğmaktadır.
2. Üretilen ürünler satılamamakta, ürüne ait büyük stoklar birikmektedir.

İşte bu talep fazlalığı veya noksanlığı genellikle işletmenin kuruluşunda ciddi ve doğru bir piyasa araştırması yapılmamış olmasından ileri gelir. Piyasa araştırmasının ve doğru bir talep tahmininin yapılmamış olması ve bu yüzden talep noksanı ile karşılaşılması özel işletmelerde, girişimcinin iflasıyla sonuçlanabilen durumlara yol açar. Bir girişimcinin iflası, bir işletmenin kapanması yalnız toplumda bir bireyin zararı değil, milli ekonominin bir kaybıdır. Zira toplum o yatırım için döviz, demir, çimento, makine gibi kıt kaynaklar tahsis etmiş, o işletmeyi çalıştırmak için işgücü çalıştırmıştır. Söz konusu durum özel bir işletme değil de devlet işletmesi ise zarar daha da büyük olur. Çünkü devlet, mallarını satamadığı için zarar da etse, çoğu zaman sosyal ve siyasi sebeplerle bir işletmeyi kapatamaz ve zarar büyüdükçe büyür.

Aksi söz konusu olduğunda, yani arzın talebi karşılayamadığı durum da aynı

derecede sakıncalıdır. Talep fazlası olduğu durumda söz konusu mal ya ithal edilecek ve yatırımlarda kullanılacak dövizler, tüketim veya ara mallarını ithal etmek için harcanacaktır ya da o malın fiyatının artmasına izin verilecek ve ekonomide fiyat hareketlerinin başlamasına seyirci kalınacaktır.

İşte tüm bu sebeplerden dolayı projenin talep tahmininin gerçeğe yakın olması, yalnız projenin yaşaması yönünden değil milli ekonominin kayba uğramaması yönünden de aynı derecede önemlidir<sup>(29)</sup>.

### **2.3.2. Pazar Araştırmasında Önemi**

Yeni bir yatırım kararı alındığında veya mevcut bir yatırımın planlanmasında talep tahmini büyük önem taşır. Talebin tahmin edilmesinde de sağlıklı bir pazar araştırması yapmak zorunludur. Pazar araştırması yaparken amaç, üretilecek mal veya hizmetlerin pazar büyüklüğünün tespit edilmesi, pazarın genişleme olasılığının var olup olmadığının anlaşılması, söz konusu piyasadaki mevcut rakiplerin durumunun tespiti, yapılacak yatırımın pazarın ne kadarına hitap edeceğinin tahmin edilmesi ve üretilmesi düşünülen malın veya hizmetin muhtemel fiyatının ne olabileceği hakkında bilgiler toplamaktır.

Pazara girmek için öncelikle o pazarın müşteri eğilimlerinin çok iyi bilinmesi yanında, rakip firmaların mevcut yapıları ile eğilimlerinin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bunun için pazar araştırmasının yapılması zorunlu olmaktadır. Pazar araştırmasında tüketici sayısı, tüketicinin alım gücü, tüketici zevkleri, tüketici davranışları, alışkanlıkları da yeni pazara girecek firmalar açısından çok gerekli olan bilgilerdir.



## **2.4. Tahmin Çeşitleri**

Tahminler için yapılan en yaygın sınıflandırma, tahminlerin kapsadığı zaman aralığına göre yapılanıdır. Buna göre talep tahmin çeşitleri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir<sup>(30)</sup>.

### **2.4.1. Kısa Vadeli Tahminler**

Günlük ya da haftalık süreler için kısa dönemli satış planlaması, envanter yönetimi, ihtiyaç kaynak planlaması ve iş çizelgelerinin hazırlanması amacı ile yapılmaktadır. Daha çok işletme içi verilerden faydalanılır.

### **2.4.2. Orta Vadeli Tahminler**

Ürün ailesi için satış tahmininde, işgücü büyüklüğünün planlamasında ve kaynak planlaması amacıyla, haftalık ya da aylık olarak yapılmaktadır.

### **2.4.3. Uzun Vadeli Tahminler**

Yatırım planlamasını ilgilendiren konularda, kapasite planlamasında, uzun dönemli satış tahmininde bulunmak amacıyla aylık ya da yıllık olarak yapılmaktadırlar.

## **2.5. Talep Tahmin İlkeleri**

Tahmin sonuçlarının etkili şekilde kullanılması amacıyla tahmin ilkelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu ilke veya özellikler aşağıdaki gösterilmiştir<sup>(30)</sup>:

1. Tahmin çalışmalarında mükemmelliğe ulaşmak genelde olanaksızdır. Gerçek sonuçlar çoğu zaman tahminde bulunan değerlerden daha farklıdır. Bu farklılığın sebeplerinden ilki, tahmini yapılacak değişkeni etkileyen bütün etkenlerin göz önünde bulundurulamaması gerçeği,

ikincisi ise tahmin edilemeyen rassal olayların olmasıdır.

2. Tahminlerin belirli bir ölçüde hata taşıyacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle tahmin çalışmalarında tek bir tahmin değerinin yanı sıra, bir aralığın, yani yapılan tahmin değeri için alt ve üst sınırların belirlenmesini gerektirmektedir.
3. Miktar veya çeşit bakımından büyük olan gruplar için yapılan tahminler daha duyarlı olmaktadır.
4. Tahminlerin kapsadığı zaman aralıkları ne kadar kısa ise duyarlık o derecede artacaktır.
5. Tahmin yaparken geleceğe ait ve haberdar olunan bilgiler hesaba katılmalıdır. Bir işletmenin promosyon amacı ile gelecekte yapmayı düşündüğü hediye ürün dağıtımlarının, talebi normalden daha fazla göstereceğinin bilinmesi gibi serinin geçmiş hareketlerine bakarak elde edilemeyecek bilgiler elde bulunabilir. Bu bilgiler tahminin içine manuel olarak yerleştirilmelidir.

Ayrıca iyi bir tahminin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Tahmin zamanı göz önünde bulundurulmalıdır. Gerekli değişiklikler için yeterli olacak bir zaman verilmelidir.
2. Olabildiğince isabetli olmalı ve bu isabetin derecesi belirtilmelidir.
3. Güvenilir bir tahmin olmalıdır.
4. Tahmin değerleri anlamlı birimler olarak ifade edilmelidir.
5. Yazılı olmalıdır.

6. Kolaylıkla anlaşılabilmesi ve uygulanabilmesidir.

## **2.6. Tahmin Sürecinin Aşamaları**

Talep tahminleri, daha önce anlatılan talep tahmin ilkelerinin göz önünde tutulması ile birlikte dört aşamada gerçekleştirilmektedir<sup>(29)</sup>.

### **2.6.1. Bilgi Toplanması**

Gerçekten işe yarayacak bilgilerin toplanması işletmenin kayıt sisteminin iyilik derecesine bağlıdır. Ayrıca eksik veya istenilenden daha ayrıntılı bilgiler araştırmanın maliyetini yükselttiği gibi sonuçların duyarlılığını da olumsuz yönde etkiler.

### **2.6.2. Talep Tahmin Döneminin Tespiti**

Talep araştırması sonuçlarının kullanılış amacı ile periyodun uzunluğu arasında yakın bir ilişki vardır. Örneğin, günlük iş emirlerinin hazırlanmasında yararlanılacak tahminlerin aylık dönemler için yapılması son derece yanıltıcı sonuçlar verebilir. Zira günlük değerlerdeki oynamalar aylık dönemlerde tamamen kaybolur.

### **2.6.3. Tahmin Yönteminin Secimi ve Hata Hesabının Yapılması**

Toplanan bilgilerin belirsizlik, duyarlık, değişim biçimi gibi nitelikleri ile uygulama amaçları, kullanılacak yöntemin seçiminde göz önüne alınması gereken faktörlerdir.

### **2.6.4. Tahmin Sonuçlarının Geçerliğinin Araştırılması**

Çeşitli bilgilere dayanılarak yapılan tahminlerle gerçek değerler arasındaki farkların sistematik biçimde tespiti ve nedenlerinin araştırılmasından ibarettir.

## 2.7. Tahmin Yöntemleri

Tahmin yapmak amacıyla kullanılabilir çok sayıda yöntem mevcuttur. Bunlar sayısal olmayan, kişisel görüş ve yargıya dayalı (kalitatif) tahmin yöntemleri ve sayısal (kantitatif) tahmin yöntemleri olarak iki ana grupta toplanabilmektedir. Geçmişe ilişkin yeterli sayıda veri bulunamadığı takdirde, kişisel görüş ve yargıya dayalı tahmin yöntemlerine başvurulabilmektedir. Diğer yandan, sayısal modellerin kullanılmasıyla, tahminlerin elde edilmesinde geçmiş verilerden veya değişkenler arası ilişkilerden yararlanılmaktadır. Örneğin, bir ürüne ilişkin aylık talebi tahmin etmek gerektiğinde, geçmişteki eğilimlerin gelecekte de süreceği varsayılabilir ve tahmini oluşturmada, geçmiş verilerden yararlanan kantitatif bir yöntem kullanılabilir. Öte yandan, kullanmakta olduğumuz mevcut teknolojinin kullanılmaz hale geleceği zamanın tahmin edilmesi gerektiğinde, geçmiş verilerin bir yararı olmayacaktır. Bu tahminler, teknolojik gelişim hakkında bilgi sahibi bireylerin görüş ve deneyimlere dayalı olarak oluşturulmalıdır<sup>(31)</sup>.

Sayısal tekniklerin tümünde, geçmişe ilişkin yeterli sayıda ve doğru verilerin toplanması gerekmektedir. Kullanılan tahmin modeli ne kadar kapsamlı olursa olsun, yeterli olmayan ve doğruluğu düşük verilerle iyi sonuç almak mümkün değildir. Yeterli ve doğru verilerin toplanmamış olması, tahmin yönteminin seçilmesinde güçlük oluşturmaktadır.

Sayısal tahmin yöntemlerinin bir bölümü son derece basit olmasına rağmen diğer bölümleri oldukça karmaşık işlemler gerçekleştirmektedir. Uygulamada bazı yöntemlerin diğer yöntemlerden daha uygun sonuçlar verdiği görülmesine karşın, tahmin yöntemleri hakkında bir genelleme yapmak mümkün değildir. Farklı tahmin yapılarının farklı tahmin yöntemleri ile birlikte incelenmesi gerekmektedir.

### **2.7.1. Sayısal Olmayan Tahmin Yöntemleri**

Geçmişe ilişkin verilerin mevcut olduğu pek çok durumda, sadece bu verileri kullanarak tahmin oluşturmak doğru değildir. Ürün ve hizmetle için gerçekleşen talep, faiz oranları, enflasyon ve diğer ekonomik koşullar, rakiplerin davranış biçimi ve devlet tarafından konulmuş düzenlemelerin etkisi altındadır. Sayısal tahmin yöntemler ise bu etkenleri tahmin hesabına katmaktan uzaktır<sup>(32)</sup>. Buna ek olarak, bazı durumlarda, gelecekteki durumun geçmiş durumdan farklı bir yapıda olacağı düşünülebilir ya da geçmiş dönemlere ilişkin sayısal veri sağlanamaması durumu ile karşılaşılabilmektedir. Aşağıda özetlenen sayısal olmayan tahmin yöntemlerinden yararlanılmasında fayda vardır.

#### **2.7.1.1. Satış Gücü Grupları Yöntemi**

Satış elemanlarının tüketiciler ile en yakın ilişki kuranlar olduğunun varsayılması nedeniyle, tüketicilerin gelecekteki davranışları hakkında kendilerinden bilgi alınamaması durumunda en sağlıklı bilginin satış elemanlarından alınabileceği düşüncesine dayanmaktadır. Tüketiciler ile birebir görüşmenin mümkün olmadığı, satış elemanlarının işbirliği yapma taraftarı oldukları, satış elemanlarının bir takım önyargılar taşımadığı, tahmin çalışmasının satıcı ve satış elemanlarından yana bir takım yararlar sağladığı durumlarda uygulanabilir olmaktadır.

#### **2.7.1.2. Yönetici Görüşleri Yöntemi**

İşletmenin çeşitli bölümlerinden (pazarlama, finansman, üretim işleri vb.) yöneticilerin bir araya gelerek tahmin oluşturmalarını sağlayan yöntemdir.

#### **2.7.1.3. Satış Elemanları ve Ürün Hattı Yöneticileri**

Bu yöntemin satış gücü grupları yöntemi ve yönetici görüşleri yönteminin

birleştirilmiş bir hali olduğu söylenebilir. Satış elemanları ya da 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 ya da satış gruplarının tahmin yaparken göz önüne almadığı etkenler bulunması halinde yapılmalıdır. Ürüne ilişkin gelecek hakkında satış elemanlarının bilmediği fakat yöneticilerin haberdar oldukları yeni reklâm kampanyaları, ürünün tasarım ya da fiyatında olacak değişiklikler, işletme politikası, rakip işletmelerin durumu ve stratejileri gibi birçok etken satış elemanlarından gelen tahminler üzerinde düzeltmeler yapılmasını gerektirebilmektedir.

Deneyim ve sezgiye dayalı olması, kötümser tahminlerle iyimser tahminlerin eşdeğer tutulması sakıncaları bulunmaktadır. Yöntemin avantajları ise, düşük maliyetli olması ve kısa süreli çalışmalarla geliştirilebilmesidir.

#### **2.7.1.4. Delphi Yöntemi**

Mevcut verilerin bir istatistiksel analizi gerçekleştiremeyecek kadar az olduğu ve geçmişteki talep verilerinin gelecekteki talebi yansıtmaktan uzak kaldığı durumlarda, doğru bir talep tahmini için tüketicilerle bu ürüne ilişkin beklentiler arasında çok iyi bir ilişki kurabilecek uzmanların düşüncelerine başvurulması ve alternatif görüşlerde fikir birliğinin oluşturulmasını sağlamaya çalışan bir yöntemdir. Grup üyelerinin birbirleriyle etkileşiminden kaynaklanan olumsuz sonuçları ortadan kaldırmaya yönelik olarak geliştirilmiştir. Grup üyelerinin birebir etkileşimi ve gruptaki ikna yeteneği yüksek üyelerin diğer üyeleri etkilemesini önlemek amacıyla da taşımaktadır. Yöntemin işleyiş biçimini şu şekilde özetlemek mümkündür<sup>(32)</sup>:

1. Koordinatör, gruptaki uzmanların her birine yazılı olarak gelecekteki talep

tahmini ile ilgili beklentilerini sorar,

2. Gruptaki her bir uzman, gelecekteki talep tahmini ile ilgili beklentisini, görüşünü destekleyecek bilgilerle birlikte ayrıntılı ve yazılı olacak şekilde bildirir,
3. Koordinatör, uzmanların kendisine sunduğu yazılı talep tahmini görüşlerini bir araya getirir. Oluşturulan talep tahmini beklentileri ile ilgili görüş ve bilgileri düzenler, özetler, ortalamalara, aralıklara, standart sapmalara ilişkin hesaplanmış değerlerini tahminlere ekler,
4. Koordinatör, uzmanların yapmış oldukları ve kendisine sundukları talep tahmini beklentileri ile ilgili görüşlerle beraber, kendisinin düzenlemiş olduğu görüşleri tekrar uzmanlara yazılı olarak dağıtır. Uzmanlardan yeni bilgileri de göz önünde tutarak ilk yapmış oldukları tahminlerini tekrar gözden geçirmelerini ve tekrar birinci turdakine benzer bir talep tahmini yapmalarını ister. Böylelikle ikinci turu başlatır,
5. İkinci turda, uzmanların yeniden yapmış oldukları tahminlerle ilgili yazılı bilgiler koordinatör tarafından toplanır, düzenlenir ve özetlenir. Bu işlemler, uzmanlardan gelen cevaplarda ortak bir görüş sağlanana kadar devam ettirilir.

#### **2.7.1.5. Nominal Grup Yöntemi**

Delphi yöntemindeki gibi sezgi ve deneyimlerine güvenilen bir uzmanlar grubu oluşturulmaktadır. Delphi yönteminden farklı olarak, uzmanların birbirleri ile etkileşimine ve tartışmasına izin verilmektedir.

### **2.7.1.6. 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.

### **2.7.1.7. Tarihi Analog Yöntemi**

Daha önce piyasaya sunulan benzer bir ürün ya da hizmetle karşılaştırma sonucu, bir ürün ya da hizmetin gelecekteki talep değeri hakkında bilgi sahibi olunmasını amaçlayan bir yöntemdir. Tarihi analog yöntemi, özellikle tüketicilere yeni sunulan ürün ve hizmetlerin talep tahminlerini elde etmek amacı ile yapılması halinde yararlı sonuçlar sağlamaktadır.

### **2.7.2. Sayısal Tahmin Yöntemleri**

Sayısal tahmin yöntemlerini iki ana grupta incelemek mümkündür. Bunlar;

1. Nedensel Yöntemler
2. Zaman Serisi Analizi Yöntemi'dir.

Nedensel Yöntemler'de ürüne ilişkin geçmiş talep verileri ile bu talebi etkilediği düşünülen diğer değişkenlere ait veriler kullanılmaktadır.

Zaman Serileri Analizi Yöntemi'nde ise geçmiş dönemlerde gerçekleşmiş talep verilerinden yararlanılmaktadır. Talepte, dönensel, mevsimsel ya da trend etkisi olabilmektedir. Seride gözlenen bu durumların gelecekte de gerçekleşeceği varsayımı ile talep tahmini yapılması amaçlanmaktadır.

Bundan sonraki bölümlerde sayısal tahmin yöntemlerinden olan zaman



serileri ele alınacak, zaman serilerinin talep tahmini oluşturmaktaki yeri ve önemi, zaman serilerini meydana getiren bileşenler ve farklı zaman serisi kalıpları ile bu zaman serisi kalıplarının özellikleri üzerinde durulacaktır.

## **2.8. Zaman Serileri ve Zaman Serilerinin Tahmin Teorisi İçindeki Yeri**

Zamanın periyodik noktalarında, bir değişkenin gözlemlenmesi yoluyla verilerin toplanması, zaman serisi olarak adlandırılır<sup>(33)</sup>. Bir değişkene ait olan ve tekrarlanan gözlemler zaman serisini oluşturuyor ise, bu değişken, zaman serisi değişkeni olarak tanımlanmaktadır.

Tahmin, geçmiş dönemlerde meydana gelmiş olan olay ya da olayların sonuçlarının değerlendirilmesi suretiyle gelecek dönemlerde oluşabilecek olayların sonuçlarını önceden kestirebilmektir. Uygulamada birçok tahmin yöntemleri kullanılmaktadır.

Tahmin için uygulanabilir yöntemler çeşitli olmasına karşın geliştirilmiş belli başlı yöntemler; Gelişme Hızlarının Kullanılması Yöntemi, Karakteristiklerin Kullanılması Yöntemi, Naive Modellerinin Kullanılması Yöntemi, E. J. Broster Yöntemi ve Zaman Serileri Analizi Yöntemi'dir<sup>(34)</sup>.

İstatistiksel incelemeler için yapılması gerekli olan ilk çalışma geçmiş dönemlere ilişkin gerçek bilgilerin elde edilmesidir. Gelecek dönemlere ait planlamalarda geçmiş dönemlerde meydana gelen olaylardan büyük ölçüde yararlanmak mümkündür. Geçen dönemlerde meydana gelen olaylar istatistiksel yöntemlerle incelendiğinde, belirsiz olan gelecek dönem sorunlarını daha kolay çözme olanağı bulunabilir. Bahsedilen bu özellikler geçmiş dönemlerdeki olayları içinde barındıran zaman serilerini, geleceğe ait planlamalar için önemli bir konuma getirmektedir.

## 2.9. Zaman Serileri Analizi

Bir olayın tarih sırasına göre aldığı değerlerin alt alta sıralanmasıyla elde edilen diziye zaman serisi denir. Zaman serilerine, bir olayın geçmişte nasıl bir eğilim gösterdiğini belirlemek üzere yapılacak araştırma ve analizlerin temelidir denebilir<sup>(35)</sup>. Yine seri, sonuçlarını yıl, ay, gün vb. gibi bir zaman biriminin ifadesi itibariyle gösteriyorsa zaman serisi adını alır. Bunlar sabit, artan, azalan ve dalgalı şekillerde ortaya çıkabilirler<sup>(36)</sup>.

Zaman serilerine ilişkin birçok farklı tanım yapılmaktadır. Zaman serileri için yapılan bir tanımlama, aynı değişkende gözlenen değişmelerin zamana göre düzenlenmesi ile elde edilen serilerdir tanımlamasıdır. Bir başka tanımlama ise bilgilerin kronolojik bir biçimde düzenlendiği seridir tanımlamasıdır<sup>(33)</sup>.

Zaman Serileri Analizi, zaman serisi gözlemlerine ait olan verilerin belirli bir zaman dönemi içerisindeki değişmelerinin ölçülmesi ve değişmelerinin arındırılması ile ilgilidir.

Herhangi bir zaman serisi belli zamanlarda ve genelde eşit aralıklarla alınan gözlemlerden oluşur. Söz konusu gözlemler rassal gözlemler değil belirli zamanlarda sistemli bir şekilde elde edilen verilerdir. Yapılmış olan tüm Zaman Serileri Analizi tanımlarının hemen hepsinde esas olarak meydana gelmiş olan olayların sayısal değerleri zamana göre düzenlenmektedir. Yani zaman ( $t$ ) bir parametre olarak analizde yer almaktadır.

$$Y = f_{(t)} \quad (2.1)$$

Bir zaman serisi  $t_1, t_2, \dots, t_n$  zamanlarındaki  $Y$ 'nin değişen değerleri olan  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  ile belirtilir. Böylece zaman serisindeki  $Y$ 'ler Eşitlik 2.1 ile sembolize

edilen zamanın ( $t$ ) bir fonksiyonudur<sup>(37)</sup>.

Zaman Serisi Analizi'nde amaç geçmişteki verilerin yorumlanması yardımıyla değişkenin gelecekteki davranış biçiminin tahmin edilmesidir.

Serilerde görülebilen çeşitli dalgalanmalar olması sebebiyle, zaman serisi verilerinin çeşitli elemanlara ayrılmasını gereklidir. Bu ayırma işleminin yapılması, analizden beklenen iki amacın gerçekleştirilmesine katkı sağlar. Bu amaçlar; serideki değişken için geçmişte ne olduğunu anlamak ve yine aynı değişken için geleceğe ait hareketlerin tahminini yapmak şeklinde özetlenebilir. Örneğin değişkenin üretim miktarının gelecekte hangi miktarda gerçekleşeceğini tahmin etmek, zaman serileri üzerinde yapılacak bazı işlemlerle mümkün olabilmektedir.

## **2.10. Zaman Serisi Çeşitleri**

Zaman serileri bilimsel ve farklı amaçlar ile ekonomi, mühendislik, sağlık, eğitim gibi birçok farklı alanda toplanmakta ve kullanılmaktadır. Özellikle istatistik ve ekonometrik çalışmalarda zaman serilerine yoğun bir ihtiyaç duyulmaktadır. Zaman serileri farklı alanlarda toplandığı gibi farklı yapılarda da karşımıza çıkmaktadır. Zaman serilerinin farklı yapıları aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir<sup>(38)</sup>.

### **2.10.1. Ekonomik Zaman Serileri**

Ekonomik verilerin büyük bir bölümü zaman serilerinden oluşmaktadır. Çeşitli ekonomik değişkenlere ait olan değişik dönemlere ait fiyatlar ile ithalat ve ihracat rakamları, faiz sınırları, işletmelerin satış rakamları, üretim miktarları vb. farklı alanlarda çok sayıda zaman serilesi toplanmakta ve kullanılmaktadır.

### **2.10.2. Fiziksel Zaman Serileri**

Zaman serilerine fen bilimlerinden meteoroloji, denizcilik bilimleri ve coğrafya alanında çok sık başvurulduğu görülmektedir. Çeşitli dönemler itibariyle düşen yağmur miktarları, ortalama sıcaklıklar, ortalama nem miktarı ve buna benzer veriler bu tür verilerdendir. Fen bilimlerinde gözlemlenen kayıtlar daha çok sürekli bir yapıdadır.

### **2.10.3. İşletme Zaman Serileri**

İşletmelerde farklı dönemlere ait satış analizleri oldukça önemli yararlar sağlamaktadır. Bu satış analizi verileri daha çok pazarlama verileri olarak bilinmektedir. Ancak bu tür veriler genel olarak ekonomik veriler sınıfına dâhil edilebilmektedirler. Analizlerden elde edilen bu veriler ileriye dönük işletme politikalarının belirlenmesinde ve tahminlerinin hazırlanmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

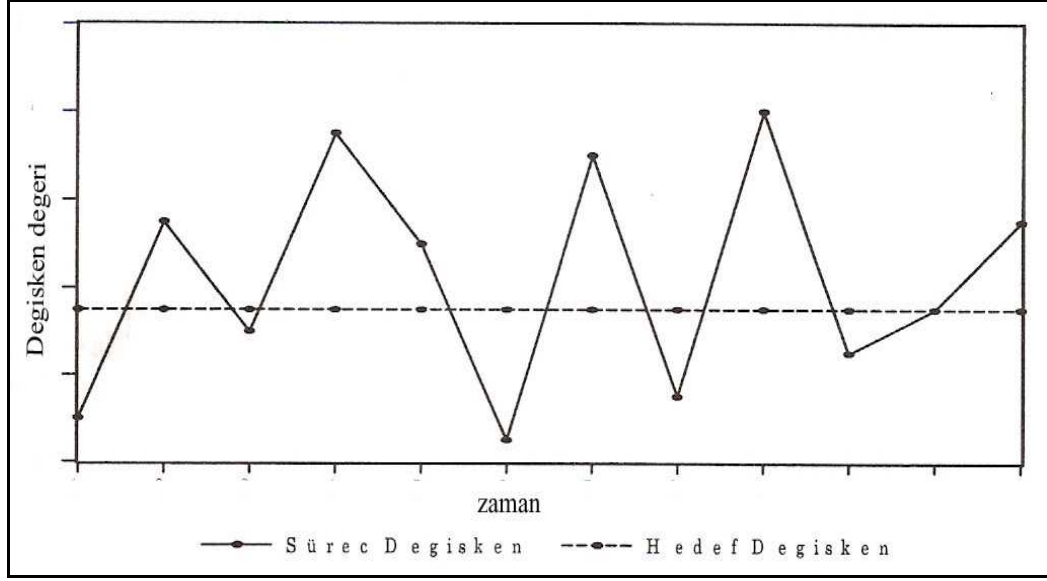
### **2.10.4. Demografik Zaman Serileri**

Genelde nüfus ile ilgili çalışmalarda ortaya çıkan zaman serisi çeşitlidir. Örneğin nüfustaki yıllık ortalama artış, ölüm ve doğum oranlarındaki ya da evlenme ve boşanma oranlarındaki yıllık ortalama artış ya da azalış gibi demografik istatistikler bu serilere örnek gösterilebilir. Hükümetler orta ve uzun vadeli planlamaları oluştururken demografik verilerdeki değişimleri dikkate almak suretiyle çeşitli ekonomik değişkenler için tahminlerde bulunabilirler.

### **2.10.5. Süreç Kontrol Serileri**

Süreç kontrolü, sürecin kalitesini gösteren bir ölçümün kullanılması ile bir üretim süreci çalışmasındaki değişimlerin incelenmesi olarak tanımlanabilmektedir.

Süreç kontrolü ile hedef değerlerden sapmaların ve uygunsuzlukların tespit edilmesi, uygunsuzluğa yol açan nedenlerin tespit edilmesi ve buna bağlı olarak önlemlerin alınması ve düzenlemelerin yapılması amaçlanmaktadır. Bu tür zaman serileri istatistiksel kalite kontrol teknikleri adı altında ele alınmaktadır. Böyle bir zaman serisi Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Süreç kontrol serisi grafiği<sup>(39)</sup>

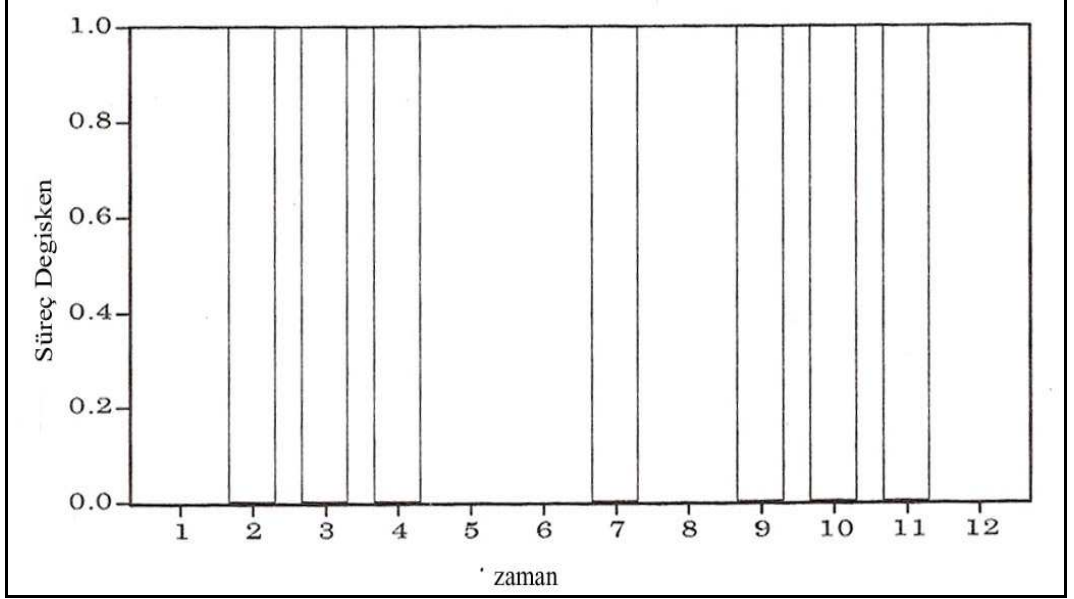
#### 2.10.6. İkili Süreç Serileri

Zaman serilerinin özel bir tipi olan ikili süreç serilerinde gözlemler yalnızca 0 veya 1 gibi iki değerden birisini almaktadır. Bu özelliğinden dolayı bu tür zaman serisi serileri ikili süreç serileri ismini almaktadır. Herhangi bir elektronik cihazın açma/kapama düğmesinin açık veya kapalı olması durumuna göre bir seri oluşturulması ikili süreç zaman serilerine bir örnek olarak gösterilebilir. Böyle bir süreç Şekil 2.2’de gösterilmektedir.

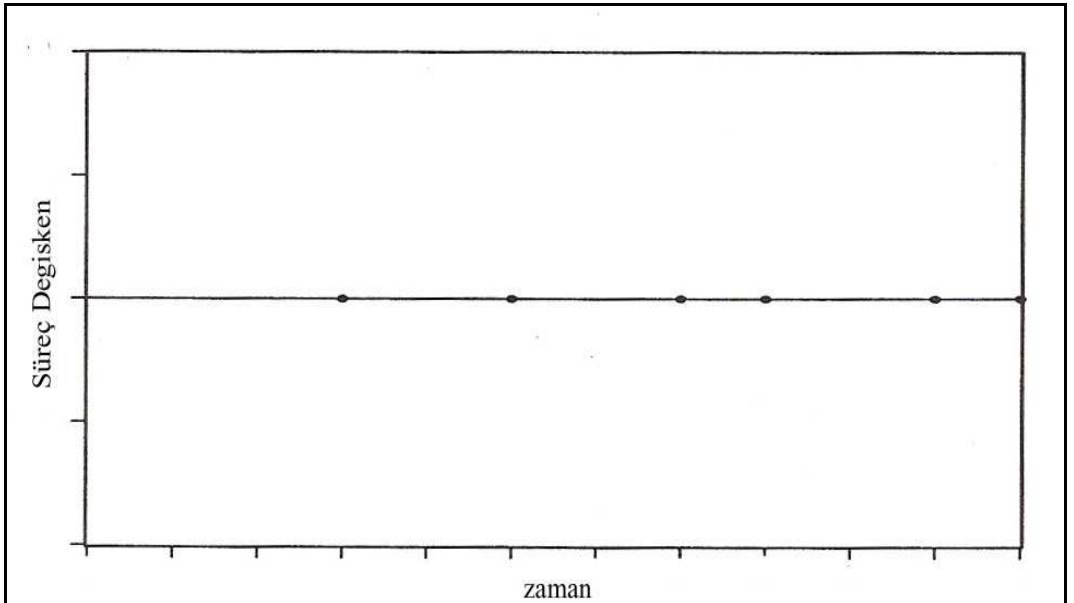
#### 2.10.7. Nokta Süreç Serileri

Belirli bir dönem içerisinde bir olaya ait rassal olarak ortaya çıkan verilerin

gösterildiği nokta süreç serileri de zaman serilerinin farklı bir türüdür. Örneğin üretim için kullanılan bir donanımın bir yıllık bir dönem içerisinde arızalandığı ve bakım/onarıma alındığı aylar bir nokta süreç olarak gösterilebilmektedir. Şekil 2.3'de bir değişkenin belirli dönemlerde arızalanmaların gösterildiği bir nokta süreç serisi gösterilmektedir.



Şekil 2.2 İkili süreç serisi grafiği<sup>(39)</sup>



Şekil 2.3 Nokta süreç serisi grafiği<sup>(39)</sup>

## 2.11. Zaman Serilerinin Elemanları

Zaman Serileri Analizi, seriyi, seriyi oluşturan bileşenlerden ayrışımını gerektirmektedir. Bir seriyi bileşenlerine ayırmak için kapsadığı dört bileşen arasında belli bir ilişki bulunduğu varsayılmalıdır. Genellikle izlenen yol bir zaman serisinin birkaç bileşenini toplamı ya da çarpımından meydana geldiği varsayımdır<sup>(40)</sup>. Klasik modelde, zaman serisi dört elemana sahiptir<sup>(41)</sup>:

1. Uzun – dönemli genel trend (*T*)
2. Konjonktürel dalgalanmalar (*C*)
3. Mevsimsel dalgalanmalar (*S*)
4. Varyasyon ve düzensiz rassal hareketler (*I*)

Bütün zaman serilerinde adı geçen dört unsur daima bulunmayacağı gibi, bulunan etmenlerin tümünü yok etmek bazen kolay olmayabilir.

Zaman serilerini meydana getiren ifadenin formülasyonu iki şekilde gösterilebilir;

$$Y = T \times C \times S \times I \quad (2.2)$$

$$Y = T + C + S + I \quad (2.3)$$

Çarpım şeklindeki modelde ana değer trend olup, diğerleri ortalaması 100 olan birer yüzdendir. Toplam şeklindeki modelde ise her değer *Y*'nin bir kısmını oluşturur.

Toplam şeklindeki modelde unsurların birbirini etkilemediği kabul edilir. Çarpım modelinde bu varsayım söz konusu değildir. Yani devresel ve mevsimsel dalgalanmalar, trendin birer fonksiyonudur.

Toplam modelde trend artınca, mevsim dalgalanmaları sabit kalır. Çarpım modelinde trend artınca mevsim dalgalanmasının trendde oranı sabit kalır, yani trend arttıkça mevsim dalgalanmasının mutlak değeri yükselir<sup>(42)</sup>.

Sayılan özellikler göz önüne tutulduğunda, toplam şeklindeki modelin bazı durumlarda kullanılabileceği ancak çarpım modelinin zaman serilerinin çoğunda daha doğru sonuçlar vereceği anlaşılır.

İstatistiksel yönden zaman serilerinin incelenmesinden amaç, sözü edilen dört unsurdan her birinin olay üzerinde ne oranda etkin olduğunu araştırmak ve etkileri birbirine karışmış olan dört elemanın ayrı ayrı payını bulmaktır.

## **2.12. Zaman Serisi Kalıpları**

Zaman serisine ait gözlemlerin içerdiği kalıpların (zaman içerisinde göstermiş olduğu biçim veya yol) yapısı ve seride yer alan olağan dışı gözlemler grafikler sayesinde kolayca takip edilebilirler. Zaman serilerinin grafikleri, kısmen zaman içerisinde değişkenin almış olduğu gözlem değerlerindeki değişmelere açıklık getirilebilir. Örneğin ekonomik verilerin birçoğu, ekonomik veya siyasi krizlerden, hükümet değişikliklerinden, hükümetlerin politika değişikliklerinden, önemli sosyal krizlerden ve doğal afetlerden etkilenebilir. Başka bir ifadeyle, belirli dönemlerde gerçekleşen veya yaşanan ekonomik, sosyal, siyasal ve doğal olağan dışı hadiseler zaman serilerinde belirgin bir biçimde etkilerini gösterebilir. Zaman serilerinin zaman yolu grafikleri üzerinde, söz konusu bu olağan dışı hadiseler kısmen de olsa yansıtılmakta ve etkileri gözlenebilmektedir.

Zaman serisini oluşturan gözlemlerin zaman boyunca seyrini gösteren saçılım diyagramlarının yapısı aynı zamanda kabaca söz konusu serinin özelliğini de ortaya koyar. Yani, serinin zaman boyunca bir trendi, bir rassal yapıyı, bir mevsimsel etkiyi,

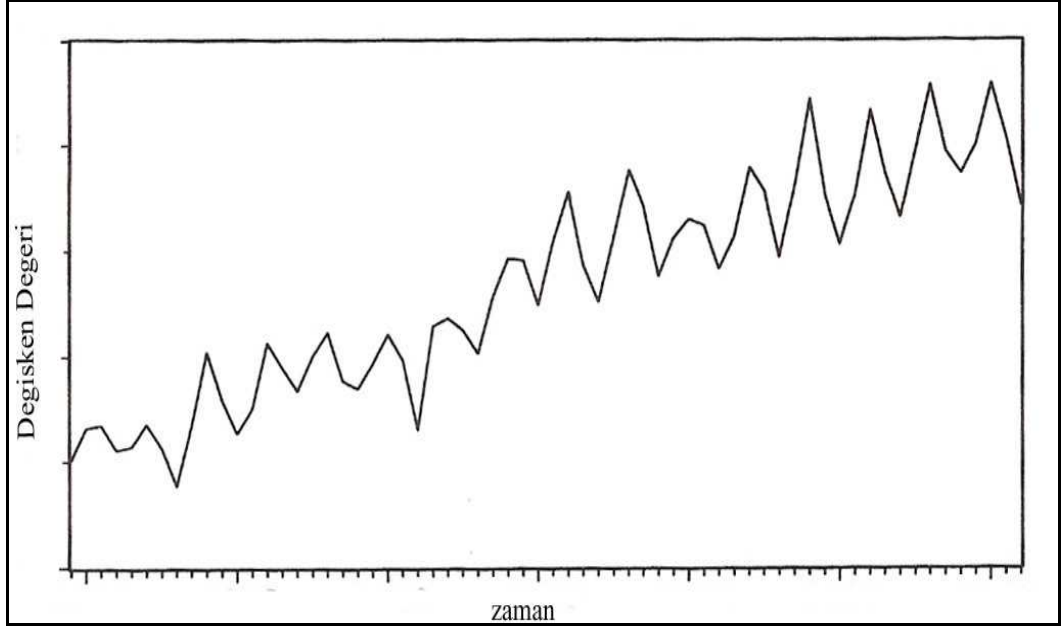


bir konjonktürel kalıbı vs. içerip içermediğini yansıtır. Dolayısıyla veri setinin zaman boyunca gösterdiği seyir, serinin nasıl bir matematiksel kalıba sahip olduğu hakkında önemli bilgiler verir. Ayrıca bu kalıpların istatistiksel modelleme sürecinde ele alınmasına da yardımcı olur.

Daha önce vurgulandığı gibi bir zaman serisi genel olarak trend, mevsimsel, konjonktürel ve düzensiz hareketlerin bileşiminden oluşan bir yapıya sahiptir. Bunun yanında dizinin, söz konusu bu bileşenlere ayrıştırılarak ta incelenmesi mümkündür. Örneğin Şekil 2.4 herhangi bir zaman değişkenine ait varsayımsal bir zaman yolu grafiğini göstermektedir. Grafiğin dikey ekseninde zaman serisi değişkenine (örneğin  $Y_t$ ) ve yatay ekseninde ise zaman değişkenine yer verilmiştir. Grafikteki her bir çukur veya tepe noktalar bir zaman dönemini gösterir. Grafikteki bu çukur ve tepe noktaların büyüklükleri ve frekansları serinin zaman boyunca oluşturduğu kalıbı ortaya koyar.

Zaman serisi değişkenleri artan, azalan veya değişmeyen yapıda bir trend özeliğine sahip olabilir. Bir zaman serisinde trend, zaman serisinin uzun dönemli eğilimini gösterir. Bir seride trend değişimleri adeta serinin ortalaması gibidir. Mevsimsel bileşen ise belirli aralıklarla tekrarlı bir salınım gösterir. Bir zaman serisinin gözlem değerleri trendin altında veya üstünde tekrarlı biçimde değer almasıyla mevsimlik etkiler ortaya çıkar.

Konjonktürel dalgalanmalar sektörlerin veya ekonominin refah ve depresyon dönemlerini içeren değişimleri kapsar. Düzensiz hareketler ise daha çok sosyal ve ekonomik nedenlerle ortaya çıkan ve önceden tahmin edilmesi mümkün olmayan olayların etkisini yansıtır. Şekil 2.4 sadece trend, mevsimsel, konjonktürel veya düzensiz hareketler biçiminde ayrışımına tabi tutularak ayrı ayrı gösterilebilir.



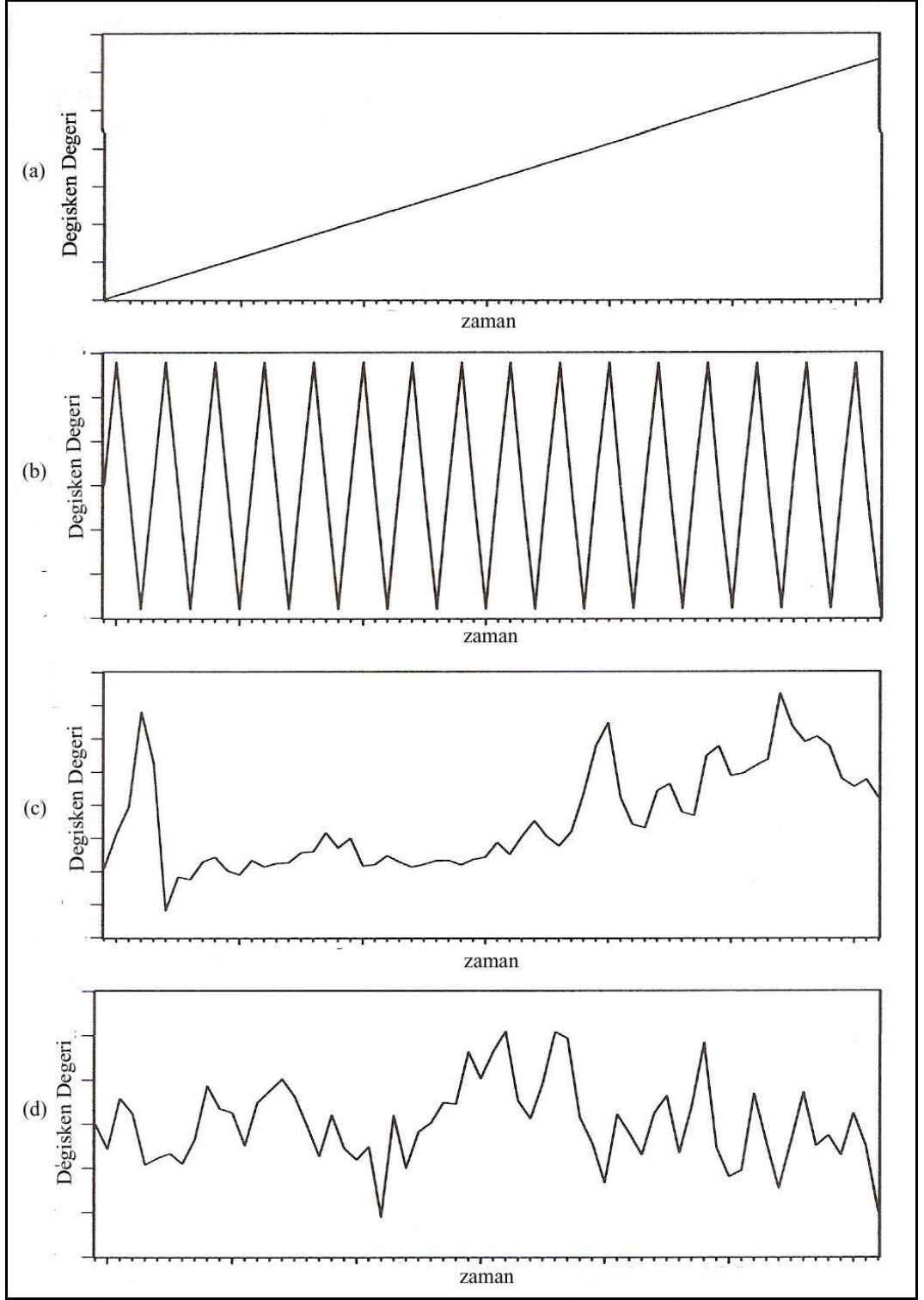
**Şekil 2.4** Bir zaman serisi değişkenine ait zaman yolu grafiği<sup>(39)</sup>

Genel hatlarıyla bu dört bileşen Şekil 2.5’de ayrı ayrı gösterilebilir. Şekil 2.5.a.’da doğrusal monoton artan bir trend, Şekil 2.5.b.’de mevsimsel hareketler, Şekil 2.5.c.’de konjonktürel hareketler ve Şekil 2.5.d.’de ise düzensiz rassal hareketleri göstermektedir. Zaman serisinin diğer yapısal kalıpları ise daha sonraki bölümlerde daha detaylı bir biçimde ele alınmaktadır.

### **2.12.1. Rassal Zaman Serisi Kalıpları**

Rassal kalıplar yatay veya çizgi kalıplar olarak da bilinir. Rassal kalıplar genelde verilerin sabit bir ortalama civarında dalgalandığı kalıplardır. Bu tür seriler ortalamaya göre durağan bir yapıya sahiptirler<sup>(43)</sup>.

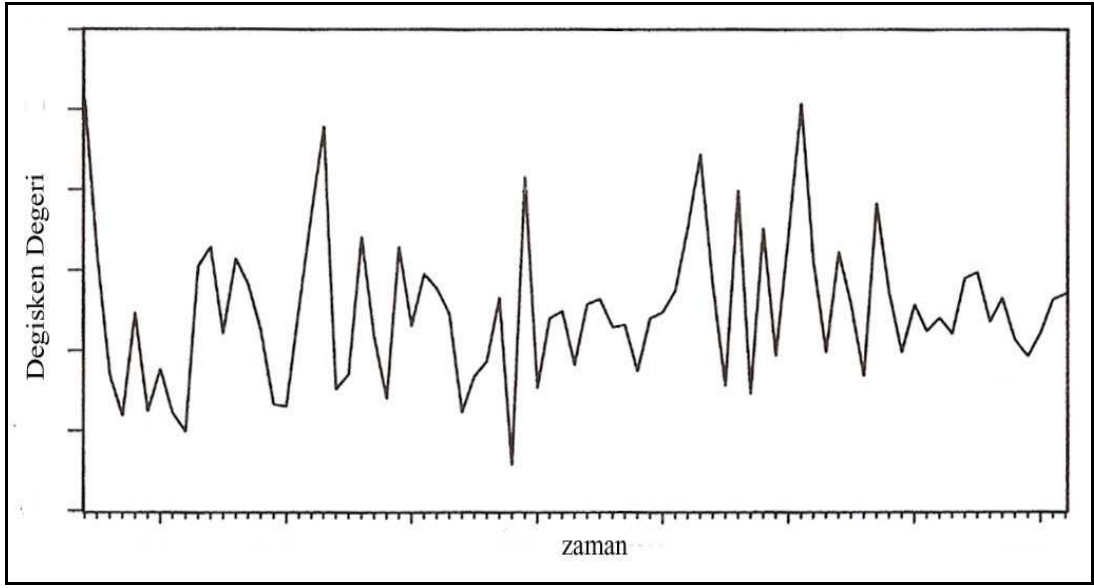
Varyasyon ve düzensiz rasgele hareketler, doğal ve sosyo – ekonomik nedenlerden dolayı ortaya çıkabilir. Ancak, sözü edilen hareketlerin ne zaman, nasıl bir dalga şiddeti ile meydana geleceği belirsizlik taşıdığı için tahmini mümkün olmaz. Bu nedenle bu tip hareketleri bir istatistiksel ölçüyle ifade edebilmek zordur<sup>(41)</sup>.



**Şekil 2.5** Bir zaman serisi değışkeninin farklı bileşenlere ayırımı<sup>(39)</sup>

Şekil 2.6 bir değışkene ilişkin verilerin rassal kalıbını sunmaktadır. Şekil 2.6'da gösterilen seri belirli bir ortalama ve yaklaşık olarak sabit varyanslı bir

dağılım göstermektedir.



Şekil 2.6 Rassal dalgalanmalar içeren zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>

### 2.12.2. Trend Yapan Zaman Serisi Kalıpları

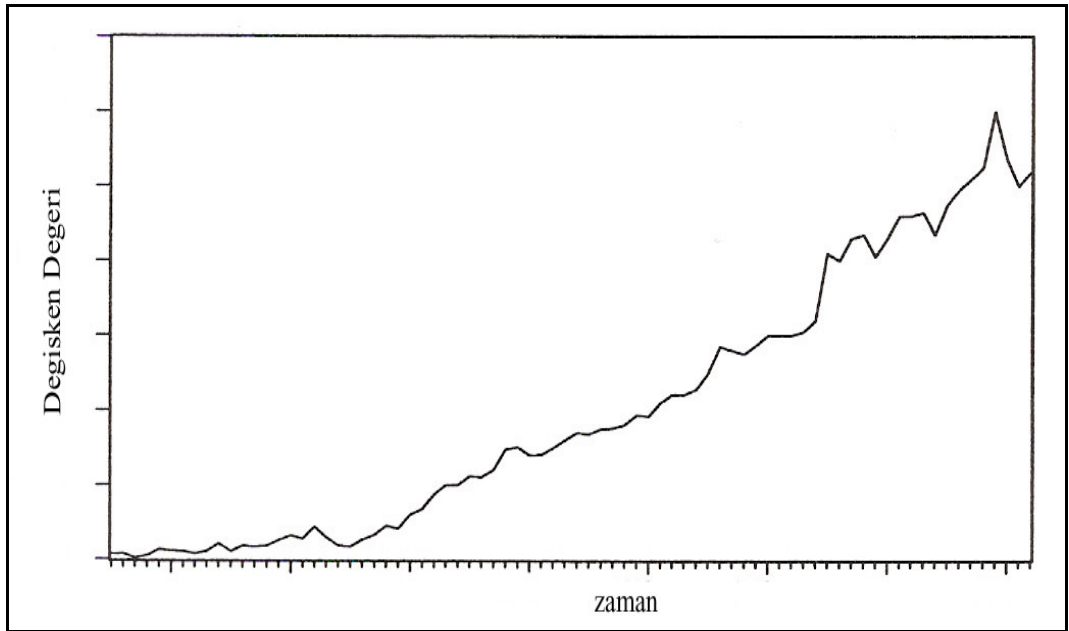
Trend, bir zaman serisinde uzun dönemli hareketleri göstermektedir. Zaman serileri trend içeren bir yapı içerdiğinde seride uzun süreli artışlar veya azalışların görülmektedir. Trend değişimleri serinin ortalamasına benzetilebilmektedir. Trendin ortaya çıkabilmesi için yaklaşık 15 ile 18 yıllık bir döneme ihtiyaç duyulmaktadır. Bir trend döneminin varlığından söz edilebilmesi için 5 ile 8 yıllık konjunktür dalgalanmalarından en az 2 veya 3 dalgalanmayı içermesi gerekir. Dolayısıyla bu sürelerden daha kısa bir süre ele alındığında trend yerine bir konjunktür döneminin ele alınması ihtimali ortaya çıkabilmektedir. 15 ile 18 yıllık bir dönemden daha uzun bir dönem dikkate alındığında ise iki trend döneminin incelenmesi söz konusu olabilmektedir. Trend başlangıç noktası olarak genelde ekonomide durgunluk dönemi, konjunktür döneminde bir refah ya da depresyon dönemi seçilmelidir<sup>(44)</sup>.

Bir çok firmanın satışlarına ait değerler, gayri safi milli hasıla rakamları, uzun

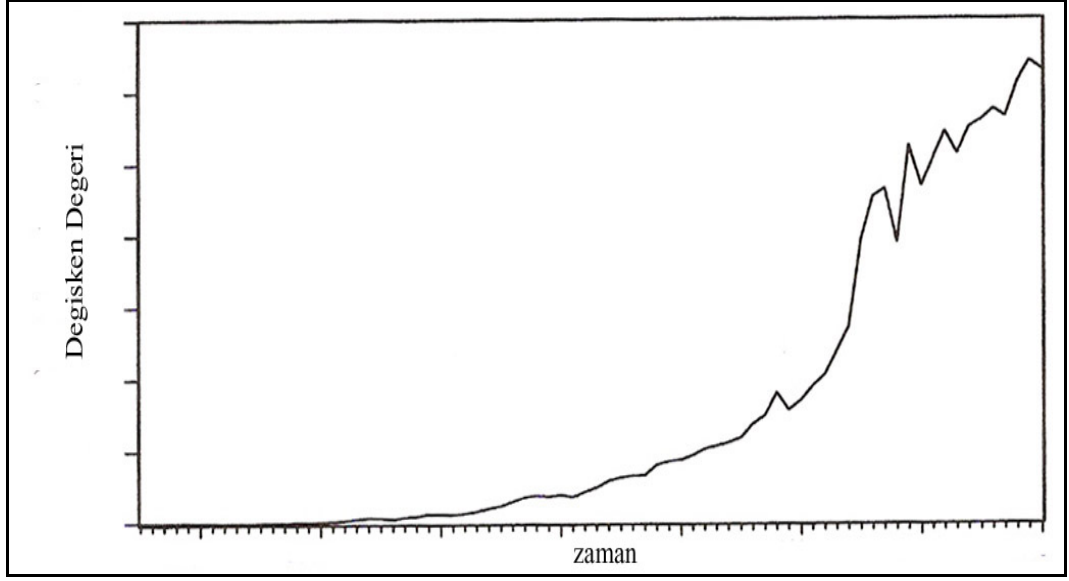
dönemi içeren nüfustaki değişiklikler, kurumlardaki üretim ve teknolojik açıdan zamanla görülen değişimler, bir çok temel ekonomik değişkenin zamanla değişimi birer trend kalıbını tanımlamaktadır. Trend kalıpları artan, azalan veya değişmez yapıda olabileceği gibi doğrusal ve doğrusal olmayan kalıplarda da görülebilmektedir. Genelde bir seri trend içeriyorsa, tahmin yapmada başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir<sup>(38)</sup>.

Şekil 2.7 ile verilen zaman serisi bir değişkene ait üretim miktarı verilerinden elde edilen zaman serisindeki trendi göstermektedir. Şekil 2.7'deki seride bulunan trendin düz bir doğru civarında artan bir yapıda olduğu görülmektedir.

Doğrusal olmayan bir trend içeren zaman serisi kalıbı örneği ise Şekil 2.8'de bir değişkene ait üretim miktarı verilerinden gözlenebilmektedir. Şekil 2.8'de üretimi hızla artan ve doğrusal olmayan bir trende sahip bir değişkenin zaman serisi grafiği görülmektedir.

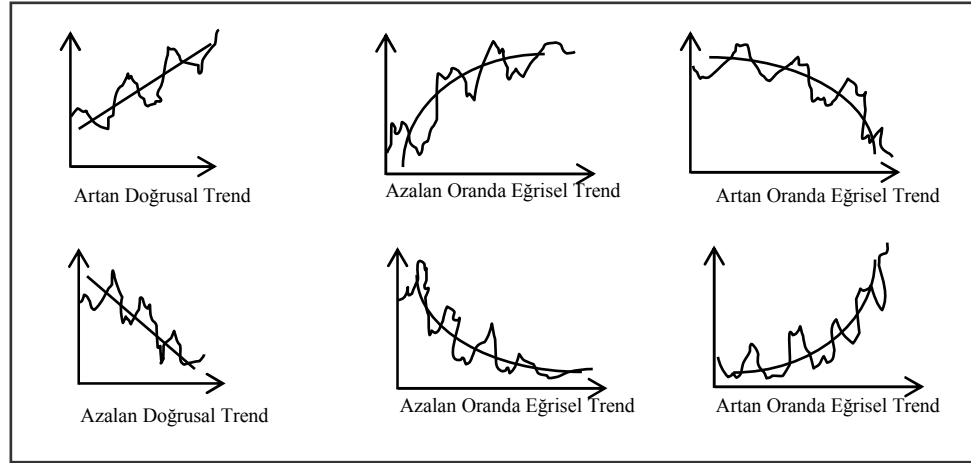


Şekil 2.7 Doğrusal trend gösteren zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>



Şekil 2.8 Doğrusal olmayan trend gösteren zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>

Trendin yön ve şiddeti her zaman sabit kalmaz. Trend doğrusal ya da eğrisel olabilir. Şekil 2.9 gerçekleşmesi mümkün olan birkaç eğrisel ve doğrusal trend şekillerini göstermektedir.



Şekil 2.9 Eğrisel ve doğrusal trend şekilleri<sup>(41)</sup>

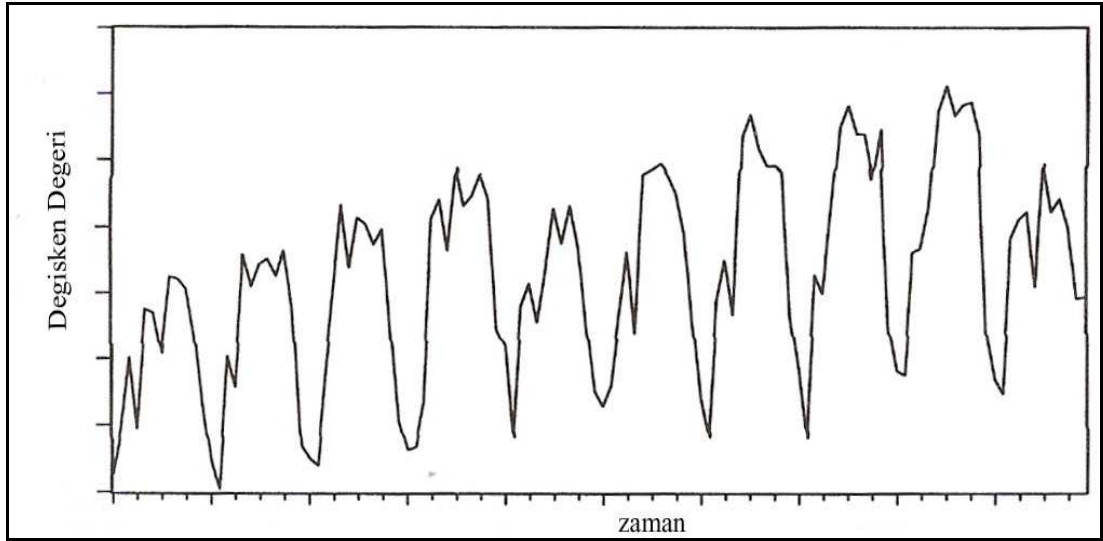
### 2.12.3. Mevsimsel Zaman Serisi Kalıpları

Birçok zaman serisi belirli dönemlerde mevsimsel faktörlerin etkisi altında bulunabilir. Ekonomiksel olayların zaman içinde izlendiği doğal ve sosyal nedenlerden dolayı, mevsime göre oluşan değişimler mevsimsel dalgalanmalar

olarak adlandırılır. Mevsimsel dalgalanmaların dalga uzunluğu 12 ay olmaktadır.

Mevsimplere göre tüketimi etkilenen değişkenlerin tüketim miktarları yılın bazı dönemlerinde diğer dönemlere oranla daha yüksek veya daha düşük değerlere ulaşmaktadır. Örneğin, yılın bazı dönemlerinde soğuk içecek tüketiminin artması ya da azalması, bazı dönemlerinde doğalgaz tüketiminin artması ya da azalması vs. gibi zaman serilerinde dönemsel olma özelliğine sahip olanların bile ardışık dönemlerde tam olarak tekrarı söz konusu olmayabilir<sup>(38)</sup>.

Şekil 2.10'da bir ürünün üretimine ilişkin seriye ait verilerde bir mevsimsel kalıbın varlığı görülebilmektedir.



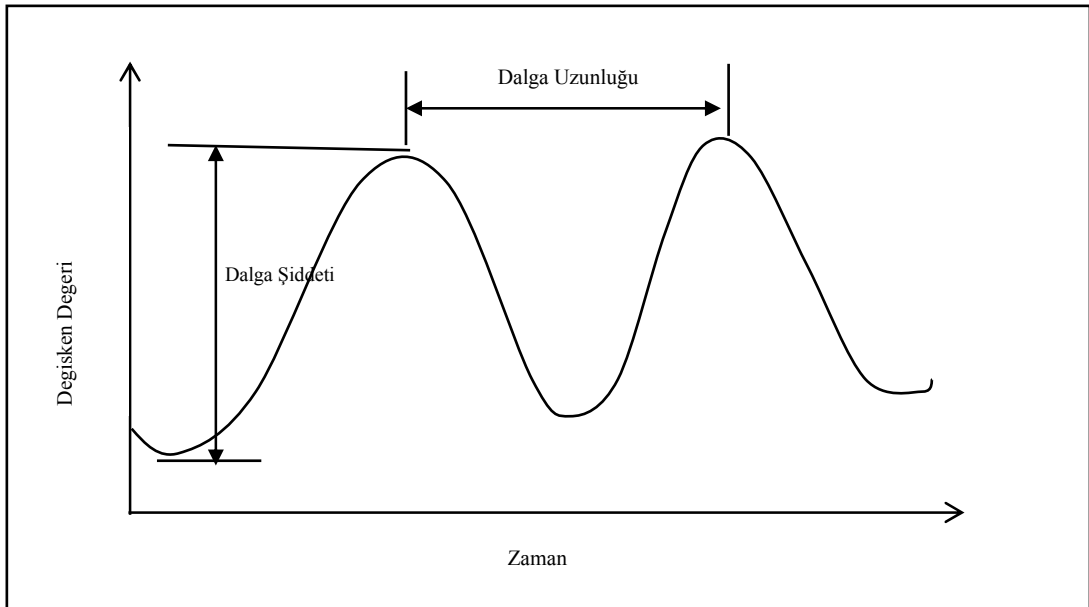
Şekil 2.10 Mevsimsel dalgalanmalar içeren zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>

İklim koşulları, tüketicilerin alışkanlıkları, milli veya dini anlamlı özel günler, ürünlerin indirimde olduğu zamanlar gibi pek çok faktör mevsimselliğin ortaya çıkışında etkili olmaktadır ve çok farklı şekillerde ortaya çıkmaktadırlar. Bir yılın belirli çeyrek dönemlik mevsimlerinde, belirli ayları içerisinde, belirli bir haftası ya da belirli bir günü içerisinde mevsimsellik ortaya çıkabilmektedir. Bununla beraber zaman serilerinde mevsimsellik bir ayın belirli bir haftası yahut gününde, bir hafta

içerisinde belirli bir günde de ortaya çıkabilmektedir. Hatta mevsimsellik bir günün belirli bir saatinde de ortaya çıkabilmektedir. Bu tip mevsimsellik durumları ile gerçek hayatta çok sık karşılaşılabilir. Soğuk içecek ve soğutucu özellikteki donanım talebinin bazı mevsimlere göre artması ya da azalması, eğitim döneminin başlaması, dini ve resmi günler öncesinde çeşitli ürünlere olan talebin artması mevsimselliğe örnek olarak gösterilebilmektedir.

Özetleyecek olursak, mevsimsellik altı ay, üç ay, bir ay, bir hafta, bir gün ve hatta bir saat gibi dönemleri kapsayabilir. Daha uzun süreli mevsimselliklere örnek olarak belirli yıllarda tekrarlanan olimpiyat oyunları ve diğer sportif etkinlikler gibi durumlar örnek verilebilir<sup>(43)</sup>.

Mevsimsel dalgalanmalar birbirlerine benzeyen periyodik dönemlerden meydana geldiğinden, serideki dalgalanmalarda dalga şiddetleri ve dalga uzunlukları bulunmaktadır. Bu dalga şiddeti ve dalga uzunluğu Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Mevsimsel dalgalanmalı serilerde dalga şiddeti ve uzunluğu<sup>(33)</sup>



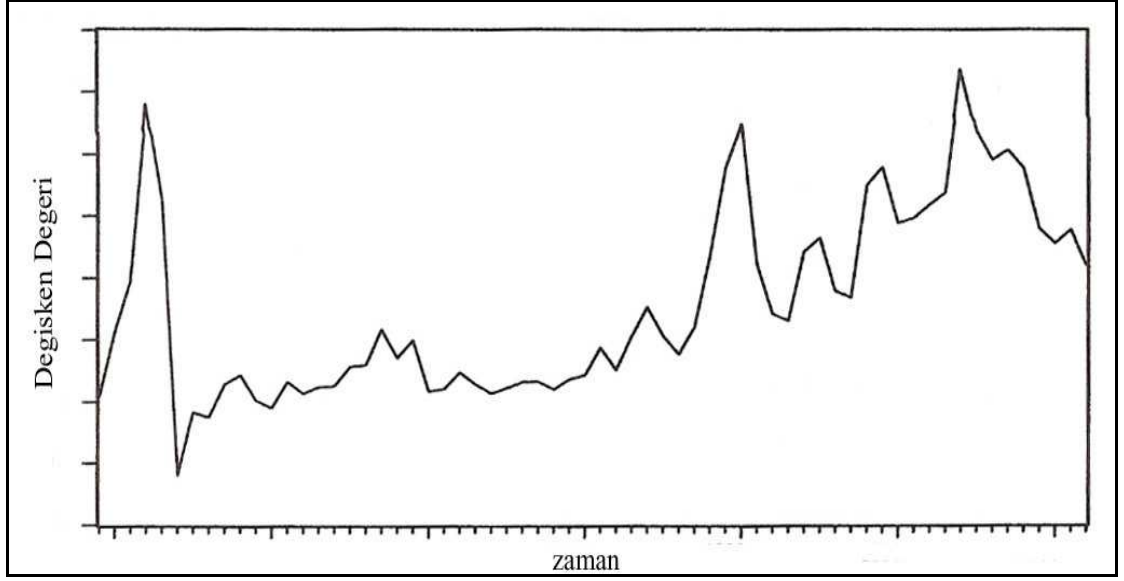
#### 2.12.4. Konjonktürel Zaman Serisi Kalıpları

Konjonktürel hareketler daha çok ekonominin veya sektörlerin refah ya da durgunluk (ekonomik kriz) dönemlerini içeren değişimlerdir. Refah dönemlerinde yatırımlar, üretimler, gelirler ve satışlar gibi ekonomik göstergeler bir süre için artış gösterir ve durgunluk dönemlerinde ise düşmeler baş gösterir ve durgunlaşmanın ardından tekrar ekonomide bir canlanma olur. Genelde konjonktürel hareketler periyodik olmayan fakat 5 ila 8 yıllık dalgalanmalar ile tekrarlanır<sup>(45)</sup>.

Mevsimsel ve konjonktürel kalıplar arasında benzerlik olmasına rağmen iki kalıp arasında önemli farklılıklarda bulunmaktadır. Mevsimsel hareketlerde dönemler, konjonktür hareketlere oranla daha düzenli ve periyodik bir düzen gösterirken, konjonktürel hareketlerde dönemler düzensiz ve periyodik olmayan bir yapıdadır. Ayrıca konjonktürel hareketlerin ortalama uzunlukları mevsimsel hareketlere oranla daha fazla bir değişkenliğe sahiptir<sup>(46)</sup>.

Konjonktürel etkileri içeren zaman serilerinde, bu etkilerin gelecekte tekrar ortaya çıkması ihtimali olması yüzünden tahmin yapmak oldukça zordur. Düzensiz salınımına sahip olan konjonktürel dalgalanmalara rağmen tahmin yapılması amaçlanıyor ise serinin son dönem ortalaması ile serideki artış ya da azalış göz önünde tutularak son birkaç dönem üzerinden tahmin yapılması daha uygundur. Konjonktürel dalgalanmalardaki artıştan azalışa ve azalıştan artışa geçiş noktaları bu nedenle dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir.

Şekil 2.12’de bir değişkene ait tipik bir konjonktürel kalıbı yansıtan talep değişimi serisi görülmektedir. Seride mevsimlik bir dalgalanma görülüyor olunmasına karşın salınımlar periyodik değildir. Ayrıca seride bir trendin varlığından söz edilebilir.



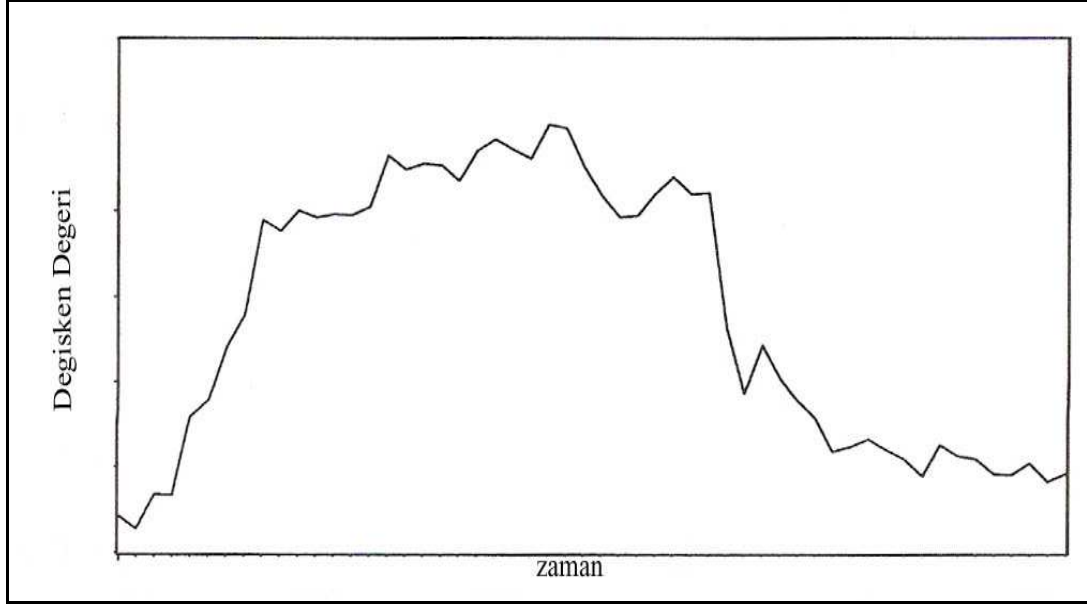
Şekil 2.12 Konjonktürel dalgalanmalar içeren zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>

### 2.12.5. Otokorelasyonlu Zaman Serisi Kalıpları

İki değişken arasında birlikte hareket etmenin ve nedensel olmayan ilişkinin ölçüsü korelasyondur. Zaman serilerinde otokorelasyon ise seride bulunan bir dönemin kendisinden önce ya da sonra gelen dönemle birlikte hareket etme ilişkisini tanımlamaktadır. Zaman serilerinde çok sık karşılaşılan diğer bir kalıp ise otokorelasyonlu yapılarıdır. Eğer bir zaman serisinde otokorelasyonlu bir yapıdan söz ediliyor ise seri gözlemleri arasında bir korelasyon (birlikte hareket etme ilişkisi) varlığından da söz edilebilir. Otokorelasyonlar genellikle zaman serisinin hareketinden ortaya çıkmaktadırlar. Örneğin, tüketici tercihlerine yansıtan bir zaman serisinde markaya olan bağlılık ve tüketici psikolojisi nedeniyle talepteki değişme daha yavaş olabilmektedir. Bu yüzden seride otokorelasyon varlığı var ise trend ve mevsimsel etkilerden dolayı diğer sistematik etkilerin dikkate alınması gerekmektedir.

Otokorelasyonlu kalıplar daha önce ele alınan kalıpların birçoğunda ortaya çıkabilir. Zaman serisinde ardışık değerler arasında yüksek otokorelasyon olduğunda

basit fakat doğru yöntemler ile bir dönem ilerisi için tahmin yapmak mümkündür. Bununla birlikte daha ileri dönemler için doğru tahminler elde etmek güçleşir. Bazı durumlarda trend ve mevsimselliğin olmadığı yüksek pozitif otokorelasyonlu seriler birer rassal zaman serisine benzer yapı gösterebilir.



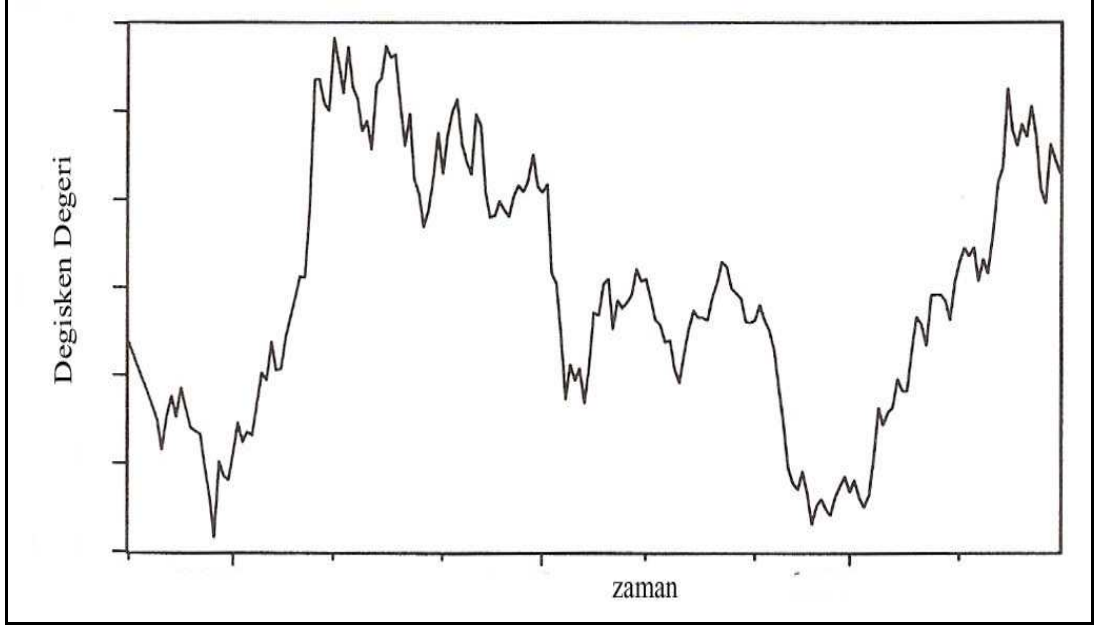
**Şekil 2.13** Durağan dışı otokorelasyonlu zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>

Şekil 2.13 bir değişken verilerine ait otokorelasyonlu bir zaman serisini göstermektedir. Şekil 2.14 ise başka bir değişkene ait verilere ilişkin otokorelasyonlu bir zaman serisini göstermektedir. Şekil 2.13’de serinin sabit bir ortalama civarında olmaması veya serinin ortalamasının sürekli değişkenlik göstermesi durağan dışı olduğuna işarettir. Şekil 2.14 deki serinin ise pozitif otokorelasyonlu bir yapıda olduğu görülmektedir.

#### **2.12.6. Sapan Değerli Zaman Serisi Kalıpları**

Zaman serilerinde genellikle ekonomik ve sosyal krizler ile olağan dışı olaylardan (deprem, sel, kuraklık, savaş, grev, talebin kesilmesi, işletmelerin kapatılması) kaynaklanan ve tekrarlanmayan sapan değerler ile

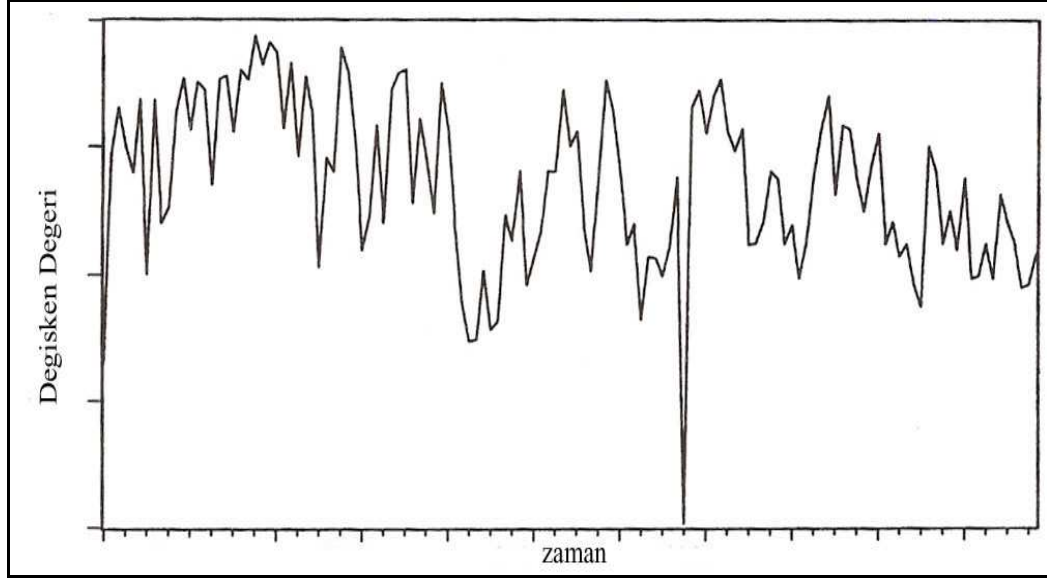
karşılaşılabilmektedir. Bazı durumlarda da sapan değerlerin neden kaynaklandığı tam olarak tespit edilememektedir. Meydana gelen sapan değerler zaman serisinin ortalamasından ya çok büyük ya da çok küçük olmakta ve bu değerler serinin genel durumunu temsil etmemektedir.



**Şekil 2.14** Pozitif otokorelasyonlu zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>

Şekil 2.15 ile bir ürüne ait üretim verileri incelendiğinde bir dönem için büyük bir azalma görülmektedir. Serideki sapan değer oluşmasından önce ve sonra zaman serisi rassal bir kalıptadır. Talepte meydana gelen büyük bir azalma seride sapan bir değer olarak ortaya çıkmıştır.

Zaman serisi analizlerinde sapan değerlerin tespiti ve düzeltimi çok önemli bir yer teşkil etmektedir. Sapan değerlerin oluştuğu dönem dikkatle incelenmeli ve tahmin çalışması bu değerler göz önüne alınarak yapılmalıdır.



Şekil 2.15 Sapan değerli zaman serisi grafiği<sup>(39)</sup>

### 2.13. Zaman Serisi Analizi Aşamaları

Zaman Serileri Analizleri, değişkenlere ait geçmiş verilerin zaman içerisindeki oluşturdukları düzeni esas almaktadırlar. Analizin amacı, verilerin geçmişteki hareketlerine bakarak gelecekteki hareketlerinin tahmin edilmesidir. Analizi yapan kişiler, belirli zamanlarda gözlemlenen talep verilerini yerleştirerek bir zaman ölçeği oluştururlar. Verilerin yerleştirdikleri bu noktalar incelenerek, bu noktaların zaman içerisinde kararlı bir seyir izleyip izlemediklerini tespit etmeye çalışırlar. Analizi sonucunda ulaşılmak istenen hedef ürüne ait talebin sabit olduğu, bir eğilime sahip olduğu veya mevsimsel ya da konjonktürel dalgalanmalara sahip olduğu ya da talebin hepsinin birleşimi şeklinde olduğunu görebilmektir. Zaman Serisi Analizleri Yöntemleri uygulanırken izlenmesi gereken adımlar aşağıdaki belirtilmiştir<sup>(46)</sup>:

1. Tahmin yönteminin değerlendirilmesi, yürütülebilmesi için ilgili zaman serisi iki eşit parçaya bölünür.

2. Tahmin yöntemi mümkün olan metotlar içerisinde seçilir.
3. Başlangıç veri seti tahmin yöntemini başlatmak için kullanılır.
4. Modelin parçalarını hesaplamada kullanılmayan veriler de, tahminde etkisinin nasıl olduğunu görmek için test setine uygulanır. Her bir tahminden sonra tahmin hataları hesaplanır. Bu aşama modeldeki parametre değerlerinin uygun hale getirilmesi için başlangıç işlemlerinin düzenlenmesini gerektirir.
5. Değişik veri örnekleri için tahmin yönteminin uygunluğu değerlendirilir.

#### **2.14. Zaman Serileri Analizi Yöntemleri**

Zaman Serileri Analizlerinde kullanılan yöntemler şunlardır<sup>(47)</sup>:

1. Naive Yöntemi
2. Ortalama Yöntemleri
  - 2.1 Basit Ortalama Yöntemi
  - 2.2 Hareketli Ortalama Yöntemi
  - 2.3 Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi
3. Üssel Düzeltme Yöntemleri
  - 3.1 Tek Üssel Düzeltme Yöntemi
  - 3.2 Holt'un Doğrusal Yöntemi
  - 3.3 Holt-Winter's Yöntemi
  - 3.4 Pegel'in Sınıflandırması
4. Trend Analizi Yöntemleri

#### 4.1 Grafikle Gösterme Yöntemi

#### 4.2 Yarım Ortalamalar Yöntemi

#### 4.3 Regresyon Analizi

##### 2.14.1. Naive Yöntemi

Tahmin yapmanın en basit yöntemlerinden biri olan Naive Yöntemi bir sonraki dönem için tahmin değerinin, en son gözlenen değere ya da en son gözlenen değerden belirli bir yüzdenin eklenmesi veya çıkartılmasıyla elde edilen değere eşit olacağı varsayımına dayanmaktadır. Naive Yöntemi'nin matematiksel eşitliği Eşitlik 2.4'de gösterilmiştir.

$$F_{t+1} = Y_t \quad (2.4)$$

Eşitlik 2.4'de;

$t$  = dönem

$F_{t+1}$  =  $t+1$  dönemi için tahmin değeri

$Y_t$  =  $t$  dönemi için gerçekleşen değerdir.

Naive yöntemi herhangi bir dalgalanma göstermeyen zaman serilerinde tahmin amacıyla kullanılabilen, maliyetsiz ve uğraş gerektirmeyen bir yöntemdir. Zaman serilerinin çoğu çeşitli tiplerde dalgalanmalar bulundurduğu için bu yöntem pek kullanışlı değildir. Yöntemin en büyük avantajı, az sonra anlatılacak gelişmiş Zaman Serileri Analiz Yöntemleri için bir başlangıç değeri oluşturmasıdır<sup>(48)</sup>.

## 2.14.2. Ortalama Yöntemleri

### 2.14.2.1. Basit Ortalama Yöntemi

Talep tahmini açısından geleceğe en basit bakışlardan biride geleceğin, geçmişte olanların ortalamasına doğru eğilim göstereceğini varsaymaktadır. Bu varsayıma göre geleceğin en geçerli tahmini, geçmişte olup bitenlerin tek tek toplanıp ortalamasını almaktır. Basit Ortalama Yöntemi'nin matematiksel eşitliği Eşitlik 2.5'de gösterilmiştir.

$$F_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i \quad (2.5)$$

Eşitlik 2.5'de:

$t$  = dönem

$F_{t+1}$  =  $t+1$  dönemi için tahmin değeri

$Y_i$  =  $i$  dönemindeki gerçekleşen talep değeridir.

Yeni bir gözlem olan  $Y_{t+1}$  mevcut olduğunda,  $t+2$  zamanı için tahmin oluştururken bu yeni değer Eşitlik 2.5'e eklenir ve Eşitlik 2.6 elde edilir.

$$F_{t+2} = \frac{1}{t+1} \sum_{i=1}^{t+1} Y_i \quad (2.6)$$

Eşitlik 2.6'ya göre, geçmiş dönemlere ilişkin veriler toplanarak, dönemlerin sayısına bölünürse ortalama değer hesaplanmış olur. Böylece gelecek dönemler için tahminin, hep bu ortalama değer alacağı ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yeni dönemlere ilişkin veriler geldikçe bunların yeni hesaplamalara dâhil edilerek son güne uygun bir tahminin yapılması da aynı modelle mümkündür.

Ancak bu model gerçekleşen talep değerlerinin bir trend, konjonktürel,



mevsimsel dalgalanmaların etkisi altında olmadığı durumlar ve az sayıdaki veriler için iyi sonuçlar vermektedir fakat veri sayısı arttıkça belirli bir trend yakalayamamaktadır.

#### 2.14.2.2. Hareketli Ortalama Yöntemi

Yaygın şekilde kullanılan bir tahmin yöntemidir. Hareketli Ortalama Yöntemi, uzak geçmişten çok, yakın geçmişe ağırlık verir ve buna dayanarak, yalnızca bir dönem talep 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 talep miktarı olarak kabul edilir.

Matematiksel olarak Eşitlik 2.7 ile ifade edilebilir;

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i \quad (2.7)$$

Eşitlik 2.7’de:

$t$  = dönem

$k$  = hareketli ortalamaya dahil edilen dönem sayısı

$F_{t+1}$  =  $t+1$  dönemi için tahmin değeri

$Y_i$  =  $i$  dönemindeki gerçekleşen talep değeridir.

$t+1$  ve  $t+2$  dönemi hareketli ortalama tahminleri değeri için Eşitlik 2.7 matematiksel olarak Eşitlik 2.8 ve Eşitlik 2.9 şeklinde de yazılabilmektedir:

$$F_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k} \quad (2.8)$$

$$F_{t+2} = \frac{Y_{t+1} + Y_t + \dots + Y_{t-k+2}}{k} \quad (2.9)$$

$F_{t+1}$  ve  $F_{t+2}$  nin karşılaştırılması yapılırsa  $Y_{t-k+1}$  değeri hesaplamadan çıkartıldığı ve yerine  $Y_{t+1}$  değerinin getirildiği görülmektedir. Başka bir ifadeyle  $F_{t+2}$  Eşitlik 2.10'da gösterildiği gibidir:

$$F_{t+2} = F_{t+1} + \frac{1}{k}(Y_{t+1} - Y_{t-k+1}) \quad (2.10)$$

Eşitlik 2.10'da görüldüğü gibi  $F_{t+2}$  değerinin hesaplanmasında  $Y_{t+1}$  değeri ve  $Y_{t-k+1}$  değeri arasındaki farkın  $1/k$  kadarı, bir önceki tahmin değerine eklenmiş ve gerçek gözlemlerden elde edilen bir düzeltme katsayısı bir önceki tahmin değerine eklenerek, tahmin değerinin iyileştirilmesine çalışılmaktadır.

Bu yöntem ile yapılacak tahmin, talep yükselen bir trend gösteriyor ise çok küçük, alçalan bir trend gösteriyor ise çok büyük olacaktır. Aynı şekilde eğer  $k$  çok küçük ise gerçek talebin etkileri abartılmış olacak,  $k$  çok büyük ise bu etkiler azaltılmış olacaktır.

Genel bir kural olarak, ortalamaya dâhil edilecek dönem sayıları için elde edilecek tahminler arasından, tahmin hatası en düşük olanın seçilmesi yoluna gidilebilir. Burada, geçmiş veriler için en düşük tahmin hatası veren dönem sayısının, gelecekteki veriler için de en düşük hatayı vereceği varsayımı yapılmaktadır. Hareketli ortalamanın derecesi olan  $k$ 'nın seçimi için kesin bir kural yoktur. Eğer değişkenlerdeki sapmalar zaman boyunca sabit kalıyorsa  $k$ 'nın büyük olması önerilir. Aksi halde eğer değişken bir dönemden diğerine çok fazla değişiyorsa  $k$ 'nın küçük olması önerilir. Pratikte  $k$ , 2 ile 10 arasında bir değer almaktadır<sup>(49)</sup>.

Yöntemin dezavantajları<sup>(50)</sup>;

1. Hareketli ortalamalar için gerekli şartlar sağlanamazsa, doğru sonuçlar elde edilmez.

2. Hareketli Ortalamalar Yöntemi ile elde edilen sonuçlar serideki uzun ve şiddetli dalgaların etkisi altındadır.
3. Serinin başındaki ve sonundaki bazı elemanların hareketli ortalaması bulunamaz.

En yeni bilgilerin, taleplerin eğilimini daha iyi yansıtacağı düşünüldüğü takdirde, her aya eşit ağırlık vererek basit hareketli ortalamalar kullanmak doğru bir yaklaşım olmayacaktır. En yakın geçmişteki ayların gerçekleşen talep verilerini daha büyük katsayılarla ağırlandırmak suretiyle, geleceğin tahmini açısından daha yararlı bilgilerin tahminine olan etkisi artırılabilir. Bu ise Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi ile sağlanabilir<sup>(51)</sup>.

#### 2.14.2.3. 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. Yine bu yöntemde Hareketli Ortalama Yöntemi'nde olduğu gibi belirlenen bir  $k$  kadar dönem verisi üzerinde çalışılır. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi matematiksel ifadesi Eşitlik 2.11'deki gibi ifade edilebilir:

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t w_i Y_i \quad (2.11)$$

Eşitlik 2.11'de;

$t$  = dönem

$F_{t+1}$  =  $t+1$  dönemi için tahmin değeri

$Y_i$  =  $i$  dönemindeki gerçekleşen talep değeri

$w_i = i$  dönemine ait ağırlık katsayısı

$k =$  ağırlıklı hareketli ortalamaya dahil edilen dönem sayısı

### 2.14.3. Üssel Düzeltme Yöntemleri

#### 2.14.3.1. Tek Üssel Düzeltme Yöntemi

Tek Üssel Düzeltme Yöntemi de, Hareketli Ortalamalar Yöntemi'nde olduğu gibi, sürecin sabit olduğunu varsayar. Bununla birlikte, Hareketli Ortalamalar Yöntemi'ndeki ortalamaların hesaplamasında verilere aynı ağırlıkların verilmesindeki eksikliği gidermek için tasarlanmıştır. Üssel Düzeltme Yöntemi en son gözlem değerine daha fazla ağırlık verir.

$\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) düzeltme sabiti olarak tanımlansın ve geçmiş  $t$  sayıdaki dönem için zaman serisinin  $Y_1, Y_2, \dots, Y_t$  ile gösterildiğini varsayalım. Sonraki  $t+1$  dönemi için tahmin ( $F_{t+1}$ ) Eşitlik 2.12'deki gibi hesaplanır;

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha (1-\alpha) Y_{t-1} + \alpha (1-\alpha)^2 Y_{t-2} + \dots \quad (2.12)$$

$Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2} \dots$ 'nin katsayıları giderek azaldığından, yeni prosedür daha yeni verilere daha çok ağırlık verir.  $F_{t+1}$ 'i hesaplayan eşitlik Eşitlik 2.13 ve Eşitlik 2.14'de gösterildiği şekilde basitleştirilir:

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) \{ \alpha Y_{t-1} + \alpha (1-\alpha) Y_{t-2} + \alpha (1-\alpha)^2 Y_{t-3} + \dots \} \quad (2.13)$$

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) F_t \quad (2.14)$$

Bu bakımdan  $F_{t+1}$  değeri yinelenerek  $F_t$  değerinden hesaplanabilmektedir. Yinelenen eşitlik  $t = 1$  olduğunda  $F_1$ 'in tahmini atlanarak başlatılır ve  $t = 2$ 'nin tahmini ise  $t = 1$ 'deki gerçek veriye eşit olarak alınır bu da  $F_2 = Y_1$  olarak yazılır<sup>(49)</sup>.

Eşitlik 2.14'ün bir başka ifadesi ise Eşitlik 2.15'de gösterilmiştir.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \quad (2.15)$$

Eşitlik 2.15’de görüleceği gibi Tek Üssel Düzeltme Yöntemi’nde, içinde bulunulan dönem için tahmin değeri, bir önceki tahmini talep değerine, bir önceki dönemde yapılan tahmin hatasının (gerçekleşen talep – tahmini talep) eklenmesiyle bulunur.

Tek Üssel Düzeltme Yöntemi’nde kullanılan  $\alpha$  katsayısı, gerekli verilerin miktarının önemli ölçüde azaltmaktadır. Artık Hareketli Ortalamalar Yöntemi’nde olduğu gibi ortalamaya dahil edilen dönem sayısı kadar veriye ihtiyaç kalmamakta, içinde bulunulan dönemin tahmin değerini elde etmek için, sadece bir önceki dönemin gerçekleşen ve tahmini talep değerlerinin bilinmesi yeterli olmaktadır.

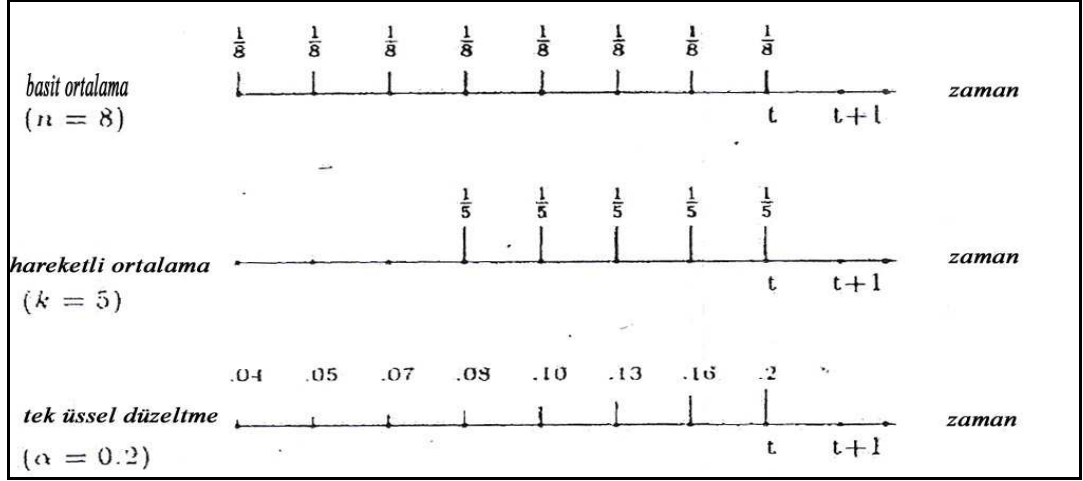
Şekil 2.16 ortalamaların farklı yöntemler için etkilerini göstermektedir. Şekil 2.16’da görüldüğü gibi ortalamaların etkisi baştan itibaren vardır. Hareketli ortalamada  $k$  değişkeni ile en son  $k$  kadar grubun ortalaması hesaba katılmaktadır. Tek Üssel Düzeltme Yöntemi’nde ise geriye doğru verilerin etkisi azaltılmaktadır.

Düzeltme sabiti  $\alpha$ ’nın seçimi gelecekteki tahminler için çok önemlidir. Çizelge 2.1 ise farklı  $\alpha$  değerleri için geçmiş gözlemlere verilen ağırlık katsayı değerlerini göstermektedir.

Düzeltme sabiti  $\alpha$ ’nın büyük bir değer alması son gözlemlerin taşıyacağı ağırlığın daha fazla olması demektir.  $\alpha$ ’nın 0’a yaklaştırılmasıyla bir önceki dönemde yapılan hatanın göz önüne alınmamasını sağlayacaktır.

$\alpha$ ’nın düşük değerleri, Hareketli Ortalamalar Yöntemi’nde ortalamaya alınan dönem sayısının yükseltilmesiyle ve Naive Yöntemi ile eşdeğer bir etki yaratır<sup>(1)</sup>.  $\alpha$ ’nın küçük değerleri, ürün talebi oldukça kararlıysa, yani, verilerde konjonktürel ve trend şeklinde dalgalanmalar söz konusu değilse; buna karşılık tesadüfi

dalgalanmalar fazla ise, daha doğru sonuçlar verecektir<sup>(52)</sup>. Diğer taraftan, talebin etkileyen düzende değişimler olduğu düşünülmemekte ise, talepteki dalgalanmaların yansıtılmasının gerekli olduğu düşünülür. Böyle durumlarda da  $\alpha$  değerinin yüksek tutulması uygun olmaktadır.



Şekil 2.16 Ortalamaların farklı yöntemler üzerindeki etkisi<sup>(46)</sup>

Çizelge 2.1 Farklı  $\alpha$  sabitleri ile geçmişe verilen ağırlıklar

Gözlem Değerleri	$\alpha=0,2$	$\alpha=0,4$	$\alpha=0,6$	$\alpha=0,8$
$Y_t$	0,2	0,4	0,6	0,8
$Y_{t-1}$	0,16	0,24	0,24	0,16
$Y_{t-2}$	0,128	0,144	0,096	0,032
$Y_{t-3}$	0,1024	0,0864	0,0384	0,0064
$Y_{t-4}$	$(0,2)(0,8)^4$	$(0,4)(0,6)^4$	$(0,6)(0,4)^4$	$(0,8)(0,2)^4$

### 2.14.3.2. Holt'un Doğrusal Yöntemi ( Holt's Linear Method )

Daha önce anlatılan tahmin yöntemlerinde, talebin sabit ve ortalama etrafında rassal olarak beliren değişimlerin olduğu varsayılmıştır. Ancak talepte azalma veya artma eğiliminde bir trend söz konusu olabilir. Trendi belirlemek için ilk aşamada yeni temel bir düzey oluşturmak veya bir doğru elde edebilmek için üssel düzeltim

yapılır. Bu işlem rassal dalgalanmaları düzgünleştirecektir. Temel değer Eşitlik 2.16'da ki gibi hesaplanır<sup>(51)</sup>:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.16)$$

Eşitlik 2.16'da:

$t$  = dönem

$L_t$  =  $t$  dönemi için temel değer

$L_{t-1}$  =  $t-1$  dönemi için temel değer

$Y_t$  =  $t$  döneminde gerçekleşen gözlem değeri

$\alpha$  = temel değer düzeltme katsayısı ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$b_{t-1}$  =  $t-1$  dönem trend değeridir.

Eşitlik 2.16'da da bir önceki dönemin düzeltilmiş değerine ( $L_{t-1}$ ), bir önceki dönemin trendi eklenerek  $t$  dönemi için bir temel değer ( $L_t$ ) oluşturulmaktadır. Böylece  $t$  dönemi temel değeri, gözlenen en son veri değerine yaklaşmaktadır. Eşitlik 2.16 için gerekli olan trend değerinin hesaplanması için kullanılan eşitlik ise Eşitlik 2.17 gösterilmiştir:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.17)$$

Eşitlik 2.17'de:

$b_t$  =  $t$  dönemi trend değeri

$\beta$  = trend için düzeltme katsayısıdır ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

Eşitlik 2.17'de ise son iki düzeltilmiş değer arasındaki fark kullanılarak trend belirlenmektedir. Trend belirlemek için bu yaklaşım uygundur çünkü seride bir trend

olması halinde en son veri bir önceki veriden daha küçük ya da daha büyük olacaktır. Bu farkların bazı rassal dalgalanmalardan oluşabileceği düşüncesi ile son iki veri değeri arasındaki fark kullanılarak bulunan bu trend değeri,  $\beta$  sabiti ile düzenlenir. Eşitlik 2.16 Tek Üssel Düzeltme Yöntemi eşitliğine benzemektedir ancak burada ondan farklı olarak trend ayarlaması yapılmıştır. İkinci bir  $\beta$  sabiti kullanan trend ayarlamalı Holt'un Doğrusal Yöntemi'ndeki bu katsayı  $\alpha$  sabitine benzemektedir.  $\beta$  değeri, trende göre üssel düzeltmenin ne ölçüde en son tahmin değerlerinin farkına ( $L_t - L_{t-1}$ ), ne ölçüde önceki trende ( $b_{t-1}$ ) dayalı olduğunu belirler. Düşük  $\beta$  değeri, trendin daha fazla düzeltilmesini sağlar ve iyi oluşmuş bir trend olmaması durumunda yararlıdır. Yüksek  $\beta$  değeri en son trende daha fazla ağırlık verir ve trenddeki son değişikliklere karşı duyarlıdır<sup>(47)</sup>.

Temel değerlerin ve trend değerlerinin hesaplanmasından sonra, geleceğe ait dönemler için tahmin oluşturmakta kullanılan eşitlik Eşitlik 2.18'de gösterilmiştir.

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (2.18)$$

Eşitlik 2.18'de:

$F_{t+m} = m$  dönem sonraki trend ayarlamalı tahmin değeri

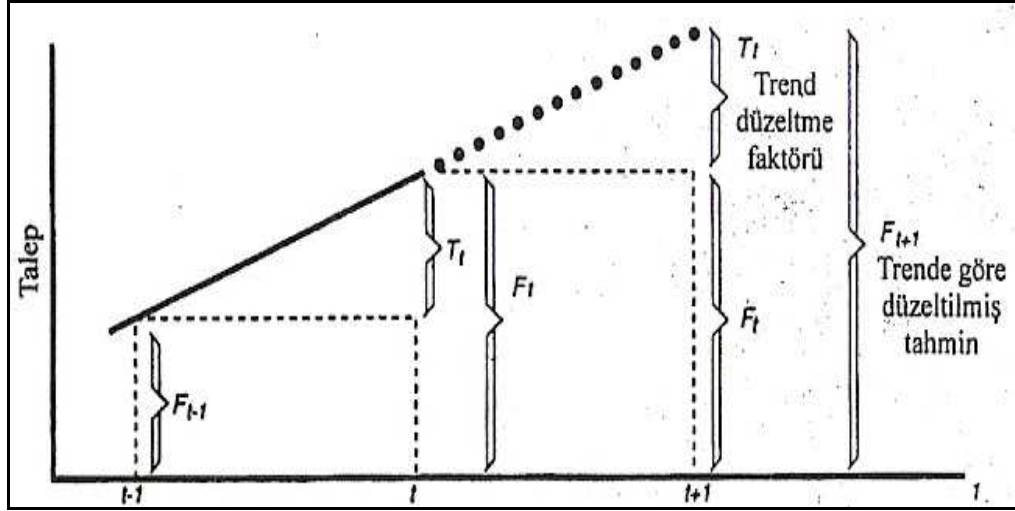
$m =$  tahmini yapılacak ileri bir dönemin dönem numarası

Holt'un Doğrusal Yöntemi'nin en son trende göre ayarlamış tahmin değerlerini bulmak için kullandığı trend ayarlaması işlemi Şekil 2.17'de görülmektedir.

Holt'un Doğrusal Yöntemi'ni kullanarak tahminlerin oluşturulmasına çalışılırken, başlangıçta iki değere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerler ilk temel değer ( $L_1$ ) ve ilk trend değeridir ( $b_1$ ). İlk alternatif ilk gözlem değerini ( $Y_1$ ) ilk temel değere



eşitlemek, ilk trend değerini de ikinci ve ilk gözlem değeri arasındaki farka ( $Y_2 - Y_1$ ) veya ilk birkaç gözlemin ortalamasına eşitlemektir. Diğer bir alternatif ise ilk temel değer ve trend değerlerinin En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak belirlenmesidir.



Şekil 2.17 Trend içeren serilerde trend ayarlaması grafiği<sup>(47)</sup>

Holt'un Doğrusal Yöntemi aynı zamanda Çift Üssel Düzeltme Yöntemi (Double Exponential Smoothing Method) ve Düzeltmiş Üssel Düzeltme Yöntemi olarak ta adlandırılmaktadır.  $\alpha$  sabitinin  $\beta$  sabitine eşit olduğu durumlar için bu yöntem, Brown'un Çift Üssel Düzeltme Yöntemi (Brown's Double Exponential Smoothing Method) olarak adlandırılmaktadır<sup>(46)</sup>.

### 2.14.3.3. Holt-Winters Yöntemi

Daha önce anlatılan yöntemlerde (ortalamalar ve üssel düzeltme yöntemleri) mevsimsel olmayan veriler ile işlemler yapılmaktadır. Zaman serisinde mevsimsel bir etki olduğu durumlarda bu yöntemler uygun sonuçlar vermemektedir.

Holt'un Doğrusal Yöntemi, mevsimselliğinde modele eklenmesiyle Winters tarafından geliştirilmiştir ve mevsimsel veriler için uygun hale getirilmiştir.

Holt-Winters Yöntemi üç temel düzeltme eşitliğine sahiptir. Temel, trend ve

mevsimsellik için olan bu üç düzeltme sabiti ile yapılan düzeltmeler, Holt'un Doğrusal Yöntemi'ne benzer olarak tek toplam eşitlikte toplanarak mevsimsellik eşitliği elde etmektedir. Uygulamada iki farklı Holt-Winters yöntemi bulunmaktadır. Bunlar çarpımlı dönemsellik ve toplamı dönemselliktir<sup>(46)</sup>.

#### 2.14.3.3.1. Çarpımlı Dönemsellik (Multiplicative Seasonality)

Holt-Winters Çarpımlı Dönemsellik Yöntemi'nde kullanılan temel eşitlikler Eşitlik 2.19, Eşitlik 2.20, Eşitlik 2.21 ve Eşitlik 2.22'de gösterilmiştir:

$$\text{Temel: } L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.19)$$

$$\text{Trend: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.20)$$

$$\text{Mevsimsel: } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.21)$$

$$\text{Tahmin: } F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m} \quad (2.22)$$

Eşitlik 2.19, 2.20, 2.21 ve 2.22'de:

$s$  = sezonun uzunluğu

$S_t$  =  $t$  dönemine ait mevsimsel indeks

$t$  = dönem

$L_t$  =  $t$  dönemi için temel değer

$L_{t-1}$  =  $t-1$  dönemi için temel değer

$Y_t$  =  $t$  döneminde gerçekleşen gözlem değeri

$\alpha$  = temel değer düzeltme katsayısı ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$b_{t-1}$  =  $t-1$  dönem trend değeri

$b_t$  =  $t$  dönemi trend değeri

$\beta$  = trend için düzeltme katsayısıdır ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$\gamma$  = mevsimsel indeksler için düzeltme katsayısı ( $0 \leq \gamma \leq 1$ )

$F_{t+m}$  =  $m$  dönem sonraki trend ve mevsimsel ayarlamalı tahmin değeri

$m$  = tahmini yapılacak ileri bir dönemin dönem numarasıdır.

Holt-Winters Yönteminde de Holt'un Doğrusal Yöntemi'nde olduğu gibi başlangıç değerlerine ihtiyaç duyulur. İhtiyaç duyulan bu değerler, temel değerlerin ( $L_t$ ), trend değerlerinin ( $b_t$ ), mevsimsel indeks değerlerinin ( $S_t$ ) başlangıç değerleridir. Mevsimsel indeksin hesaplanmasında, en az, tamamlanmış bir mevsimlik veriye ihtiyaç duyulur ve böylece  $s$  uzunluğundaki mevsimin temel ve trend değerlerini hesaplayabiliriz. Temel değer, birinci mevsim değerlerinin ortalamaları alınarak Eşitlik 2.23'de ki gibi bulunur:

$$L_s = \frac{1}{s}(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s) \quad (2.23)$$

Burada mevsimdeki verilerin hareketli ortalamaları alınacak ve verilerdeki mevsimsellik elimine edilecektir. Başlangıç trendi, tamamlanmış iki mevsim dönemi kullanarak bulunmaktadır. Trend ve mevsimsel indeks değerleri Eşitlik 2.24 ve Eşitlik 2.25'de gösterildiği gibi bulunmaktadır:

$$b_s = \frac{1}{s} \left[ \frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s}}{s} \right] \quad (2.24)$$

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, \quad S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \quad \dots \quad S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (2.25)$$

#### 2.14.3.3.2. Toplamlı Dönemsellik ( Additive Seasonality )

Mevsimsel bileşenler içeren bu ikinci yöntemin kullanımı pek yaygın değildir. Holt-Winters Toplamlı Dönemsellik Yöntemi'nde Eşitlik 2.26, Eşitlik 2.27, Eşitlik 2.28 ve Eşitlik 2.29 kullanılmaktadır:

$$\text{Temel: } L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.26)$$

$$\text{Trend: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (2.27)$$

$$\text{Mevsimsel: } S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-s} \quad (2.28)$$

$$\text{Tahmin: } F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (2.29)$$

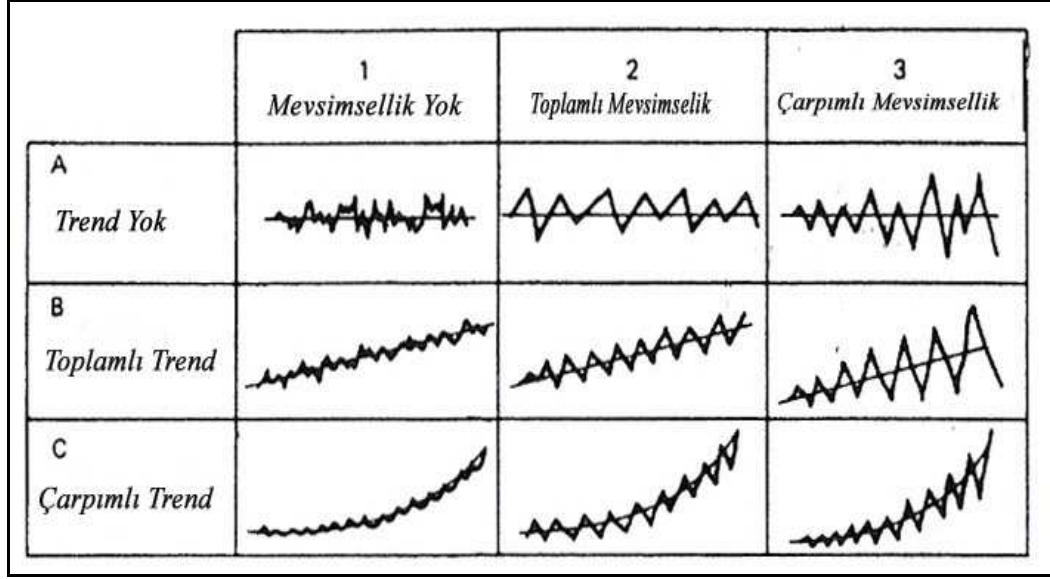
Eşitlik 2.26, 2.27, 2.28 ve 2.29'da kullanılan ifadeler Çarpımlı Dönemsellik Yönteminde kullanılan ifadelerin aynısıdır. Hesaplamaların Çarpımlı Dönemsellik Yöntemi hesaplamalarından farkı, mevsimsel indekslerin bulunmasında oranlama yerine ekleme ve çıkartma işlemlerinin uygulanmasıdır.

Toplamlı Dönemsellik Yöntemi'nde  $L_s$  ve  $b_s$  başlangıç değerleri Çarpımsal Dönemsellik Yöntemi'nde hesaplandığı şekilde hesaplanır. Sadece mevsimsel indekslerin hesaplanmasında farklılık ortaya çıkmaktadır.

$$S_1=Y_1-L_s, S_2=Y_2-L_s, \dots, S_s=Y_s-L_s \quad (2.30)$$

#### 2.14.3.4. Pegel'in Sınıflandırması

Üssel Düzeltmeler Yöntemi'ndeki diğer bir yöntemde, doğrusal ve doğrusal olmayan serileri, trend yada mevsimsel dalgalanmalar içerip içermedikleri göz önünden bulundurarak bir sınıflandırmaya tabi tutmaktır. Pegel'in yaptığı bu sınıflandırma Şekil 2.18'de gösterilmiştir.



Şekil 2.18 Pegel'in sınıflandırdığı zaman serileri<sup>(46)</sup>

Pegel'in sınıflandırdığı Üssel Düzeltme Yöntemleri'nin gösterildiği Şekil 2.18'de bulunan sınıflardan her biri, tahmin işlemini gerçekleştirirken, farklı bir Üssel Düzeltme Yöntemi'ni ya da farklı değerlerdeki sabitleri kullanmaktadır. Örneğin A-1 hücresi Tek Üssel Düzeltme Yöntemi'ni, B-1 hücresi Holt'un Doğrusal Yöntemi'ni, B-2 Holt-Winters Toplamlı Dönemsellik Yöntemi'ni, B-3 hücresi ise Holt-Winters Çarpımsal Dönemsellik Yöntemi'ni belirtmekte ve hesaplamalarda bu yöntemlere ait eşitlikleri kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Pegel'in sınıflandırmasından yararlanarak uygulanacak toplam dokuz Üssel Düzeltme Yöntemi'nde Eşitlik 2.31, Eşitlik 2.32 ve Eşitlik 2.33 kullanılmaktadır:

$$\text{Temel: } L_t = \alpha P_t + (1 - \alpha)Q_t \quad (2.31)$$

$$\text{Trend: } b_t = \beta R_t + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.32)$$

$$\text{Mevsimsel: } S_t = \gamma T_t + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.33)$$

Eşitlik 2.31, 2.32 ve 2.33'deki  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  ve  $T$  Üssel Düzeltme Yöntemi hesaplamaları için kullanılan verilerdir. Bu ifadelerin değerlerini ve  $m$  dönem ilerisi

için talep tahmin değerlerini hesaplayan eşitlikler Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

C-3 hücresi ise içerisinde hem çarpımlı trend hem de çarpımlı dönemsellik bulunduran bir zaman serisini belirtmekte ve bu serinin kullanılarak ileriye dönük tahminlerin yapılması için kullanılan dönüşüm ve tahmin eşitlikleri Eşitlik 2.34, 2.35, 2.36 ve 2.37'de gösterilmiştir:

$$\text{Temel: } L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)L_{t-1}b_{t-1} \quad (2.34)$$

$$\text{Trend: } b_t = \beta \left( \frac{L_t}{L_{t-1}} \right) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (2.35)$$

$$\text{Mevsimsel: } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s} \quad (2.36)$$

$$\text{Tahmin: } F_{t+m} = L_t + b_t^m S_{t-s+m} \quad (2.37)$$

#### 2.14.4. Trend analiz

Geçmişin uzantısı kategorisi altında incelenecek bir tahmin yöntemi de, geçmiş gözlemler veri setine bir eğri (doğru) uyduracak ve tahmin amacı için bunu geleceğe uzatacak bir matematiksel olaydır. Bu yöntemin temeli; geçmiş dönemlerdeki gerçekleşen taleplerin göz önünde bulundurularak geleceğe ilişkin talep oluşumu üzerinde tahmin yapılmasına dayanır. Geçmişteki tüm koşulların gelecekte de sürmesi beklenen durumlarda, bu yöntem oldukça sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Trend, bir olayın zamanın işlevi olarak gelişmesidir. Başka bir deyişle, olayın bağlı olduğu temel ve yapısal nedenler ona uzunca dönem için belirli bir yön verirler ki buna trend denir. Trend bir doğru olabileceği gibi, istatistik olayın niteliğine göre, eğri de olabilir. Ancak ekonomik ve teknik koşullar için değişmelerin görülmesi durumunda, yöntemin kullanımı ile yapılacak tahminde ortaya çıkacak değişmeler

**Çizelge 2.2** Pegel'in sınıflandırılmasında kullanılan tahmin ve hesaplama formülleri

Trend	Mevsimsel Bileşen		
	1(yok)	2 (toplamlı)	3 (çarpımlı)
A (yok)	$P_t = Y_t$ $Q_t = L_{t-1}$ $F_{t+m} = L_t$	$P_t = Y_t - S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1}$ $T_t = Y_t - L_t$ $F_{t+m} = L_t + S_{t+m-s}$	$P_t = Y_t / S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1}$ $T_t = Y_t / L_t$ $F_{t+m} = L_t S_{t+m-s}$
B (toplamlı)	$P_t = Y_t$ $Q_t = L_{t-1} + b_{t-1}$ $R_t = L_t - L_{t-1}$ $F_{t+m} = L_t + mb_t$	$P_t = Y_t - S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1} + b_{t-1}$ $R_t = L_t - L_{t-1}$ $T_t = Y_t - L_t$ $F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s}$	$P_t = Y_t / S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1} + b_{t-1}$ $R_t = L_t - L_{t-1}$ $T_t = Y_t / L_t$ $F_{t+m} = (L_t + mb_t) S_{t+m-s}$
C (çarpımlı)	$P_t = Y_t$ $Q_t = L_{t-1} b_{t-1}$ $R_t = L_t / L_{t-1}$ $F_{t+m} = L_t b_t^m$	$P_t = Y_t - S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1} b_{t-1}$ $R_t = L_t / L_{t-1}$ $T_t = Y_t - L_t$ $F_{t+m} = L_t b_t^m + S_{t+m-s}$	$P_t = Y_t / S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1} b_{t-1}$ $R_t = L_t / L_{t-1}$ $T_t = Y_t / L_t$ $F_{t+m} = L_t m b_t^m S_{t+m-s}$

göz önünde bulundurularak gerekli düzeltmelere yer verilmesi gerekir. Yoksa değişikliklere uyum sağlamayan tahminlerin, beklenen gerçeklerden çok uzak düşeceği belirtilebilir. Talep tahmininde trend analizinden yararlanılması iki fikre dayanmaktadır;

1. Geçmişe ait olan veriler düzenli bir gelişme göstermektedir. Veriler belirli bir doğru ya da eğri üzerinde sıralanmaktadır.
2. Gelecek, geçmişin bir uzantısıdır. Verilerin gelecekteki seyrini tahmin edilirken doru ya da eğrinin bir önceki şekilde olacağı varsayılır. Bu durumda, trend ve trendin ait olduğu değişken zamanın bir fonksiyonu olarak kabul edilir.

Trend Analizi Yöntemi'nde, önce geçmiş dönemlerdeki türlü çalışma düzeylerinde gerçekleşen satışlar birer nokta durumunda bir grafik üzerinde gösterilir. Bu grafik analiz edilerek, noktaların doğrusal bir fonksiyon ile mi, yoksa eğrisel bir fonksiyon ile mi en iyi biçimde temsil edileceği önceden saptanmış olur. Bundan sonra, aşağıdaki teknik yöntemlerden biri kullanılmak suretiyle tahmin denklemi kurulabilir. Trend hesaplama yöntemleri üç ana grup altında incelenebilir. Bu yöntemler aşağıda belirtildiği gibi gruplandırılabilir<sup>(51)</sup>;

1. Elle Çizme Yöntemi
2. Yarım Ortalama Yöntemi
3. En Küçük Kareler Yöntemi

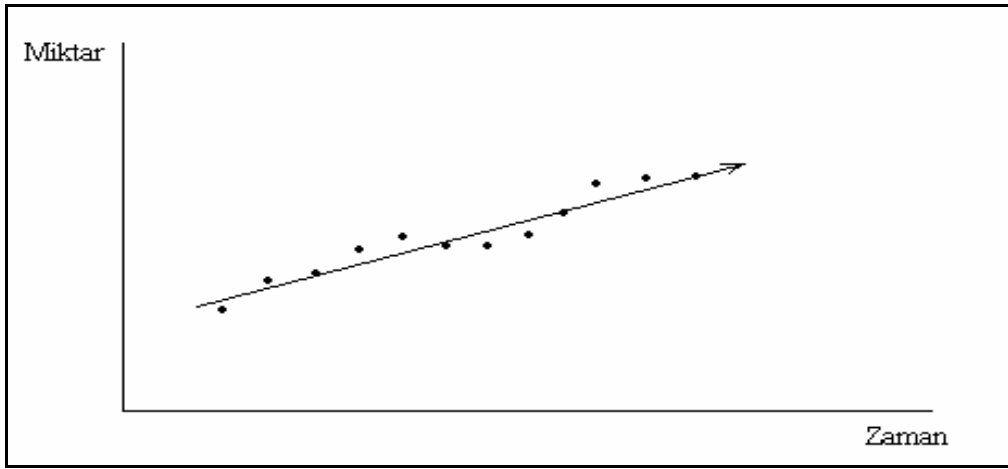
#### **2.14.4.1. Elle Çizme Yöntemi**

Elle Çizme Yöntemi'nde, saptanmış olan noktalar arasından bir eğri/doğru geçirilir. Eğri ya da doğru çizilirken; noktaların eğrinin iki yanında aynı oranda



dağılım gösterecek biçimde olmasına özen gösterilir. Bundan sonra çizilen eğriye ilişkin eşitlik hesaplanır<sup>(51)</sup>.

Bu yöntem hesaplamada kolaylık göstermesine rağmen objektif olmamaktadır. Aynı verilere ait farklı kişiler tarafından çizilen ve en doğru olduğu düşünülen doğru ya da eğriler farklı olabilmektedir. Yalnızca kabaca yapılması yeterli görülen bir tahmin kararı için, basit ve sade bir yöntemdir.

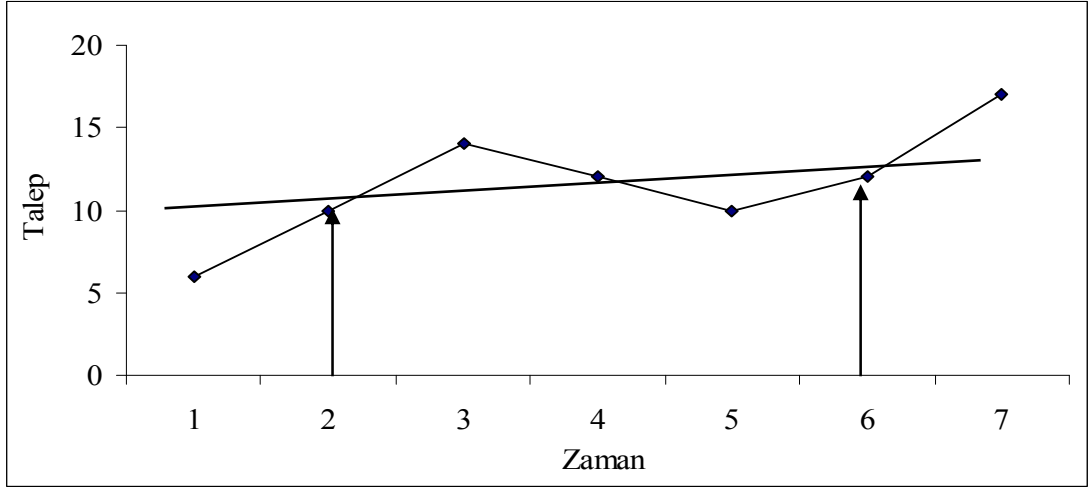


Şekil 2.19 Elle çizme yöntemi grafiği<sup>(29)</sup>

#### 2.14.4.2. Yarım Ortalama Yöntemi

Bu metoda göre inceleme konusu olan zaman serisi gözlem sayısı itibarıyla iki eşit kısma bölünür ve her kısımdaki gözlemler için birer aritmetik ortalama hesaplanır. Bu ortalama değerleri grafiğe işaretlendikten sonra araları bir doğru ile birleştirilerek bir trend doğrusu elde edilir.

İncelenen örneğin (serinin) gözlem sayısının tek veya çift sayıda olmasına göre yapılan işlem değişiklik gösterir. Seri çift sayılı ise, seri eşit olarak tam ortadan iki parçaya ayrılır. Seri tek sayılı ise, tam ortadaki eleman dikkate alınmadan seri iki eşit parçaya ayrılır<sup>(53)</sup>.



Şekil 2.20 Yarımlama yöntemi grafiği<sup>(53)</sup>

Yarımlama yönteminin dezavantajları<sup>(54)</sup>;

2. Yöntem trendin doğrusal varsayımına dayandırılmaktadır ancak trend doğrusal olmayabilir.
3. Serinin her iki kısmında mevsimsel dalgalanmaların etkisinin aynı olduğu varsayılmaktadır. Zaman serilerinde bu durum çoğu zaman gerçeğe uymayabilir.

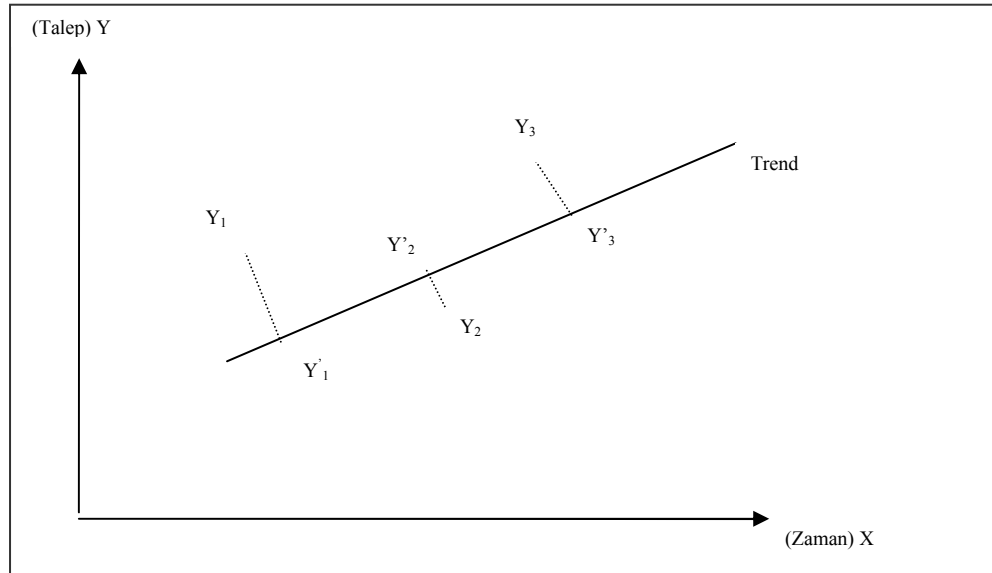
#### 2.14.4.3. En Küçük Kareler (Regresyon) Yöntemi

Regresyon yönteminde, iki değişken arasında bir ilişki olduğunu kabul edilerek, değişkenlerden birinin bağımsız (bağımsız değişken) aldığı değer karşısında diğerinin (bağımlı değişken) alacağı değer hesaplanarak tahminde bulunmaktadır.

Kantitatif modellerdeki parametrelerin tayininde kullanılan yaygın, pratik ve güçlü bir tahmin metodudur<sup>(55)</sup>. Modelin bilinmeyen parametrelerini tahmine izin verir. Trendi hesaplamak için çok uygun bir yöntemdir<sup>(56)</sup>.

Gerçek gözlem noktalarına en iyi uyan doğru ya da eğrinin yerleştirilmesinde

objektif bir yöntem olarak, en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. En küçük kareler, veri noktalarına bir doğru ya da eğri oturtulmasını sağlayan matematiksel bir yöntemdir. Bu noktalara en iyi oturan doğru ya da eğrinin özelliği; tüm dikey sapmaların toplamının (tahmin hatasının) sıfıra eşitlemesi ve tüm dikey sapmaların karelerinin toplamını minimize etmiş olmasıdır. Bu yöntemle elde edilen doğru denklemi, bağımlı değişken değerlerinin hesaplanmasında kullanılabilir en iyi doğrudur. Başka bir deyişle, diğer herhangi bir doğruya kıyasla, işaretli noktalar arasına en iyi oturan doğru olma özelliğini taşımaktadır.



**Şekil 2.21** En küçük kareler yöntemi<sup>(42)</sup>

Trendin tespitinde yaygınla kullanılan bu yöntemin esası zaman ile gözlem sonuçları arasında fonksiyonel bir ilişki kurmaktır. Bu fonksiyonel ilişki doğrusal veya eğrisel olabilir. En Küçük Kareler Yöntemi'nin uygulanması için, eldeki zaman serisinin grafiği çizilerek bu grafiğin gelişme yönüne en uygun fonksiyon tipi seçilir. Sonra bu fonksiyon tipinin gözlem sonuçlarından en az ayrılan eşitliği bulunur. Fonksiyon tipinin seçiminde ele alınması gereken hususlar şunlardır<sup>(42)</sup>:

1. Gelişme yönünü değiştirmeyen, devamlı olarak artma ve azalma eğilimi

gösteren serilerden, artış veya azalış aşağı-yukarı sabit görünenlere doğru fonksiyonu ( $Y = a + bx$ ), artış ve azalış oranı sabit gibi görünenlere üstel fonksiyon ( $Y = ab^x$ ) uygundur.

2. Grafiğin seyrinde bir yön değiştirme, mesela önce bir yükselme, sonra bir alçalma varsa doğru ve üstel fonksiyon esas tutulmaz. Bunlar yerine şekli böyle bir değişimi yansıtmaya elverişli olan parabol fonksiyonu ( $Y = a + bx + cx^2$ ) seçmek gerekir.

3. Gözlem sonuçlarına göre çizilen grafik iki esaslı kıvrılma görülüyorsa, mesela eğri önce yükselirken sonra alçalıyor, artınca yine yükseliyorsa, kübik fonksiyon ( $Y = a + bx + cx^2 + dx^3$ ) kullanılır.

4. Üçüncü dereceden daha yüksek fonksiyonlu kullanılamaz.

Bağımsız değişken  $X$  ile bağımlı değişken  $Y$  arasındaki genel regresyon eşitliği;

$$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_nx^n + \varepsilon \quad (2.38)$$

şeklinde yazılır. Burada  $b_0, b_1, \dots, b_n$  bilinmeyen parametrelerdir. Rasgele hata olan  $\varepsilon$ , sıfır ortalama ve sabit standart sapmaya sahiptir. Regresyon modelinin en basiti, bağımlı değişkenin zaman içerisinde doğrusal olarak değiştiğinin varsayıldığı modelidir. Bu modelin matematiksel ifadesi;

$$Y' = a + bx \quad (2.39)$$

olarak tanımlanır.  $a$  ve  $b$  sabitleri, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki farkların karesinin toplamını minimum kılmaya çalışan en küçük kareler yöntemi esas alınarak, zaman serisi verilerinin kendisinden elde edilir.  $(Y_i, X_i)$ , zaman serisini

gösteren verinin  $i$ . noktasını gösteriyorsa ve

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad (2.40)$$

gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki sapmaların karesinin toplamı

olarak tanımlanırsa,  $S = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$  şeklindeki fonksiyonu minimum bulmak

için  $a$  ve  $b$ 'ye göre kısmi türevini almak ve bunları sıfıra eşitlemek zorunluluğu doğar. Kısmi türevleri  $a$  ve  $b$ 'ye göre almamızın sebebi  $S$ 'nin  $a$  ve  $b$  gibi iki değişken fonksiyonunun olmasıdır<sup>(49)</sup>.

Burada Eşitlik 2.40 ve Eşitlik 2.41 göz önünde bulundurulmalıdır;

$$\frac{\delta^2 S}{\delta a^2} = 2n > 0 \quad (2.41)$$

$$\frac{\delta^2 S}{\delta b^2} = 2 \sum x^2 > 0$$

Yani ikinci kısmi türevleri de pozitifdir. Hesaplama adımlarında kullanılan eşitlikler Eşitlik 2.42'de toplu halde gösterilmiştir.

$$S = \sum (Y - a - bx)^2$$

$$\frac{d^2}{da} = 2 \sum (Y - a - bx)(-1) = 0$$

$$2 \sum (-Y + a + bx) = 0$$

$$\sum (-Y + a + bx) = 0$$

$$-\sum Y + na + b \sum x = 0$$

$$\sum Y = na + b \sum x \quad (2.42)$$

$$\frac{d^2}{db} = 2\Sigma(Y - a - bx)(-x) = 0$$

$$2\Sigma(-XY + ax + bx^2) = 0$$

$$\Sigma(-XY + ax + bx^2) = 0$$

$$-\Sigma XY + a\Sigma x + b\Sigma x^2 = 0$$

$$\Sigma XY = a\Sigma x + b\Sigma x^2$$

En son elde edilen eşitliği pratik olarak şu şekilde bulabiliriz. İlk olarak, veri sayısı kadar olmak üzere Eşitlik 2.43, Eşitlik 2.44 ve Eşitlik 2.45'i yazalım.

$$Y_1 = a + bx_1 \quad (2.43)$$

$$Y_2 = a + bx_2 \quad (2.44)$$

$$\begin{array}{c} \cdot \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \\ Y_n = a + bx_n \end{array} \quad (2.45)$$

Eşitlik 2.43, 2.44 ve 2.45'i taraf tarafa topladığımızda;

$$\Sigma Y = na + b\Sigma x \quad (2.46)$$

Eşitlik 2.46 elde edilir. Bu defa Eşitlik 2.43, 2.44 ve 2.45'in her birini kendi  $x$  değeri ile çarpalım:

$$X_1 Y_1 = ax_1 + b x_1^2 \quad (2.47)$$

$$X_2 Y_2 = ax_2 + b x_2^2 \quad (2.48)$$

$$X_n Y_n = ax_n + b x_n^2 \quad (2.49)$$

Elde ettiğimiz Eşitlik 2.47, 2.48 ve 2.49'u taraf tarafa topladığımızda ise:

$$\Sigma XY = a\Sigma x + b\Sigma x^2 \quad (2.50)$$

Eşitlik 2.50'ye ulaşılır.

Eşitlik 2.42 – Eşitlik 2.50 eşitlikleri doğru fonksiyonuna ait normal denklemlerdir. Parabol fonksiyonu ile kübik ve üstel fonksiyonları ilişkin normal eşitliklerde de aynı şekilde bulunabilir.

Doğru fonksiyonuna ilişkin normal eşitlikler Eşitlik 2.51 ve Eşitlik 2.52'de gösterilmiştir:

$$\Sigma XY = na + b\Sigma x \quad (2.51)$$

$$\Sigma XY = a\Sigma x + b\Sigma x^2 \quad (2.52)$$

Eşitlik 2.51 ve Eşitlik 2.52'den  $a$  ve  $b$  katsayıları elde edilir:

$$a = \frac{\Sigma Y - b\Sigma x}{n} \quad (2.53)$$

$$b = \frac{n\Sigma XY - \Sigma Y.\Sigma X}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \quad (2.54)$$

Eşitlik 2.53 ve Eşitlik 2.54'te yer alan  $Y$ 'ler gözlem sonuçlarını  $X$ 'ler yılları,  $n$ 'ler ise gözlem sayısını ifade eder.  $X$ 'lerin, 1991–1992 gibi rakamlarla ifade etme zorunluluğu yoktur. Yıllar yerine 0 veya 1 ile başlayan ve aralarındaki farklar korunarak değerleri buna göre düzenlenen rakamlar yazılabilir<sup>(36)</sup>.

#### **2.14.4.3.1. Tahminin Standart Hatası**

Bir zaman serisinin En Küçük Kareler Yöntemi ile bulunan trendi, gözlem sonuçlarının arasından geçer. Dolayısıyla genellikle  $Y = Y'$  dür. Gözlem sonuçları ile teorik değerler arasındaki farka tahmin hataları adı verilir. Tahmin hatalarının ortalama bir ölçüsü, standart sapmaya benzer şekilde elde edilebilir.

$$S_y = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y')^2}{n}} \quad (2.55)$$

Tahminin standart hatasına ilişkin Eşitlik 2.55'ten  $n > 30$  olduğunda yararlanılır. Buna karşılık  $n < 30$  olduğunda eşitlikte değişiklik yapmamız gerekir. Serbestlik kavramı ile açıklanabilecek bu değişiklik,  $k$  tahmin edilen parametre sayısını belirtmek üzere, eşitliklerde  $n$  yerine  $n-k$  konulması suretiyle gerçekleşir. Böylece trendin doğrusal olması halinde oluşacak yeni eşitlik Eşitlik 2.56'da belirtilmiştir:

$$S_y = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y')^2}{n-2}} \quad (2.56)$$

Ayrıca ikinci dereceden trend eşitliği söz konusu olduğunda ise eşitlik, Eşitlik 2.57'de gösterildiği gibi oluşturulur;

$$S_y = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y')^2}{n-3}} \quad (2.57)$$

Fonksiyon tipi seçilirken zaman serisinin düzgün bir grafiği çizilir ve bu grafiğin genel gidişinin bir doğruya mı yoksa eğriye mi uyduğu, eğriye uygun ise derecesinin ne olduğu konusunda karar verilir<sup>(42)</sup>.

#### 2.14.4.3.2. Determinasyon ve Korelasyon

Determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) belirginlik katsayısıdır, tahminin bütünlük ile güçlülüğünü ölçer. Bağımlı değişkenlerdeki değişmelerin modeldeki açıklayıcı değişkenlerdeki değişmeler ile açıklanabilme oranını verir.

Bu katsayı, açıklayıcı değişkenlerin doğrusal etkisi tarafından açıklanan bağımlı değişkenin varyansının toplam varyansa oranıdır ve  $0 < R^2 < 1$  söz konusudur.



Açıklayıcı değişken sayısı arttıkça  $R^2$  artacak ve 1'e yaklaşacaktır. Determinasyon katsayısının hesaplanması Eşitlik 2.58'deki gibidir<sup>(56)</sup>;

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n Y_i^2} \quad (2.58)$$

Korelasyon çalışmasıyla; bağımlı ile bağımsız değişken arasında, veriler doğrultusunda ne derece sıkı bir ilişki bulunduğu ortaya çıkarılır.

İncelenecek ilişkinin yönünün, derecesinin ve anlamlılığının tayini korelasyon ile mümkündür<sup>(53)</sup>. İki olayın değişimlerinde ne dereceye kadar uygunluk olduğunu belirler. Korelasyon katsayısı ( $R$ ), birden fazla açıklayıcı değişken olduğunda, açıklanan değişken ile açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini izah eder<sup>(36)</sup>.

Korelasyon katsayısının hesabı determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) ile bağımlıdır. Hesaplanmış olan determinasyon katsayısı  $R^2$  değerinin karekökü alındığında elde edilen yeni değer korelasyon katsayısıdır. Korelasyon katsayısının hesaplanması eşitlikleri Eşitlik 2.59, Eşitlik 2.60 ve Eşitlik 2.71'de gösterilmiştir;

$$R = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n Y_i^2}} \quad (2.59)$$

$$R = \pm \sqrt{\frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2} \cdot \sqrt{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}}} \quad (2.60)$$

$$R = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y})^2}} \quad (2.61)$$

Tüm korelasyon katsayıları veri sayısı arttıkça daha güvenilir sonuçlar verirler. Bu katsayılar iki değişkenin birbirinden etkilendiğini gösterir ancak hangisinin diğerini etkilediğini belirleyemezler.

Katsayının değeri +1 ile -1 arasında değişir. Sonucun pozitif çıkması ilişkinin pozitif, negatif çıkması ilişkinin negatif olduğunu gösterir. Eğer korelasyon katsayısı sifıra yakın bir değer alırsa ilişki yoktur.

Katsayı sıfır olur ise değişkenler arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Ancak her şeye rağmen ilişkiyi belirleyecek bir üst sınır söylemek mümkün olmamaktadır. Bir katsayıyı yorumlarken olayın mantığını göz önünde bulundurmak daima gereklidir.

#### 2.14.4.3.3. En Küçük Kareler Yöntemi'nin Fayda ve Sakıncaları

Bu yöntem, zaman serilerinin yapısal analizleri ile konjonktürel dalgalanmalarının hesaplanmasında bir takım yararlar ve sakıncalar da oluşturur.

Yararları, seriye ait değerlerden hiç kayıp olmaz, eğilim tahmini yalnızca grafikteki dalgalanmalara göre yapılabilir. Sakıncaları; trend tipi seçiminde subjektif davranış araştırmacıyı yanıltabilmektedir. Saptanan trend serideki terimlerin değişmelerine tam olarak uyum sağlamaz ancak yönünü gösterir.

Trend saptamada dikkatsizlik yanlış sonuçlar doğurur. Yanlış sonuçların yorumu da yanlış olur<sup>(48)</sup>.

## 2.15. Tahmin Hataları

Tahmin modellerinin başarısının izlenmesi ve denetlenmesi önemlidir. Tahmini talep ile gerçekleşen talep arasındaki farka eşit olan tahmin hataları, tahmin yöntemlerinin etkinliğini ölçmemizi sağlar. Tahmin hatalarının nedenlerini, tesadüfi ve tesadüfi olmayan nedenler olarak iki grupta incelemek mümkündür. Doğru değişkenlerin içerilmemiş olması, değişkenler arasında yanlış ilişkilerin kullanılması, hatalı trend doğrusunun kullanılması, mevsimlik etkilerin göz önüne alınmaması gibi nedenler, tesadüfi değildirler ve bunlar, hataya süreklilik kazandırır. Diğer taraftan, kullanılan tahmin modeli tarafından açıklanamayan hatalar, tesadüfi olarak kabul edilirler<sup>(57)</sup>.

### 2.15.1. Tahmin Hataları İçin Standart İstatistiksel Ölçüler

$Y_t$ ,  $t$  döneminde gerçekleşen talep değeri ve  $F_t$  aynı zamandaki tahmin değeri ise  $t$  dönemindeki tahmin hatası ( $e_t$ ) Eşitlik 2.62 ile ölçülebilmektedir:

$$e_t = Y_t - F_t \quad (2.62)$$

$e_t = t$  dönemi tahmin hatası

$Y_t = t$  dönemindeki gözlem

$F_t = t$  dönemindeki tahmin

Zaman serisinde eğer  $n$  kadar zaman dönemi için gerçekleşen ve tahmin değeri var ise,  $n$  karda hata terimi olacaktır. Bu hataları ölçmek için bazı istatistiksel ölçüler kullanılmaktadır. Bu ölçüler, Ortalama Hata (ME), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Hata Kare (MSE) olarak adlandırılmaktadır. Bu istatistiksel ölçüler için kullanılan eşitlikler Eşitlik 2.63, Eşitlik 2.64 ve Eşitlik 2.65'te gösterilmiştir:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad (2.63)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (2.64)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (2.65)$$

Eşitlik 2.63, 2.64 ve 2.65'te;

ME = Ortalama Hata

MAE = Ortalama Mutlak Hata

MSE = Ortalama Hata Kare

$e_t = t$  dönemindeki hata

$n =$  dönem sayısı

Eşitlik 2.63 her bir dönem için gerçekleşen hataların ortalamasını hesaplamaktadır. Artı ve eksi hata değerleri birbirini yok edeceği için ME muhtemelen küçük bir değer olacaktır. ME ölçüsü, yalnızca, tahmin sapması olarak adlandırılan, tahmin değerlerindeki artı ya da eksi yöne doğru oluşmuş sistemli hareketleri göstermektedir. ME ölçüsü, tipik hataların büyüklükleri için çok fazla yeterli bilgi verememektedir.

MAE, her bir hata değerini pozitif yapmak için hatanın mutlak değerini almakta, bunları toplamakta ve ortalamasını almaktadır. Hataların birbirlerini yok etmemesi için benzer bir düşünce MSE de kullanılmaktadır. MSE, hataların karelerini alarak pozitif değer elde etmekte, bunları topladıktan sonra ortalamalarını almaktadır. MAE ile hatalar daha kolay ifade edilme yeteneğine sahiptir. MSE ise

aynı yeteneğe sahiptir ve istatistiksel hesaplamalarda sıkça kullanılmaktadır.

Bu istatistik ölçülerinin her biri zaman serilerinin uzunluğuna bağlı olarak, tahmin hatalarını farklı matematiksel değerlerle ifade etmektedir. Bu yüzden, farklı zaman serileri için, ölçüleri birbirleri ile karşılaştırmak mümkün olmamaktadır. Örneğin, bir ürün talep tahminindeki 10 ME lik bir hata, 10 MAE lik bir hata değerinden tamamen farklıdır. Ölçülerin karşılaştırmasını yapmak için oranlı ya da yüzdelik hata ölçülerine ihtiyaç duyulmaktadır.

İstatistiksel hata ölçülerinin karşılaştırılması için gerekli bu hata ölçüsü eşitlik 2.66'da gösterilmiştir:

$$PE_t = \left( \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) \times 100 \quad (2.66)$$

$PE_t = t$  dönemindeki yüzde hata

ME ve MAE nin eşitlik 2.66'ya uyarlanması ile elde edilen yüzdelik hata ölçü eşitlikleri Eşitlik 2.67 ve Eşitlik 2.68'de gösterilmiştir:

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t \quad (2.67)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (2.68)$$

MPE = Ortalama Yüzde Hata

MAPE = Ortalama Mutlak Yüzde Hata

Eşitlik 2.67 tüm zaman dönemleri için yüzdelik hataları hesaplamaktadır. Bu hataların ortalamasını alan Ortalama Yüzde Hata (MPE) değeri Eşitlik 2.68'de verilmektedir. ME değerinde olduğu gibi MPE değerinde de artı ve eksi yüzdelik

hatalar birbirlerini yok edeceği için MPE değeri muhtemelen küçük bir değer olacaktır. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ise yüzdeler hata mutlak değerleri toplamalarının ortalamasını almaktadır. MAPE de hata değerleri birbirlerini yok etmemekte ve tahminde oluşan tüm hata büyüklükleri kendilerini gösterebilmektedirler. Bu yüzden MAPE ölçüsü daha sık olarak hata ölçümleri için kullanılmaktadırlar.

Yüzdeler hata değerleri, tahmin sonuçlarının daha anlamlı olmasını sağlamak ve sonuçların yorumlanmasını daha kolay hale getirmektedir. Örneğin %5 lik bir MAPE değeri, 5 ya da 500 değerindeki bir MSE değerine göre daha kolay anlaşılabilir.

Hataların yüzde olarak ifade edilmesi için uygulanan yöntemler için, serilerin anlamlı bir değer olarak başlaması bir zorunluluktur. Serideki gözlem değerleri sıfır değerini almaması gerekmektedir. Eğer serideki gözlem değerleri sıfır değerini içeriyor ise bu sorun giderilmeli, gözlem değerlerine matematiksel dönüştürme işlemleri uygulanmalıdır. Seri sıfıra yakın değerleri içeriyor ise yüzdeler ölçüler sorunsuz uygulanabilmektedir<sup>(46)</sup>.

## **2.15.2. Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması**

### **2.15.2.1. Naive Forecast Yöntemi**

Açıklanan istatistiksel ölçülerden hiç birisi, bir karşılaştırılma yapmak için tek başına iyi bir temel oluşturamamaktadırlar. Tahminlerde bir yöntemden elde edilen ölçünün diğer yöntemden elde edilen ölçüden daha küçük bir sayısal değer alması, küçük ölçülü yöntemin daha iyi olduğu anlamına gelmemektedir çünkü tahmin yöntemleri farklı hesaplama süreçleri izlemektedir<sup>(30)</sup>. 5 sayısal bir değeri alan MSE ya da yüzdeler bir değer alan MAPE sonuçlarına bakarak tahmin

başarısının iyi ya da kötü olduğunu söylemek zordur. Naive Tahmin (NF1) olarak adlandırılan ve karşılaştırmada kullanılan yöntem, Naive Yöntem'i başarısı ile daha gelişmiş yöntemlerin başarısını karşılaştırmayı temel almaktadır.

NF1 Yöntemi'nde üç aşama bulunmaktadır. İlk olarak seriye Naive Yöntemi uygulanarak elde edilen sonuçlar ile Naive Yöntemi'ne ait MAE ve MAPE değerleri hesaplanır. Daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi, Naive Yöntemi'nde en yeni gerçekleşen değer bir sonraki dönemin tahmin değeri olarak kabul edilmektedir. İkinci aşamada, zaman serisi daha gelişmiş yöntem ya da yöntemler ile çözümlenerek bu yöntemlere ait MAE ya da MAPE değerleri hesaplanır. Üçüncü ve son aşamada ise Naive Yönteminden ve diğer gelişmiş yöntem ya da yöntemlerden elde edilen MAE ve MAPE hata ölçüsü ölçütlerinin karşılaştırılması yapılır. Bu karşılaştırma MAE ya da MAPE değerlerinin direkt olarak elde edilmesinden daha sağlıklı olmaktadır çünkü böyle bir karşılaştırma ile yöntemlerde elde edilen yüzdelik hatalar yardımıyla, yöntemlerin birbirlerine olan üstünlükleri açığa çıkmaktadır.

#### **2.15.2.2. Theil'in $U$ İstatistiği**

Hata değerlerinin karesini alarak büyük hataların üzerinde duran MSE hariç anlatılan tüm hata ölçüleri, gerçekleşen hatalara eşit ağırlıklar vermektedir. Tahminde oluşan büyük hatalara küçük hatalardan daha fazla ağırlık veren bir ölçünün kullanılması ile tahmin yönteminin uygunluğu hakkında bir sonuca ulaşılabilmektedir. Böyle bir özellikteki  $U$  istatistiği, Theil tarafından geliştirilmiştir. Theil'in  $U$  İstatistiği hesaplanmasında kullanılan eşitlikler Eşitlik 2.69, Eşitlik 2.70 ve Eşitlik 2.71'de gösterilmiştir:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} (FPE_{t+1} - APE_{t+1})^2}{\sum_{t=1}^{n-1} (APE_{t+1})^2}} \quad (2.69)$$

$$FPE_{t+1} = \frac{F_{t+1} - Y_t}{Y_t} \quad (2.70)$$

$$APE_{t+1} = \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \quad (2.71)$$

Eşitlik 2.69, 2.70 ve 2.71’de:

$U$  = Theil’in  $U$  İstatistiği

$t$  = dönem

$n$  = serideki toplam dönem sayısı

$FPE_{t+1}$  =  $t+1$  döneminde tahminin relatif değişimi

$APE_{t+1}$  =  $t+1$  döneminde gözlem relatif değişimi

Eşitlik 2.69, 2.70 ve 2.71’den  $U$  istatistiği Eşitlik 2.72’de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{F_{t+1} - Y_t - Y_{t+1} + Y_t}{Y_t} \right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{F_{t+1} - Y_{t+1}}{Y_t} \right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left( \frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)^2}} \quad (2.72)$$

Elde edilen  $U$  istatistiği değerine bakılarak tahmin yönteminin kullanımının uygun olup olmadığı hakkında bir karar verilebilir.

$U$  değerinin 1’e eşit olması durumunda ( $U = 1$ ), Naive Yöntemi, kullanılan diğer tahmin yöntemi ile aynı başarıya sahiptir.

$U$  değerinin 1’den küçük olması durumunda ( $U < 1$ ), kullanılan tahmin



yöntemi, Naive Yöntemi'nden daha başarılıdır.

$U$  değerinin 1'den büyük olması durumunda ( $U > 1$ ), bir tahmin yönteminin kullanılmasına gerek yoktur çünkü Naive Yöntemi daha iyi sonuçlar vermektedir<sup>(46)</sup>.

## 2.15. İzleme Sinyali

Talep azalıyor veya artıyor olabilir. Tahmin ortalamasının, talepte meydana gelen değişikliklere ayak uydurup uyduramadığını belirlemek üzere izleme sinyali kullanılmaktadır. İzleme sinyali, hata değerleri toplamlarının, ortalama mutlak hataya bölünmesiyle elde edilir.

$$\text{İzleme Sinyali} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - F_i)}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - F_i|} \quad (2.73)$$

İzleme sinyalleri, bir tahminin, gerçek değerlere ne kadar yaklaştığını izlemenin bir yoludur. Bu sinyaller, birikimli sapmayı, ortalama mutlak sapma sayısı cinsinden ifade eder.

+4 şeklinde hesaplanan bir izleme sinyali, gerçek verilerin, tahminlerden +4 ortalama mutlak hata kadar daha büyük olduğunu gösterir. -5 şeklinde hesaplanan bir izleme sinyali, gerçek talep değerlerinin, tahmin modeliyle elde edilen tahmin değerlerinin ( -5 ortalama mutlak sapma kadar ) altında kaldığını ifade eder. İzleme sinyalleri için harekete geçme sınırları artı ve eksi yönde 3 ile 8 arasında değişmektedir. Sinyalin bu değerler dışına çıkması halinde, düzeltici önlem alınmalıdır. İzleme sinyalinin pozitif değerli olması halinde, tahminler yükseltilmeli, negatif değerli olması halinde düşürülmelidir<sup>(52)</sup>.

İzleme sinyali değeri, modellere ilişkin yeni parametre değerlerinin

oluşturulması ve böylelikle model başarısının arttırılması için bir uyarı olarak kullanılabilir. Örneğin, Üssel Düzeltme Yöntemi'nde  $\alpha$  değeri değiştirilebilir. İzleme sinyali için sınırların çok düşük tutulması halinde, tahmin modelinin parametrelerinin sık sık gözden geçirilmesi gerekecektir. Diğer taraftan, izleme sinyalinin sınır değeri çok yüksek belirlendiği takdirde, tahmin modelinin parametreleri yeterli sıklıkta değiştirilmeyecek ve tahminlerin doğruluğu düşecektir<sup>(58)</sup>.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması

Bu bölümde orta ölçekli bir işletme olan Kırıkkale Kırmaksan A.Ş. de üretimi gerçekleştirilmekte olan altı çeşit ürüne uygulanan talep tahmin çalışması hakkında bilgi verilmiş ve bir önceki bölümde anlatılan talep tahmin yöntemleri bu ürünlere uygulanmıştır. Orta ölçekli bir işletme olan Kırmaksan A.Ş.'den elde edilen, bu ürünlere ait 1996 – 2003 yıllarındaki aylık talep miktarı verileri göz önünde bulundurularak, her bir ürün çeşidine ait verilerin, hangi, talep tahmin yöntemi ile en uygun sonuçlar verdiği ve bu yöntemlerin kullanılmasıyla o ürün çeşidi için gelecek dönemlere ait talep tahminlerinin yapılması sağlanmaya çalışılmıştır. Ürün çeşitleri için en uygun talep tahmin yönteminin elde edilmesi ve bu yöntemler kullanılarak ürün çeşitleri için geleceğe ait üretim miktarı tahminlerinin yapılması ile işletmenin verimliliğinin artırılması, zaman, para, işgücü vb. gibi işletme için hayati önem taşıyan kaynakların israf edilmesini önleyip, kaynak etkinliğinin sağlanması amaçlanmaktadır. Bu tahminlerin yapılması için aşağıda belirtilen işlemler gerçekleştirilmiştir:

1. Tüm ürün çeşitleri için 1996 – 2003 yıllarına ait olan aylık talep miktarları belirlenmiştir.
2. Elde edilen verilere Minitab 14 istatistik paket programı yardımıyla aşağıdaki talep tahmin yöntemleri uygulanmıştır:
  - 2.1 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi
  - 2.2 5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi
  - 2.3 Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi

- 2.4 Tek Üssel Düzeltme Yöntemi
- 2.5 Holt'un Doğrusal Yöntemi
- 2.6 Çarpımsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi
- 2.7 Toplamsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi
- 2.8 Regresyon Yöntemi.

3. Uygulanan yöntemlerden elde edilen sonuçlar, grafik ve özet tablolar haline getirilmiştir.
4. Uygulanan yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılması ve en uygun tahmin yönteminin belirlenmesi amacıyla Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ve Ortalama Hata Kare (MSE) gibi hata ölçütlerinin değerleri belirlenmiştir.
5. Her bir ürün çeşidi için en uygun yöntem seçilmiş, yöntemden elde edilen sayısal veriler yorumlanmıştır.

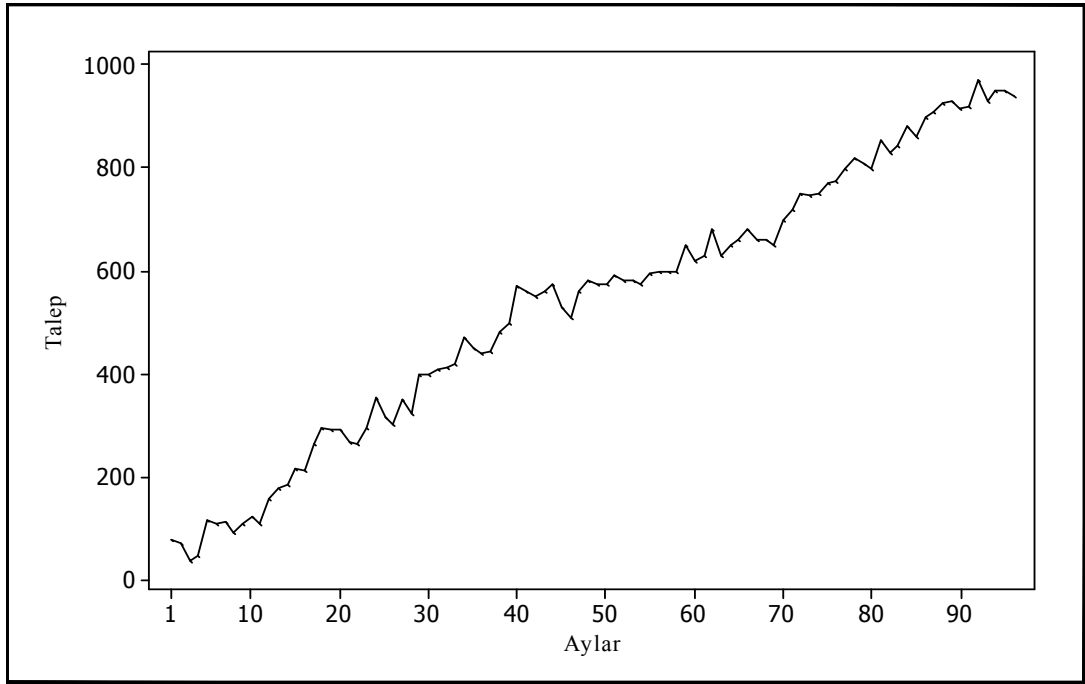
Ürün 1 için 1996 – 2003 yıllarına ait gerçekleşen aylık talep miktarları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Şekil 3.2'de ise, Çizelge 3.1'deki verilerden elde edilen zaman serisi grafiğini göstermektedir. Şekil 3.1 incelendiğinde, Ürün 1 için 1996 – 2003 yıllarındaki aylık taleplerin zaman içerisinde artan doğrusal bir trende sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Ürün 1 için Çizelge 3.1'deki veriler ve bir önceki bölümde verilen Eşitlik 2.7 kullanılarak, Minitab 14 istatistik paket programı yardımıyla, 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi uygulanmıştır. Eşitlik 2.7'de kullanılması gereken  $k$  değeri, 3 olarak belirlenmiştir. 3 Aylık Hareketli Ortalama Yönteminden elde edilen tahmin sonuçları ve ürüne ait gerçekleşen talep miktarlarının karşılaştırmalı grafiği Şekil

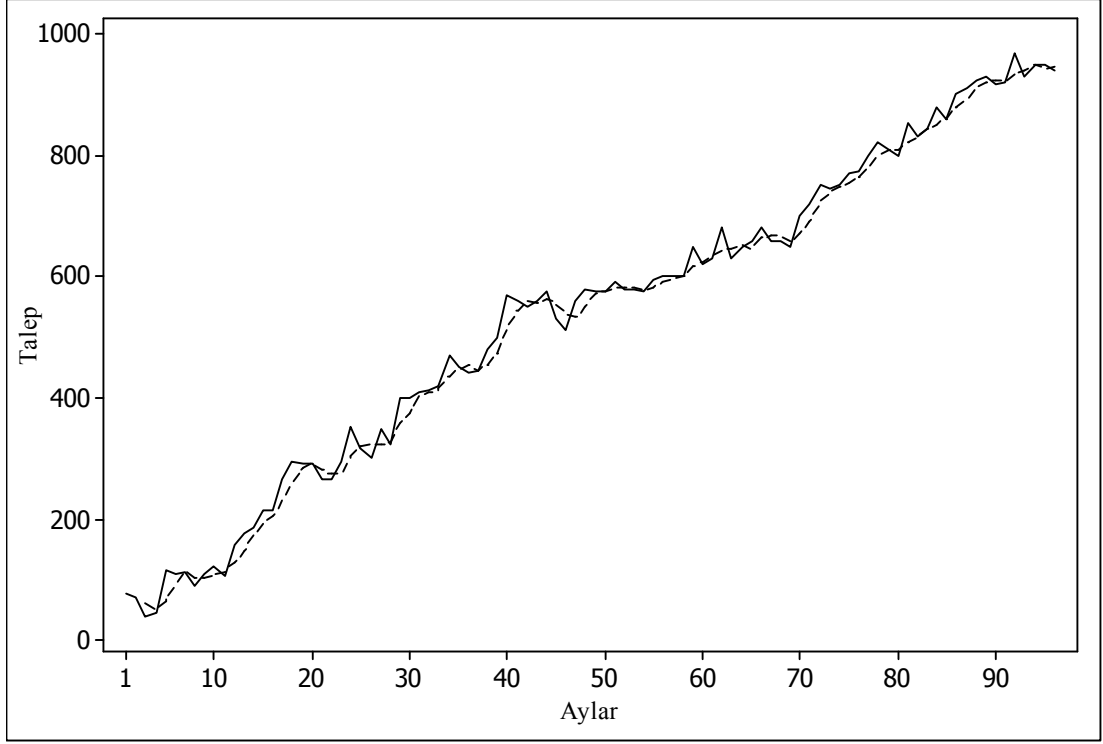
3.2’de gösterilmiştir:

**Çizelge 3.1** Ürün 1 için 1996 – 2003 yılları arasında gerçekleşen talep miktarları

Aylar	Yıllar							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ocak	76	177	315	444	575	630	745	860
Şubat	71	186	302	480	575	680	750	900
Mart	37	215	350	500	590	630	770	910
Nisan	45	213	323	570	580	650	775	925
Mayıs	115	265	400	560	580	660	800	930
Haziran	110	295	400	550	575	680	820	916
Temmuz	112	290	410	560	595	660	810	920
Ağustos	90	290	413	575	600	660	800	970
Eylül	108	267	420	530	600	650	855	930
Ekim	121	264	470	510	600	700	830	950
Kasım	107	294	450	560	650	720	844	950
Aralık	158	353	440	580	620	750	880	940



**Şekil 3.1** Ürün 1 için zaman serisi grafiği



**Şekil 3.2** Ürün 1 için 3 aylık hareketli ortalama grafiği

Ürün 1 ve diğer ürünler için uygulanan tahmin yöntemlerinin uygunluğunu belirlemede yardımcı olacak hata ölçütleri değerleri için Eşitlik 2.64, 2.65 ve 2.68 kullanılmıştır. 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi için bu eşitliklerden elde edilen hata değerleri ve son 12 aylık yöntem sonuçları Çizelge 3.2’de gösterilmiştir:

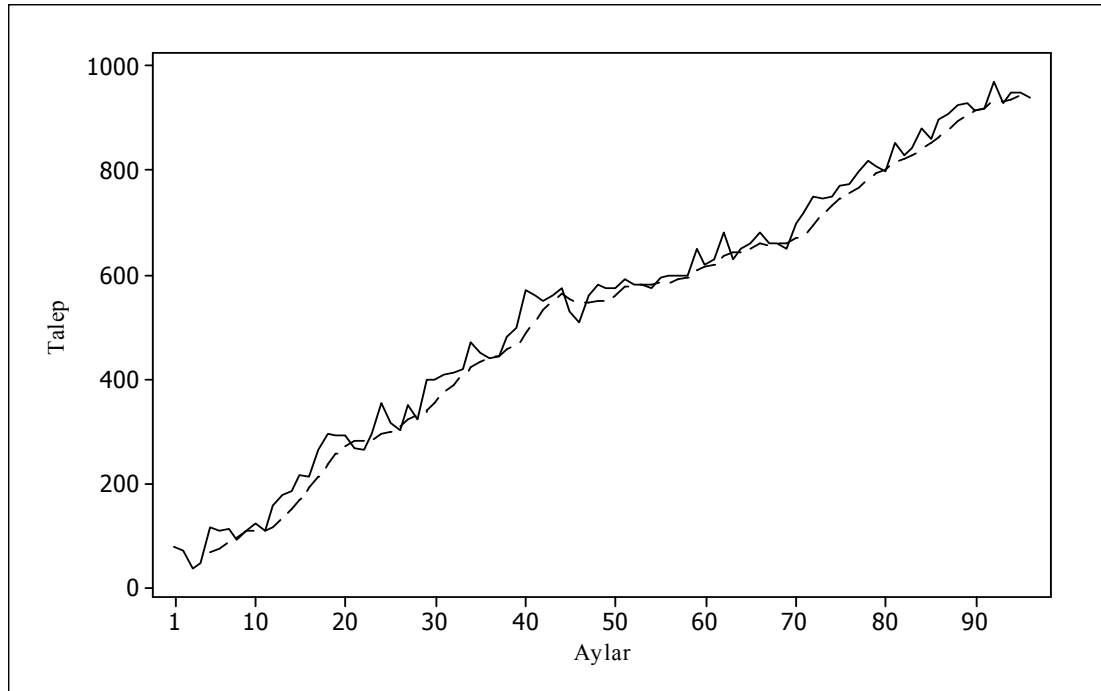
Eşitlik 2.7’deki  $k$  değeri bu defa 5 alınarak, Ürün 1 talep değerlerine 5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi uygulanmıştır. Gerçekleşen talep değerleri ile 5 Aylık Hareketli Ortalama Yönteminden elde edilen tahmin değerlerinin karşılaştırmalı grafiği Şekil 3.3’de gösterilmiştir. 5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi için elde edilen hata değerleri ve son 12 aylık yöntem sonuçları ise Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Ortalama yöntemlerinden son olarak Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Ürün 1 verilerine uygulanmıştır. Bu yöntemde daha önceki bölümde anlatıldığı gibi

ortalamaya dâhil edilen dönemlere belirli ağırlıklar verilmiştir ve yöntemin uygulanmasında Eşitlik 2.11 kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2** Ürün 1 için 3 aylık hareketli ortalama sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Hareketli Ortalama	Tahmin Talebi	Tahmin Hatası
1	860	861	851	9
2	900	880	861	39
3	910	890	880	30
4	925	912	890	35
5	930	922	912	18
6	916	924	922	-6
7	920	922	924	-4
8	930	935	922	48
9	970	940	935	-5
10	950	950	940	10
11	950	943	950	0
12	940	947	943	-3
MAE	29,7	(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)		
MSE	1037,30			
MAPE	7,30			
	$k=3$			



**Şekil 3.3** Ürün 2 için 5 aylık hareketli ortalama grafiği

**Çizelge 3.3** Ürün 1 için 5 aylık hareketli ortalama sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Hareketli Ortalama	Tahmin Talebi	Tahmin Hatası
1	860	854	842	18
2	900	863	854	46
3	910	879	863	47
4	925	895	879	46
5	930	905	895	35
6	916	916	905	11
7	920	920	916	4
8	970	932	920	50
9	930	933	932	-2
10	950	937	933	17
11	950	944	937	13
12	940	948	944	-4
MAE	31,63	(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)		
MSE	1526,70			
MAPE	7,96			
	$k=3$			

Eşitlik 2.11’de belirtilen  $k$  değeri olarak 3 belirlenmiştir. Yani Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemine dâhil edilen dönem sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Yine Eşitlik 2.11’de belirtilen ağırlık katsayıları ( $w_i$ ) olarak, gerçekleşen en yeni talep değerine 0,6, bu değerden bir önceki talep değerine 0,3, yönteme dâhil edilen dönemler içindeki gerçekleşen en eski talep değerine ise 0,1 ağırlık katsayısı verilmiştir. Gerçekleşen talep değerleri ile Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yönteminden elde edilen tahmin değerlerinin karşılaştırmalı grafiği Şekil 3.4’de gösterilmiştir:

3 Aylık Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi için elde edilen hata değerleri ve son 12 aylık yöntem sonuçları ise Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.





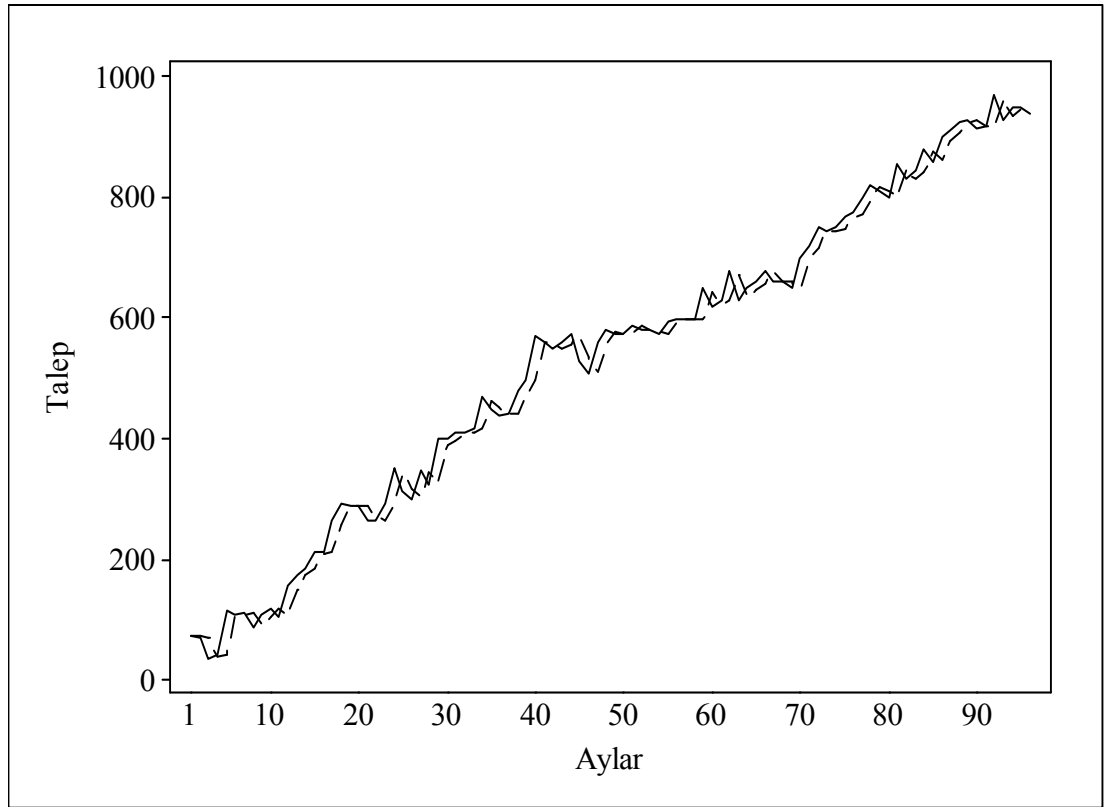
**Şekil 3.4** Ürün 1 için ağırlıklı aylık hareketli ortalama grafiği

**Çizelge 3.4** Ürün 1 için ağırlıklı hareketli ortalama sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Ağırlıklı Hareketli	Tahmin Hataı
1	860	841	19
2	900	864	36
3	910	864	46
4	925	886	39
5	930	902	28
6	916	918	-2
7	920	927	-7
8	970	921	49
9	930	920	10
10	950	950	0
11	950	941	9
12	940	946	-6
MAE	21,26		(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)
MSE	802,99		
MAPE	6,98		
	$k=3$		
	$w_1=0,6$		
	$w_2=0,3$		
	$w_3=0,1$		

Ürün 1 talep tahmini için ortalamalar yöntemleri uygulandıktan sonra bir başka tahmin yöntemi olan ve ayrıntıları Bölüm 2’de anlatılan Üssel Düzeltme Yöntemleri ürüne uygulanmıştır.

Eşitlik 2.12 kullanılarak Tek Üssel Düzeltme Yöntemi ile Ürün 1 için talep tahmin sonuçları elde edilmiştir. Üssel Düzeltme yöntemi için gerekli  $\alpha$  katsayısının optimum değeri Minitab 14 istatistik paket programı ile 0,8 olarak belirlenmiştir. Tek Üssel Düzeltme ve gerçek talep değerlerinin karşılaştırmalı grafiği Şekil 3.5’de görülmektedir:



**Şekil 3.5** Ürün 1 için tek üssel düzeltme grafiği

0,8  $\alpha$  katsayılı ve ilk tahmin değeri olarak ( $F_0$ ) gerçekleşen ilk talep değeri ( $Y_0$ ) kabul edilmiş Tek Üssel Düzeltme Yöntemi için elde edilen hata değerleri ve son 12 aylık yöntem sonuçları ise Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

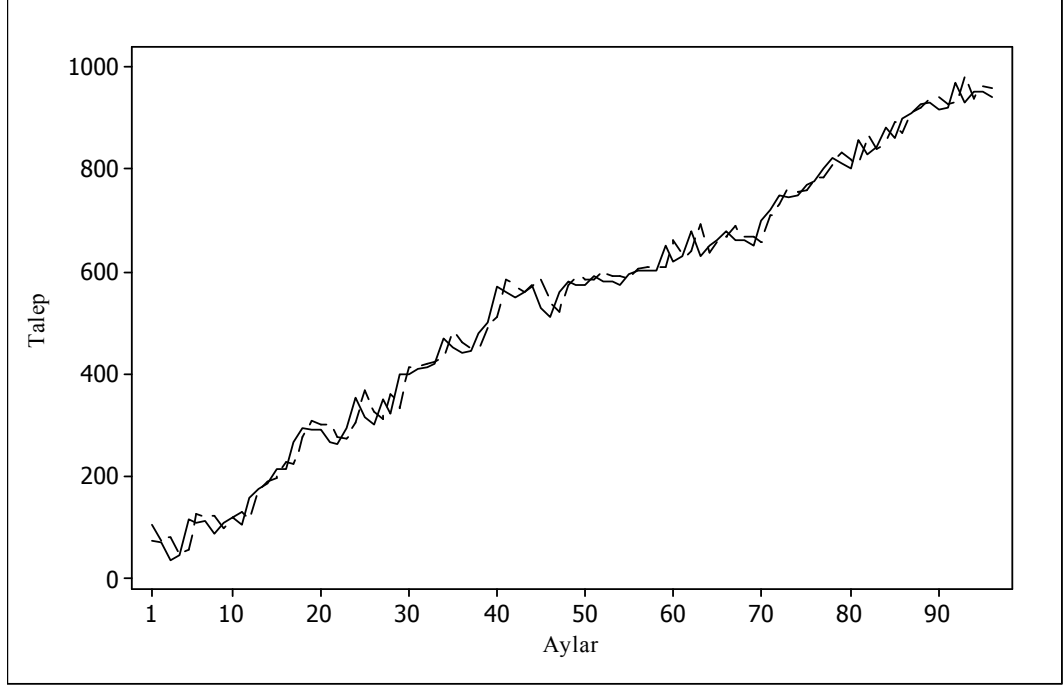
Ürün 1 için zaman serisi grafiğinde görülen trendin etkisini de, tahminde

hesaba katmak için ürüne Holt'un Doğrusal Yöntemi (Çift Üssel Düzeltme Yöntemi) uygulanmıştır. Hesaplamalar için Eşitlik 2.16, 2.17 ve 2.18 kullanılmıştır. Minitab 14 istatistik paket programı, Eşitlik 2.16'daki  $\alpha$  katsayısı optimum değerini 1,00, Eşitlik 2.17'deki  $\beta$  katsayısı optimum değerini ise 0,01 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.6 Holt'un Doğrusal Yöntemi tahmin değerleri ile gerçek talep değerlerinin karşılaştırmalı grafiğini göstermektedir:

**Çizelge 3.5** Ürün 1 için üssel düzeltme yöntemi sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Üssel Düzeltme	Tahmin Talebi	Tahmin Hatası
1	860	862	875	-15
2	900	895	862	38
3	910	908	895	15
4	925	923	908	17
5	930	929	923	7
6	916	918	929	-13
7	920	920	918	2
8	970	964	920	50
9	930	934	964	-34
10	950	948	934	16
11	950	950	948	2
12	940	941	950	-10
MAE	20,68	(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)		
MSE	762,72			
MAPE	6,53			
	$\alpha=0,8$			
	$F_0=76$			

1,00  $\alpha$  ve 0,01  $\beta$  katsayılı, ilk tahmin değeri olarak ( $F_0$ ) gerçekleşen ilk talep değeri ( $Y_0$ ) kabul edilmiş Çift Üssel Düzeltme Yöntemi için elde edilen hata değerleri ve son 12 aylık yöntem sonuçları ise Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

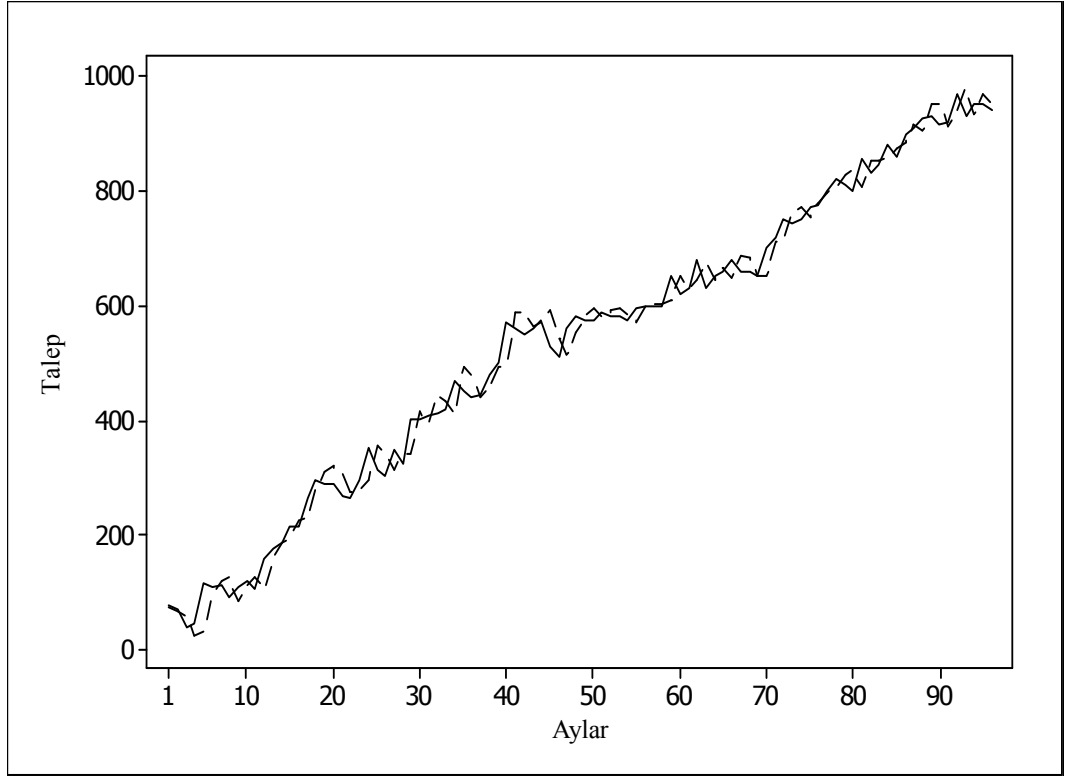


Şekil 3.6 Ürün 1 için Holt'un doğrusal yöntemi grafiği

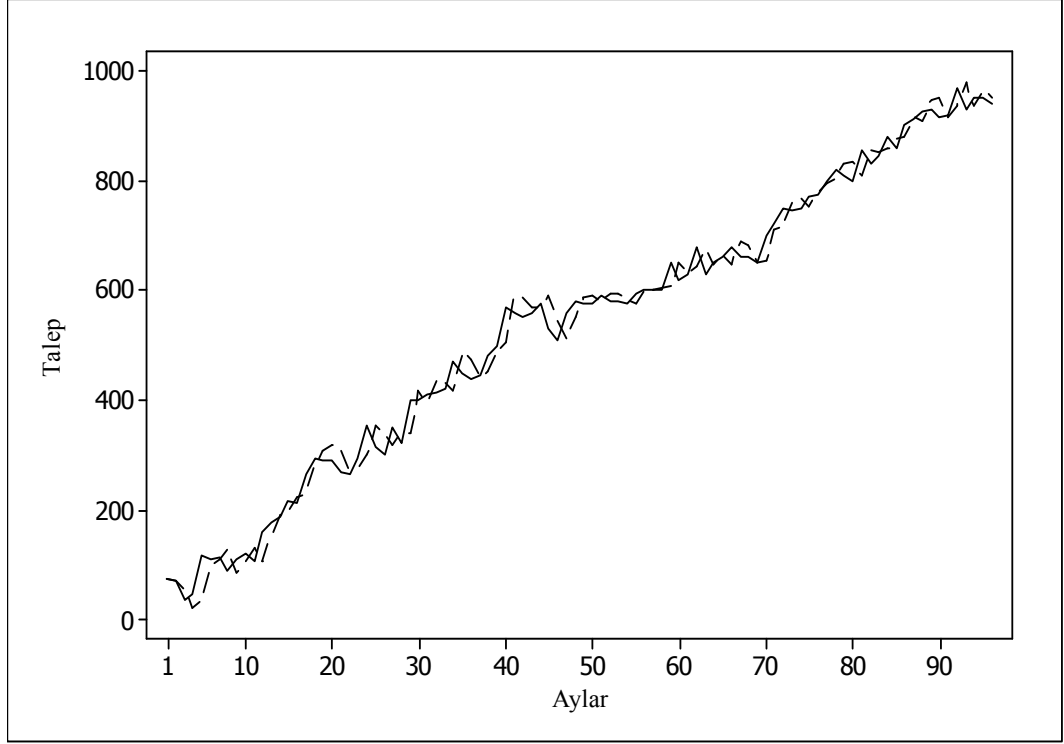
Çizelge 3.6 Ürün 1 için çift üssel düzeltme yöntemi sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Üssel Düzeltme	Temel Düzey	Trend	Tahmin Talebi	Tahmin Hatası
1	860	859	859	10	891	-31
2	900	901	901	10	869	31
3	910	910	910	10	911	-1
4	925	925	925	10	920	5
5	930	930	930	10	935	-5
6	916	915	915	10	940	-24
7	920	920	920	10	925	-5
8	970	971	971	10	930	40
9	930	929	929	10	981	-51
10	950	950	950	10	938	12
11	950	950	950	10	960	-10
12	940	940	940	9	959	-19
MAE	21,23		(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)			
MSE	724,07					
MAPE	7,23					
	$\alpha=1$					
	$\beta=0,01$					
	$F_0=76$					

Üssel Düzeltme Yöntemlerinden olan Çarpımsal Dönemselli Holt-Winters Yöntemi sonuçları ile birlikte gerçekleşen talep değerleri Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Çarpımlı Dönemselli Holt-Winters Yönteminin uygulamasında kullanılan Eşitlik 2.19 için gerekli olan  $\alpha$  sabiti 0,8, Eşitlik 2.20 için gerekli olan  $\beta$  sabiti 0,2 ve Eşitlik 2.21 için gerekli olan  $\gamma$  sabiti ise 0,5 optimum değerleri olarak Minitab 14’de belirlenmiş ve tahmin değerleri Eşitlik 2.22 kullanılarak hesaplanmıştır. Toplamlı Dönemselli Holt-Winters Yöntemi tahmin değerleri de, Eşitlik 2.26, 2.27 ve 2.28 için Çarpımsal Dönemselli Holt-Winters Yönteminde kullanılan aynı değerdeki sabitler kullanılarak Eşitlik 2.29 ile hesaplanmıştır. Şekil 3.8’de ise Toplamlı Dönemselli Holt-Winters Yönteminin sonuçları ile gerçekleşen talep değerleri birlikte gösterilmiştir:



Şekil 3.7 Ürün 1 için Holt-Winters çarpımsal dönemselli yöntem grafiği



**Şekil 3.8** Ürün 1 için Holt-Winters toplamlı dönemseli yöntem grafiği

0,8  $\alpha$ , 0,2  $\beta$  ve 0,5  $\gamma$  katsayılı Çarpımlı Dönemseli Holt-Winters Yöntemi için bulunan hata değerleri ve son 12 ay için yöntemden elde edilen değerler Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Yine aynı sabit değerleri kullanılarak hesaplanan Toplamlı Dönemseli Holt-Winters Yöntemi için bulunan hata değerleri ve son 12 ay için yöntemden elde edilen değerler Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

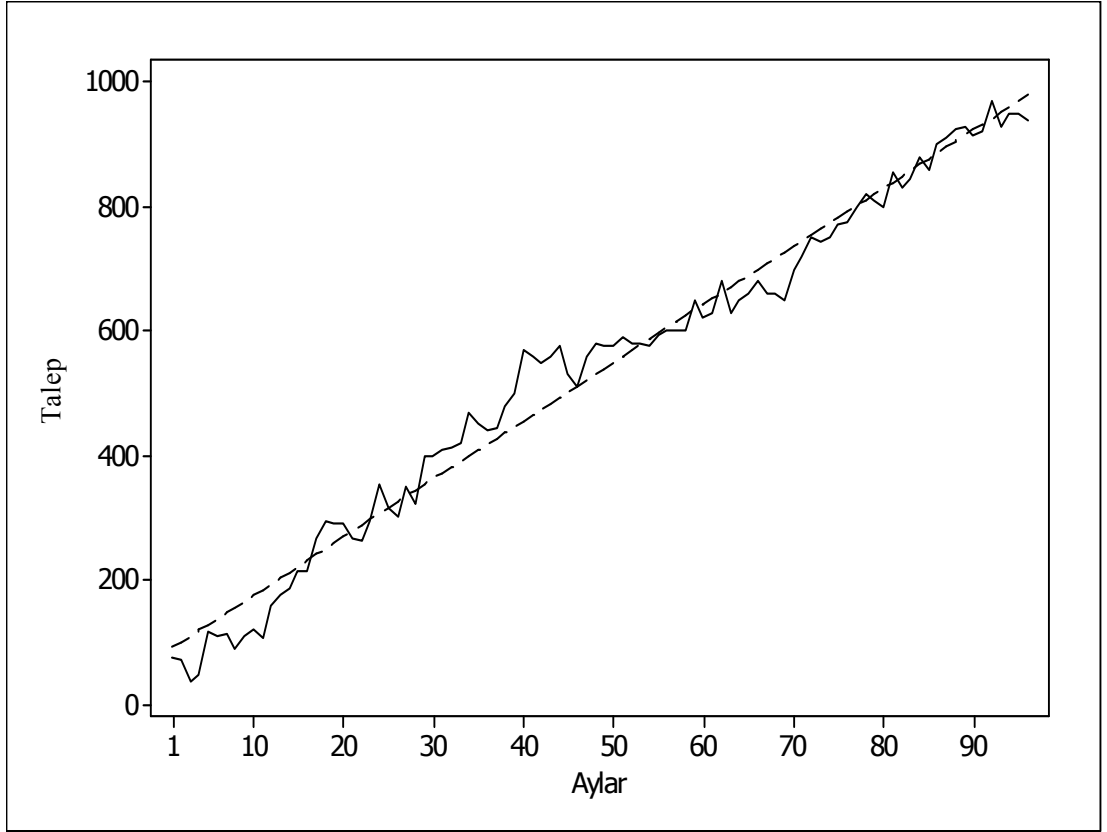
**Çizelge 3.7** Ürün 1 için çarpımsal dönemli Holt-Winters yöntemi sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Üssel Düzeltme	Temel Düzey	Trend	Sezon İndeksi	Talep Tahmini	Tahmin Hatası
1	860	861	842	10	1	874	-14
2	900	873	864	12	1	883	17
3	910	902	872	11	1	915	-5
4	925	893	900	15	1	905	20
5	930	935	898	11	1	951	-21
6	916	938	884	6	1	950	-34
7	920	907	896	7	1	913	7
8	970	929	929	12	1	937	33
9	930	966	904	5	1	979	-49
10	950	928	922	8	1	933	17
11	950	960	916	5	1	968	-18
12	940	948	911	3	1	953	-13
MAE		23,52		(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)			
MSE		845,21					
MAPE		7,55					
		$\alpha=0,8$					
		$\beta=0,2$					
		$\gamma=0,5$					

**Çizelge 3.8** Ürün 1 için toplamsal dönemli Holt-Winters yöntemi sonuçları

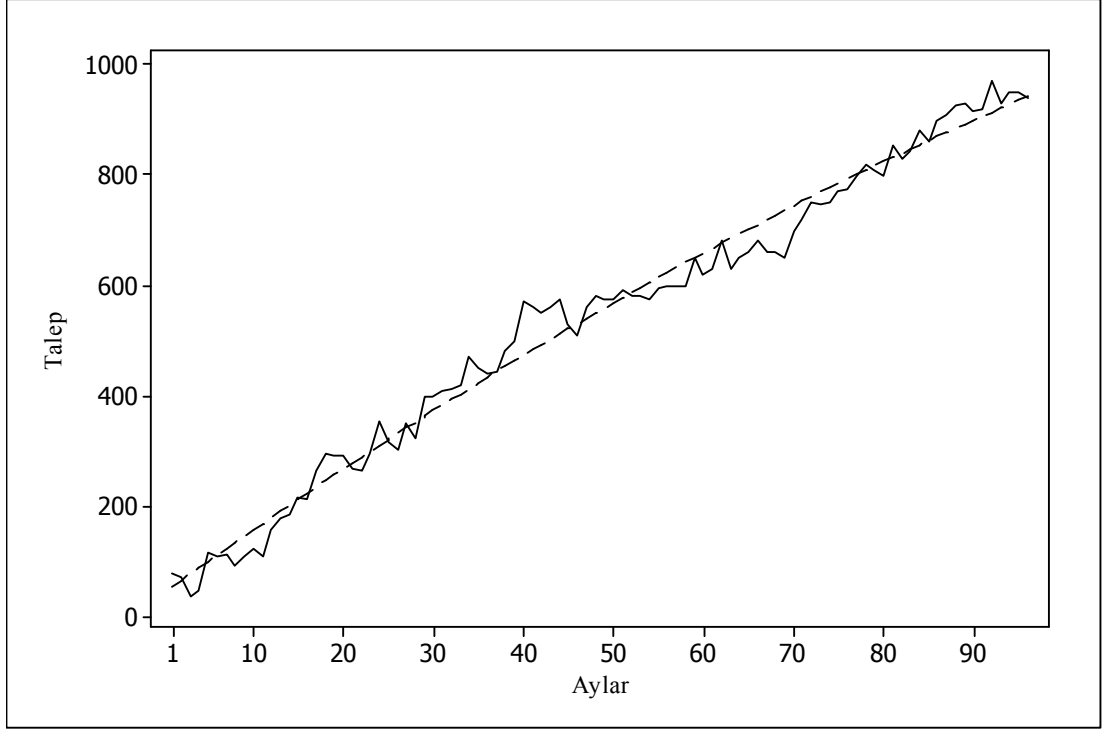
Aylar	Gerçek Talep	Üssel Düzeltme	Temel Düzey	Trend	Sezon İndeksi	Talep Tahmini	Tahmin Hatası
1	860	863	866	10	-4	875	-15
2	900	872	890	13	8	882	18
3	910	902	899	12	12	915	-5
4	925	895	925	15	-2	907	18
5	930	933	926	12	6	948	-18
6	916	937	911	7	8	949	-33
7	920	909	921	7	-2	915	5
8	970	928	957	13	10	935	35
9	930	965	931	5	3	978	-48
10	950	930	949	8	0	935	15
11	950	958	944	5	8	966	-16
12	940	947	939	3	2	952	-12
MAE		23,04		(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)			
MSE		807,11					
MAPE		7,38					
		$\alpha=0,8$					
		$\beta=0,2$					
		$\gamma=0,5$					

Ürün 1 için en son olarak trend analizi yapmak amacıyla doğrusal ve parabolik fonksiyonlar uygulanarak, regresyon modelleri ile trend analizi yapılmıştır. Regresyon analizlerinde Eşitlik 2.45, 2.53 ve 2.54'den yararlanılmıştır. Doğrusal fonksiyon  $Y = a + bx$  olup, hesaplamalarda  $a$  katsayısı 80,824,  $b$  katsayısı ise 9,364 olarak bulunmuştur. Burada  $Y$  hesaplanması istenen dönemin tahmin değeri,  $x$  ise hesaplanması istenen dönemin numarası olmaktadır. Hesaplamada kullanılan diğer fonksiyon olan parabol fonksiyonu ise  $Y = a + bx + cx^2$  olup, hesaplamalarda  $a$  değeri 40,474,  $b$  değeri 11,836,  $c$  değeri ise 0,025 olarak hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarının, gerçekleşen talep değerleri ile karşılaştırmalı grafikleri Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Ürün 1 için doğrusal regresyon grafiği





**Şekil 3.10** Ürün 1 için parabolik regresyon grafiği

Doğrusal fonksiyon kullanılarak hesaplanan Regresyon Yöntemi için bulunan hata değerleri ve son 12 ay için yöntemden elde edilen değerler Çizelge 3.9'da, parabolik fonksiyon kullanılarak hesaplanan Regresyon Yöntemi için bulunan hata değerleri ve son 12 ay için yöntemden elde edilen değerler Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Ürün 1 için uygulanan Doğrusal Regresyon Yöntemi sonucu talep tahmin etmekte kullanılacak eşitlik aşağıdaki gösterilmiştir:

$$F = 80,855 + 9,364 t$$

Burada  $t$  tahmin değeri istenen dönemin numarası,  $F$  ise  $t$  dönemindeki ayın tahmini talep değeridir.

**Çizelge 3.9** Ürün 1 için doğrusal regresyon yöntemi sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Doğrusal Regresyon Tahmini	Tahmin Hatası
85	860	877	-17
86	900	886	14
87	910	896	14
88	925	905	20
89	930	914	16
90	916	924	-8
91	920	933	-13
92	930	942	-12
93	970	952	18
94	950	961	-11
95	950	970	-20
96	940	980	-40
MAE	30,32	(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)	
MSE	1430,52		
MAPE	12,68		
	$a=80,855$		
	$b=9,364$		

**Çizelge 3.10** Ürün 1 için parabolik regresyon yöntemi sonuçları

Aylar	Gerçek Talep	Parabolik Regresyon Tahmini	Tahmin Hatası
85	860	862	-2
86	900	870	30
87	910	877	33
88	925	885	40
89	930	892	38
90	916	899	17
91	920	907	13
92	930	914	56
93	970	921	9
94	950	928	22
95	950	935	15
96	940	942	-2
MAE	27,12	(Yukarıda sunum amacıyla son 12 ay gösterilmiş olup hata kriterleri 96 ay için hesaplanmıştır)	
MSE	1124,23		
MAPE	9,14		
	$a=40,474$		
	$b=11,836$		
	$c=0,025$		

Ürün 1 için uygulanan Parabolik Regresyon Yöntemi sonucu talep tahmin etmekte kullanılacak eşitlik aşağıdaki gösterilmiştir:

$$F = 40,474 + 11,836 t + 0,025 t^2$$

Burada  $t$  tahmin değeri istenen dönemin numarası,  $F$  ise  $t$  dönemindeki ayın tahmini talep değeridir.

Ürün 1 için gözlemlenen talep ve tahmin yöntemlerinden elde edilen tahmin değerleri Çizelge 3.11'de, uygulanan tüm talep tahmin yöntemlerinden elde edilen Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Hata Kare (MSE), ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değerleri en uygun yöntemin tespit edilmesi amacıyla Çizelge 3.12'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.11** Ürün 1 için gerçek talep değerleri ve talep tahmin yöntemleri tahmin değerleri

Dönem	Gerçek Talep	3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi	Tek Üssel Düzeltme Yöntemi	Holt'un Doğrusal Yöntemi	Çarpımsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi	Toplamsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi	Doğrusal Regresyon Yöntemi	Parabolik Regresyon Yöntemi
1	860	851	842	841	875	891	874	875	877	862
2	900	861	854	864	862	869	883	882	886	870
3	910	880	863	864	895	911	915	915	896	877
4	925	890	879	886	908	920	905	907	905	885
5	930	912	895	902	923	935	951	948	914	892
6	916	922	905	918	929	940	950	949	924	899
7	920	924	916	927	918	925	913	915	933	907
8	930	922	920	921	920	930	937	935	942	914
9	970	935	932	920	964	981	979	978	952	921
10	950	940	933	950	934	938	933	935	961	928
11	950	950	937	941	948	960	968	966	970	935
12	940	943	944	946	950	959	953	952	980	942
Çizelgede sunum amacıyla son 12 ay için tahmin sonuçları gösterilmiş olup hesaplamalar 96 ay için yapılmıştır										

**Çizelge 3.12** Ürün 1 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri

Talep Tahmin Yöntemi	Hata Ölçüsü		
	MAE	MSE	MAPE
3 Aylık Hareketli Ortalama	29,7	1037,30	7,30
5 Aylık Hareketli Ortalama	31,63	1526,70	7,96
Ağırlıklı Hareketli Ortalama	<b>21,26</b>	<b>802,99</b>	<b>6,98</b>
Tek Üssel Düzeltme	<b>20,68</b>	<b>762,72</b>	<b>6,53</b>
Holt'un Doğrusal Yöntemi	<b>21,23</b>	<b>724,07</b>	<b>7,23</b>
Çarpımsal Dönemli Holt-Winters	23,52	845,21	7,55
Toplamsal Dönemli Holt-Winters	23,04	807,11	7,38
Doğrusal Regresyon	30,32	1430,52	12,68
Parabolik Regresyon	27,12	1124,23	9,14

Çizelge 3.12 incelendiğinde Ürün 1 için uygulanacak talep tahmin yöntemleri hakkında aşağıdaki bilgilere ulaşılabilmektedir:

1. Hareketli Ortalama Yöntemleri içerisinde tüm hata ölçütleri için en uygun talep tahmin yöntemi olarak, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi tespit edilmiştir. Geçmiş dönemlere farklı ağırlıkların verilmesi, Hareketli Ortalamalar Yöntemlerinde Ürün 1 için daha uygun olmaktadır.
2. Üssel Düzeltme Yöntemlerinden Tek Üssel Düzeltme Yöntemi en düşük MAE ve MAPE değerine sahiptir. Holt'un Doğrusal Yöntemi ise en küçük MSE değerine sahiptir. Ürün 1 için bir mevsimsellik söz konusu olmadığı için Holt-Winters Yöntemleri diğer Üssel Düzeltme Yöntemlerinden daha başarılı sonuçlar verememektedir. Ancak tüm Üssel Düzeltme Yöntemleri, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi hariç olarak diğer ortalama yöntemlerine göre daha uygun sonuçlar vermektedir.
3. Regresyon yöntemlerinden Parabolik Regresyon Yöntemi ürün için talep tahmin çalışmasında, Doğrusal Regresyon Yönteminden daha başarılı olmaktadır.
4. MAE değeri dikkate alındığında en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Tek Üssel Düzeltme Yöntemi, Holt'un Doğrusal Yöntemi ve Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemidir.
5. MSE değeri dikkate alındığında en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Holt'un Doğrusal Yöntemi, Tek Üssel Düzeltme Yöntemi ve Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemidir.
6. MAPE değeri dikkate alındığında en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Tek Üssel Düzeltme Yöntemi, Ağırlıklı Hareketli Ortalama

Yöntemi ve Holt'un Doğrusal Yöntemidir.

Ürün 1 verilerine talep tahmin yöntemlerinin uygulanması ve en uygun talep tahmin yöntemlerinin belirlenmesinden sonra diğer ürünler için de aynı hesaplamalar yapılmıştır. Ürün 2 için 1996 – 2003 yılları arasında gerçekleşen aylık talep verileri, bu verilerin grafiksel gösterimi, gerçek talep ile tahmin yöntemleri sonuçları Ek-1, Ek-2 ve Ek-3'de gösterilmiştir. Çizelge 3.13, Ürün 2 için uygulanan talep tahmin yöntemleri sonunda ulaşılan hata ölçüsü değerlerini göstermektedir.

**Çizelge 3.13** Ürün 2 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri

Talep Tahmin Yöntemi	Hata Ölçüsü		
	MAE	MSE	MAPE
3 Aylık Hareketli Ortalama	21,44	813,47	6,53
5 Aylık Hareketli Ortalama	24,88	977,39	7,64
Ağırlıklı Hareketli Ortalama	<b>20,22</b>	<b>735,28</b>	<b>6,14</b>
Tek Üssel Düzeltme	<b>20,95</b>	<b>763,69</b>	<b>6,26</b>
Holt'un Doğrusal Yöntemi	<b>21,27</b>	<b>876,80</b>	<b>6,32</b>
Çarpımsal Dönemli Holt-Winters	23,26	928,35	6,96
Toplamsal Dönemli Holt-Winters	23,66	949,95	7,05
Doğrusal Regresyon	43,58	2725,15	15,35
Parabolik Regresyon	34,44	1661,88	10,84

Ürün 2 için MAE, MSE ve MAPE hata ölçülerine göre en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Tek Üssel Düzeltme Yöntemi ve Holt'un Doğrusal Yöntemidir.

Ürün 3 için 1996 – 2003 yılları arasında gerçekleşen aylık talep verileri, bu verilerin grafiksel gösterimi, gerçek talep ile tahmin yöntemleri sonuçları Ek-4, Ek-5 ve Ek-6'da gösterilmiştir. Çizelge 3.14, Ürün 3 için uygulanan talep tahmin

yöntemleri sonunda ulaşılan hata ölçüsü değerlerini göstermektedir.

**Çizelge 3.14** Ürün 3 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri

Talep Tahmin Yöntemi	Hata Ölçüsü		
	MAE	MSE	MAPE
3 Aylık Hareketli Ortalama	25,97	1116,56	5,07
5 Aylık Hareketli Ortalama	28,17	1266,45	5,55
Ağırlıklı Hareketli Ortalama	<b>23,82</b>	<b>970,64</b>	<b>4,65</b>
Tek Üssel Düzeltme	<b>23,54</b>	<b>941,03</b>	<b>4,59</b>
Holt'un Doğrusal Yöntemi	<b>24,27</b>	<b>1021,24</b>	<b>4,72</b>
Çarpımsal Dönemli Holt-Winters	26,51	1265,03	5,17
Toplamsal Dönemli Holt-Winters	26,66	1261,81	5,20
Doğrusal Regresyon	39,07	2045,64	7,68
Parabolik Regresyon	35,27	1739,13	6,94

Ürün 3 için MAE, MSE ve MAPE hata ölçülerine göre en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Tek Üssel Düzeltme Yöntemi, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi ve Holt'un Doğrusal Yöntemidir.

Ürün 4 için 1996 – 2003 yılları arasında gerçekleşen aylık talep verileri, bu verilerin grafiksel gösterimi, gerçek talep ile tahmin yöntemleri sonuçları Ek-7, Ek-8, Ek-9'da gösterilmiştir. Çizelge 3.15, Ürün 4 için uygulanan talep tahmin yöntemleri sonunda ulaşılan hata ölçüsü değerlerini göstermektedir.

Ürün 4 için MAE ve MSE ölçülerine göre en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Tek Üssel Düzeltme Yöntemi ve 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemidir. MAPE ölçüsüne göz önüne alındığında ise sıralama Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi ve Tek Üssel Düzeltme Yöntemidir.



**Çizelge 3.15** Ürün 4 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri

Talep Tahmin Yöntemi	Hata Ölçüsü		
	MAE	MSE	MAPE
3 Aylık Hareketli Ortalama	<b>18,96</b>	<b>574,94</b>	<b>3,23</b>
5 Aylık Hareketli Ortalama	19,45	609,44	3,27
Ağırlıklı Hareketli Ortalama	<b>18,32</b>	<b>522,93</b>	<b>3,13</b>
Tek Üssel Düzeltme	<b>18,89</b>	<b>535,90</b>	<b>3,26</b>
Holt'un Doğrusal Yöntemi	20,58	704,17	3,63
Çarpımsal Dönemli Holt-Winters	21,13	729,79	3,70
Toplamsal Dönemli Holt-Winters	20,98	725,05	3,67
Doğrusal Regresyon	24,00	947,22	4,16
Parabolik Regresyon	22,63	744,07	3,83

Ürün 5 için 1996 – 2003 yılları arasında gerçekleşen aylık talep verileri, bu verilerin grafiksel gösterimi, gerçek talep ile tahmin yöntemleri sonuçları Ek-10, Ek-11 ve Ek-12'de gösterilmiştir. Çizelge 3.16, Ürün 5 için uygulanan talep tahmin yöntemleri sonunda ulaşılan hata ölçüsü değerlerini göstermektedir.

Ürün 5 için MAE, MSE ve MAPE hata ölçülerine göre en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Tek Üssel Düzeltme Yöntemi, Holt'un Doğrusal Yöntemi ve Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemidir.

Ürün 6 için 1996 – 2003 yılları arasında gerçekleşen aylık talep verileri, bu verilerin grafiksel gösterimi, gerçek talep ile tahmin yöntemleri sonuçları Ek-13, Ek-14 ve Ek-15'de gösterilmiştir. Çizelge 3.17, Ürün 6 için uygulanan talep tahmin yöntemleri sonunda ulaşılan hata ölçüsü değerlerini göstermektedir.

**Çizelge 3.16** Ürün 5 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri

Talep Tahmin Yöntemi	Hata Ölçüsü		
	MAE	MSE	MAPE
3 Aylık Hareketli Ortalama	18,56	506,63	10,05
5 Aylık Hareketli Ortalama	20,03	623,68	10,67
Ağırlıklı Hareketli Ortalama	<b>15,67</b>	<b>404,86</b>	<b>8,29</b>
Tek Üssel Düzeltme	<b>14,89</b>	<b>388,40</b>	<b>7,94</b>
Holt'un Doğrusal Yöntemi	<b>14,87</b>	<b>398,67</b>	<b>8,28</b>
Çarpımsal Dönemli Holt-Winters	15,89	448,77	8,75
Toplamsal Dönemli Holt-Winters	15,59	430,23	8,74
Doğrusal Regresyon	20,18	672,82	11,93
Parabolik Regresyon	20,16	662,55	11,81

Ürün 6 için MAE, MSE ve MAPE hata ölçülerine göre en uygun talep tahmin yöntemi sıralaması Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Tek Üssel Düzeltme Yöntemi ve 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemidir.

**Çizelge 3.17** Ürün 6 için farklı talep tahmin yöntemlerinden elde edilen hata ölçüleri

Talep Tahmin Yöntemi	Hata Ölçüsü		
	MAE	MSE	MAPE
3 Aylık Hareketli Ortalama	<b>20,69</b>	<b>665,38</b>	<b>3,34</b>
5 Aylık Hareketli Ortalama	21,56	750,26	3,49
Ağırlıklı Hareketli Ortalama	<b>19,18</b>	<b>585,50</b>	<b>3,09</b>
Tek Üssel Düzeltme	<b>19,80</b>	<b>609,59</b>	<b>3,19</b>
Holt'un Doğrusal Yöntemi	21,53	703,85	3,46
Çarpımsal Dönemli Holt-Winters	22,89	783,51	3,68
Toplamsal Dönemli Holt-Winters	22,99	788,18	3,69
Doğrusal Regresyon	27,67	1121,89	4,52
Parabolik Regresyon	22,11	774,99	3,58

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yaşantısını sürdürmeyi ve geliştirmeyi amaçlayan uluslar, işletmeler ve kurumlar geleceğe yönelik planlar yapmak zorundadırlar. Dünyada gerçekleşen hızlı değişme ve gelişmeler, işletmeleri uzun ve kısa dönemli planlar oluşturmaya zorlamakta ve bu hızlı gelişmeler karşısında en uygun sonuca ulaşmak maksadıyla, hızlı, etkin ve uygulanabilir programlar geliştirme gerekliliği doğmaktadır. Günümüzde var olan rekabetle başa çıkabilmek ve sürekli gelişmeyi sürdürebilmek için işletmelerin, günlük satışlara, üretime, yatırıma, pazarlamaya ilişkin planlar yapmaları gerekmektedir.

Talep tahmini, üretim planlama ve kontrol sisteminin diğer fonksiyonlarına temel girdiyi sağlamaktadır. Bu fonksiyonlar, yapılan tahminleri hammadde, yedek parça, yan mamul, makine, insan gücü, programlama ve diğer kararlara dönüştürmektedir. Talep tahmini, işletmede alınacak diğer tüm kararları biçimlendirmekte ve işletme faaliyetleri bu tahmin değerlerine göre düzenlenmektedir. İşletmede yapılan tüm planlar, işletmenin karşı karşıya kalacağı üretim kapasitesinin tahmini ile başlamaktadır.

Olayları ve aralarındaki ilişkileri tahmin etmeksizin geleceğe ilişkin planlar yapılamamaktadır. Bir faktörün tahmini başka faktörlerin de tahminine yardımcı olabilmektedir. Tahminlerin yapılabilmesi için gerekli olan verilerin elde edilmesinin en uygun ve kolay yolu Zaman Serileri Analizi'dir.

Söz konusu olan zaman serileri; yıllara göre milli gelirin, istihdamın veya ihracatın kaydettiği gelişme gibi iktisadi zaman serileri olabileceği gibi, bir işletmenin ürünleri için gerçekleşmesi muhtemel talepleri, mevsimlere göre sıcaklık

değerlerini veya bir canlının kalp atışlarını ifade eden çeşitli olaylar ile ilgili seriler de olabilir. Mühendislik ve diğer bilimsel alanlarda zaman serilerinin büyük önem taşımalarının sebebi, önceki dönemlere ait gözlemlerin incelenmesi ve ileriye dönük tahminlerin yapılabilmesinin mümkün olmasıdır.

Talep tahmin yöntemleri ile ilgili yapılan bu tez çalışmasında; incelenerek anlatılmış olan yöntemler, geleneksel talep tahmin yöntemleridir. Çalışmada, orta ölçekli bir işletme olan Kırıkkale Kırmaksan A.Ş.' de üretimi gerçekleştirilen altı çeşit ürün için 1996 – 2003 dönemleri arasında gerçekleşen aylık talep verileri kullanılarak, her bir ürün çeşidi için en uygun talep tahmin yöntemi, Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE), Ortalama Hata Kare (MSE) ölçütleri göz önüne alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulama sonucunda her bir ürün için en uygun talep tahmin yöntemi farklı olmakla beraber, genel olarak Tek Üssel Düzeltme Yöntemi, Holt'un Doğrusal Yöntemi, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi ve 3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemlerinin en uygun talep tahmin yöntemleri olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması için 1996 – 2003 yıllarındaki, aylık dönemlere ait gerçekleşen talepler kullanılmıştır. Aylık olarak talep tahminlerinin yapılmasının sebebi, tahmin süresi uzadıkça tahmin doğruluğunun azalması gibi literatürde yer almış bir kabule dayandırılmaktadır. Ayrıca, ekonomik, siyasi ve çeşitli nedenlerden dolayı birçok dalgalanma ve belirsizlikleri içerisinde barındıran üretim sektörüne sahip ülkemiz için aylık talep tahminlerinin daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Çalışmanın yapıldığı işletmede üretimi gerçekleştirilen ürünler için herhangi bir talep tahmin yöntemi kullanılmamaktadır. Yapılan bu tez çalışmasında belirlenen talep tahmin yöntemlerinin, ürünler için uygulanması sonucunda işletme açısından

oluşacak faydalar şu şekilde özetlenebilmektedir:

1. İşletmede oluşturulacak tüm planlamaların temeli olan talep tahminlerinin doğru yapılması sonucunda diğer planlamaların doğruluğu artmış olacaktır.
2. İşletmede üretim için gerekli kaynaklar daha etkin olarak kullanılabilir ve bu kaynaklar daha ekonomik satın alınabilecektir.
3. İşletme daha düşük envanter seviyelerine sahip olacaktır.
4. İşletmede stoksuz kalma ya da fazla stok bulundurma durumu daha az sayıda gerçekleşecektir.
5. İşletmede daha az sayıda üretim hattı değişikliği yapılacaktır.
6. İşletmede fazla mesai yapılma sorununa belirli bir ölçüde çözüm getirilecektir.

Talaşlı imalat sektöründe çalışan işletme verilerinin kullanılması ile yapılan bu tez çalışmasında anlatılan ve uygulanan tahmin yöntemleri, sürekli üretim yapan, bir ya da daha fazla sayıda ürün çeşidine sahip olan işletmelerin içinde yer aldığı diğer sektörlerde de rahatlıkla uygulanabilmektedir. Kişisel temas ve araştırmalar sonucu talep tahmin yöntemlerinin ülkemizde, özellikle küçük ve orta boydaki işletmelerde kullanılmadığı tespit edilmiştir. Ülke ekonomisinde önemli bir konuma sahip olan bu ölçekteki işletmelere, talep tahmin yöntemleri önemli bir katkı sağlayacaktır. Üretim planlamanın temel taşı sayılan talep tahmininin doğruluğu sonucunda, işletmeler açısından talep değişkeninin üzerine inşa edilecek diğer tüm faaliyet planlamalarının doğruluğu ve güvenilirliği artacaktır.

## KAYNAKLAR

1. S. Üreten, Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri, Gazi Kitabevi, Ankara, 2002
2. A. C. Harvey, Time Series Models, Harvester Wheatsheaf, New York, 1993
3. C. C. Holt, "Forecasting Seasonals and Trends By Exponentially Weighted Averages", O.N.R. Memorandum, **52**, 1(1957)
4. C. C. Holt, "Forecasting Seasonals and Trends By Exponentially Weighted Moving Averages", International Journal of Forecasting, **20**, 5(2004)
5. R. G. Brown, Statistical Forecasting for Inventory Control, McGraw-Hill, New York, 1959
6. R.G. Brown, Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey, 1963
7. P.R. Winters, "Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages", Management Science, **6**, 324(1960)
8. C. C. Pegels, "Exponential Smoothing: Some New Variations", Management Science, **12**, 311(1969)
9. A. B. Koehler, R.D. Snyder, J.K. Ord , "Forecasting Models and Prediction Intervals for The Multiplicative Holt-Winters Method", International Journal of Forecasting, **17**, 269(2001)
10. C. Chatfield, A.B. Koehler, J.K. Ord, R. D. Snyder, "A New Look at Models For Exponential Smoothing", The Statistician, **50**, 147(2001)
11. R. J. Hyndman, A.B. Koehler, R.D. Snyder, S. Grose, "A State Space Framework for Automatic Forecasting Using Exponential Smoothing Methods", International Journal of Forecasting, **18**, 439(2002)

12. J. W. Taylor, "Exponential Smoothing With A Damped Multiplicative Trend", *International Journal of Forecasting*, **19**, 273(2003)
13. G. E. P. Box, G.M. Jenkins, *Time Series Analysis Forecasting and Control*, Holden Day, San Francisco, 1970
14. E. S. Gardner, "Exponential Smoothing: The State of The Art", *Journal of Forecasting*, **4**, 1(1985)
15. R. D. Snyder, "Recursive Estimation Of Dynamic Linear Statistical Models", *Journal of the Royal Statistical Society* , **47**, 272(1985)
16. S. M. Bartolomei, A.L. Sweet , "A Note on A Comparison of Exponential Smoothing Methods for Forecasting Seasonal Series", *International Journal of Forecasting*, **5**, 111(1989)
17. S. Makridakis, M. Hibon, "Exponential Smoothing: The Effect of Initial Values and Loss Function on Post-Sample Forecasting Accuracy", *International Journal of Forecasting*, **7**, 317(1991)
18. A. L. Sweet, J.R.Wilson, "Pitfalls in Simulation-Based Evaluation of Forecastmonitoring Schemes", *International Journal of Forecasting*, **4**, 573(1988)
19. J. G. McClain, "Dominant Tracking Signals", *International Journal of Forecasting*, **4**, 563(1988)
20. E. McKenzie, "Error Analysis for Winters' Additive Seasonal Forecasting Systems", *International Journal of Forecasting*, **2**, 373(1986)
21. F. Collopy, J.S. Armstrong, "Rule-Based Forecasting: Development and Validation of An Expert Systems Approach To Combining Time Series Extrapolations", *Management Science*, **38**, 1394(1992)
22. H. Theil, *Applied Economic Forecasting*, North Holland, Amsterdam, 1966
23. S. Makridakis, "Accuracy Measures: Theoretical and Practical Concerns", *International Journal of Forecasting*, **9**, 527(1993)

24. L. Winston, Wayne, Operations Research - Applications and Algorithms, Duxbury Press, California, 1994
25. W. Stevenson, Production and Operations Management, Richard D. Irwin Inc, 1986
26. A. Akdemir, İşletme Bilimine Giriş, Birlik Yayıncılık, Eskişehir, 2001
27. A. Nesime, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, M.P.M. Yayınları, Ankara, 1996
28. A. Erkuş, Tarım Ekonomisi, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 1995
29. B. Kobu, Üretim Yönetimi, Avcıol Basım Yayım, İstanbul, 1994
30. S. Nahmias, Production and Operations Analysis, Mc-Graw Hill, New York, 2001
31. J. R. Evans, D. R. Anderson, D. J. Swenwy, T. A. Williams, Applied Production and Operations Management, West Publishing Company, USA, 1990
32. E. E. Adam, R. J. Ebert, Production and Operations Management Concepts, Models and Behavior, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992
33. T. Sincich, Business Statistics By Example, Prentice- Hall, USA, 1996
34. Ş. Bağırkan, İstatistiksel Analiz, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1993
35. Ö. Ünver, Uygulamalı İstatistik Yöntemler Giriş, Siyasal Yayınevi, İstanbul, 1995
36. Ö. Serper, İstatistik, Filiz Kitabevi, İstanbul, 1980
37. H. Cillov, İstatistik Tekniği ve Uygulaması, İ.Ü. Yayınları, İstanbul, 1971
38. C. Chatfield, The Analysis of Time Series: An Introduction, Chapman and Hall, New York, 1980



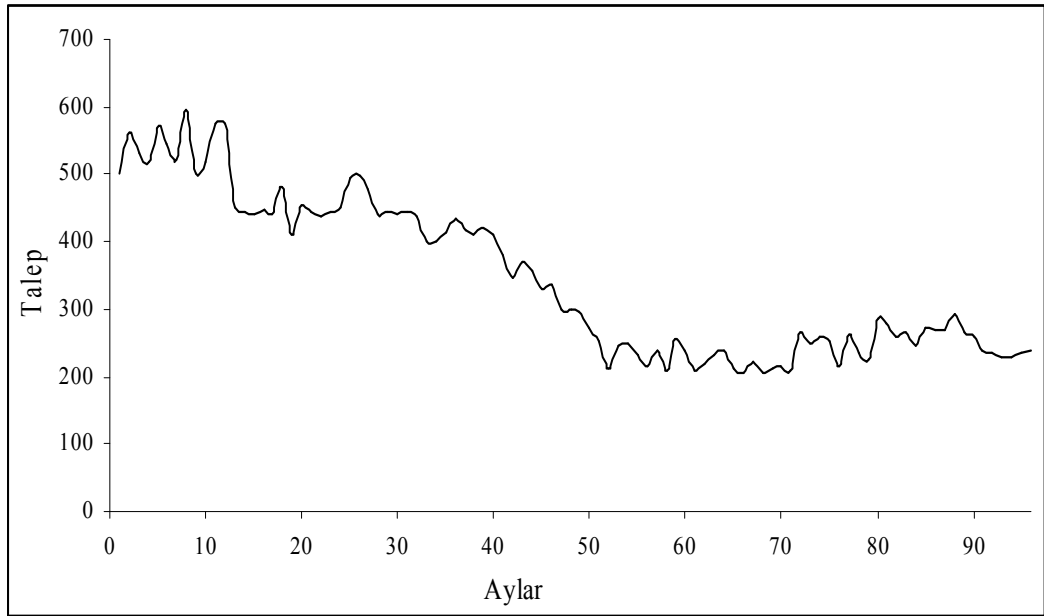
39. M. Sevüktekin, M. Nargeleçekenler, Zaman Serileri Analizi, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2005
40. S. Akalın, İşletme İstatistiği, Bayraklı Matbaacılık, İzmir, 1990
41. S. P. Mann, Statistics for Business and Economics, John Willey and Sons, New York, 1995
42. O. İdil, Yönetimde İstatistik Teknikleri ve Örnek Olaylar, İ.Ü. Yayınları, İstanbul, 1979
43. S. A. DeLurgio, Forecasting Principles and Applications, Mc-Graw Hill, New York, 1998
44. N. Orhunbilge, Zaman Serileri Analizi ve Fiyat İndeksleri, Tunç Matbaası A.Ş., İstanbul, 1999
45. R. Ferber, P. J. Verdoorn, Research Methods in Economics and Bussines, The MacMillan Comp., New York, 1962
46. S. S.S Makridakis, S.C. Wheelwright , R.J. Hyndman, Forecasting Methods and Applications, John Wiley and Sons, New York, 1998
47. F. Scheild, Schaum's Outline of Theory and Problems of Numerical Analysis, McGraw-Hill, New York, 1988
48. R. S. Russell, B. W. Taylor, Operations Management, Prentice Hall, New Jersey, 2000
49. H. A. Taha, Operations Research – An Introduction, Mac Millan Comp, New York, 1992
50. K. Göçmençelebi, İstatistik Metotları, Ogun Matbaacılık, Ankara, 1976
51. H. Demir, Ş. Gümüšoğlu, Üretim/İşlemler Yönetimi, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1994

52. J. G. Monks, Operations Management: Theory and Problems, McGraw-Hill, New York, 1987
53. A. B. Köksal, İstatistik Analiz Metotları, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1985
54. H. A. Akdeniz, Uygulamalı İstatistik II, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları, İzmir, 1998
55. A. Kılıçbay, Ekonometrik Metotlar ve Araştırma, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul, 1975
56. O. Feyzioğlu, Ekonometrik Yöntemler, AİTİA Yayınları, Ankara, 1977
57. R. B. Chase, N. J. Aquilano, Jacobs, Production and Operations Management, McGraw-Hill, New York, 1998
58. N. Gaither, Production and Operations Management, The Dryden Pres, USA, 1991

## EK-1 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI

Aylar	Yıllar							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ocak	503	450	496	416	295	210	248	272
Şubat	562	443	498	412	271	220	259	270
Mart	531	442	478	421	252	232	254	270
Nisan	518	447	440	410	213	240	216	294
Mayıs	571	442	443	381	247	213	264	265
Haziran	546	482	442	345	250	206	235	260
Temmuz	521	410	445	370	231	221	224	240
Ağustos	596	453	439	357	216	204	287	235
Eylül	500	444	400	330	240	211	280	230
Ekim	517	436	400	338	210	217	260	230
Kasım	574	445	413	300	257	210	265	235
Aralık	575	450	435	300	240	265	245	240

## EK-2 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ



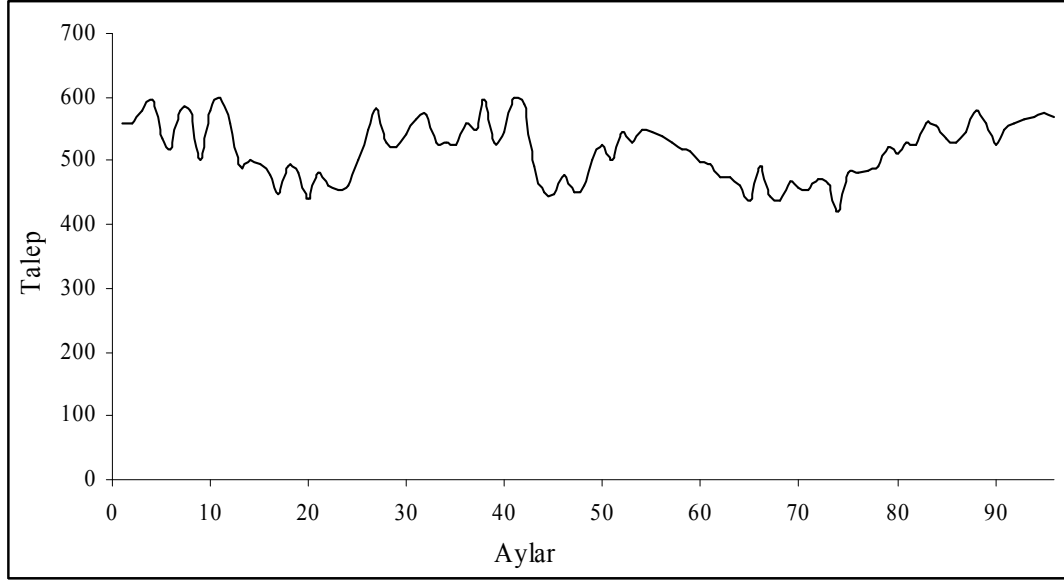
### EK-3 ÜRÜN 2 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI

Dönem	Gerçek Talep	3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi	Tek Üssel Düzeltme Yöntemi	Holt'un Doğrusal Yöntemi	Çarpımsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi	Doğrusal Regresyon Yöntemi	Parabolik Regresyon Yöntemi
1	272	257	267	253	253	244	273	210	236
2	270	261	264	263	264	267	280	206	236
3	270	262	262	268	268	267	278	202	236
4	294	271	264	270	269	268	263	198	236
5	265	278	270	284	284	289	284	195	236
6	260	276	274	274	273	266	275	191	236
7	240	273	272	265	265	258	270	187	236
8	235	255	266	249	251	240	278	184	236
9	230	245	259	239	241	233	262	180	237
10	230	235	246	233	235	228	246	176	237
11	235	232	239	231	232	227	248	172	238
12	240	232	234	233	234	232	247	169	238
Sunum amacı ile son 12 aylık sonuçlar gösterilmiştir									

### EK-4 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI

Aylar	Yıllar							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Ocak</b>	558	490	500	550	500	494	465	535
<b>Şubat</b>	560	500	547	595	524	473	420	530
<b>Mart</b>	579	495	581	530	500	475	480	545
<b>Nisan</b>	595	477	530	546	546	462	480	580
<b>Mayıs</b>	534	447	520	598	530	439	485	560
<b>Haziran</b>	519	490	541	590	550	492	490	525
<b>Temmuz</b>	580	480	565	492	544	445	520	548
<b>Ağustos</b>	580	440	572	450	539	437	512	560
<b>Eylül</b>	500	480	530	449	528	469	530	565
<b>Ekim</b>	580	460	530	478	517	458	525	570
<b>Kasım</b>	598	456	524	450	514	455	560	574
<b>Aralık</b>	559	460	560	460	499	470	555	570

## EK-5 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ



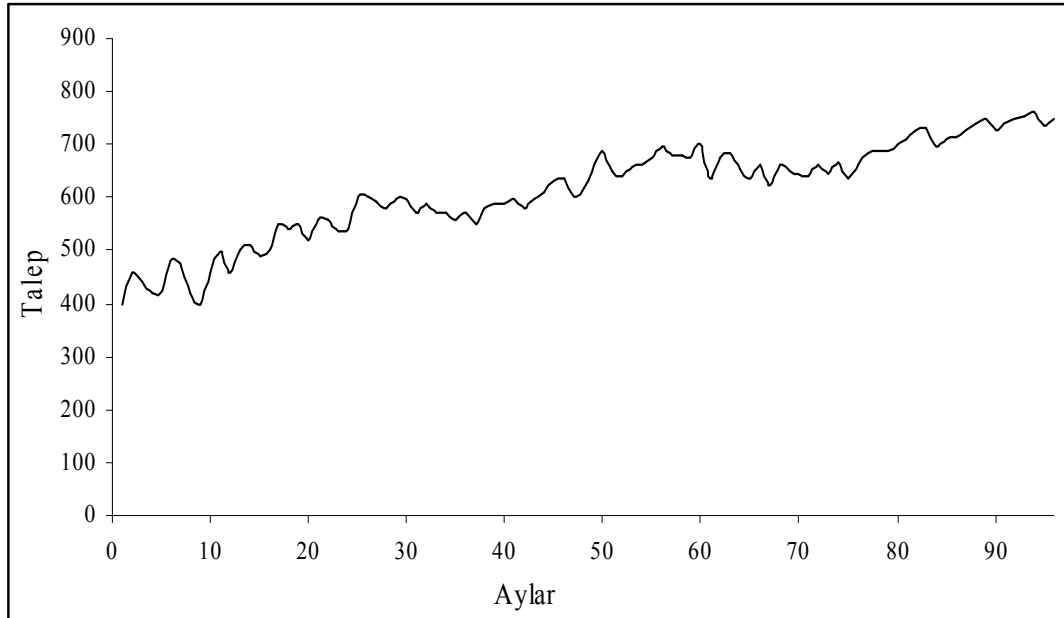
## EK-6 ÜRÜN 3 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI

Dönem	Gerçek Talep	3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi	Tek Üssel Düzeltme Yöntemi	Holt'un Doğrusal Yöntemi	Çarpımsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi	Doğrusal Regresyon Yöntemi	Parabolik Regresyon Yöntemi
1	535	547	536	554	553	556	555	512	527
2	530	550	541	544	541	535	564	512	529
3	545	540	541	534	533	530	577	512	530
4	580	537	545	540	541	546	580	512	532
5	560	552	549	565	568	582	577	512	534
6	525	562	550	565	562	560	598	512	536
7	548	555	548	541	537	525	577	512	538
8	560	544	552	542	544	549	559	511	540
9	565	544	555	553	555	561	561	511	542
10	570	558	552	562	562	566	567	511	544
11	574	565	554	568	567	571	573	511	547
12	570	570	563	572	572	575	577	511	549
Sunum amacı ile son 12 aylık sonuçlar gösterilmiştir									

## EK-7 ÜRÜN 4 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI

Aylar	Yıllar							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ocak	400	500	600	550	650	635	645	710
Şubat	460	510	600	578	687	674	665	714
Mart	440	490	593	590	650	684	635	726
Nisan	420	500	580	590	641	655	660	740
Mayıs	425	549	597	598	657	634	682	748
Haziran	480	540	595	580	660	660	686	726
Temmuz	476	550	569	595	677	624	690	740
Ağustos	421	520	590	610	698	660	700	750
Eylül	400	560	570	630	680	650	710	755
Ekim	458	560	570	637	680	645	725	760
Kasım	498	538	560	600	675	640	730	735
Aralık	460	540	573	620	699	660	695	750

## EK-8 ÜRÜN 4 ÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ



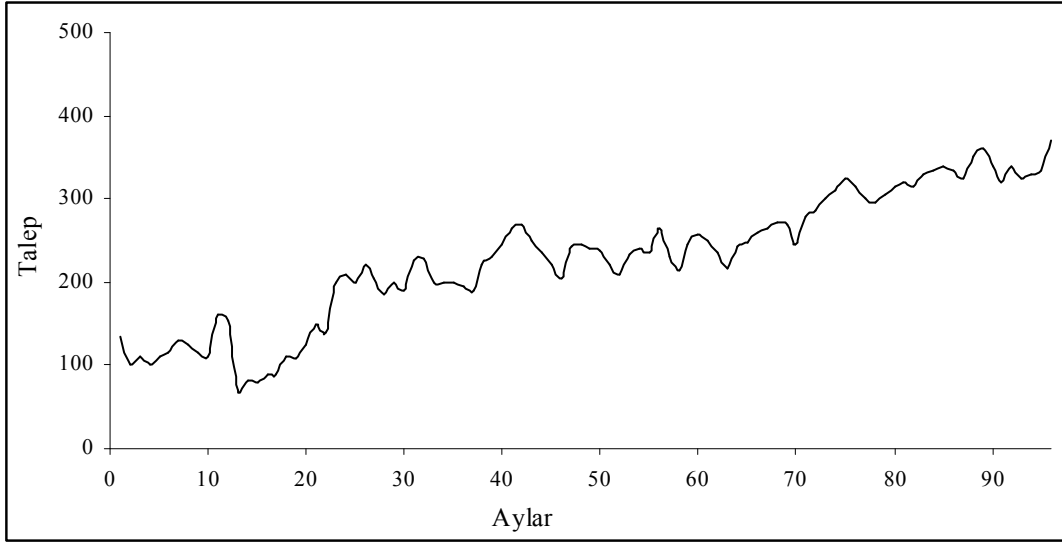
## EK-9 ÜRÜN 4 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI

Dönem	Gerçek Talep	3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi	Tek Üssel Düzeltme Yöntemi	Holt'un Doğrusal Yöntemi	Çarpımsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi	Doğrusal Regresyon Yöntemi	Parabolik Regresyon Yöntemi
1	710	717	712	709	708	693	710	714	725
2	714	712	714	708	709	715	746	745	728
3	726	706	715	711	712	717	726	729	731
4	740	717	715	721	720	730	724	729	734
5	748	727	717	733	731	744	745	746	738
6	726	738	728	743	740	752	758	757	741
7	740	738	731	734	732	726	750	750	744
8	750	738	736	737	737	745	757	758	747
9	755	739	741	745	744	754	756	756	750
10	760	748	744	752	750	758	768	764	753
11	735	755	746	758	756	763	761	758	756
12	750	750	748	745	744	734	758	754	759
Sunum amacı ile son 12 aylık sonuçlar gösterilmiştir									

## EK-10 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI

Aylar	Yıllar							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Ocak</b>	135	70	200	190	240	250	300	340
<b>Şubat</b>	100	82	220	220	238	235	310	335
<b>Mart</b>	110	80	205	230	220	217	325	325
<b>Nisan</b>	100	90	186	245	210	243	315	350
<b>Mayıs</b>	110	90	200	265	233	248	300	360
<b>Haziran</b>	115	110	190	270	240	260	295	340
<b>Temmuz</b>	130	108	225	250	235	265	306	320
<b>Ağustos</b>	125	126	229	235	265	272	314	340
<b>Eylül</b>	115	150	200	221	230	270	320	325
<b>Ekim</b>	110	140	200	205	215	246	315	330
<b>Kasım</b>	161	200	200	243	246	280	330	335
<b>Aralık</b>	155	210	195	245	258	285	335	370

## EK-11 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ



## EK-12 ÜRÜN 5 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI

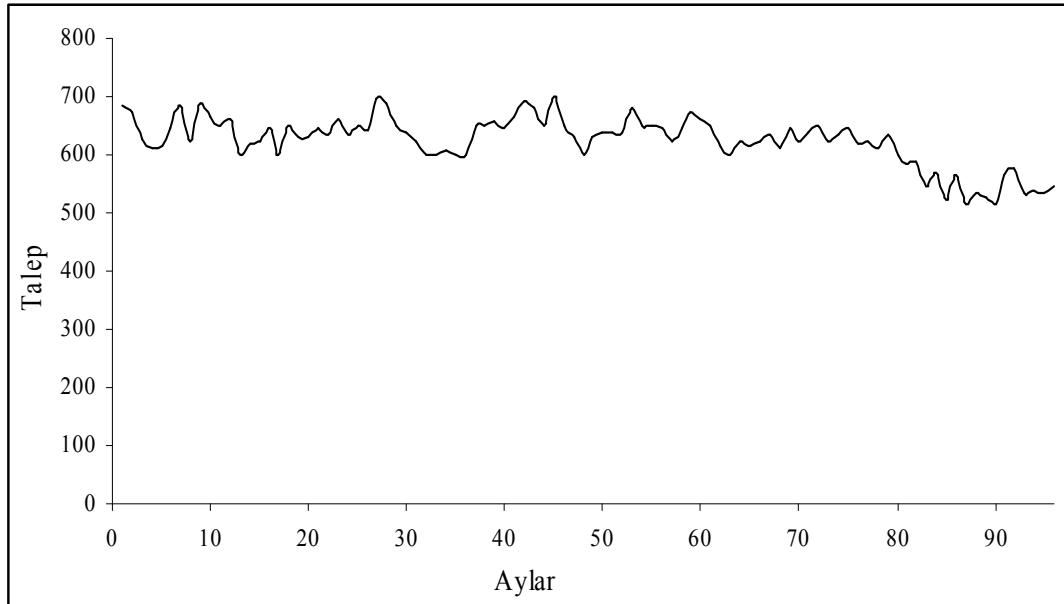
Dönem	Gerçek Talep	3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi	Tek Üssel Düzeltme Yöntemi	Holt'un Doğrusal Yöntemi	Çarpımsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi	Doğrusal Regresyon Yöntemi	Parabolik Regresyon Yöntemi
1	340	327	323	332	334	338	331	324	322
2	335	335	328	338	339	343	331	327	324
3	325	337	331	337	336	337	323	329	326
4	350	333	333	330	326	327	323	332	328
5	360	337	337	341	347	356	339	335	331
6	340	345	342	354	358	364	353	337	333
7	320	350	342	347	342	340	359	340	335
8	340	340	339	330	323	321	364	343	337
9	325	333	342	334	338	345	347	345	339
10	330	328	337	329	327	326	323	348	342
11	335	332	331	330	330	334	374	350	344
12	370	330	330	333	334	338	371	353	346
Sunum amacı ile son 12 aylık sonuçlar gösterilmiştir									



### EK-13 ÜRÜN 6 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP MİKTARLARI

Aylar	Yıllar							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ocak	683	600	650	649	629	650	625	524
Şubat	674	620	643	650	640	615	635	565
Mart	628	625	697	659	638	600	645	514
Nisan	611	645	690	646	640	625	620	536
Mayıs	615	600	650	666	680	615	622	528
Haziran	645	650	640	694	650	624	610	515
Temmuz	683	630	625	680	650	635	635	565
Ağustos	625	630	600	650	646	613	600	578
Eylül	689	645	600	700	625	645	585	535
Ekim	665	635	606	650	648	625	590	540
Kasım	650	660	600	630	675	637	545	535
Aralık	660	635	600	600	660	650	568	545

### EK-14 ÜRÜN 6 İÇİN GERÇEKLEŞEN TALEP GRAFİĞİ



**EK-15 ÜRÜN 6 İÇİN GERÇEK VE TAHMİN YÖNTEMİ SONUÇLARI**

Dönem	Gerçek Talep	3 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	5 Aylık Hareketli Ortalama Yöntemi	Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi	Tek Üssel Düzeltme Yöntemi	Holt'un Doğrusal Yöntemi	Çarpımsal Dönemli Holt-Winters Yöntemi	Doğrusal Regresyon Yöntemi	Parabolik Regresyon Yöntemi
1	524	568	578	563	567	565	573	591	575
2	565	546	562	539	542	527	555	590	572
3	514	552	558	553	555	560	551	589	569
4	536	534	543	530	531	517	533	588	565
5	528	538	541	532	534	533	523	587	562
6	515	526	533	529	530	527	519	586	559
7	565	526	532	521	521	515	515	585	556
8	578	536	532	546	547	559	499	584	552
9	535	553	544	568	565	576	521	583	549
10	540	559	544	551	547	538	516	582	545
11	535	551	547	542	543	539	514	581	542
12	545	537	551	537	538	534	518	580	538
Sunum amacı ile son 12 aylık sonuçlar gösterilmiştir									