

**TÜRKİYE DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ İÇİN
TAHMİN MODELLERİ ÖNERİSİ**

**2015
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

Ahmet Ziyaeddin BULUM

**TÜRKİYE DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ İÇİN TAHMİN MODELLERİ
ÖNERİSİ**

Ahmet Ziyaeddin BULUM

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Haziran 2015

Ahmet Ziyaeddin BULUM tarafından hazırlanan “TÜRKİYE DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ İÇİN TAHMİN MODELLERİ ÖNERİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

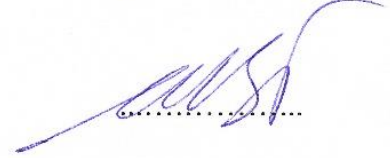
Yrd. Doç. Dr. Muharrem DÜĞENÇİ

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Yrd. Doç. Dr. Mümtaz İPEK

Tez Danışmanı, Sakarya Üniversitesi



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 23/ 06/ 2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası


Başkan : Doç. Dr. Bayram TOPAL (SAÜ)




Üye : Yrd. Doç. Dr. Tuğba TUNACAN (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Fuat ŞİMŞİR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Muharrem DÜĞENÇİ (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Mümtaz İPEK (SAÜ)



10/07/2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ahmet Ziyaeddin BULUM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ İÇİN TAHMİN MODELLERİ ÖNERİSİ

Ahmet Ziyaeddin BULUM

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları:

Yrd. Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ

Yrd. Doç. Dr. Mümtaz İPEK

Haziran 2015, 86 sayfa

Demir-çelik sektörü; uygulama alanları her geçen gün artan, sektördeki üretim teknolojilerinin sürekli gelişmesiyle kendisini sürekli yenileyen, küreselleşen piyasa düzenine damgasını vuran güçlü sektörlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Demir-çelik sektörü, inşaat, otomotiv ve demiryolu başta olmak üzere birçok alanda üretime doğrudan katkı sağlamaktadır. Türkiye, dünyadaki çelik üreten 66 ülke arasında 8. sırada, Avrupa'daki çelik üretici ülkeler arasında ise Almanya'dan sonra 2. sırada yer almaktadır. Mevcut durum, Türkiye'nin demir çelik üretiminde hangi seviyeye geldiğini göstermesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada; Türkiye'nin 1980-2013 arasındaki çelik üretim ve tüketim miktarlarına göre, 2014-2018 yılları için üretim ve tüketim miktarlarını tahmin etmek amaçlanmıştır. Veri analizi için zaman serileri tahmin yöntemlerinden ARIMA, üstel düzeltme ve gri tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Dünya Çelik Birliği (World Steel Association - worldsteel) tarafından yayımlanan raporlardan elde edilmiştir. Elde edilen çalışma sonuçlarının ileriye dönük alınacak yatırım kararlarına yardımcı olması hedeflenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, üretim ve tüketim miktarlarının belirlenen tahmin aralığında artış göstereceği öngörülmüştür.

Anahtar Sözcükler : Demir-çelik sektörü, zaman serileri analizi, ARIMA, üstel düzeltme, gri tahmin.

Bilim Kodu : 906.1.066

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

FORECASTING MODELS PROPOSAL FOR TURKISH IRON AND STEEL INDUSTRY

Ahmet Ziyaeddin BULUM

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Thesis Advisors:

Assist. Prof. Dr. Muharrem DÜĞENCİ

Assist. Prof. Dr. Mümtaz İPEK

June 2015, 86 pages

Iron and steel industry is regarded as one of the strongest sectors, those application areas are growing day after day. It also has significant place in globalized market system and renews itself through continuous improvement of production technology in the industry. Iron and steel industry contributes directly to production in many areas, such as construction, railway and automotive industry. Turkey ranks eighth among the world's 66 steel-producing countries and second after Germany among the steel-producing countries in Europe. The current situation is important to show the level which Turkey has reached in iron and steel production.

The aim of this study is making production and consumption forecasts for the years 2014 to 2018 based on the Turkey's steel production and consumption data between 1980 and 2013. Used methods for the data analysis are ARIMA, exponential

smoothing and grey prediction, which are often used methods of time series analysis. The data used in this study are obtained from reports published by World Steel Association (worldsteel - WSA). With the obtained results of the study it is aimed at supporting the future investment decisions to be taken. According to the findings obtained from the study, production and consumption is expected to increase in the specified range of forecast.

Keywords : Iron and steel industry, time series analysis, ARIMA, exponential smoothing, grey prediction.

Science Code : 906.1.066

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Muharrem DÜŐENCI'ye teőekkürlerimi sunarım.

Sevgili eşime, babam, annem ve kardeşlerime manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımда oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	7
DEMİR - ÇELİK SEKTÖRÜ	7
2.1. DEMİR – ÇELİK TANIMI VE KAVRAMLAR.....	7
2.1.1. Demir ve Çelik Tanımı	7
2.1.2. Demir – Çelik ile İlgili Kavramlar.....	8
2.1.3. Demir - Çelik Üretimi.....	9
2.1.4. Demir - Çelik Ürünleri.....	13
2.2. DEMİR – ÇELİK SEKTÖRÜNDEKİ DURUM.....	14
2.2.1. Dünya’da Demir - Çelik Sektörü.....	15
2.2.2. Türkiye’de Demir - Çelik Sektörü	19
BÖLÜM 3	25
ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ	25
3.1. ZAMAN SERİSİ	25
3.2. ZAMAN SERİSİ ANALİZİ ve YÖNTEMLER	26
3.2.1. ARIMA	30
3.2.1.1. Box-Jenkins Model Belirleme.....	32

	<u>Sayfa</u>
3.2.1.2. Durağanlık Kontrolü ve Fark Alarak Durağanlaştırma.....	32
3.2.1.3. AR - Modeli	39
3.2.1.4. MA - Modeli	40
3.2.1.5. ARMA - Modeli.....	41
3.2.1.6. ARIMA - Modeli	42
3.2.2. Üstel Düzeltme	43
3.2.3. Gri Tahmin.....	46
3.2.4. Model Seçimi ve Model Uyumu.....	50
BÖLÜM 4	52
DEMİR – ÇELİK VERİLERİYLE ZAMAN SERİSİ ANALİZİ	52
4.1. VERİLERİN HAZIRLANMASI	52
4.2. ZAMAN SERİSİ ANALİZİNİN UYGULANMASI	53
4.2.1. 1980 - 2004 Arasındaki Verilerle Analiz.....	54
4.2.2. 1980 - 2009 Arasındaki Verilerle Analiz.....	63
4.2.3. 1980 - 2013 Arasındaki Verilerle Analiz.....	69
BÖLÜM 5	78
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	78
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Entegre demir - çelik tesisi üretim şeması	10
Şekil 2.2. Yüksek fırın üretim akışı	12
Şekil 2.3. Dünya ve Çin çelik üretimi	16
Şekil 2.4. Karşılaştırmalı çelik üretim trendi (0-100 arası orantılı)	18
Şekil 2.5. Karşılaştırmalı çelik tüketim trendi (0-100 arası orantılı)	19
Şekil 2.6. Demir-çelik ihracatının alt gruplara göre dağılımı	22
Şekil 2.7. Demir-çelik ürünleri ihracatının alt gruplara göre dağılımı.....	23
Şekil 2.8. Demir-çelik ithalatının alt gruplara göre dağılımı	24
Şekil 3.1. Kantitatif tahmin yöntemleri.....	27
Şekil 3.2. Zaman serisi bileşenleri	28
Şekil 3.3. Box-Jenkins modelinin adımları	31
Şekil 3.4. Durağan ve durağan olmayan zaman serileri.....	33
Şekil 3.5. Örnek zaman serisi grafiği	39
Şekil 3.6. Örnek zaman serisinin fark serisi grafiği	39
Şekil 3.7. Örnek serinin gözlenen değeri ile hesaplanan Holt değerleri	46
Şekil 4.1. 1980-2013 yıllarına ait demir-çelik üretim ve tüketim miktarları	53
Şekil 4.2. 1980-2004 üretim verileri ACF grafiği.....	54
Şekil 4.3. 1980-2004 üretim verileri PACF grafiği.....	55
Şekil 4.4. 1980-2004 üretim verilerinin 1. dereceden farkının ACF grafiği.....	55
Şekil 4.5. 1980-2004 üretim verilerinin 1. dereceden farkının PACF grafiği.....	56
Şekil 4.6. 1980-2008 Yılları gerçek üretim verileri ve model tahminleri.....	58
Şekil 4.7. 1980-2004 tüketim verileri için ACF grafiği.....	59
Şekil 4.8. 1980-2004 tüketim verileri için PACF grafiği.....	59
Şekil 4.9. 1980-2004 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının ACF grafiği.....	60
Şekil 4.10. 1980-2004 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının PACF grafiği.....	60
Şekil 4.11. 1980-2008 Yılları gerçek tüketim verileri ve model tahminleri	62
Şekil 4.12. 1980-2009 üretim verileri ACF ve PACF grafiği	63

Sayfa

Şekil 4.13. 1980-2009 üretim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği	64
Şekil 4.14. 1980-2013 Yılları gerçek üretim verileri ve model tahminleri.....	66
Şekil 4.15. 1980-2009 tüketim verileri ACF ve PACF grafiği	66
Şekil 4.16. 1980-2009 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği	67
Şekil 4.17. 1980-2013 Yılları gerçek tüketim verileri ve model tahminleri	68
Şekil 4.18. 1980-2013 üretim verileri ACF ve PACF grafiği	69
Şekil 4.19. 1980-2013 üretim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği	70
Şekil 4.20. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(0,1,0) modeli için artıkların korelogramı	71
Şekil 4.21. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(0,1,1) modeli için artıkların korelogramı	72
Şekil 4.22. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(1,1,1) modeli için artıkların korelogramı	72
Şekil 4.23. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(4,1,0) modeli için artıkların korelogramı	73
Şekil 4.24. 1980-2013 Yılları gerçek üretim verileri ve gelecek 5 yıl için model tahminleri	74
Şekil 4.25. 1980-2013 tüketim verileri ACF ve PACF grafiği	75
Şekil 4.26. 1980-2013 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği	75
Şekil 4.27. 1980-2013 Yılları gerçek tüketim verileri ve gelecek 5 yıl için model tahminleri	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Bölgelere göre dünya ham çelik üretimi (milyon ton).....	17
Çizelge 2.2. Dünya genelinde çelik üreten ilk 10 ülke (milyon ton)	21
Çizelge 2.3. Dünya genelinde çelik tüketiminde ilk 10 ülke (milyon ton)	21
Çizelge 3.1. Örnek zaman serisi ve gecikmeleri	34
Çizelge 3.3. Örnek seri ile Holt metodu uygulaması	45
Çizelge 4.1. 1980-2004 arası üretim verileri için ARIMA(0,1,0) modelinin istatistikleri	56
Çizelge 4.2. 1980-2004 arası üretim verileri için ARIMA modelinin istatistiksel anlamlılık değerleri.....	56
Çizelge 4.3. 1980-2004 üretim verileri için model uyum karşılaştırması.....	57
Çizelge 4.4. 2005-2008 üretim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri	57
Çizelge 4.5. 1980-2004 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları	61
Çizelge 4.6. 1980-2004 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri	61
Çizelge 4.7. 1980-2004 tüketim verileri için model uyum karşılaştırması	62
Çizelge 4.8. 2005-2008 tüketim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri....	62
Çizelge 4.9. 1980-2009 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri	64
Çizelge 4.10. 1980-2009 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları	64
Çizelge 4.11. 1980-2009 üretim verileri için model uyum karşılaştırması.....	65
Çizelge 4.12. 2010-2013 üretim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri	65
Çizelge 4.13. 1980-2009 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri	67
Çizelge 4.14. 1980-2009 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları	67
Çizelge 4.15. 1980-2009 tüketim verileri için model uyum karşılaştırması	68
Çizelge 4.16. 2010-2013 tüketim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri....	68

Sayfa

Çizelge 4.17. 1980-2013 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri	70
Çizelge 4.18. 1980-2013 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları	70
Çizelge 4.19. 1980-2013 arasındaki üretim verileri için model uyum karşılaştırması	73
Çizelge 4.20. 2014-2018 yılları için üretim tahminleri (bin ton).....	74
Çizelge 4.21. 1980-2013 arası tüketim verileri için ARIMA(0,1,0) modelinin uyum istatistikleri	76
Çizelge 4.22. 1980-2013 arası tüketim verileri için ARIMA(0,1,0) modelinin istatistiksel anlamlılık değerleri.....	76
Çizelge 4.23. 1980-2013 arasındaki tüketim verileri için model uyum karşılaştırması	76
Çizelge 4.24. 2014-2018 yılları için tüketim tahminleri (bin ton).....	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

a	: gri tahmin metodu gelişme katsayısı
b	: gri tahmin metodu yön verici katsayı
C	: konjonktürel dalgalanma bileşeni
d	: otoregresif bütünleşik hareketli ortalama modeli fark alma derecesi
E_t	: üstel düzeltme bileşeni; beklenen değer
I	: düzensiz (rassal) hareket bileşeni
k	: gecikme periyotu sayısı; periyot sayısı
L	: farkı alınan seriyle ilgili notasyon; maksimum Likelihood fonksiyon değeri
m	: döngü periyotu
n	: serideki gözlem veya eleman sayısı
p	: otoregresif model gecikme derecesi
q	: hareketli ortalama geçmiş dönem periyot derecesi
Q_k	: Ljung-Box Q istatistiği
R^2	: belirleme katsayısı
S	: mevsimsel hareket bileşeni
T	: trend bileşeni
T_m	: malzemenin ergime sıcaklığı
W_t	: t. periyota ait durağan zaman serisi değeri
$x^{(0)}$: gri tahmin metodu orijinal seri
$x^{(1)}$: gri tahmin metodu operatör işlemi sonrası seri
\hat{x}	: x değerinin tahmin edilen değeri
X_t	: t. periyota ait bağımsız değişken
Y_t	: t. periyota ait zaman serisi değeri, rassal değişken; bağımlı değişken
$z^{(1)}$: gri tahmin metodu ortalaması alınan seri
α	: üstel düzeltme ağırlık katsayısı
β	: Holt metodu trend bileşeni ağırlık katsayısı

γ	: Holt-Winters metodu mevsimsel etki ağırlık katsayısı
γ_0	: gecikmesiz seri varyansı
γ_k	: k-periyot gecikmeli seri kovaryansı
δ	: süreç ortalamasıyla ilgili katsayı
Δ^d	: d defa fark alma işlemi
ε	: hata terimi
θ_i	: hareketli ortalama süreci parametresi
μ	: ortalama
ρ_k	: k-periyot gecikmeli serinin otokorelasyon katsayısı
σ^2	: varyans
ϕ_i	: otoregresif süreç parametresi
ϕ_{kk}	: k-periyot gecikmeli serinin kısmi otokorelasyon katsayısı
χ^2	: ki-kare test istatistiği

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ACF	: autocorrelation function (otokorelasyon fonksiyonu)
AGO	: accumulated generating operator (birikmiş türetme operatörü)
AIC	: Akaike information criterion (Akaike bilgi kriteri)
AR	: autoregressive (otoregresif)
ARIMA	: autoregressive integrated moving average (otoregresif bütünleşik hareketli ortalama)
ARMA	: autoregressive moving average (otoregresif hareketli ortalama)
BAKKA	: Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
BIC	: Bayes information criterion (Bayes bilgi kriteri)
BOF	: bazik oksijen fırınlı
CFE	: cumulative forecast error (kümülatif tahmin hatası)
EAO	: elektrik ark ocaklı
ERDEMİR	: Ereğli Demir Çelik Anonim Şirketi
GM	: grey model (gri model)
GP	: grey prediction (gri tahmin)
GPRM	: grey prediction with rolling mechanism (döngüsel mekanizmalı gri tahmin)
GST	: grey system theory (gri sistem teorisi)
GTİP	: gümrük tarife istatistik pozisyonu
HW	: Holt - Winters
IAGO	: inverse accumulating operator (ters biriken türetme operatörü)
IU	: intensity of use (kullanım yoğunluğu)
İO	: indüksiyon ocaklı
İSDEMİR	: İskenderun Demir Çelik Anonim Şirketi

ITC trade map	: International Trade Center (Uluslararası Ticaret Merkezi) ticaret istatistikleri veritabanı
KARDEMİR	: Karabük Demir Çelik Anonim Şirketi
LMSE	: least mean square estimation (en küçük ortalama kareler tahmini)
MA	: moving average (hareketli ortalama)
MAD	: mean absolute deviation (ortalama mutlak sapma)
MAE	: mean absolute error (ortalama mutlak hata)
MAPE	: mean absolute percentage error (ortalama mutlak yüzdelik hata)
MCP	: material composition of product (ürün - malzeme kompozisyonu)
MKEK	: Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu
MSD	: mean square deviation (ortalama kare sapma)
MSE	: mean squared errors (ortalama hata kareleri)
PACF	: partial autocorrelation function (kısmi otokorelasyon fonksiyonu)
PCI	: product composition of income (ürün - gelir kompozisyonu)
PI	: polynomial interpolation (polinom interpolasyonu)
RMSE	: root mean squared errors (ortalama hata kareleri karekökü)
SIC	: Schwarz information criterion (Schwarz bilgi kriteri)
TÇÜD	: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği
TİM	: Türkiye İhracatçılar Meclisi
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
VAR	: vector autoregressive (vektör otoregresif)
worldsteel	: World Steel Association (Dünya Çelik Birliği)
WSA	: World Steel Association (Dünya Çelik Birliği)
WTO	: World Trade Organization (Dünya Ticaret Örgütü)
YSA	: yapay sinir ağı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dayanıklı ve güvenilir olması, yaygın kullanım alanına sahip olması, çevre dostu olması ve pek çok teknik üstünlüğe sahip olması sebebiyle günümüz toplum yaşantısının vazgeçilmez bir parçası olan demir ve çelik, geçmişten günümüze sanayileşmenin temelini oluşturan ve kalkınmanın da itici gücü konumunda stratejik bir malzeme olmuştur. Demir-çelik sektörü; uygulama alanları her geçen gün artan, sektördeki üretim teknolojilerinin sürekli gelişmesiyle kendisini sürekli yenileyen, küreselleşen piyasa düzenine damgasını vuran güçlü sektörlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Demir-çelik sektörü, inşaat, otomotiv ve demiryolu başta olmak üzere birçok alanda üretime doğrudan katkı sağlamaktadır [1].

Ekonomik, siyasi, teknolojik ve endüstriyel olarak sürekli bir değişim ve gelişim içerisinde olan, Türkiye'nin de içerisine dahil olduğu gelişmekte olan ülkelerde, demir-çelik sektörünün özel bir konumu vardır. Bir ülkenin, ekonomi ve sanayi alanlarında istikrara sahip olabilmesi, güçlü bir demir-çelik sanayiinin varlığı ile mümkün olmaktadır. Bu yüzden demir-çelik sektörünün üretim ve tüketim büyüklükleri sanayileşmenin temel göstergelerindedir. Ayrıca kişi başına tüketilen demir-çelik, alüminyum, bakır vb. metal ürünlerinin miktarı, ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleyen önemli göstergeler arasında yer almaktadır [1].

Türk Demir-Çelik ve Demir Dışı Metaller Sektörü, hâlihazırda yaşanan küreselleşme sürecinde üretim, pazarlama, ihracat, ticaret alanlarında dünya ile entegrasyonunu büyük ölçüde tamamlamış bir sektördür. Sektör bu alanlardaki yeterliliğini gelişmiş ve gelişmekte olan pazarların tamamına yakınına yaptığı ihracat ile kanıtlamıştır. Sektör gayri safi yurtiçi hâsıladaki payı, imalat sanayi üretimindeki payı, ihracat, net döviz girdisi, istihdam, rekabet edebilirlik, yatırımlar, dışa açıklık ve makro ekonomik büyüklükler açısından ülkemizdeki en önemli beş sektörden biridir [2].

Demir-çelik ürünlerinin yaygın kullanımı herkesçe bilinmektedir. Ulaşım sektörü (otomotiv, demiryolu: ray, lokomotif, vagon, gemi, vb.), inşaat ve beyaz eşya sektörleri, çelik mobilya yapımı, sıvı ve gazların nakli için borular vb. kalay, çinko, alüminyum, nikel, ya da krom kaplanmış çelikler, paslanmaz çelikler, alaşımlı makine yapım çelikleri gibi ürünler ayrıca diğer metallere gereksinimi yükseltmektedir (örneğin ray çeliği kendi ağırlığının onda biri kadar mangan metaline ihtiyaç gösterir.) [3].

Özellikle son yıllarda demir çelik sektöründe ve döküm sektöründe yaşanan olumlu gelişmeler ve talep artışları sektörün güçlenmesini sağlamıştır. Sektörün dış ticaret açısından rekabet gücü diğer sektörlerle kıyasladığımızda iyi konumdadır. Dünya genelinde toplam ekonomik faaliyetlerin artması ve ülke ekonomilerindeki büyümenin bir yansıması olarak konuta olan ihtiyacın, otomobile olan talebin ve başta beyaz eşya olmak üzere diğer demir çelik ürünleri talebinin her geçen gün büyük bir hızla artması dünya toplam çelik üretimini de artırmaktadır [1].

Gelişmenin önemli saçı ayaklarından kabul edilen demir-çelik sanayii için, gelecekte atılması gereken adımların önceden belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Üretim miktarları ve üretilen demir-çelik ürünlerinin tüketim miktarları göz önünde bulundurularak bir strateji belirlenmesi, hem karlılık hem tasarruf açısından dikkat çekici bir noktadır. Bu sebeple çelik üretim ve tüketim miktarlarının öngörülebilmesi, gerek üretici gerekse yatırımcı açısından strateji tercihi için yardımcı bir unsur olacaktır.

Literatürde zaman serileri ve tahmin ile ilgili pek çok çalışma yapıldığı görülmektedir. Bazı çalışmalarda zaman serileri analizinde kullanılan yöntemlerle tahminler yapılmış, bazı çalışmalarda ise bu yöntemler süreç olarak incelenmiş veya bu yöntemlerle yapılan tahminlerin karşılaştırması yapılmıştır. Zaman serileri analizinde en sık kullanılan yöntemler; Box-Jenkins metodu olarak da bilinen ARIMA modelleri, üstel düzeltme yöntemleri ile bunun üzerine yapılan geliştirmeler ve yapay sinir ağı (YSA) modelleridir.

Ayrıca tahmin yapabilmek amacıyla, zaman serilerini analiz ederken ilave değişkenler kullanılarak farklı yöntemler de kullanılmıştır. Literatürde geçen ve zaman serilerinden farklı olarak çok değişkenli olarak yapılan bu tahminleme çalışmalarında kullanılan bazı yöntemler ise; veri madenciliği yöntemleri (regresyon analizi, YSA, vb.), vektör otoregresif (VAR) modelleri ve kullanım yoğunluğu (IU - intensity of use) yöntemidir.

Ordu, tez çalışmasında demir çelik sektöründe üretilen uzun ürünler olarak nitelendirilen ürün grubunu incelemiştir [4]. Çalışmada uzun ürünlerin üretimine ilişkin farklı değişkenler incelenerek, veri madenciliğinde sınıflandırma temelli teknikler yardımıyla analizler yapılmıştır. Bu analizlerle demir çelik uzun ürün üretim miktarına ilişkin tahmin modeli ve üretimi etkileyen en önemli değişkenler bulunmuştur. Çalışmada karar ağacı algoritmaları ve çoklu regresyon analizi uygulanılarak, sonucunda Chaid karar ağacı algoritmasının uzun ürünlerin tahmininde çoklu regresyon modeline göre daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Bayrak'ın çalışmasında, 2011-2015 yılları arası için Türkiye'de demir-çelik tüketiminin tahmini yapılmıştır [5]. Tüketim tahmini için kullanım yoğunluğu (IU) modelinin kullanıldığı çalışmada, Tilton (1986) tarafından geliştirilen, Roberts (1990) tarafından IU modeline dâhil edilen Ürün-Malzeme Kompozisyonu (MCP) ve Ürün-Gelir Kompozisyonu (PCI) faktörleri kullanılmıştır. Çalışmada sonuç olarak, Türkiye'de 2010 yılında 25,1 milyon ton olan demir-çelik tüketiminin 2015 yılı sonunda 30,9 milyon ton seviyesinde olabileceği tahminine ulaşılmıştır.

Literatürde karşılaşılan çalışmaların büyük bir kısmı, demir-çelik ile ilgili metalürjik araştırmalardır. Demir-çelik üretim, tüketim veya ticaretiyle ilgili tahmin çalışmalarına seyrek rastlanılmaktadır [4-6]. Farklı yöntemler kullanılarak yapılan tahmin çalışmalarında amaç ise en iyi tahmini veren yöntemi bulmaktır [7-22]. Farklı tahmin yöntemlerinin ve bunların sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmalar da literatürde geçmektedir [23-32]. Verilerin durumuna göre, benzer yöntemlerin farklı çalışmalarda farklı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Kuo vd. çalışmalarında 1993-2008 yılları arasında kaydedilen Hazar Denizi seviyesindeki anomalilerin polinom interpolasyonu (PI- polynomial interpolation) ve Holt-Winter (HW) metoduna göre analizi ve tahmini yapılmıştır [7]. PI verilerde bulunan eksiklikleri gidermek amacıyla kullanılmıştır. HW yöntemiyle yapılan analize göre, 2005-2008 yılları için tahmin yapılarak modelin gözlenen değerlere uyumluluğu 0,86 korelasyon katsayısı ile belirtilmiştir. Daha sonra bu tahminler, yine son 3 yıl için YSA yöntemiyle elde edilen tahminlerle karşılaştırılmıştır. MAE, RMSE, MAPE ve ortalama kare sapma (MSD - Mean Square Deviation) hata ölçüleriyle yapılan karşılaştırmada, tahminler arasında belirgin bir fark görülmemiştir. HW metodunun en büyük avantajı olarak, YSA'ya göre daha kolay uygulanabilir bir yöntem olması belirtilmiştir.

Bir telekomünikasyon şirketinin telefon ücret gelirlerinin ARIMA modeliyle analizini içeren, Di vd. çalışmalarında, çeşitli ARIMA modelleri denenmiştir [8]. Yapılan analizler neticesinde karar verilen ARIMA modelinin parametre ve uyumluluk testleri yapılmış ve bu modele göre tahminlerde bulunulmuştur. Gözlenen değerlerle tahmin değerlerinin karşılaştırması yapılarak, ARIMA modelinin güvenilir ve isabetli olduğuna karar verilmiştir.

Kumar ve Anand'ın yaptığı çalışmada, Hindistan'daki şeker kamışı üretiminin Box-Jenkins yöntemiyle öngörüsü yapılmıştır [9]. Alternatif olarak belirlenen ARIMA modellerinden, en düşük AIC ve BIC değerine sahip olan ARIMA(2,1,0) modeli tercih edilmiş; istatistiksel olarak test edilerek tahmin için kabul edilmiştir. Modelin kalıntılarının da korelasyonsuz ve normal dağılım gösterdiği belirtilerek, 2013-2017 yılları için tahminlemede kullanılmıştır.

İstatistik programı R kullanılarak yapılan Farooki'nin çalışmasında, Pakistan'ın 1947-2013 yılları arasındaki toplam ithalat ve ihracat rakamları Box-Jenkins metoduyla incelenmiş ve tahminler yapılmıştır [10]. Geçici olarak belirlenen ARIMA modelleri arasından en düşük AIC değerine sahip modeller, ARIMA(2,2,2) ve ARIMA(2,2,2), ithalat ve ihracat verilerine uygun modeller olarak karar verilmiştir. ARIMA modelinin, nasıl bir değişim sürecine sahip olursa olsun en az 50 gözlem değeri olan

zaman serileri analizinde iyi bir şekilde uygulanabilir olduğu belirtilerek, karar verilen modellerle 2014-2018 yılları için tahminler yapılmıştır.

Koo ve Park'ın yapmış olduğu çalışmada, Güney Kore'ye ait kısa dönem elektrik enerjisi yük tahminleri, YSA, basit üstel düzeltme yöntemi ve ARIMA modeliyle yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır [24]. Karşılaştırma öncesinde veriler çeşitli algoritmalar kullanılarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada özellikle yapılan sınıflandırmanın, her üç metotla yapılan tahminlerin isabetliliğine olan olumlu etkisi vurgulanmıştır (MAPE değerlerinde 0,041-0,486 iyileşme). Bununla birlikte, her üç metodun da, gerek sınıflandırılmamış gerekse sınıflandırılmış verilerle sağladıkları tahmin sonuçlarının birbirinden çok büyük farklarının olmadığı belirtilmiştir.

Farklı kantitatif teknikler kullanılarak süt ürünleri üreten bir şirketin net satışlarının tahmini yapılan, Parimita ve Arora tarafından yapılan çalışmada; saf tahmin modeli (naive model), hareketli ortalama, üstel düzeltme, doğrusal regresyon ve üstel regresyon metotları kullanılmıştır [33]. MSE, MAD, MAPE ve kümülatif tahmin hatası (CFE - Cumulative Forecast Error) olmak üzere farklı hata ölçütleri kullanılarak; farklı ürünler için farklı metotların uygunluğu gösterilmiştir. Uygun görülen yöntemlerle tahminler yapılmış, sonuçlar belirtilmiştir.

Demir - sektörüyle ilgili olarak Toraman tarafından yapılan bir başka tahmin çalışmasında, sektörün iki büyük işletmesinin (Erdemir A.Ş. ve Kardemir A.Ş.) hisse senetlerinin fiyat tahminine yönelik YSA modelleri kurulmuştur [34]. Oluşturulan YSA modelleri ile elde edilen sonuçlara göre; YSA'ların volatilitesi yüksek dönemlerin modellenmesinde başarılı sonuçlar üretebildiği, ancak "aşırı volatilitite" olarak değerlendirilebilecek dönemlerde diğer tahmin modellerine benzer şekilde çok da başarılı sonuçlar üretemediği ortaya koyulmuştur.

Çuhadar vd. çalışmalarında farklı mimarilere sahip yapay sinir ağı modelleri ile zaman serileri yöntemlerinden üstel düzeltme ve Box-Jenkins yöntemleri kullanılarak, yapılan tahminlerin doğrulukları karşılaştırılmıştır [35]. Ocak 1992- Aralık 2005 döneminde Antalya iline gelen aylık yabancı turist sayısı verilerinden faydalanılarak, yüksek doğruluğu sağlayan model belirlenip bu model yardımıyla Antalya iline

yönelik dış turizm aylık talep tahminleri yapılmıştır. Yapılan analizler ve denemeler sonucunda orijinal seri kullanılarak oluşturulan 12 gecikmeli yapay sinir ağı modelinin, en yüksek doğruluğu sağladığı görülmüş ve elde edilen model yardımıyla 2009 yılı için tahminler yapılmıştır. Model karşılaştırmaları için MAPE kullanılmıştır.

Literatürde geçen Türkiye demir-çelik sektörüyle ilgili tahmin çalışmaları çok değişken içeren çalışmalardır. Bu alanda genel üretim ve tüketim verileriyle yapılmış bir tahminleme çalışması bulunmaması, bu tez çalışmasının temel çıkış noktası olmuştur. Bu tez çalışmasında, öncelikle ikinci bölümde demir-çelik sektörü hakkında bilgiler verilmiş, sektörün dünyadaki ve Türkiye'deki durumu incelenmiştir. Üçüncü bölümde zaman serileri analizi ve kullanılan yöntemlerle ilgili detaylı bilgilere yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise ARIMA, Holt'un üstel düzeltme yöntemi ve gri tahmin yöntemiyle 1980-2013 yıllarına ait veriler 3 aşama halinde analiz edilmiş ve sonuçlar gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara ve gelecekte yapılması faydalı olacak çalışma önerilerine ise beşinci bölümde değinilmiştir.

BÖLÜM 2

DEMİR - ÇELİK SEKTÖRÜ

2.1. DEMİR – ÇELİK TANIMI VE KAVRAMLAR

2.1.1. Demir ve Çelik Tanımı

Demir, modern endüstrinin temel hammaddesini oluşturmakta olup, yer kabuğunun %5,1'ini teşkil ederek, oksijen, silisyum ve alüminyumdan sonra en çok bulunan dördüncü element durumundadır. Demir ihtiva eden mineraller; oksitler, karbonatlar, silikatlar ve sülfürler halinde bulunur. Ancak, çok değişik bileşikler halinde mevcut olan demirin ekonomik olarak başlıca, manyetit ve hematit, daha az oranda da limonit ve siderit cevherlerinden üretimi mümkün olabilmektedir [36].

- a. Manyetit (Fe_3O_4): Manyetik özelliği vardır. Siyah veya koyu esmer renktedir.
- b. Hematit (Fe_2O_3): Kırmızı renkli olduğundan kırmızı demir taşı da denir. Hematit filizlerinin fosforu ve kükürdü az olduğu için demir elde etmede en çok tercih edilen filizlerdendir.
- c. Limonit ($Fe_2O_3 \cdot xH_2O$): Oksitlenmiş demir rengindedir. İçerisinde fazla miktarda kireç bulunduğu için üretim sırasında katkı maddesi olarak kireç gerektirmez.
- d. Siderit ($FeCO_3$): Demir spatı olarak da adlandırılır. Bileşiminde fazla miktarda manganez içerdiğinden kıymetli bir cevherdir. Yüksek fırına verilmeden önce kavrularak CO_2 çıkarılır.

Demir metali, demir cevherinden elde edilir ve doğada sıklıkla element halde bulunmaz. Saf demir elde etmek için, cevherdeki diğer maddelerin indirgenme yöntemleriyle uzaklaştırılmaları gereklidir. Demir, büyük ölçüde karbonlu bir alaşım olarak kabul gören çelik yapımında kullanılır.

Çelik, demir elementi ile genellikle %0,2 - %2,1 arasında değişen oranlarda karbon bileşiminden meydana gelen bir alaşımdır. Çeliğin alaşımındaki karbon miktarı çeliğin sınıflandırılmasında önemli rol oynar. Çelik, ham demirin içerisine farklı elementlerin katılmasıyla mukavemet veya şekillendirilme özellikleri kazanmaktadır. Demir içerisinde alaşım olarak genelde karbon kullanılsa da, magnezyum, krom, vanadyum ve volfram gibi farklı elementler de kullanılabilir [37].

2.1.2. Demir – Çelik ile İlgili Kavramlar

Haddecilik, merdaneler yardımıyla metalin şekillendirilmesi işlemidir. “Sıcak hadde” veya “sıcak şekillendirme”, genelde malzemenin ergime sıcaklığının %60’ından ($0,6 \times T_m$) daha yüksek sıcaklıklarda yapılan şekillendirme işlemlerine verilen addır. “Soğuk haddeleme” ise daha hassas tolerans ve yüzey kalitesi gerektiren sac, şerit veya levha üretiminde kullanılan yöntemdir [38].

“Yüzey kaplamalı” ürünlerde, malzeme ömrünü uzatma, korozyonu engelleme ve benzeri amaçlarla çeşitli yöntemler kullanılarak çelik malzemenin yüzeyi çinko, kalay, krom gibi maddelerle kaplanır. “Soğuk çekme” işleminde malzemenin akma sınırından faydalanılarak kopmadan ezilip uzamalarını sağlayarak kesit değiştirilir. Daha çok mil, filmaşın ve tel üretiminde kullanılır [38].

Demir elementi yalnız başına çok değerli bir element değildir. İçerisine katılan çeşitli elementlerle değer kazanmaktadır. Bu elementler demirin sertlik, dayanıklılık, paslanmazlık, vb. gibi farklı özellikler kazanmasında faydalı olmaktadır. Demir ve çelik, içeriğinde bulunan alaşım elementlerine göre farklı adlandırmalara sahip olmaktadır.

Demir çeşitlerinden bazıları şunlardır [38]:

- a. Pik demir: %4 – %5 oranında karbon ve değişen oranlarda farklı elementler (kükürt, silisyum, fosfor gibi) içerir. Demir cevherinden dökme demir ve çeliğe giden aşamada bir ara ürün olarak düşünülebilir.

- b. Dökme demir: %2 – %5 oranları arasında karbon, %1 – %6 silisyum ve az miktarda manganez içerir. Pik demirde bulunan ve malzeme özelliklerini olumsuz etkileyen, kükürt ve fosfor gibi elementlerin miktarı önemli ölçüde azaltılmıştır. Korozyona dayanıklı, titreşimi sönümleme özelliğine sahip, dökümde ise akıcı ve kalıbı doldurma özelliği yüksek bir malzemedir. Bileşiminde bulunan karbon ve diğer alaşım maddelerine göre dökme demir de farklı adlandırmalara sahip olmaktadır. Bunlardan bazıları; beyaz (sert) dökme demir, gri (lamel grafitli) dökme demir, sfero (küresel grafitli) dökme demir ve temper (dövülebilir, sünek) dökme demirdir.

Çelikler de çeşitli faktörler dikkate alınarak sınıflandırılırlar [38]:

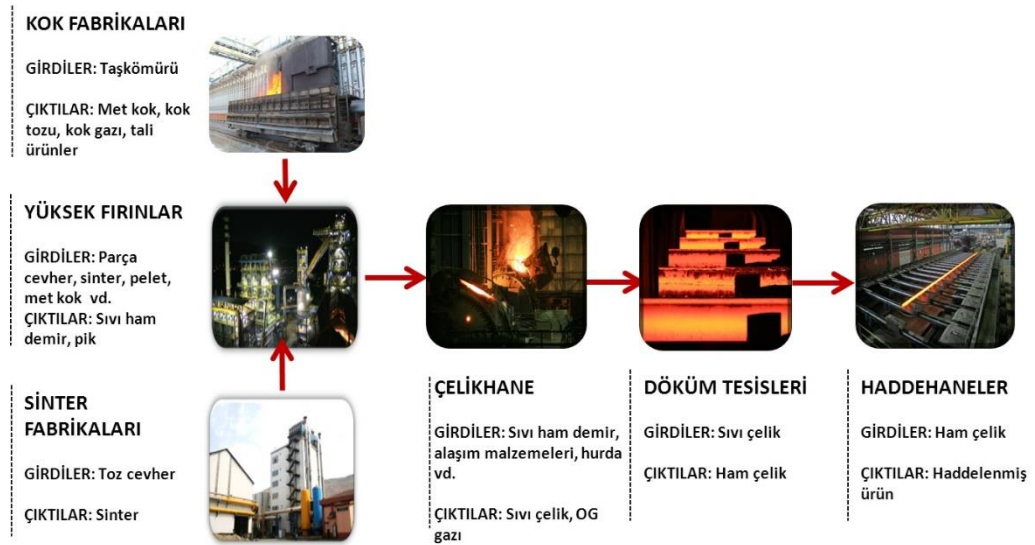
- a. Üretim metotlarına göre: Bassemer ve Thomas çelik üretim yöntemi, Siemens – Martin çelik üretim yöntemi, elektrik ark çelik üretim yöntemi, elektrik endüksiyon üretim yöntemi, oksijenli konverter çelik üretim yöntemi ve vakum çelik üretim yöntemidir.
- b. Kullanım alanlarına göre: Yapı çeliği, ray çeliği, cıvata ve somun çeliği, yay çelikleri ile soğuk veya sıcak, ıslak veya tuzlu vb. ortamlarda kullanılacak çeliklerdir.
- c. Kalitesine göre: Bu sınıflandırmada üç önemli özellik dikkate alınmaktadır. Bunlar biçimlendirilme özelliği (dökme ve dövmeye uygun çelikler), yapısal özellikler (korozyon, ısı ve paslanmaya dayanıklı çelikler) ve mikroskobik yapıdır (ferritik, perlittik, östenit vb. çelikler).
- d. Sertleştirme yöntemlerine göre: Çeliklerin sertleştirme ortamı ve kullanılan sertleştirme sıvısı dikkate alınarak yapılan sınıflandırmadır. İçyapısında %0,2'den az karbon içeren çelikler sertleştirilemez. Sertleştirmenin yapıldığı ortama göre; su çelikleri, yağ çelikleri ve hava çelikleri olarak isimlendirilmektedir.

2.1.3. Demir - Çelik Üretimi

Demir - Çelik üretimi temel olarak, demir cevherinin arıtılıp, demir ve çelik üretimini ve bunların şekillendirilmesiyle çeşitli ürünlerin elde edilmesini, ayrıca bu ürünlerin

bazı koruyucu maddelerle kaplanması işlemlerini, içermektedir. Demir - Çelik üretim işlemleri başlıca iki aşamada gerçekleştirilmektedir: İlk aşamada demir cevheri arıtılarak çelik üretimine uygun ham demir haline getirilmekte; ikinci aşamada ise bu ham demir, çelik üretmek amaçlı kullanılmaktadır [39].

Demir - çelik üretimi yapan entegre tesislerde, farklı aşamalarda gerekli maddelerin üretimi için çeşitli ilave üretim birimleri bulunmaktadır. Örneğin yüksek fırın prosesi ile işlem yapan tesislerde, kok ve sinter fabrikaları da bulunmaktadır (Şekil 2.1). “Kok fabrikaları”nda yüksek fırınların ihtiyacı olan metalürjik kok üretimi gerçekleştirilmektedir. Koklaşabilir kömür, kok fırınlarına şarj edilir, oksijensiz ortamda 18–20 saat kalan kömürün içindeki istenmeyen elementler yüksek ısı sayesinde alınarak metalürjik kok elde edilir. “Sinter fabrikaları”, yüksek fırınlarda doğrudan kullanılmayacak özellikteki kükürtlü ve toz haldeki cevherin, ergime derecesinin altında bir sıcaklığa ısıtılmak suretiyle kullanıma uygun ebat ve dayanıklılıkta topaklar haline getirildiği tesislerdir [39].

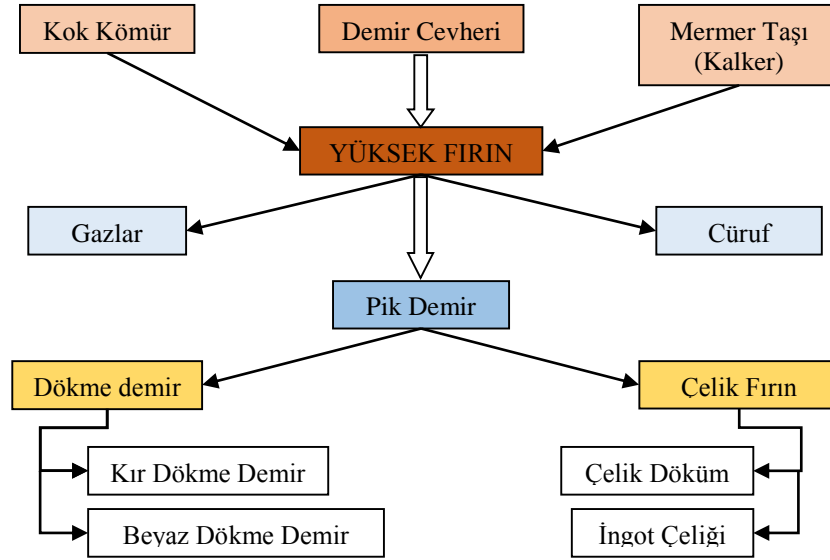


Şekil 2.1. Entegre demir - çelik tesisi üretim şeması [39].

Çelik üretiminde farklı teknolojilerden faydalanılmakta, her yöntemde değişen oranlarda cevher ve hurda demir kullanılmaktadır. Farklı yöntemlerde faydalanılan eritme ocaklarından bazıları şunlardır [38,39]:

a. Yüksek fırın ve bazik oksijen ocağı: Çoğunlukla demir cevherini işlemekte kullanılan dikey izabe (ergitme) fırınıdır. Yüksek fırın prosesi ile düşük maliyetli çelik üretimi yapılabilir. Çelik üretimi için gereken süreç üç temel malzemenin işlenmesi ile başlar. Bu malzemeler demir cevheri, kireçtaşı ve kömürdür. İlk olarak kömür, kok oluşturmak için kok fırınlarında ısıtılır. Bu süreç karbonizasyon olarak adlandırılır. Oluşan kok soğumaya bırakılır. Yüksek fırın sürecini hızlandırmak ve sinter oluşturmak için demir ve kireç taşı eşzamanlı olarak sinterleme adı verilen işleme alınır [37]. Demir cevheri ve yakıt fırın tavanından sürekli olarak eklenirken, fırının alt kısmından ise hava verilir. Böylelikle cevherin fırın tavanından tabanına doğru hareketi süresince kimyasal tepkimeler gerçekleşir. Fırının üst kısmından baca gazı salınırken, fırının alt kısmında ise ergimiş demir ve cüruf bulunur. Yüksek fırının çıktısı olan ham demir (pik demir ya da demir - karbon alaşımı), düşük miktarda silisyum, mangan, kükürt, fosfor ve başka bazı elementler içeren bir demir - karbon (%4 civarı) alaşımıdır.

Türkiye’de 8 adet yüksek fırın bulunur. Yüksek fırınlara üretimlerinin artması için doğurganlık özelliği nedeniyle kadın isimleri verilir. İskenderun Demir - Çelik Fabrikası’nda Cemile, Ayfer, Gönül isimlerinde 3 adettir. Ereğli Demir - Çelik Fabrikası’nda Ayşe ve Atatürk’ün annesinin adının verildiği Zübeyde olmak üzere iki adettir. Karabük Demir - Çelik Fabrikası’nda ise Fatma (1939 - Türkiye’nin ilk yüksek fırını), Zeynep (1950) ve Ülkü (1962) olmak üzere 3 adet ve toplam 8 adet yüksek fırın mevcuttur [38]. Yüksek fırınlardaki üretim akışı Şekil 2.2’deki gibidir:



Şekil 2.2. Yüksek fırın üretim akışı [38].

- b. Elektrikli Ocaklar: Elektrikli ocaklar üç grupta toplanabilir [38]. Bunlar Ark ocakları, Direnç ocakları ve Endüksiyon ocaklarıdır. Direnç ocaklarının kullanım alanları oldukça sınırlıdır.

“Elektrikli Ark Ocağı”: Oksijen metodunun aksine sıcak metal kullanmaz. Ark ocağı soğuk metal (hurda çelik) ile doldurulur ve ocak içerisinde elektrik yardımıyla ergitme yapılır. Ocak kapağında üç adet elektrot bulunur. Bu elektrotlardan geçen elektrik, yıldırım benzeri ark oluşturarak yüksek ısı oluşmasına ve ergimeye sebep olur. Eritme prosesi esnasında farklı metal elementleri ilave edilebilir; ayrıca çeliği saflaştırmak için oksijen de verilebilir. Kontrol işleminin sonucuna göre, ergitme işleminden sonra ark ocağı önce bir tarafa yatırılarak üzerindeki cüruf dökülür; daha sonra diğer tarafa yatırılarak erimiş çelik boşaltılıp işleme alınır.

“Endüksiyon Ocağı”: Elektrikli ark ocağının aksine dolaylı yoldan sağlanan akımla ısınır. Isıya dayanıklı fırını çevreleyen bobin aracılığıyla alternatif elektrik akımı iletilir ve bu şekilde demir veya çelik hurdalarının ısınmasına ve erimesine sebep olan elektrik akımları (girdap akımı) elde edilir. Endüksiyon ocağının maliyeti elektrik ark ocağına göre daha düşük olsa da, kapasite olarak

da daha kısıtlıdır. Daha küçük olduklarından dolayı çoğunlukla dökümhanelerde ve Hindistan'da genel olarak bu ocaklar kullanılır.

- c. Açık Ocaklar: Rusya, Ukrayna ve Hindistan'da kullanılmakla birlikte, bu yöntem artık terk edilmeye başlanmıştır.
- d. Kupol Ocaklar: Saçtan yapılan ve iç kısmı refrakter tuğla ile örülerek astarlanmış olan, sıvı dökme demir elde etmek amaçlı kullanılan düşey silindirik ocaklardır.
- e. Havalı (Alevli) Ocaklar: Temper döküm gibi dökme demirin kimyasal bileşiminin hassas olarak ayarlanması gerektiği durumlarda kullanılan ocaklardır.
- f. Konverterler: Metali eritme amaçlı değil, pik demiri artırarak çelik üretme amaçlı kullanılırlar. Konverterlere doldurulan pik veya dökme demirin üzerine ve içine hava veya oksijen verilerek, karbon, silisyum, fosfor, kükürt gibi istenmeyen elementler yakılarak uzaklaştırılır.
- g. Potalı Ocaklar: Daha çok bakır ve alüminyum gibi demir harici metaller için kullanılan; sıvı çeliğin sıcaklığının döküm için uygun değerlere düşürülmesi veya kimyasal bileşenlerinin ayarlanıp kalitesinin artırılması (rafınasyon) amacıyla kullanılan ocaklardır.
- h. Siemens - Martin Ocağı: Genel olarak tesislerin çelikhanelerinde kullanılır. Ocak içerisine yarı yarıya hurda ve pik demir ile cüruf oluşturmak amaçlı kireçtaşı veya diğer katkıları katılarak işleme sokulur.

Çelikler kimyasal bileşimle beraber uygulanan ısı işlemler sonucunda; istenen sertliğe, mekanik, fiziksel veya elektriksel özelliğe, korozyon ve yüksek sıcaklığa dayanım gibi özelliklere tam olarak kavuşturulabilir. Çeliklerin büyük bir bölümü metal ile kaplanmaya, emaye yapılmaya, boyanmaya ve plastik maddeler ile kaplanmaya uygundur [39].

2.1.4. Demir - Çelik Ürünleri

Demir-çelik sektöründe üretilen ürünler bazı kaynaklarda üç kısımda incelenmiştir; ana mamuller, ara mamuller ve yan mamuller [4]. Ana mamul başka bir işlem gerektirmeksizin nihai kullanım için üretilen ürünler, ara mamul bir başka ürünün

üretiminde girdi olarak kullanılabilen ürünler olarak kabul edilir. Ara mamuller bazı kaynaklarda yarı veya ilk mamul olarak da geçmektedir. Yan mamuller ise üretim süreci sonunda, ana ürün ile beraber ortaya çıkan ürünlerdir. Ana ürün olarak uzun, yassı, yuvarlak veya profil olarak tüm demir-çelik ürünleri düşünülebilir. Ham demir, pik demir, kütük, blum gibi ürünler ara ürünlerdir. Yan mamullere örnek olarak ise kok, oksijen, granüle cüruf ve ham katran gösterilebilir [4,38].

Belli başlı yarı mamuller:

- a. Slab (Yassı kütük)
- b. Blum (Bloom)
- c. Kütük (Billet)
- d. İngot
- e. Yuvarlak çubuk

Bazı ana mamuller:

- a. Uzun ürünler (Kangal, filmaşın, tel, vb.)
- b. Yassı ürünler (Levha, sac, bant, vb.)
- c. Yuvarlak ürünler (Boru, tekerlek, vb.)
- d. Profiller
- e. Özel ürünler (Makine ve çeşitli araçlar için üretilen ürünler)

2.2. DEMİR – ÇELİK SEKTÖRÜNDEKİ DURUM

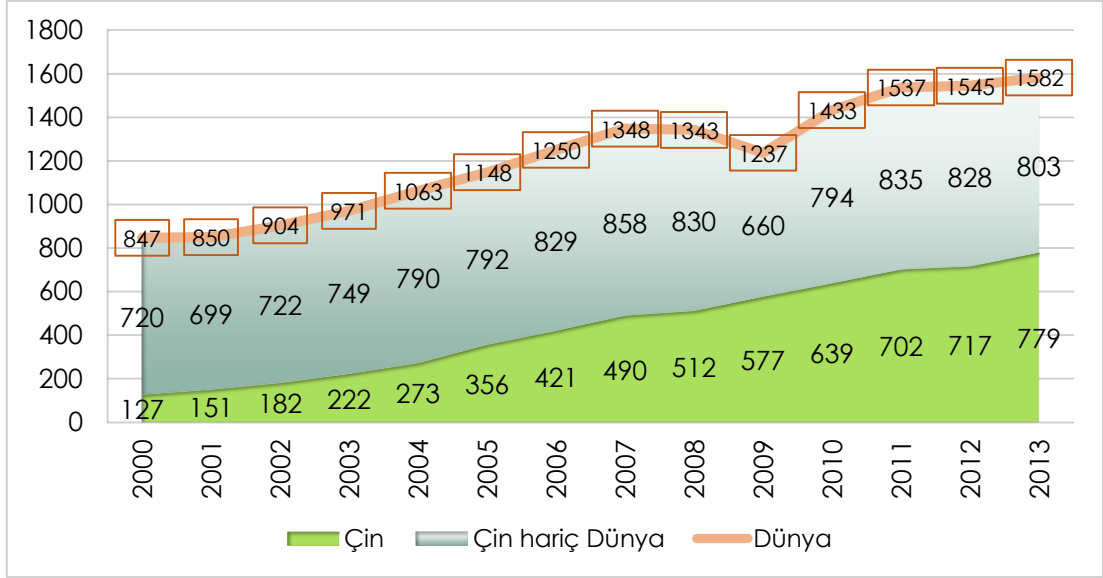
Demir çelik sektörünün başta inşaat, otomotiv ve demiryolu olmak üzere tüm mamul eşya üretimine doğrudan katkısı vardır. Sektörün üretim ve tüketim büyüklükleri sanayileşmenin temel göstergeleri arasında yer almakta olup, kişi başına tüketilen çelik, alüminyum ve bakır ürünleri miktarı ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleyen önemli bir göstergedir [1].

2.2.1. Dünya’da Demir - Çelik Sektörü

Başta temel imalat sanayi ve inşaat sektörü olmak üzere, tüm sektörlerle girdi veren niteliği nedeniyle demir-çelik sektörü ekonomik krizlerden doğrudan etkilenmekte ve ekonomideki iniş çıkışlara paralel olarak çelik piyasaları yüksek dalgalanmalara sahne olmaktadır [40]. Dünya ham çelik üretim kapasitesi, kriz dönemlerinde yavaşlamakla birlikte devam eden bir artış eğilimindedir. 2007 yılı sonunda 1 milyar 584 milyon ton seviyesinde olan dünya ham çelik üretim kapasitesi, 2012 yılında %29 oranında artışla, 2 milyar 49 milyon ton seviyesine ulaşmıştır. Özellikle 2008 yılındaki global finans krizi sonrasında belirgin bir şekilde gerileyen dünya çelik tüketimi, 2012 yılında başta Avrupa Birliği (AB) ve Çin olmak üzere dünya ekonomilerindeki durgunluk nedeniyle, yeniden yavaşlamaya başlamıştır. Kapasite artışının devam etmesine karşın talebin daralması ve çelik üretiminin aynı oranda gerilememiş olması, global piyasalarda büyüyen bir arz fazlalığı sorununu da beraberinde getirmiştir [40].

Dünya çelik üretimi, 1998-2008 yılları arasındaki 10 yıllık dönemde, istikrarlı bir şekilde artış göstermiştir. Özellikle 2000’li yıllardan itibaren, dünya çelik üretimindeki artışın Çin Halk Cumhuriyeti kaynaklı olarak şekillendiği görülmektedir. 2000-2007 yılları arasındaki dönemde, dünya çelik üretimi %59,2 oranında artışla, 847 milyon tondan, 1 milyar 348 milyon tona ulaşmıştır. Aynı dönemde Çin’in çelik üretiminin, %286 oranında artışla, 127 milyon tondan 490 milyon tona ulaşması, dünya çelik üretiminde gerçekleşen yaklaşık 500 milyon tonluk artışın 363 milyon tonuna tekabül eden %72’sinin, Çin’den kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Çin hariç tutulduğunda, dünya çelik üretimindeki artış yalnızca %19 seviyesinde kalmıştır (Şekil 2.3).

2007 yılında 1 milyar 348 milyon ton seviyesinde gerçekleşen dünya ham çelik üretimi, 2008 yılının ikinci yarısında ortaya çıkan global finans krizinin de etkisiyle, 2008 yılında %0,4 oranında düşüşle, 1 milyar 343 milyon tona, 2009 yılında ise, %8,2 oranında düşüşle, 1 milyar 237 milyon tona gerilemiştir. Bu dönemde dünya çelik üretimindeki gerilemeye rağmen, Çin’in üretimi artış eğilimini sürdürmüş ve 2007 yılındaki 490 milyon ton seviyesinden, 2008 yılında 512 milyon, 2009 yılında ise, 577 milyon tona yükselmiştir (Şekil 2.3) [40].



Şekil 2.3. Dünya ve Çin çelik üretimi (milyon ton) [41].

2010 ve 2011 yıllarında, özellikle Kuzey Amerika ve AB başta olmak üzere, gelişmiş ülkelerin kriz sonrasındaki hızlı toparlanmalarının da etkisi ile dünya çelik üretimi yeniden hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. 2000-2007 döneminde, üretimini her yıl %20'ler civarında arttıran Çin Halk Cumhuriyeti'nin üretimi ise, sonraki yıllarda yavaşlamaya başlamış ve 2011 ile 2012 yıllarında tek haneli artış oranlarında kalmıştır. Ancak son yıllardaki yavaşlamaya rağmen, Çin'in dünya çelik üretimi içerisindeki payı, 2000 yılındaki %15 seviyesinden, 2012 yılında %46 seviyesine kadar yükselmiştir [40].

2000-2007 yılları arasında, 190-210 milyon ton aralığında dalgalanan AB'nin ham çelik üretimi ise, 2008 ve 2009 yıllarında toplam %34 oranında gerilemiştir. 2010 yılından itibaren toparlanma eğilimine girmiş olmasına ve 2011 yılı itibariyle üretimini 177 milyon tona çıkartabilmesine rağmen, 2011 yılının sonlarında Avro bölgesinde ortaya çıkan borç krizinin etkisiyle, 2012 yılında AB'nin çelik üretimi 169 milyon ton seviyesine gerilemiştir. 2012 yılında AB, Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT) ve Güney Amerika'daki düşüşün de etkisiyle, dünya çelik üretimindeki artış oranı %1,2 gibi oldukça düşük bir seviyede gerçekleşmiştir. Dünya çelik üretimindeki güçlü artışa karşılık, AB'nin çelik üretimindeki düşüş nedeniyle, 2000 yılında %22,8 seviyesinde bulunan AB bölgesinin toplam dünya ham çelik üretimi içerisindeki payı, 2012 yılı itibariyle %10,3 seviyesine gerilemiştir (Çizelge 2.1) [40].

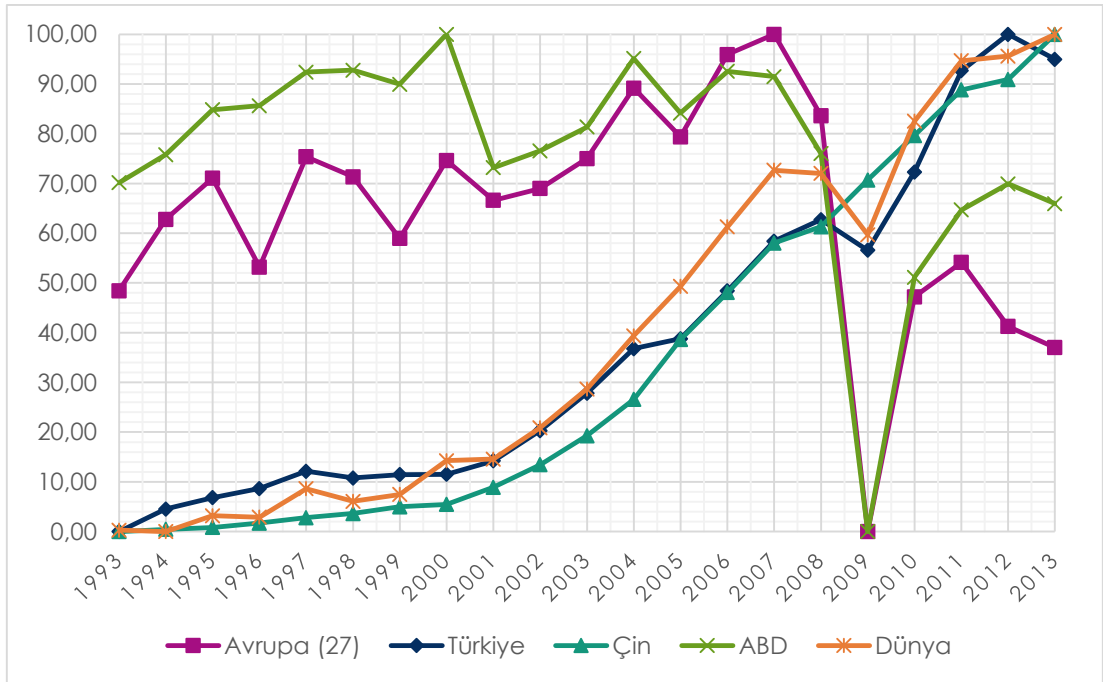
2012 yılında %1,5 civarında artış gösteren dünya ham çelik üretimi, 2013 yılında %3,1 oranında artışla, 1 milyar 607 milyon tona yükselmiştir. Söz konusu üretim artışı, dünya çelik üretimindeki toparlanma eğiliminin devam ettiğine işaret etmektedir. Ancak dünya çelik üretimindeki artışta, Çin ve Asya'nın rolüne bakıldığında, dünya genelinde henüz ciddi bir toparlanmadan söz edilmesinin mümkün olmadığı ortaya çıkmaktadır. 2013 yılında, Çin'in ham çelik üretimi %6,6 oranında artışla, 779 milyon tona; Asya'nın üretimi ise %5,4 oranında artışla, 1 milyar 81 milyon tona yükselmiştir. 2013 yılında, Çin hariç tutulduğunda, dünya ham çelik üretiminin sabit kaldığı; Asya hariç tutulduğunda ise, %1,3 oranında gerilediği anlaşılmaktadır. Asya'daki güçlü üretim artışına karşılık, AB, diğer Avrupa ülkeleri, BDT, Kuzey Amerika ve Güney Amerika'da üretimin gerilediği gözlenmektedir (Çizelge 2.1) [42].

2013 yılında 1,61 milyar tonluk dünya ham çelik üretiminin, %67,3 pay ile 1 milyar 81 milyon tonunu Asya bölgesi, %10,3 pay ile 166 milyon tonunu AB bölgesi, %7,4 pay ile 119 milyon tonunu Kuzey Amerika ve %6,8 pay ile 109 milyon tonunu BDT gerçekleştirmiştir. 2000 yılında %39 seviyesinde bulunan Asya'nın dünya çelik üretimi içerisindeki payı, 2006 yılında %54 ve 2013 yılında %67 seviyesine yükselirken, AB'nin payı 2000 yılındaki %22 seviyesinden, 2013 yılında %10,3 seviyesine, Kuzey Amerika'nın payı %16'dan %7,4'e, BDT'nin payı %11,6'dan %6,8'e gerilemiştir [42].

Çizelge 2.1. Bölgelere göre dünya ham çelik üretimi (milyon ton) [41].

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2012-2013 değişim	pay 2013
AB	210	199	139	173	178	169	166	-1,78%	10,33%
Diğer Avrupa	31	32	29	34	39	40	39	-2,50%	2,43%
BDT	124	114	98	108	113	111	109	-1,80%	6,78%
Kuzey Amerika	133	125	84	112	119	122	119	-2,46%	7,41%
Güney Amerika	48	47	38	44	48	46	46	0,00%	2,86%
Afrika	19	17	15	17	16	15	16	6,67%	1,00%
Orta Doğu	16	17	18	20	23	25	26	4,00%	1,62%
Asya	757	784	811	918	995	1026	1081	5,36%	67,27%
Okyanusya	9	8	6	8	7	6	6	0,00%	0,37%
Dünya	1347	1341	1238	1434	1538	1560	1607	3,08%	100,00%

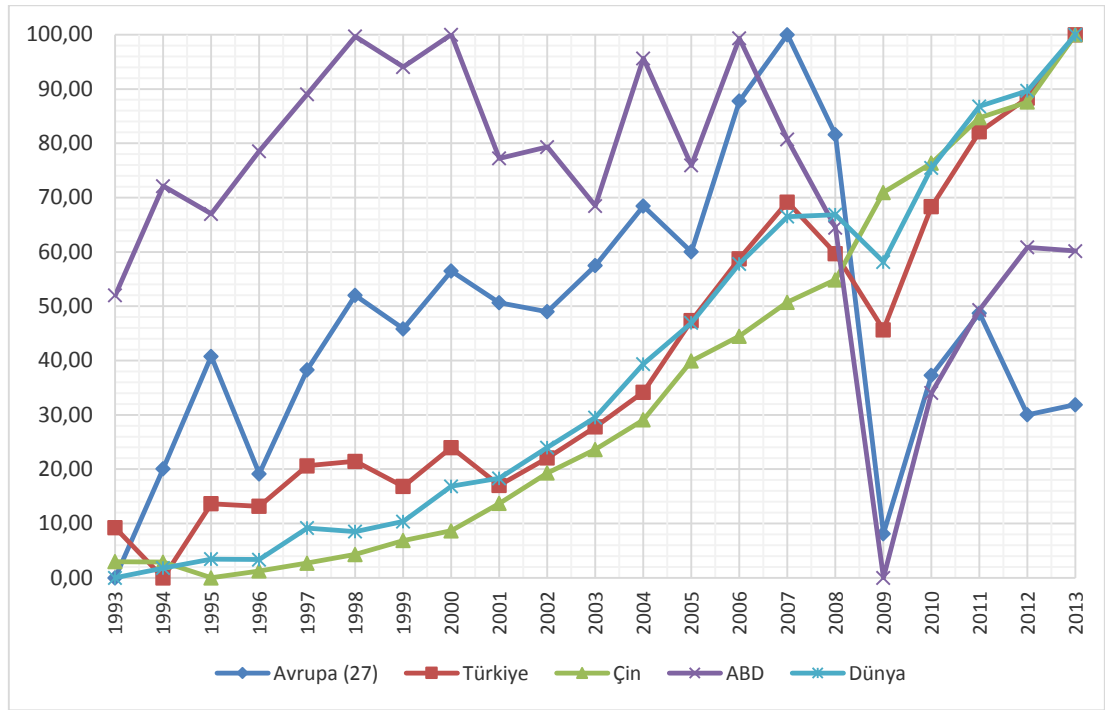
Çelik üretim miktarları 0 ile 100 arasına oranlanırsa, hem üretim trendi daha iyi görülebilir hem de daha net bir karşılaştırma yapma imkanı verir. En düşük üretim miktarı 0 ve en yüksek üretim miktarı da 100 olarak kabul edildiğinde, diğer değerler 0 - 100 arasında miktara orantılı olarak dağıtılır. 1993 - 2013 yılları arasındaki çelik üretim miktarları göz önünde alındığında, Şekil 2.4'te görüldüğü üzere, Avrupa ve Amerika haricinde Türkiye, Çin ve Dünya geneli bir yükseliş trendi izlemektedir. Türkiye'nin en düşük üretimi 1993 yılında, en yüksek üretim miktarı ise 2012 yılında gerçekleşmiştir. Çin'in en düşük üretimi ise 1993 yılında, en yüksek üretimi ise yükseliş trendiyle 2013'te gerçekleşmiştir. Avrupa ve Amerika'ya baktığımızda en düşük üretimleri global krizin etkisiyle 2009 yılında olmuşken; en yüksek üretim miktarlarında ise Amerika'nınki 2000 yılında, Avrupa'nınki ise 2007 yılındadır. Dünya'daki çelik üretiminde genel trend yükseliş olsa da 2009 yılındaki düşüş göze çarpmaktadır. 2008 yılındaki krizden etkilenmemiş görünen Çin'in üretimi de, 2009 yılındaki toplam üretimdeki düşüşü engelleyememiştir.



Şekil 2.4. Karşılaştırmalı çelik üretim trendi (0-100 arası orantılı).

1993 - 2013 yılları arasındaki çelik tüketim miktarları incelenecek olursa (Şekil 2.5), Avrupa ve Amerika'daki tüketimde inişler ve çıkışlar göze çarpmaktadır. ABD'nin tüketim değerleri dışında dünya genelinde 2007 yılına kadar süregelen bir yükseliş trendi vardır. Bu yükseliş trendi 2008 - 2009 yıllarında Çin haricinde büyük bir düşüşle

sona ermişse de; 2009 yılından itibaren yükseliş yeniden devam etmiştir. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, en düşük tüketimi 1995 yılında, en yüksek tüketimi ise 2013 yılında olan Çin devamlı bir yükseliş trendine sahiptir. Avrupa ve Amerika'daki tüketim miktarlarında global krizin etkisiyle 2009 yılında çok belirgin bir düşüş olmuştur. Türkiye'nin tüketim miktarlarına bakıldığında, en düşük 1994'te, en yüksek ise 2013 yılında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 2.5. Karşılaştırmalı çelik tüketim trendi (0-100 arası orantılı).

2.2.2. Türkiye’de Demir - Çelik Sektörü

Altyapısı 1930’lu yıllarda atılan Türk demir çelik sektörü, ekonominin gelişmesinde ve endüstrileşmede önemli bir rol üstlenmiştir. Demir çelik üretimi ilk defa 1928 yılında, savunma sanayinin çelik ihtiyacını karşılamak amacıyla, şu anda Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) olarak bilinen tesiste, Kırıkkale’de başlamıştır. Çelik sektörüne ilişkin ilk yatırımlar, 1. ve 2. Sanayi planları kapsamında, 1930’lu yıllarda gerçekleştirilmiş ve sektör uzun yıllar kamu kesiminin tekelinde, entegre tesis ağırlıklı olarak gelişmiştir. Türkiye’nin uzun ürün üreten ilk entegre demir çelik tesisi olan Karabük Demir Çelik Fabrikaları (KARDEMİR) 1937 yılında, yassı ürün talebini karşılamak için kurulan, ikinci entegre tesisi olan Ereğli Demir Çelik Fabrikaları

(ERDEMİR), 1965 yılında üretime başlamıştır. 1975 yılında ise, yine uzun ürün ve yarı ürün talebini karşılayabilmek amacıyla, Türkiye'nin üçüncü entegre tesisi, İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İSDEMİR) işletmeye açılmıştır. 1960'lı yıllardan itibaren, özel sektöre ait elektrik ark ocaklı (EAO) tesisler de faaliyete geçmeye başlamıştır. Entegre tesislerin temel hammaddesi demir cevheri, EAO tesislerin temel hammaddesi ise çelik hurdasıdır [42].

Özel sektörün demir çelik üretimine yönelmesi, 1980'li yıllarda, ekonomik istikrar tedbirleri kapsamında sağlanan teşvikler sonrasında artmaya başlamıştır. Böylece 2000 yılında, Türkiye'nin ergitme kapasitesi, 1980 yılına göre yaklaşık 5 misli artışla, 20 milyon ton seviyesine ulaşmıştır. Ancak, 1980 sonrasında, ekonomide yılda ortalama %6 - %7 büyüme öngörüsüyle verilen teşvikler, söz konusu öngörünün gerçekleşmemesi ve bilhassa ekonomik krizler sonrasında, inşaat sektöründeki büyümenin beklentilerin gerisinde kalması nedeniyle, uzun ürünlerde kapasite fazlasına yol açmıştır [42].

Söz konusu tespitler istikametinde, son 10 yıl içerisinde Türkiye'nin ham çelik üretim kapasitesi %124 oranında (29,9 milyon ton) artış göstererek, 2013 yılında 49,6 milyon ton seviyesine ulaşmıştır. 2013 yılı itibariyle, Türkiye genelinde 3 tanesi Bazik Oksijen Fırını (BOF), 24 tanesi Elektrik Ark Ocaklı (EAO) ve 3 tanesi İndüksiyon Ocaklı (İO) olmak üzere, kurulu 30 tesis bulunmaktadır [42].

2013 yılı itibariyle 34,7 milyon tonluk üretim gerçekleştirilen Türkiye çelik sektöründe, ham çelik üretimi bir önceki yıla göre %3,5 azalmıştır (Çizelge 2.2). Dünya geneline bakıldığında pek çok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de üretim düşmüştür. Üretimdeki bu düşüşe rağmen Türkiye, dünya ham çelik üretim sıralamasında, %2,2 pay ile ilk 10 ülke arasında 8. sıradaki yerini korumuştur.

Türkiye'deki çelik tüketimi ise 2013 yılında bir önceki yıla göre %9,8 artış göstermiştir (Çizelge 2.3). Dünya genelinde artan çelik tüketiminde, Türkiye 2013 yılında 31,3 milyon tonluk tüketimiyle 8. Sırada yer almaktadır. Üretim ve tüketim değerlerine bakıldığında, tüketimdeki artışa rağmen üretimin azaldığı açıkça görülmektedir.

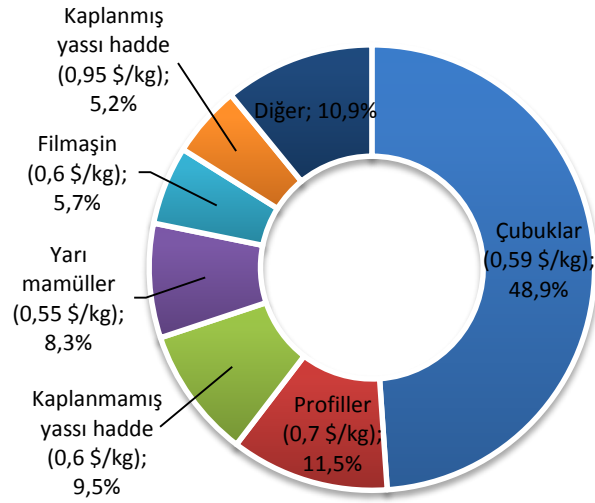
Çizelge 2.2. Dünya genelinde çelik üreten ilk 10 ülke (milyon ton).

Ülke	2013			2012		
	Sıra	Miktar	Pay	Sıra	Miktar	Pay
Çin	1	779,0	48,5%	1	731,0	46,9%
Japonya	2	110,6	6,9%	2	107,2	6,9%
ABD	3	86,9	5,4%	3	88,7	5,7%
Hindistan	4	81,2	5,1%	4	77,3	5,0%
Rusya	5	68,7	4,3%	5	70,4	4,5%
Güney Kore	6	66,1	4,1%	6	69,1	4,4%
Almanya	7	42,6	2,7%	7	42,7	2,7%
Türkiye	8	34,7	2,2%	8	35,9	2,3%
Brezilya	9	34,2	2,1%	9	34,5	2,2%
Ukrayna	10	32,8	2,0%	10	33,0	2,1%
Dünya		1606,0	100,0%		1559,2	100,0%

Çizelge 2.3. Dünya genelinde çelik tüketiminde ilk 10 ülke (milyon ton).

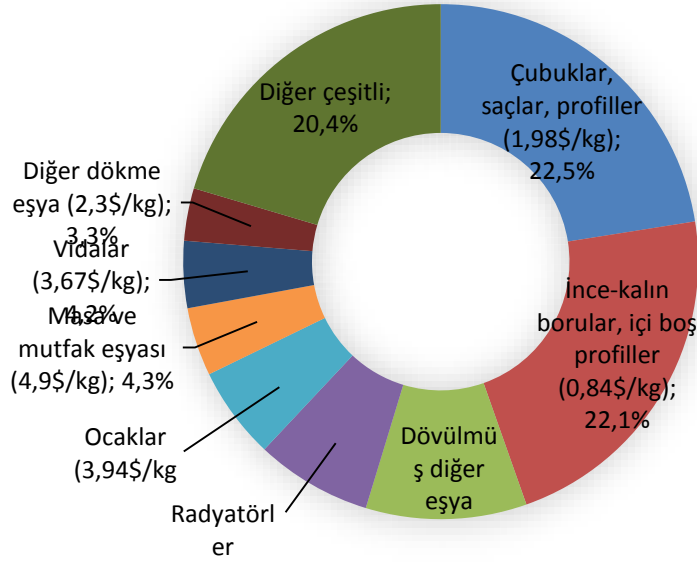
Ülke	2013			2012		
	Sıra	Miktar	Pay	Sıra	Miktar	Pay
Çin	1	740,9	48,4%	1	660,1	45,9%
ABD	2	95,8	6,3%	2	96,2	6,7%
Hindistan	3	73,7	4,8%	3	72,4	5,0%
Japonya	4	65,3	4,3%	4	63,9	4,4%
Güney Kore	5	51,8	3,4%	5	54,1	3,8%
Rusya	6	43,4	2,8%	6	42,3	2,9%
Almanya	7	37,9	2,5%	7	37,5	2,6%
Türkiye	8	31,3	2,0%	8	28,5	2,0%
Brezilya	9	26,4	1,7%	9	25,2	1,8%
İtalya	10	22,0	1,4%	10	21,5	1,5%
Dünya		1532,2	100,0%		1437,3	100,0%

Demir-çelik de, motorlu taşıtlar ve makineler gibi, 2000’li yıllarda dış pazarlarda yükselişe geçen gruplardan olmuş, özellikle 2003 sonrasında yaptığı sıra dışı atakla Türkiye ihracatının güçlenmesinde önemli rol oynamıştır. 2005 ve 2009 yılları dışında hatırı sayılır oranlarda pazar genişlemeleri kaydeden demir-çelik, 2011 yılındaki %28,1’lik artışın ardından 2012’de %0,9’luk büyüme oranıyla durgun bir yıl geçirmiş, sonrasında ise düşüşe geçmiştir. Bu bağlamda 2013 yılında %12,5 talep daralması yaşayan fasıl ihracatı, böylelikle 9,9 milyar dolar seviyesine gerilemiştir. Demir-çelik ticaretinin hangi alt gruplardan oluştuğuna göz atıldığında, belli başlı birkaç alt grubun dış pazarlarda hâkim olduğu ve ihracatın yarıya yakın bir bölümünü demir veya alaşımsız çelikten çubukların oluşturduğu fark edilmektedir (Şekil 2.6) [43].



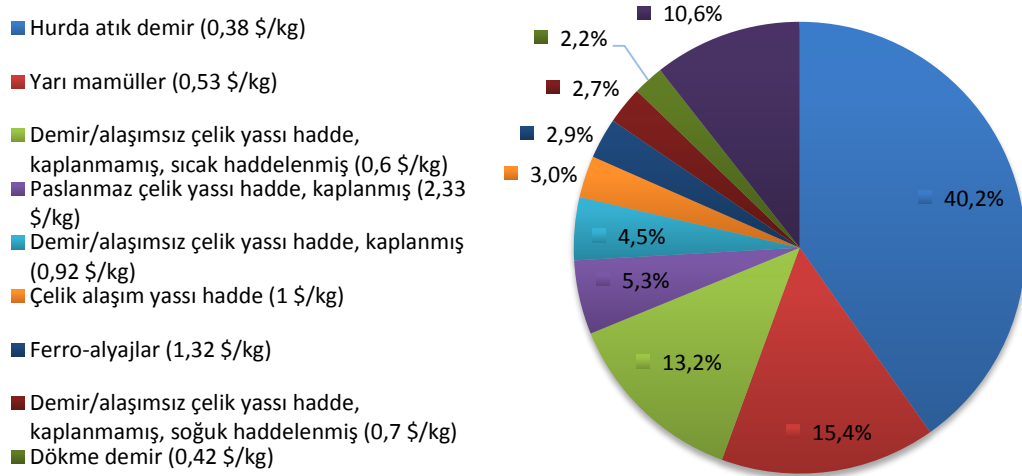
Şekil 2.6. Demir-çelik ihracatının alt gruplara göre dağılımı [43].

Özellikle Ortadoğu, Kuzey Afrika ve Türki Cumhuriyetler ile geliştirilen ticaret ilişkileri kapsamında önemli ölçüde gelişme gösteren demir - çelik ürünleri ihracatı, 2009 yılında diğer birçok sektör gibi aşağı yönlü hareket etmiş ancak sonrasında yeniden toparlanarak yoluna devam etmiştir. Bu minvalde, demir - çelik eşyaları ihracatı 2011 ve 2012 yıllarında, sırasıyla %18,4 ve %6 oranlarında artış kaydetmiştir. 2013 yılına gelindiğinde ise, faslın ticaret temposu %0,9'a gerileyerek belirgin bir yavaşlama sergilemiştir. İhracat rakamlarına bakıldığında demir-çelik mamullerine olan talebin inşaat ürünleri ağırlıklı olduğu görülmektedir. 2013 yılı itibariyle 6,15 milyar dolarlık ihracat seviyesine erişen demir-çelik ürünlerinin dış pazar performansında, iki alt grubun etkin bir role sahip olduğu gözlenmektedir. Bunlar, sırasıyla %22 ve %22,5 gibi birbirine oldukça yakın paylar teşkil eden ince - kalın borular ve içi boş profiller ile çubuklar, saçlar ve profiller alt fasıllarıdır (Şekil 2.7) [43].



Şekil 2.7. Demir-çelik ürünleri ihracatının alt gruplara göre dağılımı.

Demir-çelik ithalat rakamlarına göz atıldığında, ithalatın düşüşünde en büyük rolü hurda demir oynamıştır. 2012 yılında %3,8 daralan demir-çelik ithalatı, bu eğilimini 2013'te de sürdürerek %4,8 oranında gerilemiştir. Bu gelişmede en yüksek etkiyi, %40,2'lik payıyla demir-çelik ithalat faslının en büyük kalemi olan hurda ve atık demir yapmıştır (Şekil 2.8). Öte yandan, 2013 demir-çelik ithalatında artış sergileyen alt fasılların başında, sıralamada %15,4'lük dilimle 2. olarak yer alan yarı mamuller gelmektedir. Bir önceki yıla göre %46,5 ithalat artışı kaydeden grup, fasıl artış hızına 4,7 puan destek vermiştir [43].



Şekil 2.8. Demir-çelik ithalatının alt gruplara göre dağılımı [43].

Türkiye'nin 2013 ithalatında en yüksek değeri gerçekleştirerek ithalatta ilk 20'de yer alan fasıllar arasında, ithalat büyümesiyle en dikkat çeken kategori, %16,5 oranındaki yukarı yönlü hareketiyle demir-çelik ürünleri olmuştur. Demir - çelik ürünleri ithalatının 2013 yılındaki ithalat artışının; özellikle vidalar, cıvatalar, demir veya çelikten inşaat aksamı ile çeşitli niteliklerde tüp, borular ve içi boş profillerden kaynaklandığı gözlenmektedir [43].

BÖLÜM 3

ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ

3.1. ZAMAN SERİSİ

Zaman serisi, genel olarak belli bir zaman aralığında elde edilen başarılı ölçümlerden oluşan bir veri noktaları dizisidir. Zaman serisi verileri, değişkenlerin bir dönemden diğerine ardışık şekilde gözlemlendiği sayısal değerler hakkında bilgiler verir. Gözlenen verilerin zaman içerisinde ardışık bir biçimde olması gerekli bir koşul değildir. Fakat düzenli zaman aralıklarında dizinin gelişimini takip etmek doğru analiz açısından önemlidir [44].

Zaman serisi verileri farklı zaman aralıklarına sahiptir. Zaman aralıkları günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık veya yıllık ve daha uzun süreli de olabilir. Bu noktada veriler hangi zaman aralığı seçilerek toplanırsa toplansın, kendi içinde eşit aralıklı zaman noktalarında ölçülmüş olması önemlidir.

Zaman serileri çeşitli amaçlarla ekonomi, mühendislik, sağlık, eğitim, istatistik, sinyal işleme, finans gibi pek çok farklı alanlarda derlenmektedir. Gözlemler sonucu derlenen ardışık veriler bağımlı olduklarında, gelecekte sahip olacakları değerler geçmiş değerlerinden öngörülebilirler. Eğer bir zaman serisi tam olarak öngörülebiliyorsa, deterministik (kesin) zaman serisi olarak ifade edilir. Fakat zaman serilerinin birçoğu stokastik (olasılıklı) yapıdadır; yani, gelecekte serinin alabileceği değerler kısmen geçmiş değerleri tarafından tanımlanabilmektedir [44].

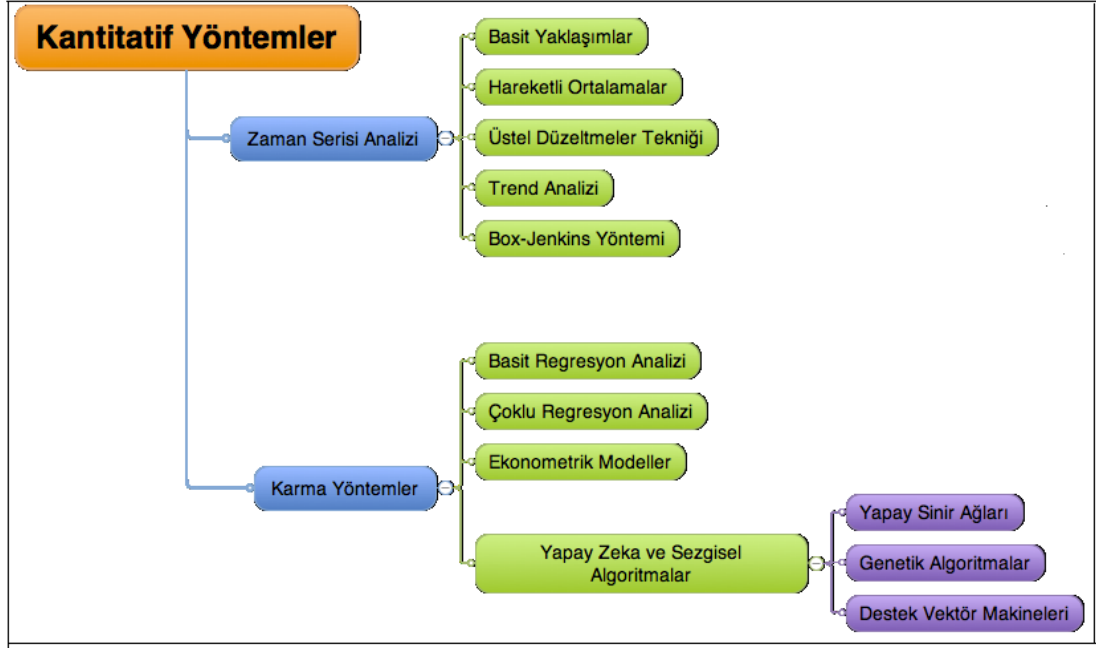
Zaman serilerinde farklı alanlarda farklı yapıda serilere rastlanmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır [44]:

- a. Ekonomik ve finansal zaman serileri: Günlük hisse senedi fiyatları, aylık/yıllık ithalat veya ihracat rakamları, vb.

- b. Fiziksel zaman serileri: Ardışık günlerde düşen yağmur miktarları, günlük ortalama sıcaklıklar, vb.
- c. İşletme zaman serileri: Aylık satış rakamları, aylık ürün fiyat değişimi gibi veriler.
- d. Demografik zaman serileri: Yıllık nüfus verileri, yıllık ölüm ve doğum oranları, vb.
- e. Süreç kontrol verileri: Belli bir sürecin zaman içerisinde ölçülen kalite, verim veya performans gibi verileridir.
- f. İkili süreç verileri: Genellikle bilişim veya iletişim teknolojisinde ortaya çıkan, 0 – 1 ya da açık – kapalı şeklinde iki değere sahip veri tipleridir.
- g. Nokta süreç verileri: Örneğin havayolu ulaşımında bir yolcu uçağının bir yıllık dönem içerisinde arızalandığı ve bakım/onarıma alındığı tarihler nokta süreç olarak gösterilebilir.

3.2. ZAMAN SERİSİ ANALİZİ ve YÖNTEMLER

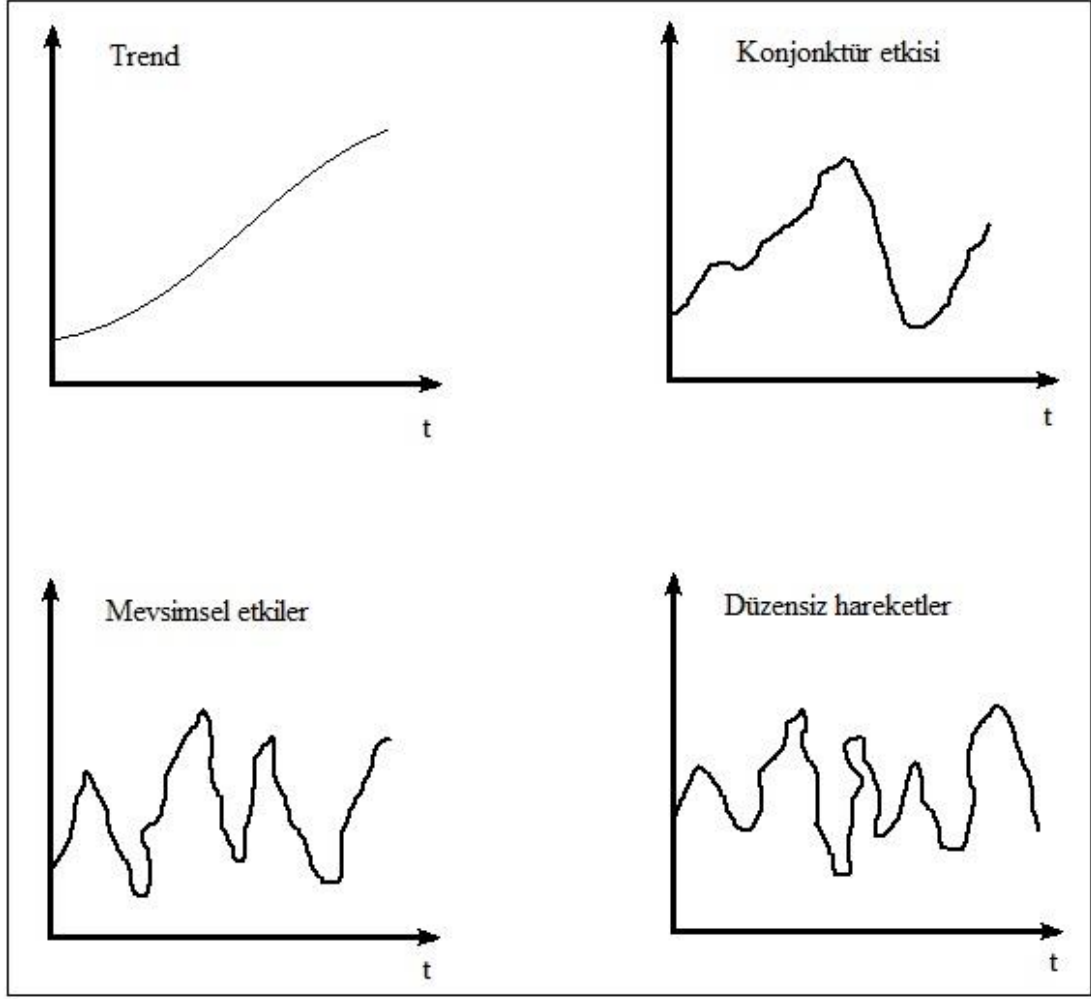
Zaman serileri analizi tahmin metotlarından kantitatif bir yöntemdir [45] (Şekil 3.1). Analiz yöntemleri olarak ise, genel olarak basit geleneksel yöntemler ve trend analizi, hareketli ortalamalar, üstel düzeltme tekniği ve Box-Jenkins metodu gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bunların haricinde zaman serilerinde regresyon analizi, yapay zeka teknikleri veya gri tahmin yöntemiyle de tahminler yapılmaktadır.



Şekil 3.1. Kantitatif tahmin yöntemleri [45].

Zaman serilerinin analizi, serinin gelecekteki değerlerini kestirmek amacıyla yapılır. Özellikle iş ve finans dünyasındaki belirsizlikler sebebiyle, ilgili zaman serilerinin gelecekteki performansını ve davranışını önceden tahmin etmek karar vericiler açısından önem arz etmektedir. Zaman serilerinin analizi, temel istatistiksel analizlerden farklılık göstermektedir. Seriyile ilgili temel istatistiki bilgiler (varyans, ortalama, vb.) serideki verilerin sıralamasını göz önünde bulundurmazken, zaman serileri analizinde verilerin zamana göre sıralaması önemli bir noktadır [44].

Zaman serilerinin özelliklerini belirlemede kullanılan temel ve geleneksel yöntem “ayırıştırma” yöntemidir. Bu analiz yöntemi iyi ve modern bir yaklaşım olmamasına rağmen, hala sıkça kullanılmaktadır [44]. Bu yöntemde, seride trend, konjonktür veya mevsim etkileri ile düzensiz (rassal) hareketlerin varlığı incelenmektedir (Şekil 3.2). Burada öncelikle serinin zamana göre grafiği çizilerek, serinin bir trende sahip olup olmadığı araştırılır. Sonrasında serideki konjonktürel ve varsa mevsimsel dalgalanmaların durumu gözden geçirilir. En sonunda da düzensiz (rassal) hareketler giderilip, temiz bir dizi elde etmek amaçlanır [45,46].



Şekil 3.2. Zaman serisi bileşenleri.

Ayrıştırma yönteminde başvurulan modellerden biri “toplam modeli” diğeri ise “çarpım modeli”dir. Bu modellere göre, zaman serisinin değerlerinin dört bileşenden oluştuğu düşünülerek, seri için fonksiyonel bir ilişki kurulmuştur [44]:

$$Y_t = f(T_t, C_t, S_t, I_t) \quad (3.1)$$

Fonksiyonda T_t trend bileşenini, C_t konjonktürel dalgalanmaları, S_t mevsimsel hareketleri ve I_t ise düzensiz hareketleri temsil etmektedir. Toplam modelinde bu bileşenler toplanarak model içerisinde yer alırken, çarpım modelinde ise çarpılarak model kurulur.

$$Y_t = T_t + C_t + S_t + I_t \quad (3.2)$$

$$Y_t = T_t.C_t.S_t.I_t \quad (3.3)$$

Zaman serilerine uygun bir model elde etmek için, seride etkisi görülmeyen bileşen modelden çıkarılabilir. Örneğin mevsimsel etkilerin olmadığı bir seride modeller

$$Y_t = T_t + C_t + I_t \quad (3.4)$$

$$Y_t = T_t.C_t.I_t \quad (3.5)$$

şeklinde yeniden yazılabilirler [44].

Zaman serilerinde, özellikle de ekonomik zaman serilerinde, veriler birbiriyle ilişki ve korelasyonlu olduğundan dolayı verilerin bağımsızlığına dayanan modeller hatalı sonuçlar verebilir. Bir zaman serisinin stokastik bir seri olarak ortalaması, varyansı, kovaryansı ve daha yüksek dereceden momentleri, incelenen zaman süresince değişmiyorsa veya bu seri periyodik dalgalanmalardan arınmışsa seri “durağan” olarak nitelendirilir. Yani durağanlık serinin istatistiksel olarak dengeye gelmesidir. Yapılan çalışmalarda verilerin “durağan” olduğu varsayımı kabul edilir. Fakat pek çok zaman serisi durağan değil, bir trende sahiptir. Bu sebeple serideki trendi ortadan kaldırıp seriyi durağan hale getirecek çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [44]. Seriyi trendden arındırıp durağan hale getirmek, sahte regresyon diye adlandırılan istenmeyen durumun da engellenmesini sağlar. “Sahte regresyon”, örneğin durağan olmayan bir serinin değişkeni durağan olmayan başka bir serinin değişkeni üzerine regrese edildiğinde, aslında değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmamasına rağmen, yüksek belirleme katsayısı (R^2) ile karşılaşılması durumudur [44,45].

Geleneksel zaman serileri analizlerine alternatif farklı yaklaşımlardan biri de Box ve Jenkins tarafından geliştirilen “Box-Jenkins” modelidir. Box-Jenkins modelinde zaman serilerinin gelecekte alacağı değerleri öngörmek için çeşitli stokastik modeller kullanılmaktadır. Box-Jenkins metodunun önemli bir varsayımı, uygulandığı serinin eşit zaman aralıklarında elde edilmiş gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olmasıdır [45,46].

Box-Jenkins modelleri; zamana bağılı tesadüfi karakterde olaylar (saf rassal süreç) ve bu olaylarla ilgili serilerin stokastik süreç olduğu varsayımına, ayrıca otokorelasyon (iç bağımlılık) fonksiyonlarına dayanmaktadır. Box-Jenkins modelleri; durağan doğrusal stokastik modeller, durağan olmayan doğrusal stokastik modeller ve mevsimlik modeller olmak üzere üç grupta incelenebilir [44].

Zaman serileri analizinde kullanılan yöntemlerden biri de “üstel düzeltme (exponential smoothing)” yöntemidir. Hareketli ortalama yöntemine benzemekle beraber üstel düzeltme yöntemi, tüm tarihi verileri göz önünde bulundurur. Ancak, geçmiş verilere güncel verilerden daha az ağırlık verir. Halbuki hareketli ortalama yönteminde ise, yalnızca hareketli ortalama dönemindeki verilere eşit ağırlık verilerek, eski dönem verileri bütünüyle görmezden gelinmektedir. Bu yöntemde geçmiş dönem verilerine verilen ağırlık bir katsayıyla (alfa - α) ayarlanabilir [46,47].

Üstel düzeltme yöntemi seride trendin veya mevsim hareketlerinin varlığında da kullanılabilir. Eğer seri bir trendi takip ediyorsa, Charles C. Holt tarafından yeniden düzenlenen üstel düzeltme metodunda bir katsayıyla beraber (beta - β) trend etkisi de göz önünde bulundurulur. Holt’un üstel düzeltme metoduna, öğrencisi Peter Winters tarafından başka bir katsayı yardımıyla (gama- γ) mevsimsel etkiler eklenerek Holt-Winters üstel düzeltme metodu geliştirilmiştir [46–48].

Zaman serileri analizinde tahmin amaçlı kullanılan bir başka yöntem de ilk olarak Julong Deng tarafından ortaya atılan “gri tahminleme” yöntemidir. Özellikle sınırlı sayıda veri bulunduğu durumlarda etkili tahmin sonuçları vermesiyle tercih edilen bir yöntemdir [49].

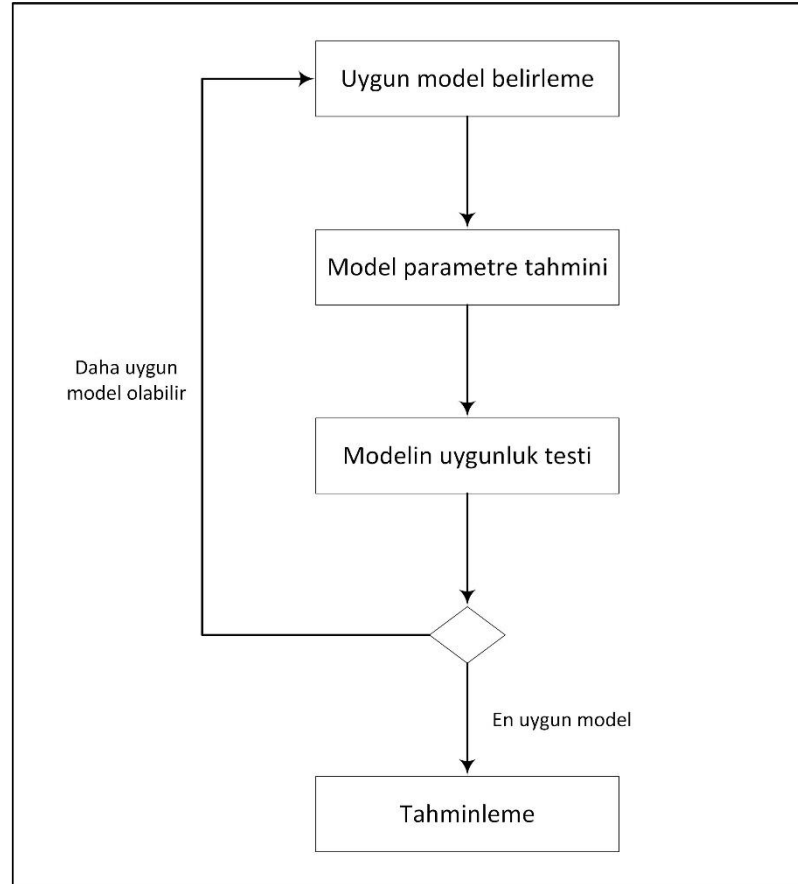
3.2.1. ARIMA

Box-Jenkins yaklaşımı zaman serileri analizi için oldukça yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Yöntemin bu kadar popüler olmasının nedeni, ele alınan herhangi bir seri durağan olsun veya olmasın, mevsimsel unsur içersin veya içermesin bilgisayar paket programlarıyla bir çözüme kavuşturulabilmesidir. Box-Jenkins yaklaşımı zaman serileri analizinde ve tahminlemede uygulanan genel ARIMA

(AutoRegressive Integrated Moving Average - Oto regresif bütünleşik hareketli ortalama) modelleri ile eş anlamlıdır [44].

Box-Jenkins yönteminde belli adımlar takip edilerek, en uygun modeli bulmak amacıyla ulaşılmaya çalışılır. Şekil 3.3’de gösterildiği gibi öncelikle seri için uygun bir model belirlenir. Bu modeli belirlemeden önce gerekirse fark alma işlemi uygulanır. Modele ait parametrelerin tahmini yapılarak modelin uygunluğu incelenir. Eğer model yetersiz ise tekrardan uygun bir model belirlenerek işlemler tekrarlanır [44,45].

Box-Jenkins metodunda “cimrilik prensibi” geçerlidir. Cimrilik prensibine göre, serinin verilerini optimum şekilde ortaya koyan (minimum sayıda parametre içeren) model tercih edilir [50].



Şekil 3.3. Box-Jenkins modelinin adımları.

Box-Jenkins yöntemi ile tahmin edilen zaman serisi modelleri; Oto regresif (AR - AutoRegressive) Model, Hareketli Ortalama (MA – Moving Average) Modeli,

Otoregresif - Hareketli Ortalama (ARMA – AutoRegressive – Moving Average) Modeli ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) modelidir [23].

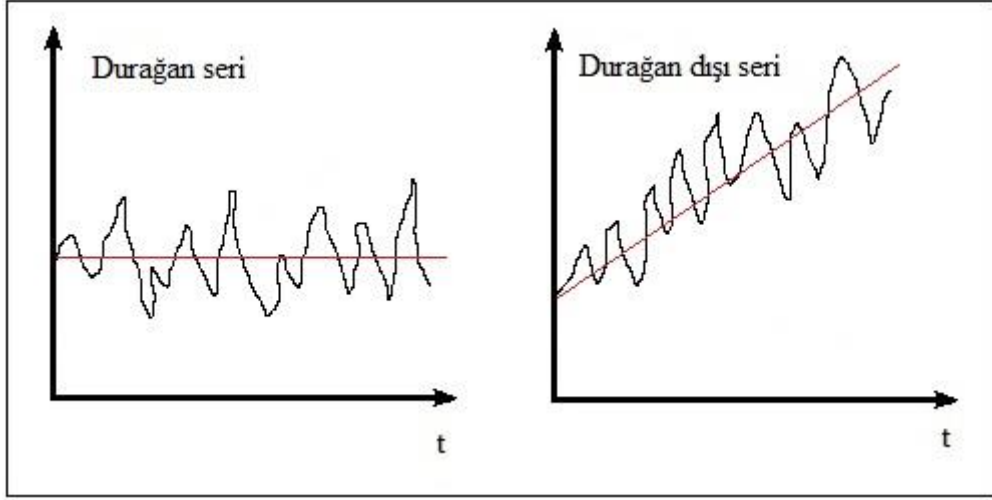
3.2.1.1. Box-Jenkins Model Belirleme

Box-Jenkins yönteminde, serinin zaman grafiğine ve korelogramına bakılarak uygun olduğu düşünülen bir model (örneğin ARIMA(0,1,0)) belirlenir. Daha sonra modelin uygunluk testlerine bakılır. Ayrıca daha uygun başka modellerin olabileceği düşünülerek, uygun farklı modellerle de (örneğin ARIMA(1,1,0) veya ARIMA(0,1,1)) denemeler yapılarak karşılaştırılır. Böylelikle uygunluk testlerine göre en uygun olduğu düşünülen model kullanılarak tahminler yapılır.

Modelin yeterliliği için başvurulan kontrol testleri genelde kalıntı analizleri ve modelin aşırı uyumunu içerir. Aşırı uyum ile eğer bir ARIMA(p,d,q) belirlenmiş ve tahmin edilmiş ise, bir ARIMA(p+1,d,q) ve bir ARIMA(p,d,q+1) modeli tahmin edilir ve ilaveten parametrelerin anlamlılıkları kontrol edilir. Eğer doğru model ARIMA(p,d,q) ise , diğer modeller tarafında sunulan ilave parametreler sıfırdan anlamlı bir şekilde farklı olmayacaklardır [44].

3.2.1.2. Durağanlık Kontrolü ve Fark Alarak Durağanlaştırma

Box-Jenkins metodunda serinin geçmiş verileriyle isabetli gelecek değer öngörülerinde bulunabilmek için, durağan bir seriyle çalışmak gereklidir. Bir zaman serisinin herhangi bir zaman aralığı için hesaplanan ortalaması, varyansı ve kovaryansı değişmeden kalıyorsa seri durağandır. Serinin zaman grafiğine bakılarak serinin durağan olup olmadığına hükmedilebilir. Durağan olmayan bir zaman serisinin grafiği Şekil 3.4'deki gibi görünmektedir. Fakat zaman serisinin durağan olup olmadığına kesin olarak karar vermek için bazı testler geliştirilmiştir. Bu testlerden en sık kullanılanları, korelogram testi ve birim kök testidir [44].



Şekil 3.4. Durağan ve durağan olmayan zaman serileri.

Bir zaman serisinin t zamanına ait değerinin yerine, k dönem önceki değeri atanarak elde edilen yeni seri, o zaman serisinin “ k -dönem gecikmeli” serisi olarak nitelendirilir. Y_t ($t = 1, 2, 3, \dots, T$) değerlerine sahip serinin k -dönem gecikmeli serisi eşitlik (3.6)'daki gibi hesaplanır. Görüleceği gibi Y_t 'nin yeni değeri Y_t 'nin k dönem önceki değeri olmaktadır [44]. Örnek bir zaman serisinin gecikmeli serileri de Çizelge 3.1'deki gibi olacaktır.

$$Y_t^* = Y_{t-k} \quad (3.6)$$

Çizelge 3.1. Örnek zaman serisi ve gecikmeleri.

Yıllar	Zaman Serisi Y_t	1.Gecikme Y_{t-1}	2. Gecikme Y_{t-2}	3.Gecikme Y_{t-3}
1990	2195	-	-	-
1991	2142	2195	-	-
1992	2234	2142	2195	-
1993	2249	2234	2142	2195
1994	2304	2249	2234	2142
1995	2346	2304	2249	2234
1996	2213	2346	2304	2249
1997	2381	2213	2346	2304
1998	2459	2381	2213	2346
1999	2469	2459	2381	2213
2000	2446	2469	2459	2381
2001	2523	2446	2469	2459
2002	2446	2523	2446	2469
2003	2533	2446	2523	2446
2004	2531	2533	2446	2523
2005	2671	2531	2533	2446
2006	2694	2671	2531	2533
2007	2662	2694	2671	2531
2008	2616	2662	2694	2671
2009	2899	2616	2662	2694
2010	2743	2899	2616	2662

Dikkat edilmesi gereken bir nokta, gecikme sayısı ne kadar fazla olursa eldeki veride de o oranda azalma olacaktır. Bu yüzden kullanılan yüksek sayıda gecikmeden, veriden elde edilecek sonuç da olumsuz etkilenecektir.

Zaman serileri incelendiğinde serideki verilerin, en az bir ya da daha fazla gecikmeli dönemlerden etkilendikleri ve sık korelasyonlu oldukları gözlenebilir. Bir zaman serisinin gecikmeli değerleri arasındaki birlikte değişimin ölçüsü ise “otokovaryans” ve “otokorelasyon” olarak adlandırılır. Otokorelasyon, genel olarak çoklu regresyon analizinde hata teriminin birbirini izleyen değerleri arasında ilişki bulunması halidir [44,45].

Durağanlığın sınanması ise, hesaplanan otokorelasyon fonksiyonunun (ACF - AutoCorrelation Function) grafiğinin çizilerek incelenmesiyle gerçekleştirilir. Eşitlik

(3.7)'daki gibi hesaplanan ACF'nin k gecikmesine göre çizilen grafik "korelogram" olarak adlandırılır. Eşitlikte k=0 iken $\rho_k = 1$ olacağı görülmektedir [44].

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{\text{Gecikme k iken kovaryans}}{\text{Gecikme 0 iken kovaryans}} \quad -1 < \rho_k < 1 \quad (3.7)$$

Uygulamada otokorelasyon fonksiyonunun bir tahmincisi hesaplanır ve örneklem otokorelasyon olarak adlandırılır [44]. ρ_k 'nin bir tahmincisi olan $\hat{\rho}_k$ için formüller yazılırsa (n: Gözlem sayısı):

$$\text{ACF: } \hat{\rho}_k = \frac{\hat{\gamma}_k}{\hat{\gamma}_0} \quad (3.8)$$

$$\text{Ortak varyans: } \hat{\gamma}_k = \frac{\sum (Y_t - \bar{Y}) \cdot (Y_{t+k} - \bar{Y})}{n-k} \quad (3.9)$$

$$\text{Varyans: } \hat{\gamma}_0 = \hat{\sigma}^2 = \frac{\sum (Y_t - \bar{Y})^2}{n-1} \quad (3.10)$$

ACF çizilmek istendiğinde, yani k'nin farklı değerleri için ρ_k çizilmesi durumunda sadece k'nin pozitif değerleri alınması yeterlidir. Uygulamada seçilen k gecikme sayısı, toplam gözlem sayısının minimum 1/4'ü (n/4) olmalıdır ve veri boyutuna göre uygun bir şekilde seçilmelidir [44].

"Kısmi otokorelasyon", diğer gecikmelerin etkisi ortadan kaldırıldığında Y_t ile Y_{t-k} arasındaki bağımlılığı ölçmek amaçlı kullanılır. Bu amaçla hesaplanan fonksiyon da kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF - Partial AutoCorrelation Function) olarak adlandırılır [44,45].

k'inci dereceden kısmi otokorelasyon katsayısı ϕ_{kk} ile gösterilirse, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-k} 'ya karşı Y_t 'nin regrese edilmesi ile $\hat{\phi}_{kk}$ hesaplanabilir [44]. $Y_t^* = Y_t - \bar{Y}$ dönüşümünden faydalanılarak, birinci dereceden başlayıp derece derece otoregresyon denklemleri elde edilir [44]. ε hata terimi olmak üzere, birinci ve ikinci derece otoregresyon denklemlerindeki,

$$Y_t^* = \phi_{11}Y_{t-1}^* + \varepsilon_t \quad (3.11)$$

$$Y_t^* = \phi_{21}Y_{t-1}^* + \phi_{22}Y_{t-2}^* + \varepsilon_t \quad (3.12)$$

ϕ_{11} , Y_t ile Y_{t-1} arasındaki hem otokorelasyon hem de kısmi otokorelasyondur (ara değerler olmadığı için). ϕ_{22} ise, Y_t ile Y_{t-2} arasındaki kısmi otokorelasyondur. Bu süreç bütün k gecikmeleri için tekrarlanarak PACF'ler hesaplanır. PACF'ler, gözlem sayısının $1/4$ 'ü kadar ($n/4$) gecikme için hesaplanmalıdır. Bu PACF'lerin k gecikmeleri için çizilmesiyle elde edilen korelogram incelenerek durağanlık kontrolü yapılır [44].

Hesaplanan ACF ve PACF'lerin istatistiksel olarak anlamlılıklarının test edilerek anlamlılık düzeylerinin korelogram üzerinde gösterilmesiyle, serinin durağanlık durumuna karar verilir. Bu test için Bartlett tarafından ortaya konan sürece başvurulur. Herhangi bir ρ_k 'nin istatistiksel anlamlılığı, standart hatasıyla belirlenir. Bartlett "bir zaman serisi tamamen rassal (beyaz gürültü) ise örneklem otokorelasyon katsayılarının sıfır ortalama ve $1/n$ varyans ile yaklaşık normal dağıldığını" söyler [51]. Normal dağılıma sahip olan ($N(0, 1/n)$) ρ_k 'nin standart sapması,

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (3.13)$$

ve %95 güven aralığı

$$(-1,96.\sigma, +1,96.\sigma) \quad (3.14)$$

şeklinde hesaplanır. Farklı k gecikmeleri için tahmin edilen ρ_k , güven aralığı içerisinde kalırsa serinin durağan olduğuna hükmedilirken; bu aralık dışına düşen değerlerin varlığında ise seri durağan değildir.

Bulunan otokorelasyon katsayılarının sıfırdan anlamlı bir farklılıklarının olup olmadığını test etmede Q-istatistikleri yani portmanteu testleri kullanılır. Ljung-Box tarafından önerilen Q-istatistiğinin, küçük örneklem performansının oldukça iyi olduğuna dair çalışmalar sunulmaktadır [44]. Ljung-Box Q-istatistiği, ACF'nin k gecikmeleri için,

$$Q_k = n(n+2) \sum_{j=1}^k \frac{[ACF(k)]^2}{n-j} \quad (3.15)$$

formülüyle hesaplanır. Ljung-Box Q-istatistiği, χ^2 dağılımı sergilediği için; hesaplanan Q değeri, k-serbestlik derecesi ile χ^2 'nin kritik değerini aştığı görülürse, ACF(k) değerlerinden en az biri belirlenen anlamlılık düzeyinde sıfırdan anlamlı bir şekilde farklıdır. Q-istatistiği, model kalıntılarının (residuals), bir temiz dizi sürecini takip edip etmediğini kontrol etmede de kullanılır [44].

Durağanlığı sağlamak amacıyla başvuru olan “fark alma” işlemi, seri durağan oluncaya kadar tekrarlanabilir. Bir defa fark alma işlemi yapılan seri, birinci dereceden farkı alınmış zaman serisi olarak nitelendirilir. Bir zaman serisinin t zamanına ait değeriyle (Y_t), k periyot sonraki değeri arasındaki fark denklemi [44],

$$\Delta Y_{t+k} = Y_{t+k} - Y_t \quad (3.16)$$

şeklinde yazılabilir. Y_t değerinin bir fonksiyonla ifade edildiği düşünülürse, $Y_t = f(t)$, fark denklemi de,

$$\Delta f(t+k) = f(t+k) - f(t) \quad (3.17)$$

olarak yazılabilir. Serinin birinci dereceden farkı alınan değerler dizisi,

$$\begin{aligned} \Delta Y_t &= Y_t - Y_{t-1} \\ \Delta Y_{t+1} &= Y_{t+1} - Y_t \\ &\dots \\ \Delta Y_{t+h} &= Y_{t+h} - Y_{t+h-1} \end{aligned} \quad (3.18)$$

şeklindedir. İkinci dereceden fark denklemi ise,

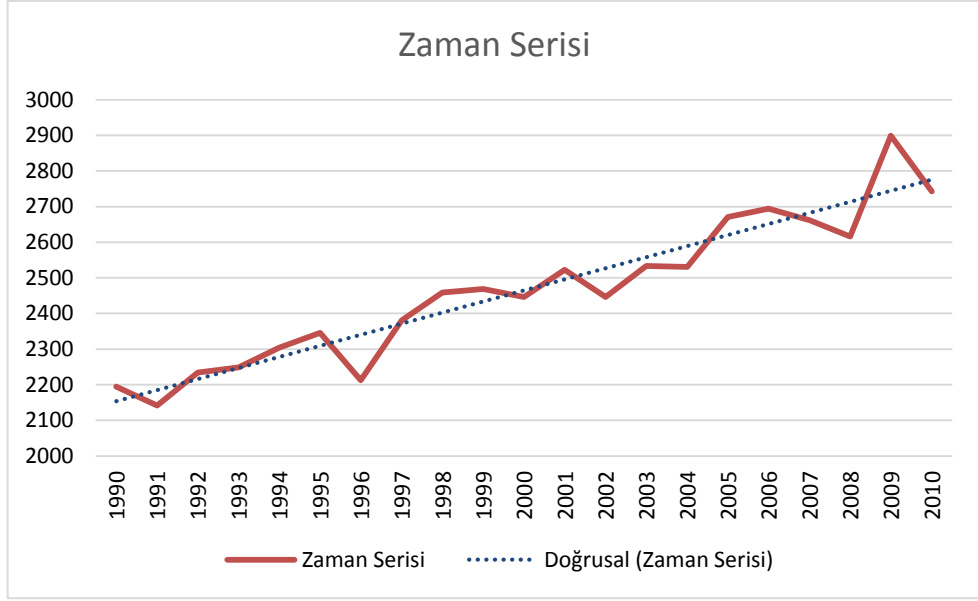
$$\begin{aligned}\Delta^2 Y_t &= \Delta(Y_t - Y_{t-1}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \\ \Delta^2 Y_{t+1} &= Y_{t+1} - 2Y_t + Y_{t-1} \\ &\dots \\ \Delta^2 Y_{t+h} &= \Delta(Y_{t+h} - Y_{t+h-1}) = Y_{t+h} - 2Y_{t+h-1} + Y_{t+h-2}\end{aligned}\tag{3.19}$$

olarak yazılır.

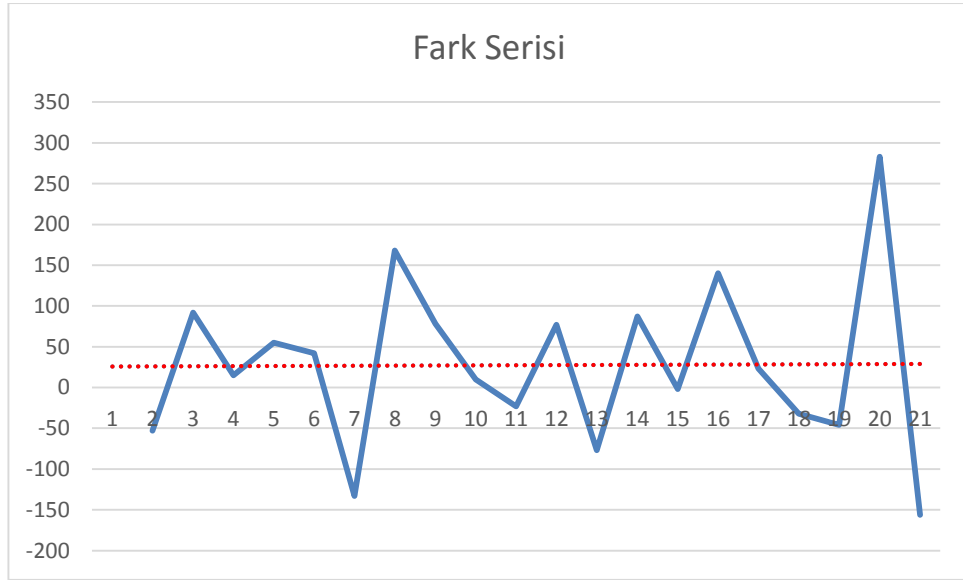
Genel olarak üçüncü veya daha yüksek dereceden fark alma işlemiyle çalışmak, güvenilir sonuçlar vermediği için tercih edilmez [44]. Örnek bir zaman serisi verileri ve buna ait birinci fark serisi Çizelge 3.2’de verilmiştir. Bu serilere ait grafikler de Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’daki gibidir. Durağan olmayan serinin farkı alındığında durağan bir hale geldiği grafiklerden de açıkça görülmektedir.

Çizelge 3.2. Örnek zaman serisi ve bu serinin fark serisi.

Yıllar	Zaman Serisi	Fark Serisi
1990	2195	-
1991	2142	-53
1992	2234	92
1993	2249	15
1994	2304	55
1995	2346	42
1996	2213	-133
1997	2381	168
1998	2459	78
1999	2469	10
2000	2446	-23
2001	2523	77
2002	2446	-77
2003	2533	87
2004	2531	-2
2005	2671	140
2006	2694	23
2007	2662	-32
2008	2616	-46
2009	2899	283
2010	2743	-156



Şekil 3.5. Örnek zaman serisi grafiği.



Şekil 3.6. Örnek zaman serisinin fark serisi grafiği.

3.2.1.3. AR - Modeli

Zaman serisi modellemesinde Y_t gibi bir değişkenin geçmiş değerlerinden yola çıkarak gelecek değerlerinin tahmin edilmesi en önemli olgudur. Geçmişte elde edilen bilgiler gelecek için faydalı olmaktadır. Box-Jenkins yöntemindeki “otoregresif model (AR)” bu şekilde gecikmeli bağımlılığı içeren bir modeldir. Model genel olarak AR(p) olarak

ifade edilirken, p ise modelin ne kadar gecikmeli olduğuna dair bilgi vermektedir [44]. AR(p) modelinin genel formülasyonu

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.20)$$

şeklindedir. $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ otoregresif süreç (AR) parametreleridir ve değeri bilinmemekle beraber -1 ile +1 arasında değer aldığı varsayılmaktadır. δ bir sabittir ve stokastik bir süreç olan Y_t 'nin ortalamasını verir. Hata terimi ε_t ise korelasyonsuz, sıfır ortalamalı ve sabit varyanslı rassal bir değişkendir, yani bir temiz dizi sürecine uygundur [44].

Örnek olarak Y_t değeri, kendinden bir önceki Y_{t-1} değerine ve rassal bir kalıntıya bağlı olan, AR(1) zaman serisi modeli veya başka bir ifadeyle birinci-derece otoregresif zaman serisi sürecinin istatistiksel modeli eşitlik (3.21)'deki gibidir [44].

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.21)$$

3.2.1.4. MA - Modeli

Bir zaman serisinin t zamanına ait bir değerinin (Y_t) AR(p) modeline göre belirlenen değeri, onun geçmiş değeri ile bir rassal kalıntı değeriyle ilgilidir. Box-Jenkins yaklaşımında kullanılan bir başka model olan “hareketli ortalama (MA)” modelinde ise, Y_t 'nin değeri q dönem geriye doğru rassal kalıntıların (ε_t) ağırlıklı ortalamasına bağlıdır [44]. Böylelikle genel bir ağırlıklı ortalama süreci MA(q) olarak ifade edilir ve formülasyonu ise

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.22)$$

şeklindedir. Eşitlikte AR(p) modelinden farklı olarak δ yerine kullanılan μ , MA(q) sürecinin ortalamasını (Y_t 'nin beklenen değeri) ifade eder. ε_t ise yine ortalaması sıfır ve sabit varyansa sahip, korelasyonsuz rassal kalıntılardır. $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ terimleri, AR sürecine benzer şekilde MA sürecinin parametreleridir ve değerleri -1 ile +1 arasında

değiştigi kabul edilmektedir. Örnek olarak MA(1) sürecinin denklemleri ve ortalaması eşitlik (3.23) ve (3.24)'deki gibidir [44].

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.23)$$

$$E(Y_t) = \mu \quad (3.24)$$

MA(1) sürecinde Y_t 'nin değeri, yalnızca Y_{t-1} ve Y_{t+1} ile korelasyonlu olduğu için bu sürecin bir dönemlik bir belleğe sahip olduğu düşünülebilir.

3.2.1.5. ARMA - Modeli

Herhangi bir zaman serisini inceleyen araştırmacı için, seriye uygun bir model belirlemek önemli ve zor bir iştir. Çoğu zaman yalnızca AR sürecini veya yalnızca MA sürecini ihtiva eden bir seriyle çalışmak mümkün olmaz. Seriye uygun bir model belirleme aşamasında serinin ACF ve PACF'lerinden oluşturulan korelogramını incelemek faydalı olmaktadır. Korelogramı incelenen serinin, hem AR sürecini hem de MA sürecini içerdiğini görmek çokça rastlanılan bir durumdur [44].

Seri hem AR hem de MA sürecini ihtiva ediyorsa, bu seri için ARMA modeli tercih edilir. ARMA(p,q) modeli her iki modelin parametrelerini içerecek şekilde formüle edilir [44]:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.25)$$

Bu modeldeki δ sürecin ortalaması ile ilgilidir. Eğer süreç durağan ise bütün dönemler için sabit bir ortalama μ söz konusudur. Bu durumda ortalama için

$$E(Y_t) = \mu = \delta + \phi_1 \mu + \phi_2 \mu + \dots + \phi_p \mu \quad \text{veya} \quad \mu = \frac{\delta}{1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p} \quad (3.26)$$

yazılabilir. Tabii ki burada durağanlık için gerekli şartın

$$\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_p < 1 \quad (3.27)$$

olması gerektiği de görülmektedir. ARMA(1,1) modeli için genel denklem eşitlik (3.28)'deki gibi yazılır [44]:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.28)$$

3.2.1.6. ARIMA - Modeli

Box-Jenkins metodunda kullanılan modellerden AR, MA ve tabii ki ARMA modelleri, durağan varsayılan süreçler için tercih edilmektedir. Fakat gerçek hayatta karşılaşılan zaman serileri genellikle durağan olmamaktadır. Zaman serisi niteliğinde elde edilen verilerin pek çoğu; artan, azalan veya bazı zaman dilimlerinde artış ya da azalışlar içeren, yani durağan dışı bir seyir izlemektedirler. Box-Jenkins metodu, sürecin durağan olduğu durumlarda uygulanabildiğinden; uygun bir model belirleyebilmek için durağan dışı sürecin durağan hale getirilmesi gerekmektedir[44].

Durağan hale getirme işlemiyle beraber, AR ve MA modellerini uygulamak amacıyla otoregresif bütünleşik hareketli ortalama (ARIMA - AutoRegressive Integrated Moving Average) modeli geliştirilmiştir. Bütünleştirme (entegrasyon) işlemi, seriyi durağan hale getirmek amacıyla yapılan fark alma işlemidir ve bu işlem entegre süreç olarak adlandırılır. ARIMA modeli genel olarak, ARIMA(p,d,q) olarak gösterilir. ARIMA modelinde, ARMA(p,q)'dan farklı olarak kullanılan d, uygulanan fark alma işleminin derecesini belirtir. ARIMA(p,d,q) sürecinin genel denklemi [44]

$$(1 - \phi_1 L_1 - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p) \Delta^d Y_t = \delta + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.29)$$

şeklinde gösterilebilir. Burada Δ^d ifadesi serinin d defa farkının alındığını göstermektedir. Yine genel denklemde kullanılan L, farkı alınan seriyle ilgili bir notasyondur. Burada eşitlik (3.18)'den faydalanarak L için

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = (1 - L) Y_t \quad (3.30)$$

yazılırsa, $\Delta=1-L$ olduğu görülebilir.

Ayrıca ARIMA sürecinde üretilen W_t durağan serisi, Y_t durağan dışı serisinin d-inci dereceden farkı alınmış serisi olarak kabul edilirse

$$W_t = \Delta^d Y_t \quad (3.31)$$

biçiminde gösterilen W_t serisinin ortalaması da eşitlik (3.26)'dakine benzer şekilde

$$\mu_w = \frac{\delta}{1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p} \quad (3.32)$$

olacaktır [44].

3.2.2. Üstel Düzeltme

Üstel düzeltme (exponential smoothing) metodu aslen hareketli ortalama metoduna dayanmaktadır. Hareketli ortalama da belli sayıda geçmiş ve gelecek gözlemler dikkate alınarak, ortalamaları hesaplanır. Örneğin 3'lü hareketli ortalama alınır;

$$Y_t = \frac{Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1}}{3} \quad (3.33)$$

şeklinde ortadaki değer hareketli ortalaması, kendisi ile beraber bir önceki ve bir sonraki dönemin değerlerinin ortalamasıdır. Dikkat edilirse, bu şekilde hareketli ortalaması hesaplanan seride, ilk dönem ve son dönem değerlerine karşılık bir şey yazılamayacaktır. Benzer şekilde 5'li hareketli ortalama da, ilk iki ve son iki dönem için bir ortalama hesaplanamayacaktır [46].

Üstel düzeltme yönteminde ise geçmiş ve güncel veriler belli bir oranda (α) göz önünde bulundurularak, gelecek dönem verileri tahmin edilmektedir. Bu bakımdan üstel düzeltme yöntemi ağırlıklı ortalama yöntemi olarak da düşünülebilir. Üstel

düzeltilme metodu, herhangi bir zaman serisindeki düzensiz dalgalanmaları ortadan kaldırmak için de kullanılabilir [46].

Üstel düzeltilme denklemi [47,52],

$$E_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) E_{t-1} \quad (3.34)$$

olarak yazılır ve buradaki E_t , serinin gözlenen değeri olan Y_t için bir tahmin değeridir. Başlangıç değeri için ise $E_1=Y_1$ kullanılır. Üstel düzeltilme katsayısı olan α , 0 ile 1 arasında değer alabilmektedir. α katsayısına 0'a yakın bir değer verildiğinde, geçmiş verilere daha fazla ağırlık verilmiş olacağı için, elde edilen yeni seri orijinal seriden daha düz bir görünümde olur. α 1'e yakın seçilirse, güncel değerlere daha çok ağırlık verileceği için, elde edilecek seri orijinal seriye daha yakın bir görünümde olur [47,52].

Günlük hayatta bir trende sahip serilere daha sık rastlanılmaktadır. Üstel düzeltilme yöntemi, trende sahip seriler için Holt tarafından ilave katsayılarla geliştirilmiştir ve "Holt metodu" olarak da bilinir. Holt metodunda, α katsayısı haricinde trend etkisini göz önüne almak amacıyla β katsayısı da kullanılmıştır. Holt modeli bu haliyle iki ayrı bileşenden oluşmaktadır. Üstel düzeltilme bileşeni E_t ve trend bileşeni T_t için Holt'un üstel düzeltilme denklemleri

$$E_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.35)$$

$$T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.36)$$

şeklinde yazılır [47,52]. Burada her iki bileşen de (E_t ve T_t), α ve β katsayılarıyla ağırlıklandırılmışlardır. β katsayısı da, α katsayısı gibi 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Denklemi uygulayabilmek için başlangıç değerleri ise $E_2=Y_2$ ve $T_2=Y_2 - Y_1$ 'dir, fakat E_1 ile T_1 değerleri hesaplanmamaktadır.

Hesaplanan E_t ve T_t ile, k dönem sonrası Y_{t+k} için tahmin değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır [47,52]:

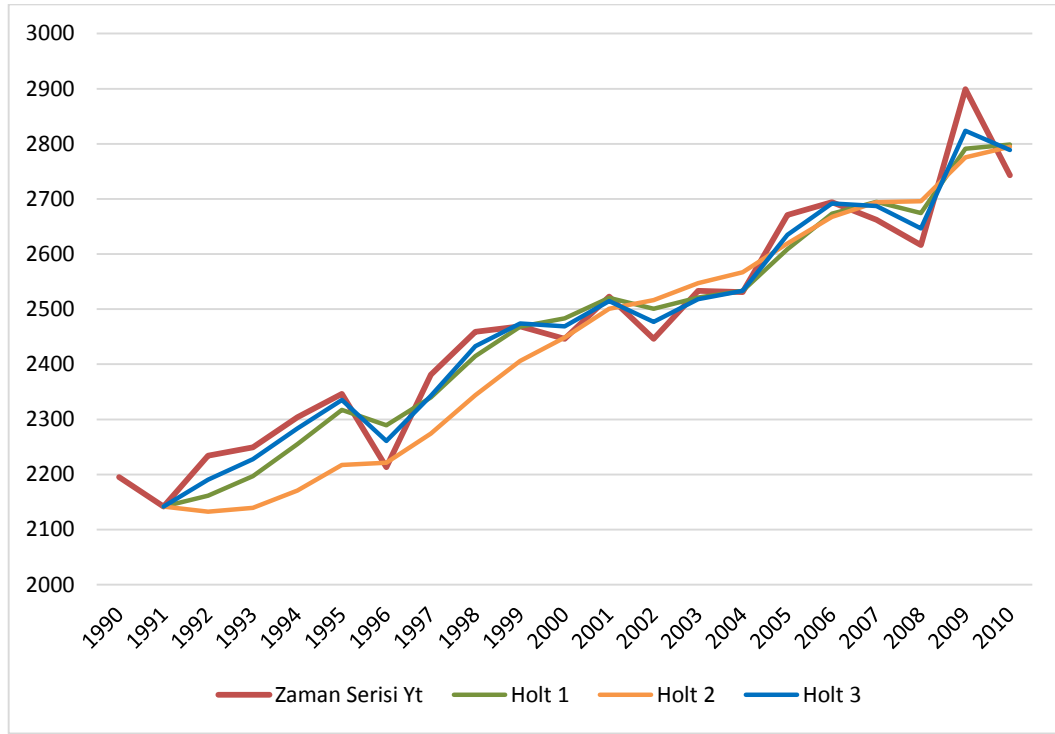
$$\hat{Y}_{t+k} = E_t + k.T_t \quad (3.37)$$

Çizelge 3.2’de kullanılan örnek seri (Y_t) için farklı α ve β değerleriyle Holt metoduna göre hesaplanmış değerler Çizelge 3.3’de incelenebilir.

Çizelge 3.3. Örnek seri ile Holt metodu uygulaması.

Yıllar	t	Zaman Serisi Y_t	Holt 1	Holt 1	Holt 2	Holt 2	Holt 3	Holt 3
			E_t	T_t	E_t	T_t	E_t	T_t
			$(\alpha=0,5 - \beta=0,5)$		$(\alpha=0,3 - \beta=0,3)$		$(\alpha=0,7 - \beta=0,4)$	
1990	1	2195						
1991	2	2142	2142,00	-53,00	2142,00	-53,00	2142,00	-53,00
1992	3	2234	2161,50	-16,75	2132,50	-39,95	2190,50	-12,40
1993	4	2249	2196,88	9,31	2139,49	-25,87	2227,73	7,45
1994	5	2304	2255,09	33,77	2170,73	-8,73	2283,35	26,72
1995	6	2346	2317,43	48,05	2217,20	7,83	2335,22	36,78
1996	7	2213	2289,24	9,93	2221,42	6,74	2260,70	-7,74
1997	8	2381	2340,09	30,39	2274,01	20,50	2342,59	28,11
1998	9	2459	2414,74	52,52	2343,86	35,30	2432,51	52,83
1999	10	2469	2468,13	52,96	2406,11	43,39	2473,90	48,26
2000	11	2446	2483,54	34,18	2448,45	43,07	2468,85	26,93
2001	12	2523	2520,36	35,50	2500,97	45,91	2514,83	34,55
2002	13	2446	2500,93	8,04	2516,61	36,83	2477,02	5,61
2003	14	2533	2520,98	14,04	2547,31	34,99	2517,89	19,71
2004	15	2531	2533,01	13,04	2566,91	30,37	2532,98	17,86
2005	16	2671	2608,53	44,27	2619,40	37,01	2634,95	51,51
2006	17	2694	2673,40	54,57	2667,68	40,39	2691,74	53,62
2007	18	2662	2694,99	38,08	2694,25	36,24	2687,01	30,28
2008	19	2616	2674,53	8,81	2696,15	25,94	2646,39	1,92
2009	20	2899	2791,17	62,73	2775,16	41,86	2823,79	72,11
2010	21	2743	2798,45	35,00	2794,82	35,20	2788,87	29,30

Çizelge 3.3'deki seriler için çizilen zaman grafiği Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.7. Örnek serinin gözlenen değeri ile hesaplanan Holt değerleri.

Bu metot ve bütün tahminleme yöntemlerindeki temel hedef, hesaplanan değerlerin ve tahminlerin minimum hata ve maksimum olasılıkla tahmin etmektir. Bu sebeple Holt'un üstel düzeltme metodunda en düşük hata oranıyla değerleri hesaplamak için, öncelikle yapılması gereken uygun α ve β katsayıları belirlemektir. α ve β 'yi belirlerken dikkate alınması gereken nokta, gözlenen değerlerle hesaplanan değerler arasındaki hataları en aza indiren katsayıları tercih etmektir.

3.2.3. Gri Tahmin

Gri sistem teorisi (GST - Grey System Theory) bir sistem teorisi 1980'li yıllarda geliştirilmiştir. 1982 yılında Julong Deng tarafından yayınlanan "Gri Sistemler ile Kontrol Problemleri (Control Problems of Grey Systems)" başlıklı makale, GST'nin bahsedildiği ilk makedir. Daha sonra yaygınlaşan ve geliştirilen GST, belirsizlik durumlarının sayısallaştırılmasını amaçlayan tekniklerden biri olmuş, özellikle bulanık mantık yaklaşımına alternatif olarak sunulmuştur [53].

GST'nin ortaya çıkışındaki temel yaklaşım, stokastik veya bulanık yöntemlerle sonuçlandırılmayan belirsiz sistemlerin tepkilerini ya da analizlerinin, sınırlı veri yardımıyla tahminleyebilmek şeklinde olmuştur. Belirsizliğin ve eksik bilginin olduğu durumlarda anlamlı sonuçlar elde etmenin zorluğuna karşın, bunu sağlayabilme yeteneği nedeniyle tercih edilen bir çözüm teorisi olarak karşımıza çıkmaktadır [53].

Pek çok alanda uygulanabilir olan GST metodolojik olarak altı başlık altında toplanmıştır:

- a. Gri üretim
- b. Gri ilişki analizi
- c. Gri modelleme
- d. Gri karar verme
- e. Gri kontrol ve
- f. Gri tahmin.

GST'ye dayanan gri tahmin (GP - Grey Prediction) yöntemi genellikle tek faktörlü, kısa dönemli ve eksik veri içeren sistemlerin tahminlemede kullanılmaktadır [54–61]. GP yöntemi üç temel operasyon içermektedir [49,62,63]:

- a. AGO - Accumulated Generating Operator (birikmiş türetme operatörü)
- b. IAGO - Inverse Accumulating Operator (ters biriken türetme operatörü)
- c. GM - Grey Model (Gri Model).

GP yönteminde, n değişkenli birinci dereceden bir model GM(1,n) şeklinde ifade edilirken, tek değişkenli birinci dereceden bir model ise GM(1,1) şeklinde gösterilmektedir. GM(1,1) modeli için gerekli adımlar şunlardır [64]:

- a. Adım 1: n terimli orijinal zaman serisi,

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (3.38)$$

şeklinde tanımlanırsa, düzensiz $x^{(0)}$ serisinin monoton artan $x^{(1)}=(x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$ serisine dönüştürülmesi, AGO kullanılarak yapılır. $x^{(1)}$ serisi ise

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (3.39)$$

denklemleri ile hesaplanır. Eşitlikteki k ($k=2,3,\dots,n$) zaman periyodunu göstermektedir.

b. Adım 2: GM(1,1) için, birinci-derece gri diferansiyel denklemi,

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (3.40)$$

olarak yazılırken, denklemdeki $z^{(1)}$ ise

$$z^{(1)}(k) = 0.5 x^{(1)}(k) + 0.5 x^{(1)}(k-1) \quad (3.41)$$

şeklinde hesaplanarak diferansiyel denkleme dahil edilir. Diferansiyel denklemde yer alan a gelişme katsayısı, b ise yön verici katsayı olarak nitelendirilir.

GM(1,1) modeliyle tahmin yapılabilmesi için, gri diferansiyel denklemi sağlayan a ve b değerlerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu tahmin işlemi için en küçük ortalama kareler tahmin yöntemine (LMSE – Least Mean Square Estimation) başvurulmaktadır. Buna göre $[a \ b]^T$ matrisi

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = [B^T B]^{-1} B^T Y \quad (3.42)$$

denkleminde göre hesaplanır. Burada

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & 1 \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (3.43)$$

ve

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (3.44)$$

olarak denkleme dahil edilir.

- c. Adım 3: a ve b katsayılarının tahmini değerleri hesaplandıktan sonra, eşitlik (3.40)'deki gri diferansiyel denklem çözülerek gelecek değer tahminlerinde kullanılacak olan GP denklemini elde edilir:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (3.45)$$

Buradaki $\hat{x}^{(1)}(k+1)$, periyot k+1'deki $x^{(1)}(k)$ için tahmin değeridir. Zaman serisi $x^{(0)}(k)$ için hesaplanacak tahmin değerleri serisi ise, $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ için IAGO uygulanmasıyla elde edilir. $k=2,3,\dots,n$ için tahmin değerleri

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1) \quad (3.46)$$

olarak belirlenir.

GM(1,1) modelinde bütün veriler tahmin için kullanılır. Fakat düzensiz verilerle çalışıldığı durumlarda, tahminin isabetliliğini artırmak amacıyla sadece günümüze yakın değerlerin tahmin için kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu amaçla döngüsel mekanizmalı gri tahmin (GPRM – Grey Prediction with Rolling Mechanism) metodu geliştirilmiştir. Bu yöntemde $x^{(0)}(m+1)$ değeri, $m < n$ olacak şekilde $x^{(0)} = (x^{(0)}(1),$

$x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(m)$) serisi kullanılarak hesaplanır [65,66]. Burada m , döngü periyodu olarak adlandırılabilir. Hesaplanan bu yeni değer, $x^{(0)}$ serisinin sonuna eklenirken serinin ilk değeri çıkarılarak $x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(m+1))$ serisiyle yeni bir tahmin yapılır. Ve bu işlem tekrarlanarak $\hat{x}^{(0)}(n+1)$ için tahmin sonucu elde edilir.

3.2.4. Model Seçimi ve Model Uyumu

Üzerinde çalışılan zaman serisine uygun yöntemler ve modeller belirlendikten sonra, birden fazla uyumlu modelle karşılaşılabılır. Birden fazla modelin bütün katsayıları istatistiksel olarak anlamlı ve önemli çıkabilir. Bu modeller arasında en uygun olanı seçerken çeşitli kriterlere başvurulmaktadır. Bu kriterlerden en önemlilerinden birisi, parametre sayısına dayalı bilgi kriteridir [50].

Bilgi kriterleri, minimum parametre kullanımı (cimrilik prensibi) esasına dayanan ve ilk defa 1970’li yıllarda Akaike tarafından ortaya atılan kriterlerdir. “Akaike bilgi kriteri (AIC - Akaike Information Criterion)”

$$AIC = -2\ln(L) + 2k \quad (3.47)$$

formülüyle hesaplanırken; k , modelde tahmin edilen parametre sayısını, L ise modelin maksimum Likelihood fonksiyon değerini temsil etmektedir [50].

Akaike dışında Schwarz tarafından geliştirilen bir başka kriter ise, Schwarz bilgi kriteri (SIC - Schwarz Information Criterion) olarak da bilinen “Bayes bilgi kriteridir (BIC - Bayesian Information Criterion)”[50].

$$BIC = -2\ln(L) + \ln(n).k \quad (3.48)$$

formülüyle hesaplanan BIC’de, AIC’den farklı olarak k ’nın çarpıldığı değer 2 yerine $\ln(n)$ ’dir. Burada n zaman serisindeki gözlem sayısıdır. Dikkat edilirse bu farktan dolayı, modeldeki parametre sayısı arttıkça BIC değeri de artacağından; BIC daha az

parametrelı modellerı seçme eğilimindedir. Model karşılaştırmalarında her zaman düşük AIC veya BIC değerlerine sahip model tercih edilir [50].

Tahmin için tercih edilen modelin uygunluğunu kontrol ederken kullanılan yöntemlerin hemen hepsi tahmin hatasını hesaplamaya dayanmaktadır. Hata miktarlarını veya oranlarını belirlemek amacıyla literatürde geçen ve en çok başvurulan yöntemler ise; “ortalama mutlak yüzdellik hata (MAPE - Mean Absolute Percentage Error)”, “ortalama hata kareleri (MSE - Mean Squared Error)” ve “ortalama mutlak sapmadır (MAD - Mean Absolute Deviation)”. Bazı çalışmalarda MSE'nin karekökü alınarak “ortalama hata kareleri karekökü (RMSE - Root Mean Squared Error)” de kullanıldığı görülmektedir [35]. Gözlem değeri Y_t , tahmin edilen değeri \hat{Y}_t ve n sayıda gözlem için eşitlikler ise,

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \cdot \%100 \quad (3.49)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad \text{ve} \quad RMSE = \sqrt{MSE} \quad (3.50)$$

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (3.51)$$

şeklinde yazılır.

Literatürde, MAPE istatistiğinin tahmin hatalarını yüzde olarak ifade etmesi nedeni ile tek başına da bir anlamının olması, diğer kriterlere göre üstünlüğü olarak kabul edilmektedir. Witt ve Witt, MAPE değerleri % 10'un altında olan tahmin modellerini “yüksek doğruluk” derecesine sahip, % 10 ile % 20 arasında olan modelleri ise doğru tahmin modelleri olarak sınıflandırmıştır. Benzer şekilde Lewis, MAPE değeri %10'un altında olan modelleri “çok iyi”, % 10 ile % 20 arasında olan modelleri “iyi”, % 20 ile % 50 arasında olan modelleri “kabul edilebilir” ve % 50'nin üzerinde olan modelleri ise “yanlış ve hatalı” olarak sınıflandırmıştır [35].

BÖLÜM 4

DEMİR – ÇELİK VERİLERİYLE ZAMAN SERİSİ ANALİZİ

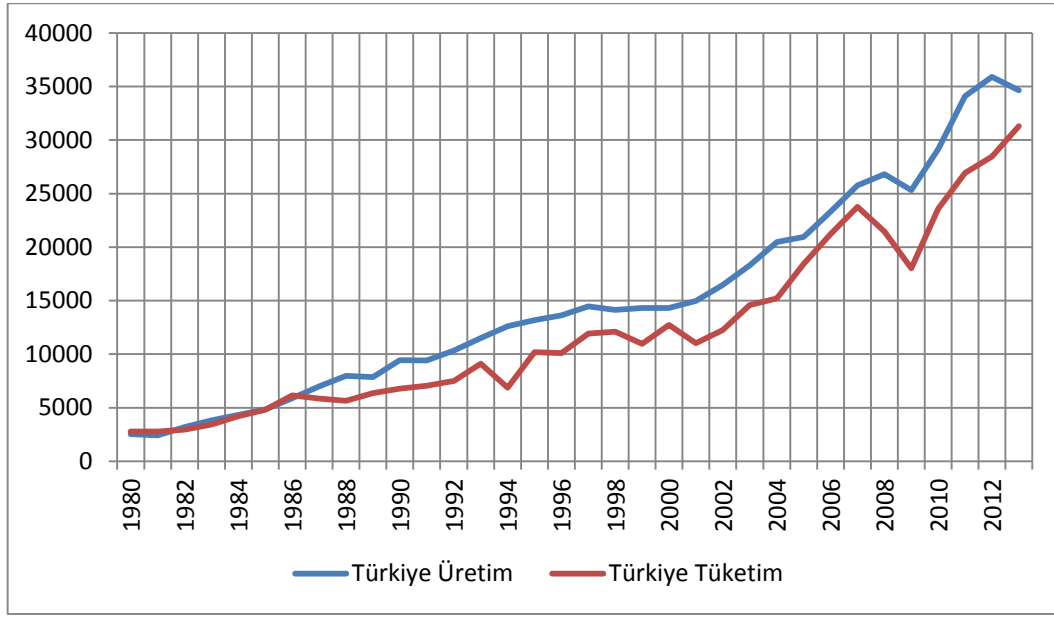
4.1. VERİLERİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada kullanılan veriler Dünya Çelik Birliği (WSA - World Steel Association veya worldsteel)'nden alınmıştır [67]. worldsteel her yılsonu yayınladığı raporlarda ve yılsonu istatistiklerinde ülkelerle ilgili verileri sunmaktadır. Raporlardan elde edilen veriler yıllık bazda ve çeşitli kategorilerde yer almaktadır. Çalışma için 1980 ile 2013 yılları arasındaki üretim ve tüketim verileri kullanılmıştır. Tüketim verileri olarak raporda 2 farklı değer bulunmaktadır. Ham çelik dengi ve işlenmiş çelik dengi tüketim verilerinden, işlenmiş çelik tüketim verileri analiz amacıyla çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmada veri olarak worldsteel'den alınan verilerin kullanılmasına karar verilmeden önce, farklı kaynaklardan veri taraması yapılmıştır. Demir-çelik sektörüyle ilgili veriler, çeşitli kaynaklarda farklı tiplerde yer almakta olduğu görülmüştür. Türkiye'ye ait verilere sahip kurumlardan bazıları; worldsteel, Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Uluslararası Ticaret Merkezi veritabanı (ITC trade map), Dünya Ticaret Örgütü (WTO) ve çeşitli bakanlıklardır. Veriler ise üretim, tüketim, ithalat ve ihracat olarak kaydedilen verilerdir.

Veriler konusunda en büyük sıkıntı, detaylı verilerin bulunmaması ve eldeki verilerin birbirleriyle olan uyumsuzluklarıdır. Üretim verilerinin büyük bölümü, entegre tesislere (KARDEMİR, ERDEMİR, İSDEMİR) ait verilerdir. En detaylı verilerin tutulduğu ithalat/ihracat verilerinde ise, üretilen ürünler farklı GTİP (Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu) kodları altında kaydedilerek ithal veya ihraç edilmektedir. Tüketim olarak ise genel veriler haricinde detaylı ve anlamlı verilere ulaşılamamaktadır. Bu sebeple veriler karşılaştırılamamaktadır. Ayrıca veriye sahip kurumların verileri paylaşmama isteği de veri kaynaklarını oldukça kısıtlamaktadır.

Yukarıdaki sebepler sonucunda kullanılmaya karar verilen worldsteel'den elde edilen, hem üretim hem de tüketim verilerinin 2008 yılındaki küresel ekonomik krizden etkilendikleri Şekil 4.1'deki grafikte rahatlıkla görülmektedir. Yine grafikte görülebileceği üzere tüketim miktarları, üretim miktarlarına göre daha inişli çıkışlı bir seyir izlemektedir. Bu sebeple tüketim verilerini tahmin etmek üretim verilerine göre daha zor olmaktadır.



Şekil 4.1. 1980-2013 yıllarına ait demir-çelik üretim ve tüketim miktarları (bin ton).

4.2. ZAMAN SERİSİ ANALİZİNİN UYGULANMASI

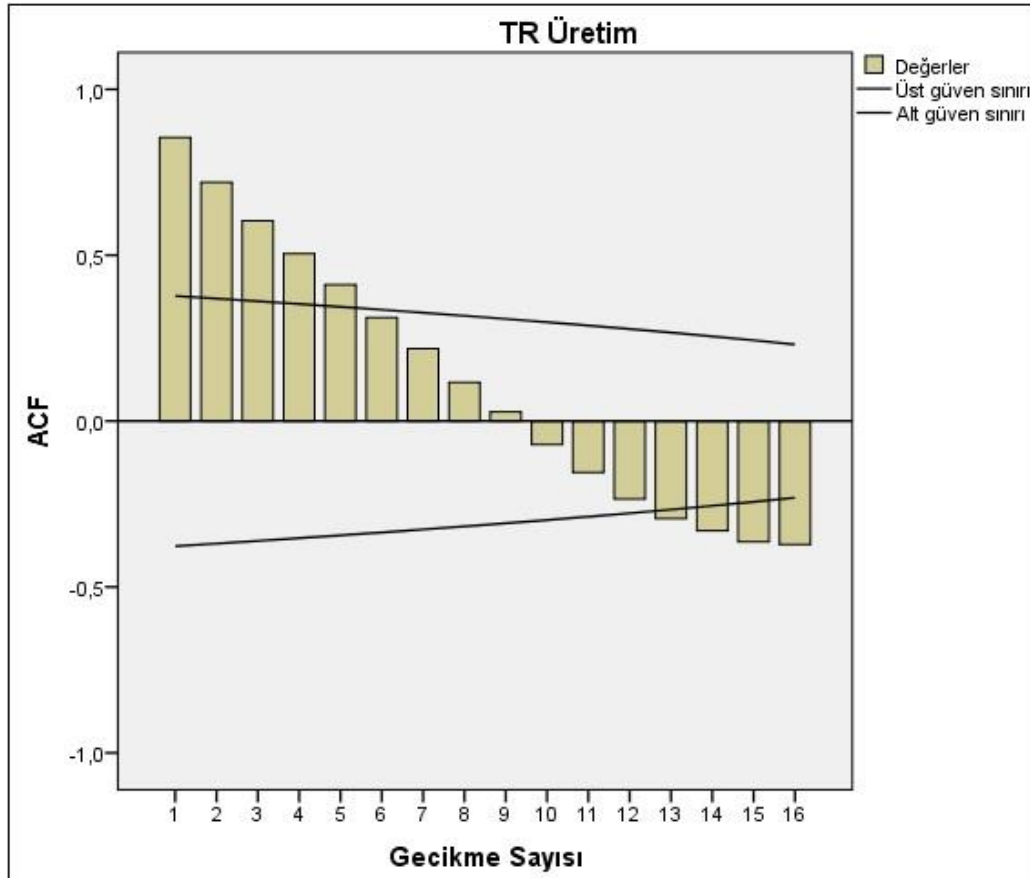
Verilerin analizinde Box-Jenkins yöntemi, trende sahip verilerin analizinde kullanılan Holt'un üstel düzelme yöntemi ve gri tahmin metodu kullanılmıştır. Box-Jenkins metodunda ARIMA modeliyle analizler yapılmıştır. Gri tahmin metodunda ise hem GM hem de GPRM modeli kullanılmıştır. Analizlerde ARIMA uygulaması için SPSS Statistics programı, gri tahmin için MATLAB kullanılmıştır. Üstel düzeltme ise MS Excel kullanılarak yapılmıştır.

Verilerin analizinde, kullanılan yöntemlerin uygunluğunu test etmek amacıyla 34 veriden, 30 tanesi kullanılarak 4 tanesi tahmin edilmiştir. Yani 1980-2009 arası verilerle oluşturulan modellerle 2010-2013 arası için tahminler yapılarak modeller test edilmiştir. Ayrıca modellerin uygunluğunu daha net görebilmek amacıyla, 2008

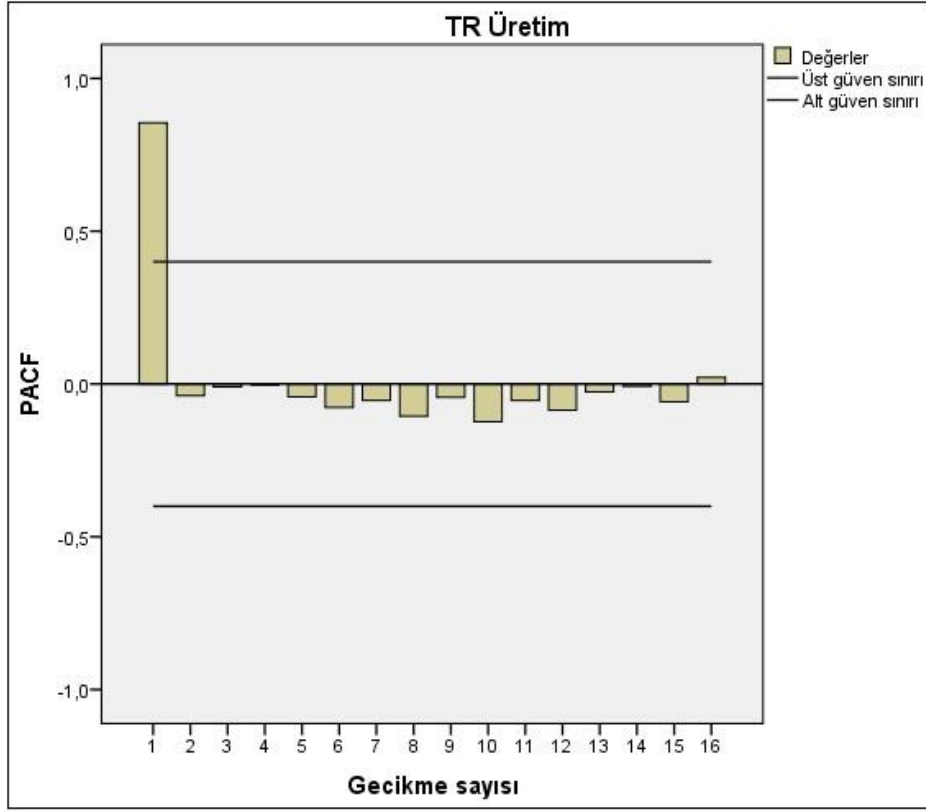
yılındaki global krize kadar olan verilerle analizler yapılmıştır. 1980 ile 2004 yıllarına ait verilerle, 2005 ile 2008 yılları için tahminler yapılarak modeller test edilmiştir. Son olarak ise bütün 34 veri kullanılarak 2014-2018 yılları için tahminler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.2.1. 1980 - 2004 Arasındaki Verilerle Analiz

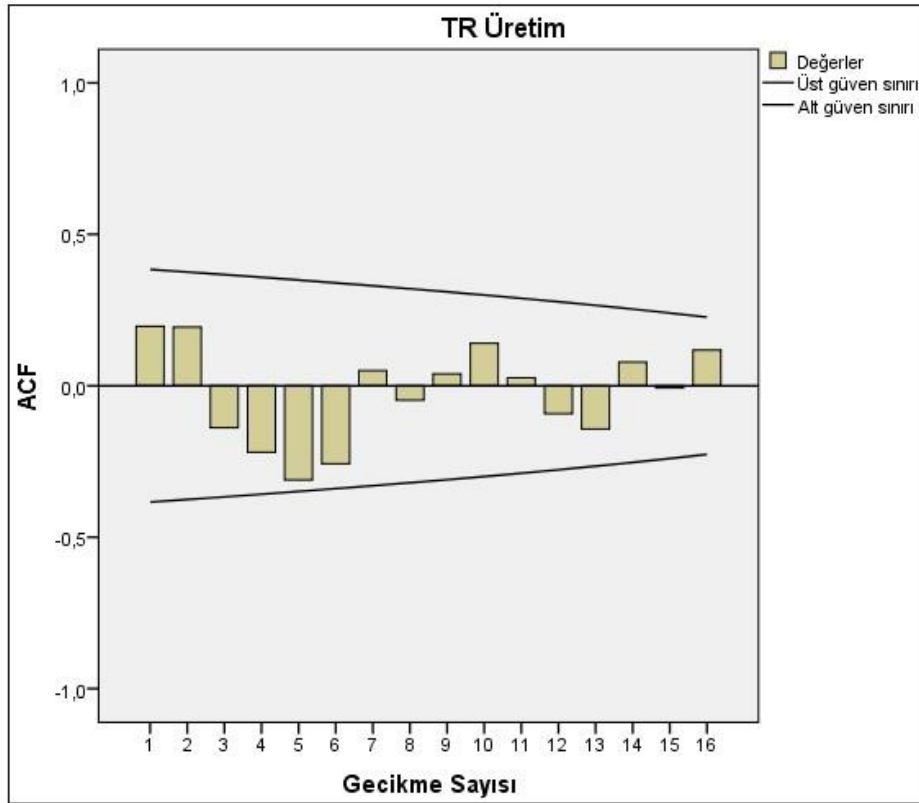
Küresel kriz öncesi 1980 - 2004 yılları arasındaki üretim ve tüketim verileriyle yapılan analizde, bu yıllar arasındaki verilere uygun modeller bulunmuş ve bu modeller 2005 - 2008 yılları için tahminlemede kullanılmıştır. Verilerin ACF ve PACF grafiklerine bakıldığında, serinin durağan olmadığı görülmektedir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3). Durağan hale getirmek için bir fark alma işlemi sonucunda ACF ve PACF, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'deki hale gelmiştir. Buna göre SPSS ile yapılan analizde, denemeler sonucunda en uygun ARIMA modeli olarak ARIMA(0,1,0) modeli tercih edilmiştir.



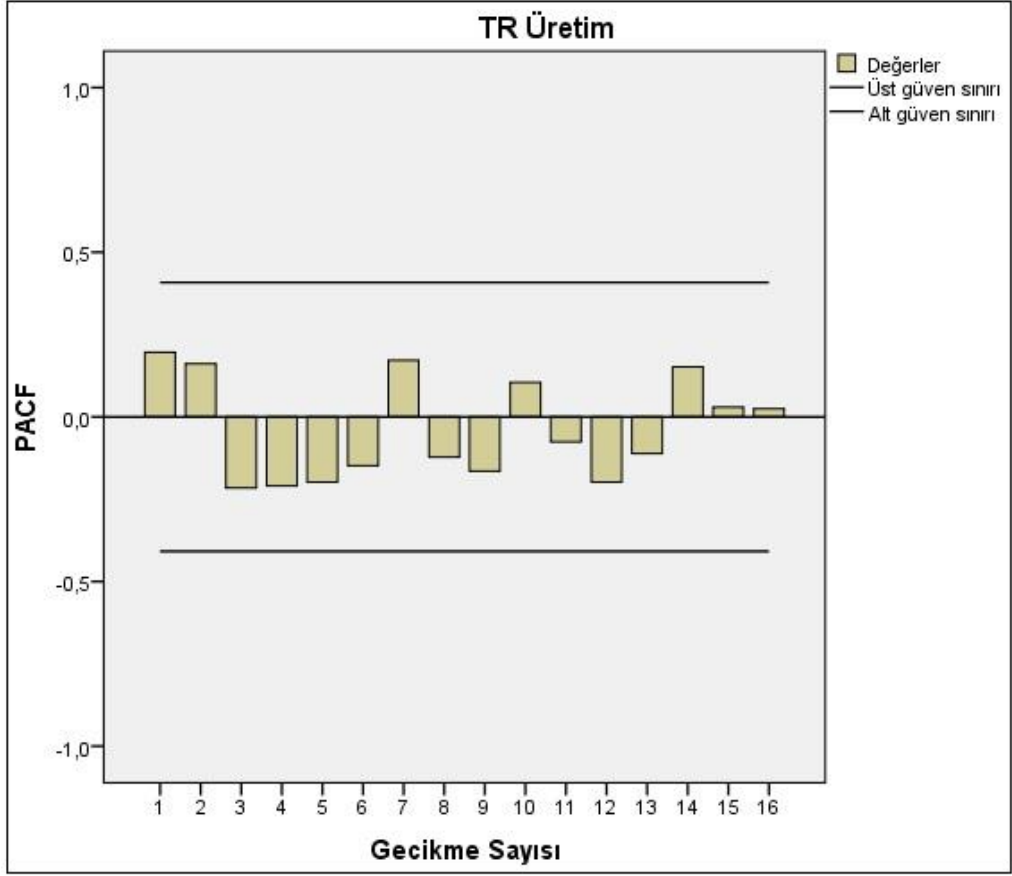
Şekil 4.2. 1980-2004 üretim verileri ACF grafiği.



Şekil 4.3. 1980-2004 üretim verileri PACF grafiği.



Şekil 4.4. 1980-2004 üretim verilerinin 1. dereceden farkının ACF grafiği.



Şekil 4.5. 1980-2004 üretim verilerinin 1. dereceden farkının PACF grafiği.

ARIMA(0,1,0) modelinin istatistikleri ise Çizelge 4.1'deki gibidir. Modelin anlamlılık istatistikleri ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 1980-2004 arası üretim verileri için ARIMA(0,1,0) modelinin istatistikleri.

TR Üretim Modelleri	Model Uyum İstatistikleri				Ljung-Box Q(18)		
	RMSE	MAPE	MAE	Normalize Edilmiş BIC	İstatistik Değeri	DF	Sig.
ARIMA(0,1,0)	645,499	5,785	508,917	13,072	16,812	18	0,536

Çizelge 4.2. 1980-2004 arası üretim verileri için ARIMA modelinin istatistiksel anlamlılık değerleri.

TR Üretim için Modeller (1980-2004)	t-istatistiği			Sig.		
	AR	Sabit	MA	AR	Sabit	MA
ARIMA(0,1,0)	-	5,674	-	-	0,000	-

ARIMA modelinden sonra Holt metoduyla yapılan analiz için, SPSS programının da yardımıyla çeşitli denemelerden sonra α ve β katsayıları sırasıyla 0,500 ve 0,700 olarak tercih edilmiştir. Son olarak gri tahmin yönteminde öncelikle GM(1,1) modeliyle, daha sonra ise GPRM modeliyle analizler yapılmıştır. GPRM modeli için döngü periyodu m, MATLAB’da yapılan incelemeler sonucunda 6 olarak belirlenmiştir.

ARIMA modeli, Holt metodu ve gri tahmin yöntemleriyle 1980 ile 2004 arası veriler için model uyumluluk testleri yapılmıştır. Bu testlerin sonucu Çizelge 4.3’de görülmektedir. Tablodaki her bir kritere göre minimum değerler koyu renkle gösterilmiştir.

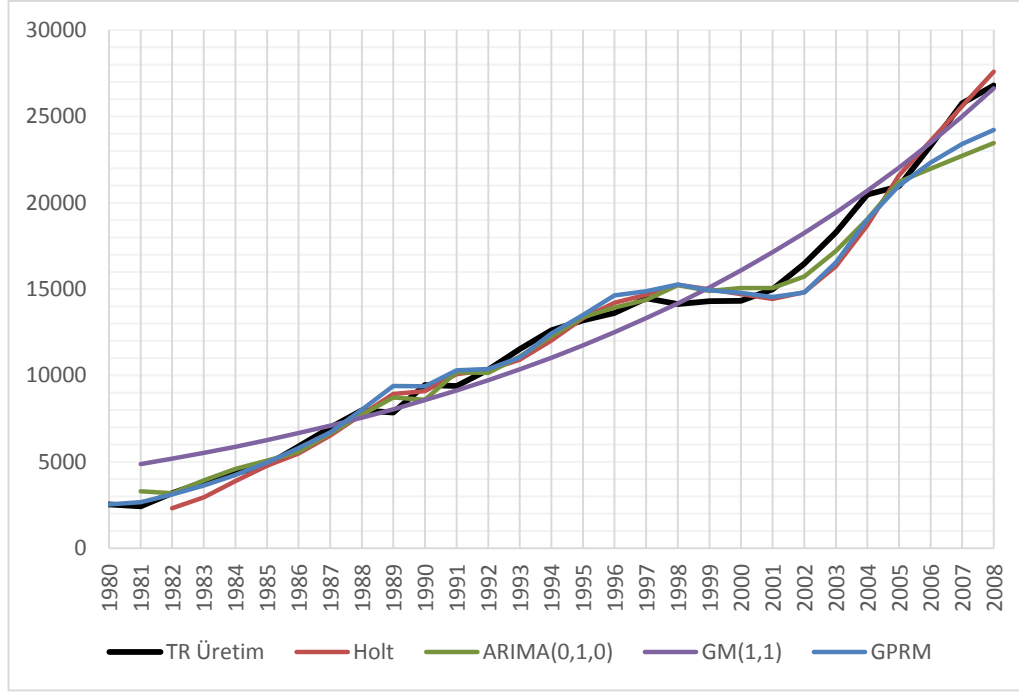
Çizelge 4.3. 1980-2004 üretim verileri için model uyum karşılaştırması.

Üretim için Modeller (1980-2004)	Model Uyum İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,0)	645,499	5,785%	508,917
Holt	860,522	7,353%	687,088
GM(1,1)	1301,470	17,218%	1113,250
GPRM	884,082	5,260%	677,947

Daha sonra ise bu metot ve yöntemlerle yapılan tahminler ve tahmin sonuç istatistikleri de Çizelge 4.4’de verilmiştir. Burada da kriterlere göre minimum değerler koyu renkli olarak gösterilmiştir. Tahminler ayrıca zamana bağlı karşılaştırmalı olarak Şekil 4.6’da görülmektedir.

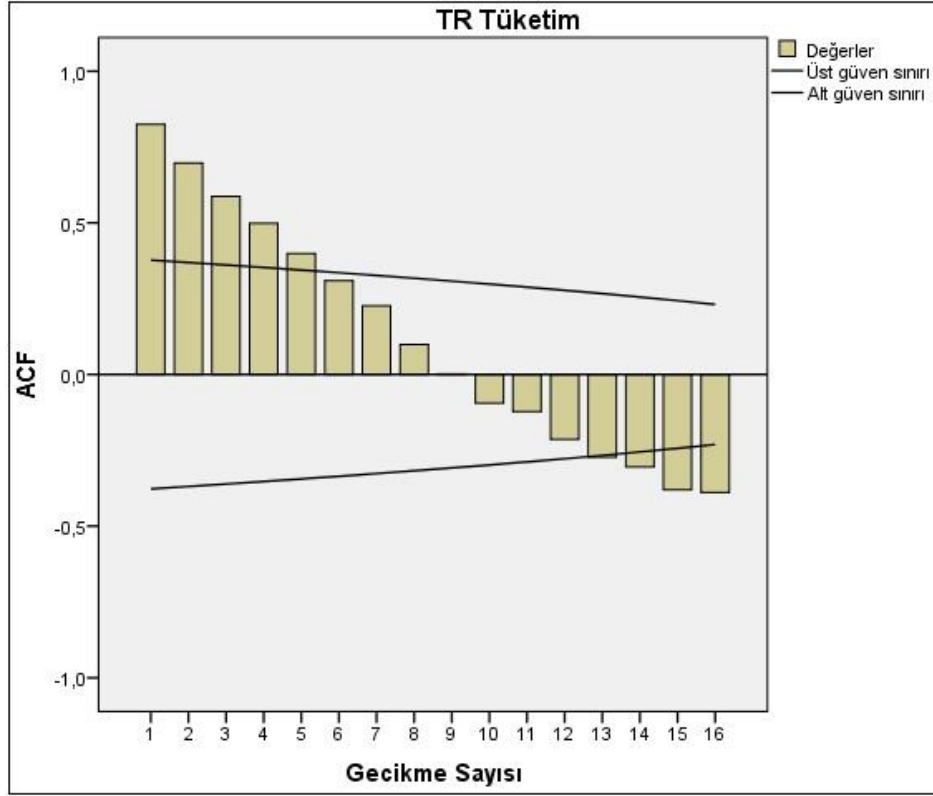
Çizelge 4.4. 2005-2008 üretim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri.

Üretim için Modeller (2005-2008)	Tahmin İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,0)	2356,324	1,920%	1993,333
Holt	524,629	7,806%	460,504
GM(1,1)	668,122	2,355%	542,500
GPRM	1815,032	5,780%	1485,750

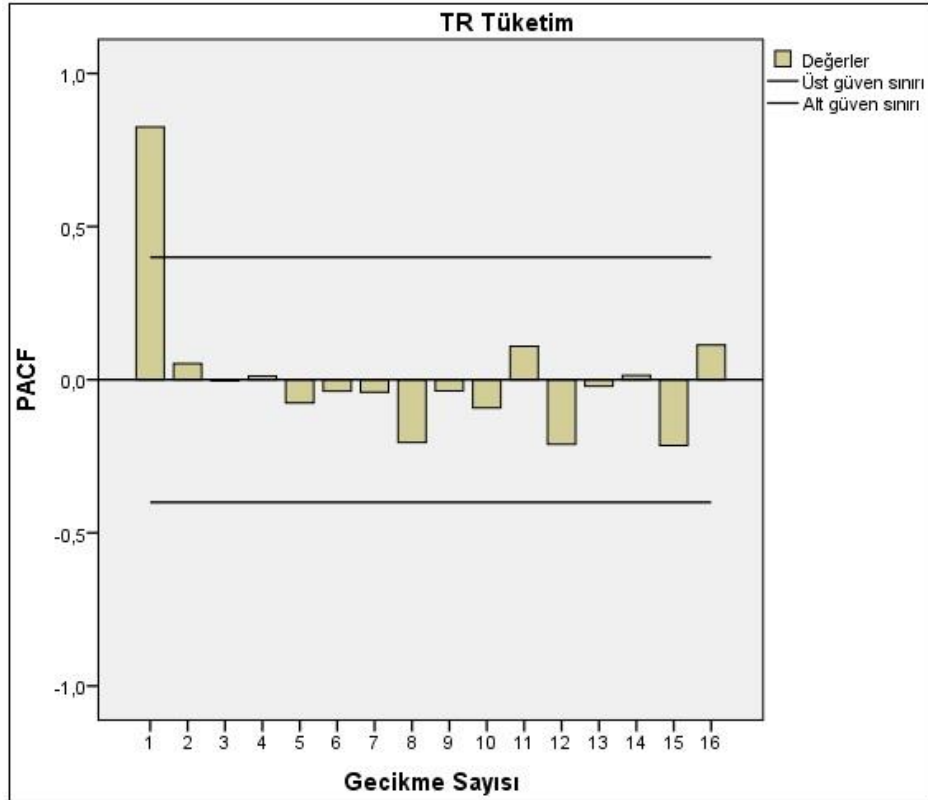


Şekil 4.6. 1980-2008 Yılları gerçek üretim verileri ve model tahminleri.

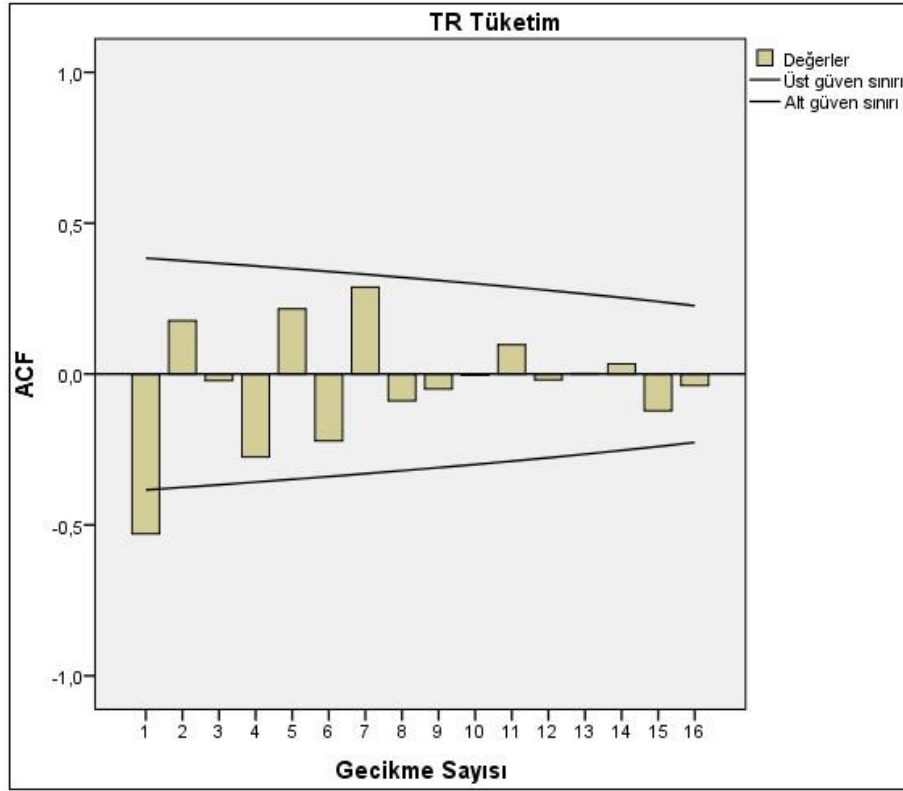
1980-2008 arası tüketim verileri için de benzer şekilde ARIMA, Holt ve gri tahmin yöntemleriyle analizler yapılmış ve tahmin sonuçları elde edilmiştir. Tüketim verileri incelendiğinde, verilerin durağan olmadığı Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de görülmektedir. Bu yüzden seriyi durağan hale getirmek için 1. Dereceden fark alma işlemi uygulanmış; Şekil 4.9 ile Şekil 4.10’daki grafiklere bakılarak seri için ARIMA(1,1,0), ARIMA(1,1,1) ve ARIMA(0,1,1) modelleri öngörülüp incelenmiştir.



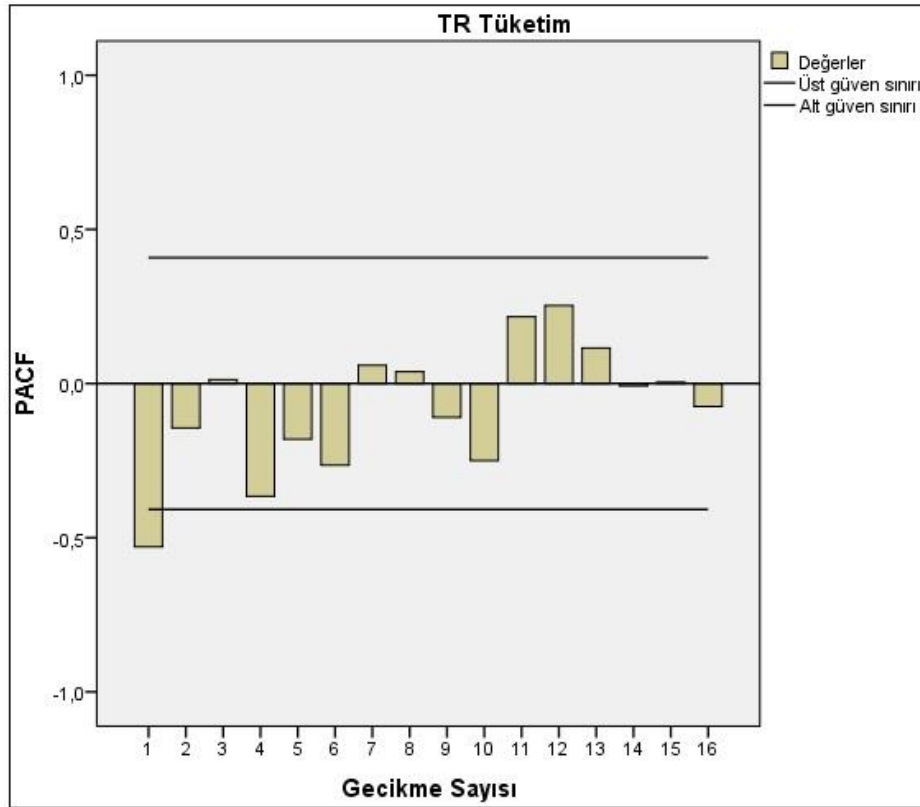
Şekil 4.7. 1980-2004 tüketim verileri için ACF grafiği.



Şekil 4.8. 1980-2004 tüketim verileri için PACF grafiği.



Şekil 4.9. 1980-2004 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının ACF grafiği.



Şekil 4.10. 1980-2004 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının PACF grafiği.

SPSS yardımıyla yapılan analizler sonucu ARIMA modelleri arasından en uygun olanı ARIMA(1,1,0) olarak belirlenmiştir. Bu modellere ait parametrelerin istatistiksel anlamlılıklarını gösteren tablo Çizelge 4.5’de verilmiştir. Ayrıca bu modellerin uyumluluklarıyla ilgili karşılaştırma istatistikleri de Çizelge 4.6’de gösterilmiştir. Uyumluluk istatistiklerinde iyi değerlere sahip ARIMA(0,1,1) modelinde MA bileşeni istatistiksel olarak anlamlı olmadığı için tercih edilmemiştir.

Çizelge 4.5. 1980-2004 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları.

Tüketim için Modeller (1980-2004)	t-istatistiği			Sig.		
	AR	Sabit	MA	AR	Sabit	MA
ARIMA(1,1,1)	0,054	15,124	0,153	0,957	0,000	0,880
ARIMA(1,1,0)	-2,846	3,617	-	0,009	0,002	-
ARIMA(0,1,1)	-	18,148	0,009	-	0,000	0,993

Çizelge 4.6. 1980-2004 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri.

Tüketim için Modeller (1980-2004)	Model Uyum İstatistikleri				Ljung-Box Q		
	RMSE	MAPE	MAE	Normalize Edilmiş BIC	İstatistik Değeri	DF	Sig.
ARIMA(1,1,1)	943,735	9,281	718,819	14,097	13,645	16	0,625
ARIMA(1,1,0)	1061,162	10,114	795,786	14,199	15,550	17	0,556
ARIMA(0,1,1)	937,307	9,196	732,668	13,951	13,461	17	0,705

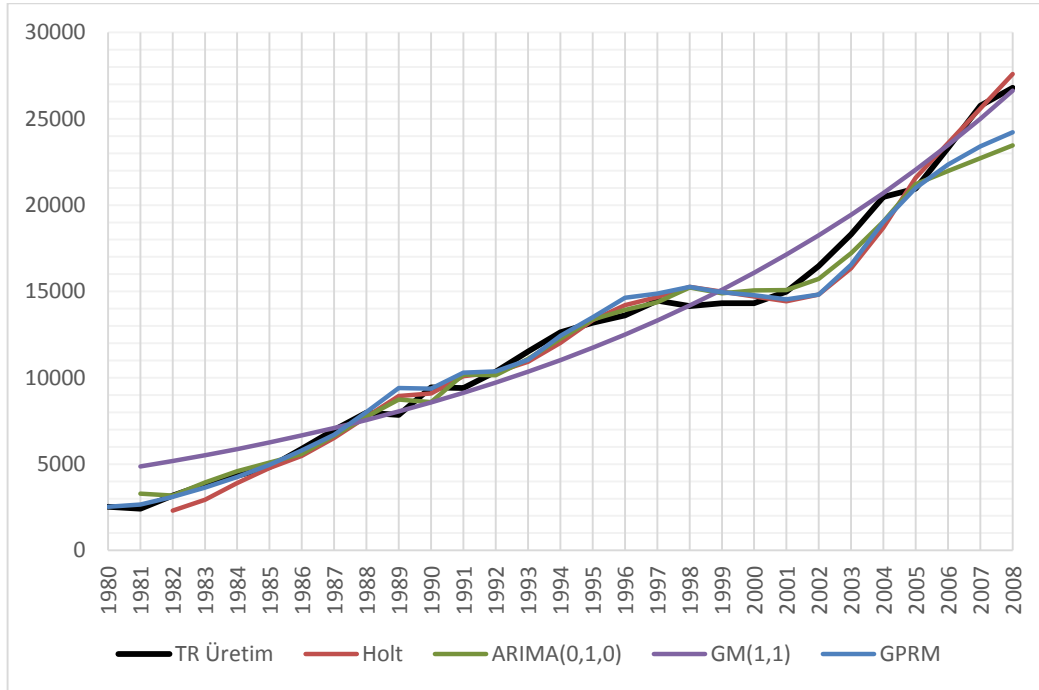
Tüketim verilerinin Holt’un üstel düzeltme yöntemiyle analizi için gerekli parametreler, $\alpha=0,650$ ve $\beta=0,999$ olarak belirlenmiştir. Bu parametreler yardımıyla model kurularak tahminler yapılmıştır. Son olarak GM(1,1) ve GPRM modelleriyle de tahminler yapılarak; tüm model ve metotların hem 1980-2004 arası uyum istatistikleri, hem de 2005-2008 yılları için tahmin istatistikleri Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. MATLAB programında yapılan analizlerde GPRM için $m=9$ olarak belirlenmiş, buna göre model kurulmuştur.

Çizelge 4.7. 1980-2004 tüketim verileri için model uyum karşılaştırması.

Tüketim için Modeller (1980-2004)	Model Uyum İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(1,1,0)	2913,150	10,114%	2354,818
Holt	3097,703	12,257%	2495,877
GM(1,1)	2760,829	11,390%	2418,375
GPRM	3450,808	11,218%	3021,125

Çizelge 4.8. 2005-2008 tüketim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri.

Tüketim için Modeller (2005-2008)	Tahmin İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(1,1,0)	7897,923	21,831%	7717,220
Holt	4759,187	9,201%	4729,522
GM(1,1)	6236,762	14,512%	6138,750
GPRM	8729,171	26,064%	8595,500



Şekil 4.11. 1980-2008 Yılları gerçek tüketim verileri ve model tahminleri.

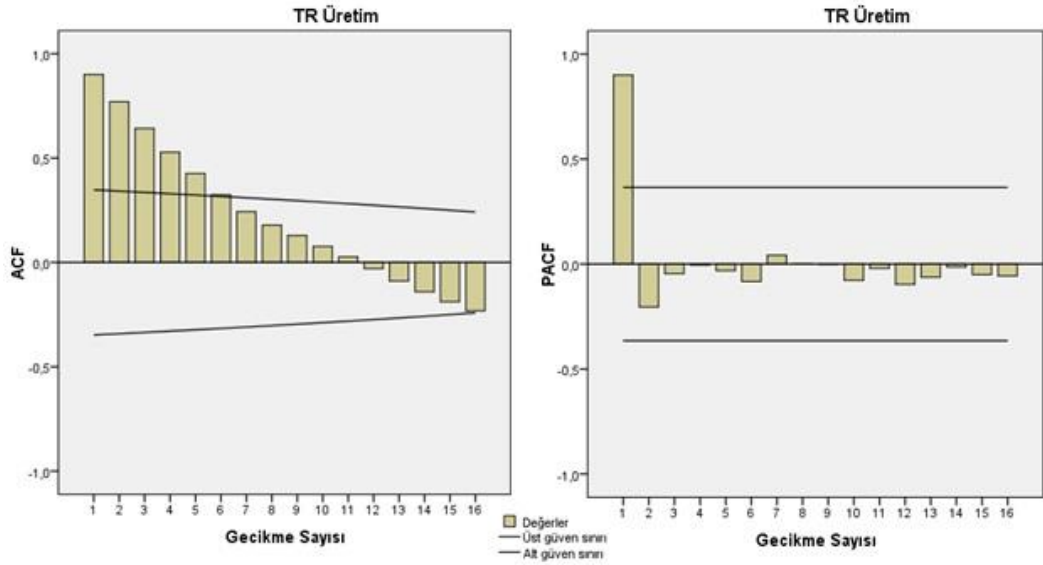
Gerek üretim verileri gerekse tüketim verileri için modellerin uyumlulukları ve tahmin sonuçları incelendiğinde, 1980 - 2004 arası üretim ve tüketim için en uygun model ARIMA olarak görünmektedir. 2005 - 2008 yılları için yapılan tahminlerde ise hem

üretim hem de tüketim verisi için Holt daha başarılı olarak kabul edilebilir. Tahminler, zamana bağlı karşılaştırmalı olarak Şekil 4.11’de incelenebilir.

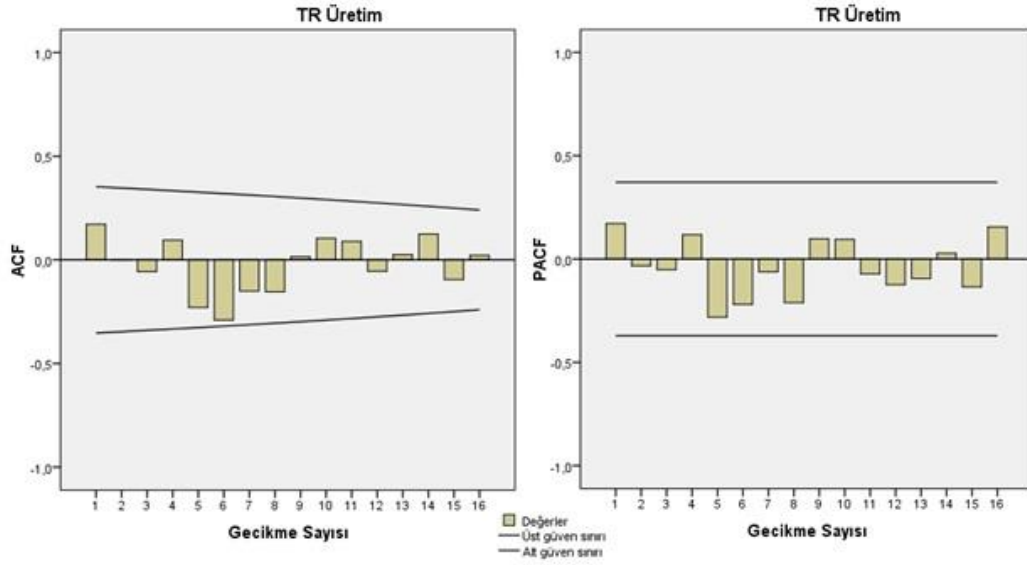
4.2.2. 1980 - 2009 Arasındaki Verilerle Analiz

İkinci aşamada küresel kriz yıllarını ayırt etmeksizin 1980 - 2009 yıllarına ait verilerle farklı metotlarla modeller kurulmuştur. Daha sonra bu modellerle 2010 - 2013 yılları için tahminlerde bulunulmuştur. Üretim ve tüketim verileri, öncelikle uygun bulunan ARIMA modelleriyle daha sonra Holt metodu ve gri tahmin yöntemleriyle analiz edilmiştir.

1980 - 2009 yıllarındaki üretim verileri için ARIMA modelini belirlemek amacıyla öncelikle serinin korelogramı incelenmiştir (Şekil 4.12). PACF korelogramına bakılarak birinci dereceden farkı alınan serinin yeni korelogramına (Şekil 4.13) bakılmış ve seriye uygun modeller olarak; ARIMA(0,1,0) ve ARIMA(0,1,6) düşünülmüştür.



Şekil 4.12. 1980-2009 üretim verileri ACF ve PACF grafiği.



Şekil 4.13. 1980-2009 üretim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği.

Her iki ARIMA modeline ait uyum istatistikleri ve istatistiksel anlamlılık parametrelerine (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10) bakılarak ARIMA(0,1,0) modeli tercih edilmiş ve tahminler için kullanılmıştır.

Çizelge 4.9. 1980-2009 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri.

TR Üretim için Modeller (1980-2009)	Model Uyum İstatistikleri				Ljung-Box Q		
	RMSE	MAPE	MAE	Normalize Edilmiş BIC	İstatistik Değeri	DF	Sig.
ARIMA(0,1,0)	849,209	5,748	632,383	13,605	11,765	18	0,859
ARIMA(0,1,6)	776,280	5,416	564,078	14,122	7,487	12	0,824

Çizelge 4.10. 1980-2009 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları.

TR Üretim için Modeller (1980-2009)	t-istatistiği			Sig.		
	AR	Sabit	MA	AR	Sabit	MA
ARIMA(0,1,0)	-	4,979	-	-	0,000	-
ARIMA(0,1,6)	-	10,077	0,008	-	0,000	0,993

Üretim verilerinin Holt'un üstel düzeltme yöntemiyle analizinde seçilen parametreler, $\alpha=0,400$ ve $\beta=0,500$ 'tir ve bu parametreler yardımıyla tahminler yapılmıştır. MATLAB programında yapılan gri tahmin analizlerinde, GPRM için $m=6$ olarak

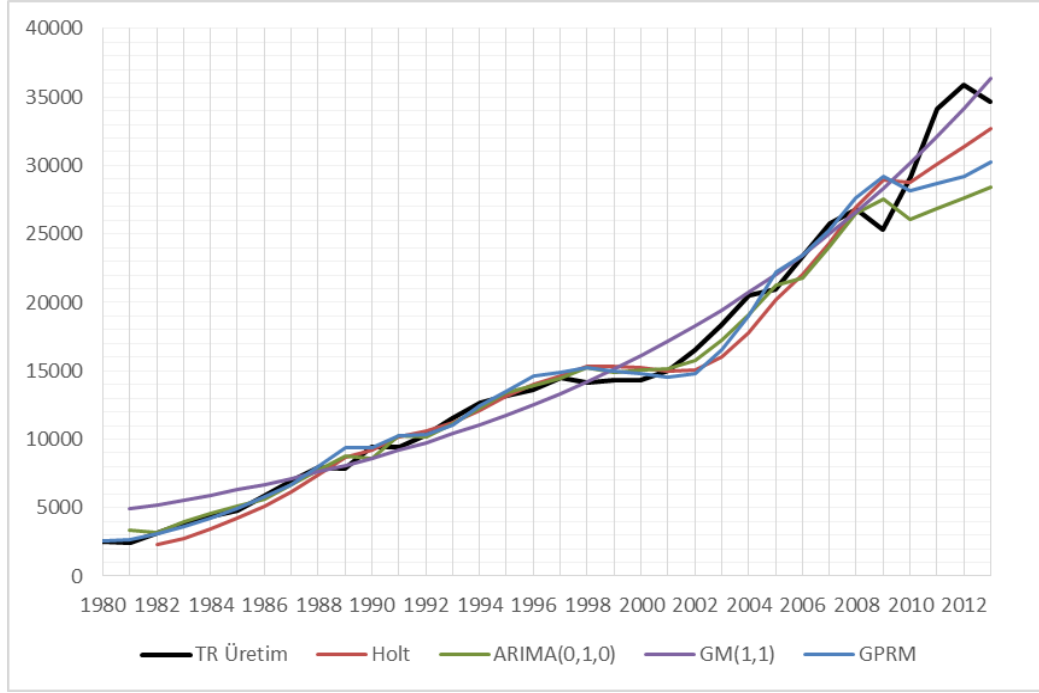
belirlenerek buna göre model kurulmuştur. GM(1,1) ve GPRM modelleriyle de tahminler yapıldıktan sonra; tüm model ve metotlara ait 1980-2009 arası uyum istatistikleri, 2010-2013 yılları için tahmin istatistikleri Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Şekil 4.14’te zamana bağlı karşılaştırmalı tahminler yer almaktadır.

Çizelge 4.11. 1980-2009 üretim verileri için model uyum karşılaştırması.

Üretim için Modeller (1980-2009)	Model Uyum İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,0)	834,439	5,748%	632,383
Holt	1221,910	8,675%	928,064
GM(1,1)	1340,748	15,186%	1106,000
GPRM	1159,145	5,284%	810,500

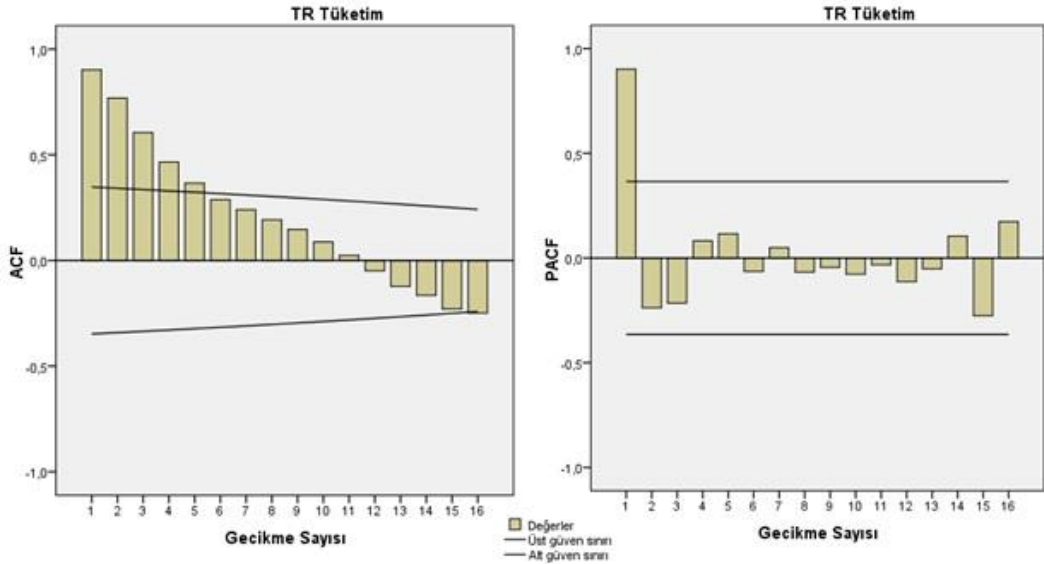
Çizelge 4.12. 2010-2013 üretim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri.

Üretim için Modeller (2010-2013)	Tahmin İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,0)	6478,050	18,132%	6180,493
Holt	3174,311	7,797%	2707,420
GM(1,1)	1655,266	4,774%	1613,500
GPRM	4851,181	12,651%	4372,500

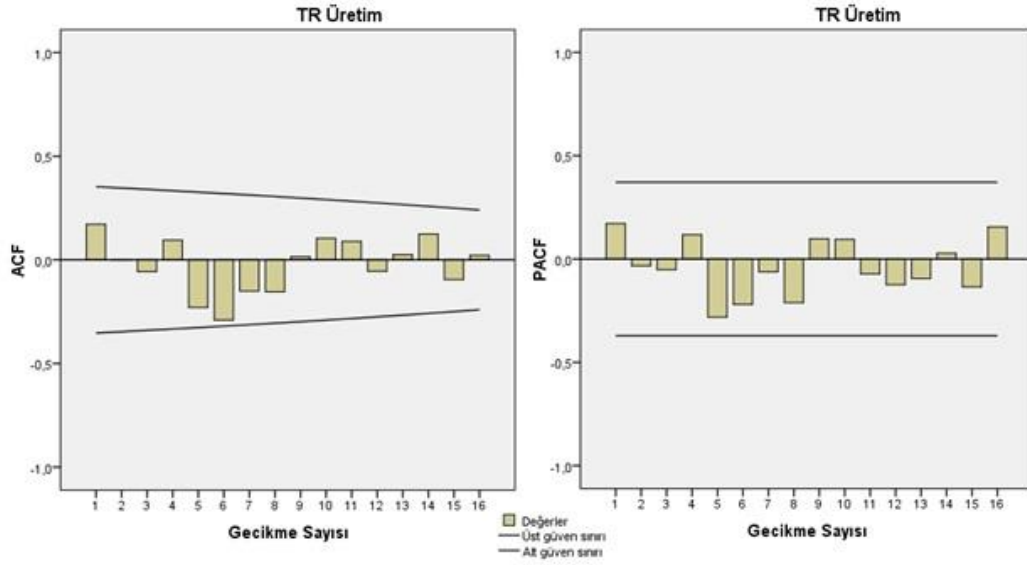


Şekil 4.14. 1980-2013 Yılları gerçek üretim verileri ve model tahminleri.

1980 - 2009 arasındaki tüketim verileriyle yapılan analizde, ARIMA için Şekil 4.15'deki korelogram incelendiğinde, durağanlığın sağlanması için birinci dereceden fark alınması gerektiği görülmektedir.



Şekil 4.15. 1980-2009 tüketim verileri ACF ve PACF grafiği.



Şekil 4.16. 1980-2009 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği.

Birinci dereceden farkı alınan serinin Şekil 4.16'deki korelogramı incelendiğinde; ARIMA(0,1,0), ARIMA(0,1,6), ARIMA(6,1,0), ARIMA(6,1,6) ve ARIMA(6,1,4) olası modeller olarak düşünülmüştür. Bu modellere ait uyum ve anlamlılık istatistikleri Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'de görülmektedir.

Çizelge 4.13. 1980-2009 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri.

TR Tüketim için Modeller (1980-2009)	Model Uyum İstatistikleri				Ljung-Box Q		
	RMSE	MAPE	MAE	Normalize Edilmiş BIC	İstatistik Değeri	DF	Sig.
ARIMA(0,1,0)	1631,813	11,097	1195,950	14,911	11,947	18	0,850
ARIMA(0,1,6)	1531,519	9,742	957,175	15,481	5,212	12	0,951
ARIMA(6,1,0)	1480,407	9,534	949,302	15,413	5,293	12	0,947
ARIMA(6,1,6)	1543,048	8,916	832,708	16,193	4,108	6	0,662
ARIMA(6,1,4)	1490,454	9,039	847,343	15,891	3,780	8	0,876

Çizelge 4.14. 1980-2009 arası tüketim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları.

TR Tüketim için Modeller (1980-2009)	t-istatistiği			Sig.		
	AR	Sabit	MA	AR	Sabit	MA
ARIMA(0,1,0)	-	1,734	-	-	0,094	-
ARIMA(0,1,6)	-	3,995	0,174	-	0,001	0,863
ARIMA(6,1,0)	-1,181	4,322	-	0,250	0,000	-
ARIMA(6,1,6)	-0,732	6,044	0,001	0,474	0,000	0,999
ARIMA(6,1,4)	-1,339	4,132	0,034	0,197	0,001	0,974

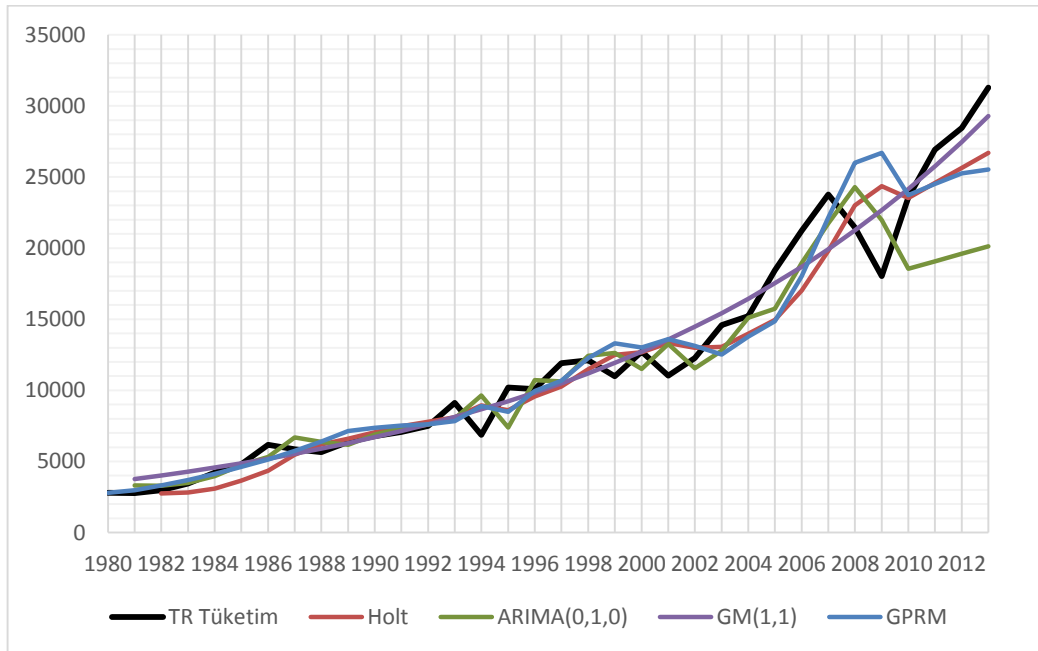
ARIMA modellerinden hiçbirinin yeterince uygun olmadığı görülmekle birlikte bu modellerden ARIMA(0,1,0) tahmin için seçilmiştir. Holt modeli için yapılan denemeler sonucunda parametreler $\alpha=0,300$ ve $\beta=0,400$ olarak tercih edilmiştir. Gri tahmin yönteminde ise, GPRM için $m=9$ olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerle yapılan analizler sonucunda, geçmiş veriler ve tahminler için elde edilen değerler Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da görülmektedir.

Çizelge 4.15. 1980-2009 tüketim verileri için model uyum karşılaştırması.

Tüketim için Modeller (1980-2009)	Model Uyum İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,0)	3121,903	11,097%	2602,560
Holt	3453,342	13,489%	2957,261
GM(1,1)	2978,624	11,304%	2578,483
GPRM	3595,076	13,817%	3121,286

Çizelge 4.16. 2010-2013 tüketim verileri için karşılaştırmalı tahmin istatistikleri.

Tüketim için Modeller (2010-2013)	Tahmin İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,0)	14267,006	29,312%	14107,370
Holt	8528,832	8,398%	8342,371
GM(1,1)	6969,894	4,199%	6781,500
GPRM	8910,232	9,837%	8690,250



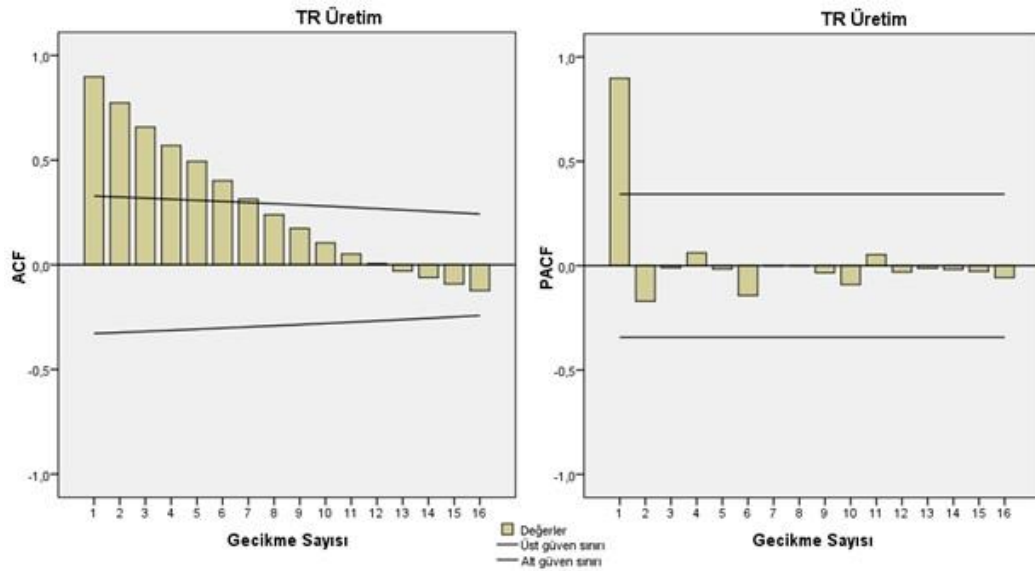
Şekil 4.17. 1980-2013 Yılları gerçek tüketim verileri ve model tahminleri.

1980 - 2009 arası üretim verilerine ARIMA'nın uyumluluğu görülmesine rağmen, tüketim verilerine ise en uygun model gri tahmin yöntemindeki GM(1,1) modelidir. 2010 - 2013 arası tahminlerde ise GM(1,1) modelinin hem üretim hem tüketim için belirgin bir şekilde başarılı olduğu görülmektedir. Modellerle yapılan tahminlerin, gözlenmiş değerlerle grafiksel olarak karşılaştırması için Şekil 4.17 incelenebilir.

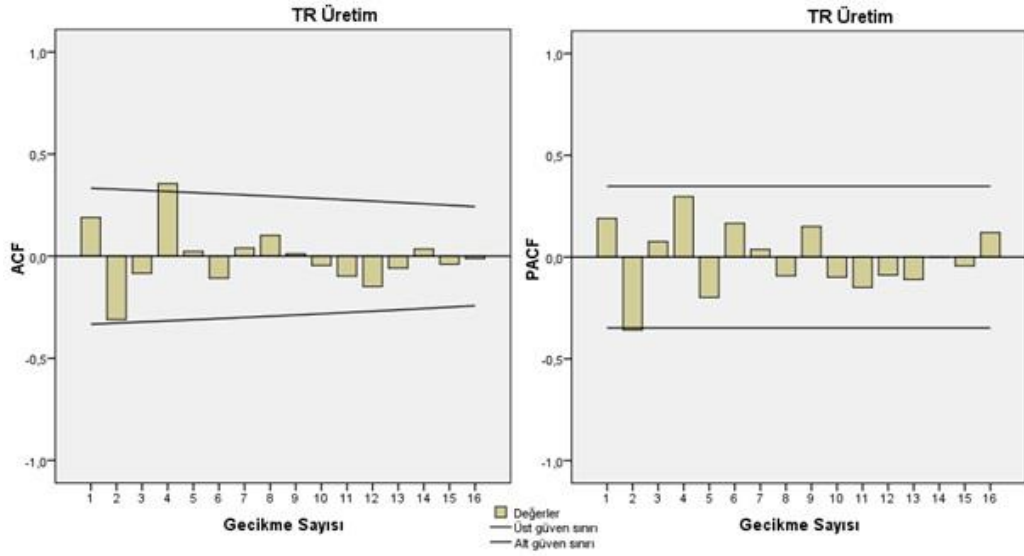
4.2.3. 1980 - 2013 Arasındaki Verilerle Analiz

Son olarak 1980'den 2013 yılına kadar elde bulunan bütün verilerle bir analiz yapılarak, 2014 yılından 2018 yılına kadar tahminlerde bulunulmuştur. Tahmin için modeller belirlenirken önceki iki analiz sonuçlarından da faydalanılmıştır. Yani modellerin veya modelde kullanılan parametrelerin, 2005 - 2008 ve 2010 - 2013 yılları arasındaki verilerle yapılan analizlerdeki tahmin performansları değerlendirilerek, 2014 - 2018 arası tahminler için parametre seçiminde göz önünde bulundurulmuştur.

1980 - 2013 arasındaki veri serisinin Box-Jenkins'e göre analizine serinin korelogramı incelenerek başlanmıştır. Şekil 4.18'deki korelogram incelendiğinde serinin durağan olmadığı görüldüğü için, birinci dereceden farkı alınarak yeni bir seri oluşturulmuştur.



Şekil 4.18. 1980-2013 üretim verileri ACF ve PACF grafiği.



Şekil 4.19. 1980-2013 üretim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği.

Yeni serinin Şekil 4.19'daki korelogramı incelendiğinde düşünülen uygun modeller; ARIMA(0,1,0), ARIMA(0,1,1), ARIMA(1,1,1), ARIMA(4,1,0) ve ARIMA(4,1,1)'dir. Bu modellere ait model uyum istatistikleri ve istatistiksel anlamlılıkları Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

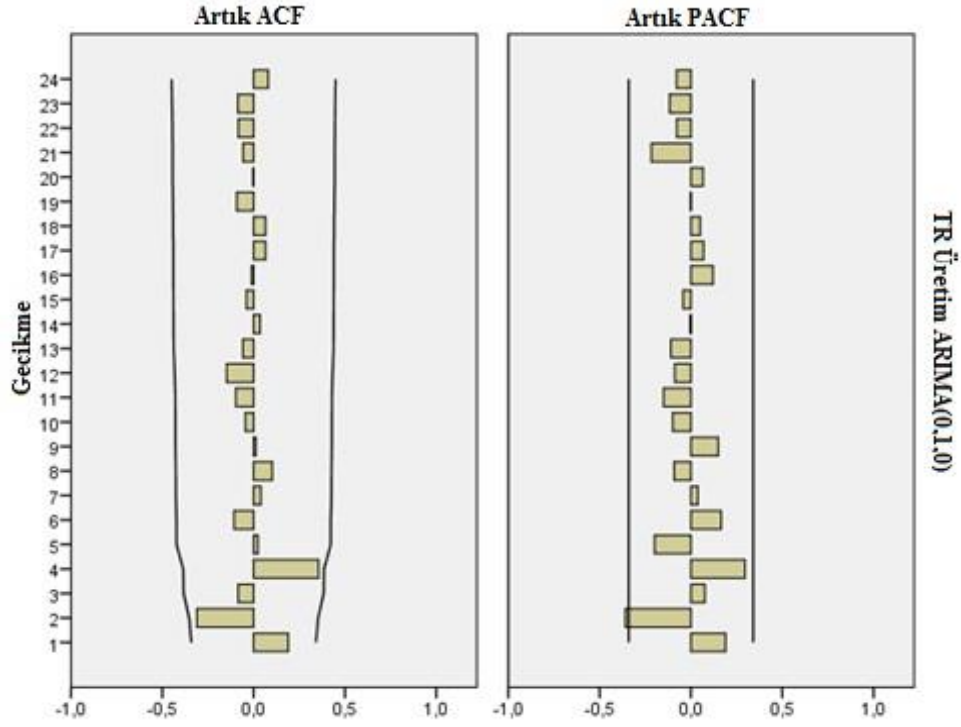
Çizelge 4.17. 1980-2013 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin uyumluluk istatistikleri.

TR Üretim için Modeller (1980-2013)	Model Uyum İstatistikleri				Ljung-Box Q		
	RMSE	MAPE	MAE	Normalize Edilmiş BIC	İstatistik Değeri	DF	Sig.
ARIMA(0,1,0)	1260,753	6,611	869,510	14,385	14,097	18	0,723
ARIMA(0,1,1)	1219,268	6,374	813,304	14,424	12,466	17	0,771
ARIMA(1,1,1)	1300,240	6,588	862,704	14,658	14,434	16	0,566
ARIMA(4,1,0)	1075,123	6,706	758,230	14,490	9,727	14	0,782
ARIMA(4,1,1)	1081,586	6,711	759,176	14,608	8,612	13	0,802

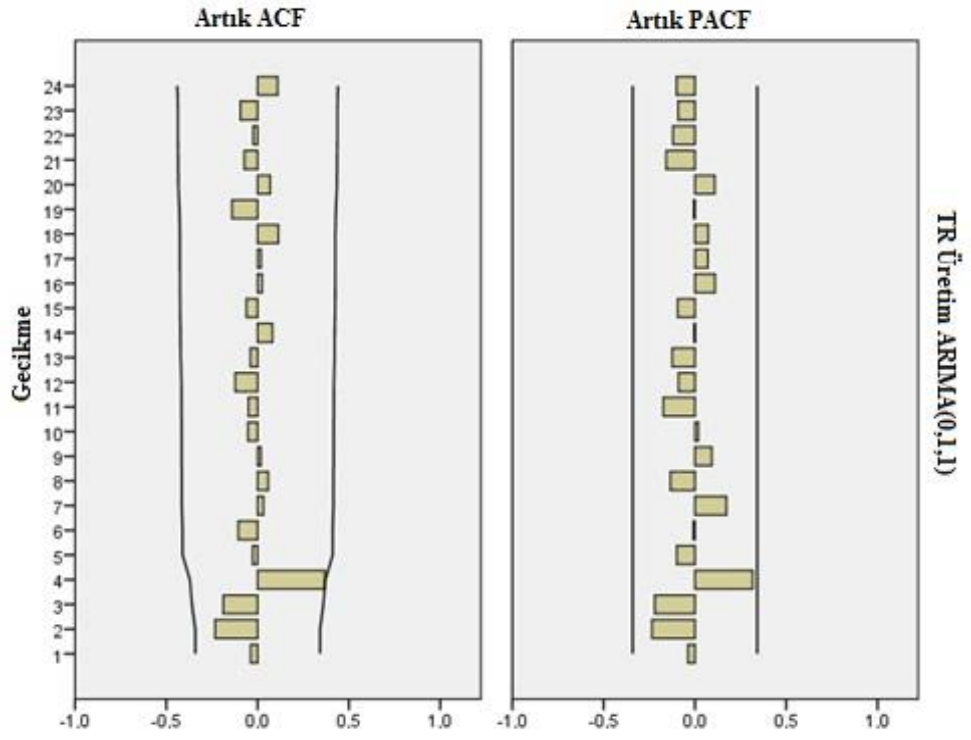
Çizelge 4.18. 1980-2013 arası üretim verileri için ARIMA modellerinin istatistiksel anlamlılıkları.

TR Üretim için Modeller (1980-2013)	t-istatistiği			Sig.		
	AR	Sabit	MA	AR	Sabit	MA
ARIMA(0,1,0)	-	4,435	-	-	0,000	-
ARIMA(0,1,1)	-	3,217	-2,204	-	0,003	0,035
ARIMA(1,1,1)	-43,883	4,326	-9,862	0,000	0,000	0,000
ARIMA(4,1,0)	2,193	2,382	-	0,037	0,024	-
ARIMA(4,1,1)	2,254	2,544	-0,536	0,033	0,017	0,596

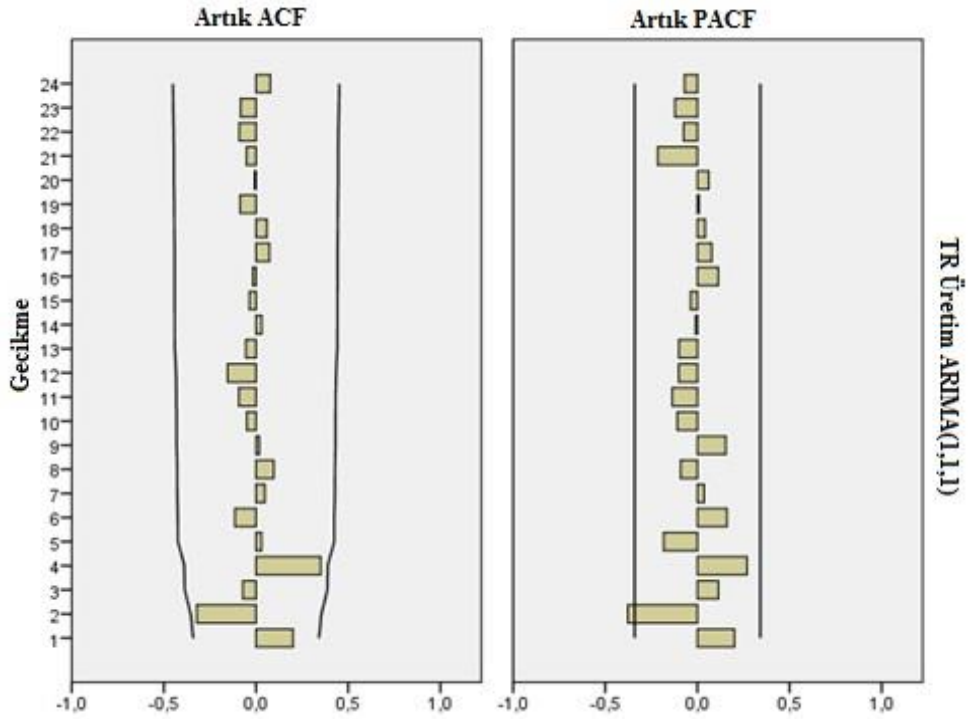
Uygun modeller arasından ARIMA(4,1,1) haricinde, diğer modeller arasından seçim yapabilmek için artıkların korelogramını incelemek gerekmiştir. Geriye kalan dört modelin korelogramları (Şekil 4.20 - Şekil 4.23) incelenip, BIC değerleri de göz önünde bulundurularak tahmin için en uygun model olarak ARIMA(0,1,1) belirlenmiştir.



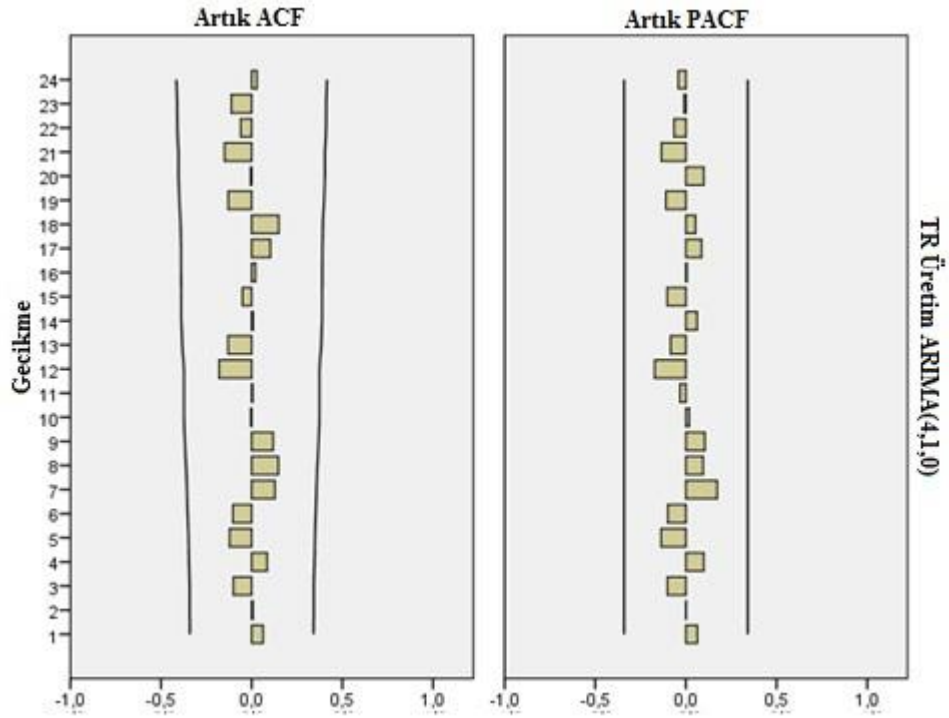
Şekil 4.20. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(0,1,0) modeli için artıkların korelogramı.



Şekil 4.21. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(0,1,1) modeli için artıkların korelogramı.



Şekil 4.22. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(1,1,1) modeli için artıkların korelogramı.



Şekil 4.23. 1980-2013 üretim verileri ARIMA(4,1,0) modeli için artıkların korelogramı.

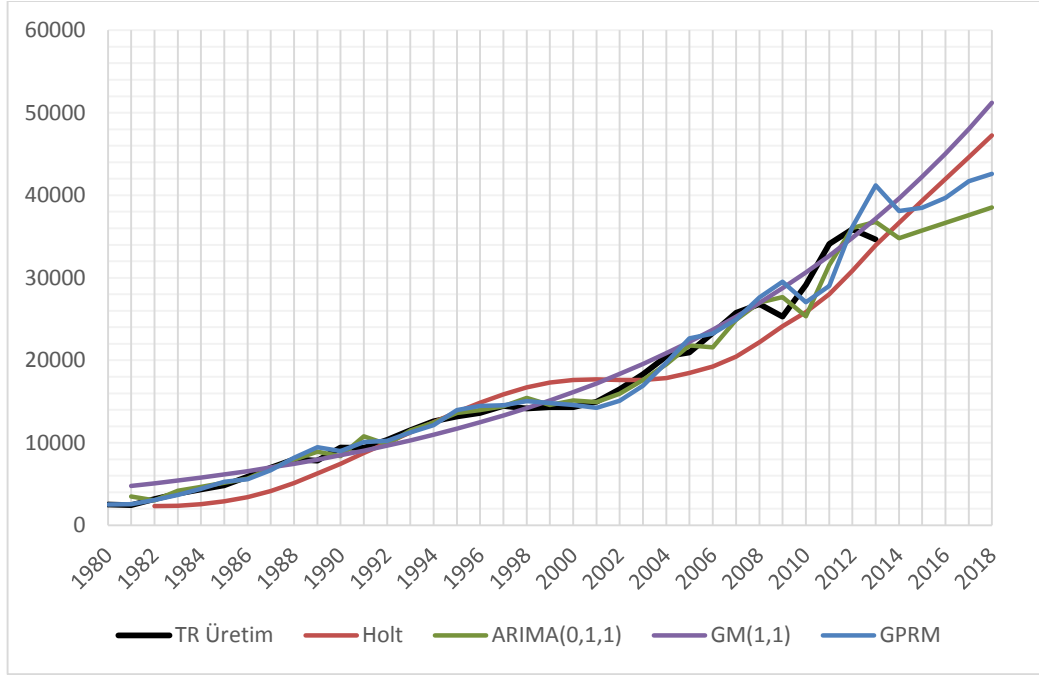
1980 - 2013 üretim verilerinin Holt metodu ile analizinde parametreler, $\alpha=0,100$ ve $\beta=0,700$ şeklinde belirlenmiştir. Gri tahmin yönteminde GPRM modeli için döngü periyodu denemeler sonucunda $m=6$ olarak tercih edilmiştir. Tüm modellerle yapılan analizler sonucunda Çizelge 4.19'daki istatistiki değerler elde edilmiştir. Bu modellerle 2013 - 2018 yılları için yapılan tahminler ise Çizelge 4.20'de yer almaktadır. Zamana bağlı olarak model tahminleri ve gözlenen değerler Şekil 4.24'de yer almaktadır.

Çizelge 4.19. 1980-2013 arasındaki üretim verileri için model uyum karşılaştırması.

Üretim için Modeller (1980-2013)	Model Uyum İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,1)	1181,744	6,374%	813,305
Holt	2697,022	17,595%	2221,626
GM(1,1)	1417,684	13,527%	1186,758
GPRM	1917,106	6,219%	1177,207

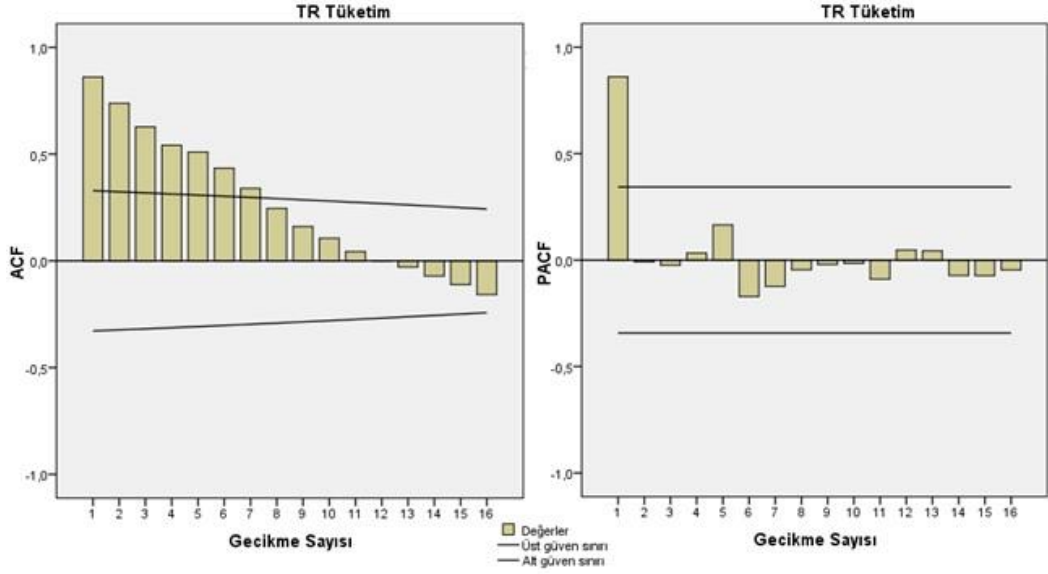
Çizelge 4.20. 2014-2018 yılları için üretim tahminleri (bin ton).

Üretim için Modeller (2014-2018)	Tahminler				
	2014	2015	2016	2017	2018
ARIMA(0,1,1)	34778	35715	36652	37589	38526
Holt	36677	39324	41972	44620	47267
GM(1,1)	39620	42246	45047	48034	51218
GPRM	38091	38469	39679	41692	42601

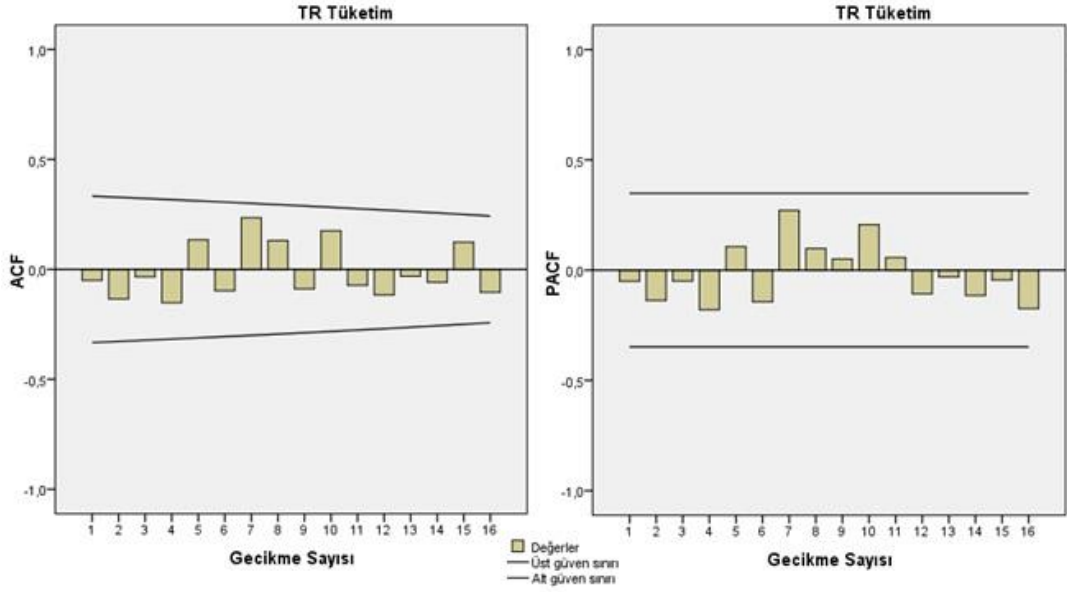


Şekil 4.24. 1980-2013 Yılları gerçek üretim verileri ve gelecek 5 yıl için model tahminleri.

1980-2013 yılları arasındaki tüketim verileri incelerken, yine öncelikli olarak ARIMA modelini belirlemek amacıyla serinin korelogramı SPSS yardımıyla çizdirilmiştir. Şekil 4.25’deki korelogramdan serinin durağan olmadığı görülmektedir. Durağanlığı sağlamak amacıyla, serinin birinci dereceden farkı alınması sonucunda Şekil 4.26’daki korelogram oluşmuştur.



Şekil 4.25. 1980-2013 tüketim verileri ACF ve PACF grafiği.



Şekil 4.26. 1980-2013 tüketim verilerinin 1. dereceden farkının ACF ve PACF grafiği.

Bu korelograma bakılarak seri için ARIMA(0,1,0) modeli uygun görülmüş ve test edilmiştir. Bu modelin uyum ve anlamlılık istatistikleri Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22'de görülmektedir.

Çizelge 4.21. 1980-2013 arası tüketim verileri için ARIMA(0,1,0) modelinin uyum istatistikleri.

TR Tüketim için Modeller (1980-2013)	Model Uyum İstatistikleri				Ljung-Box Q		
	RMSE	MAPE	MAE	Normalize Edilmiş BIC	İstatistik Değeri	DF	Sig.
ARIMA(0,1,0)	1857,178	12,507	1404,079	15,160	11,128	18	0,889

Çizelge 4.22. 1980-2013 arası tüketim verileri için ARIMA(0,1,0) modelinin istatistiksel anlamlılık değerleri.

TR Tüketim için Modeller (1980-2013)	t-istatistiği			Sig.		
	AR	Sabit	MA	AR	Sabit	MA
ARIMA(0,1,0)	-	2,673	-	-	0,012	-

Box-Jenkins metodunda model belirlendikten sonra, bu modelle 2014 - 2018 yılları için tahminler yapılmıştır. Daha sonra Holt metoduna göre tahminler yapabilmek için gerekli parametreler belirlenmiştir. Farklı denemeler ve incelemeler sonucunda $\alpha=0,640$ ve $\beta=0,100$ olarak tercih edilerek tahminler yapılmıştır. Gri tahmin yönteminde GPRM için döngü periyodu, yapılan analizler sonucunda $m=5$ olarak tercih edilmiştir. Gerekli parametrelerin belirlenmesinden sonra yöntemlerin seriye uyumu Çizelge 4.23'de karşılaştırılmıştır.

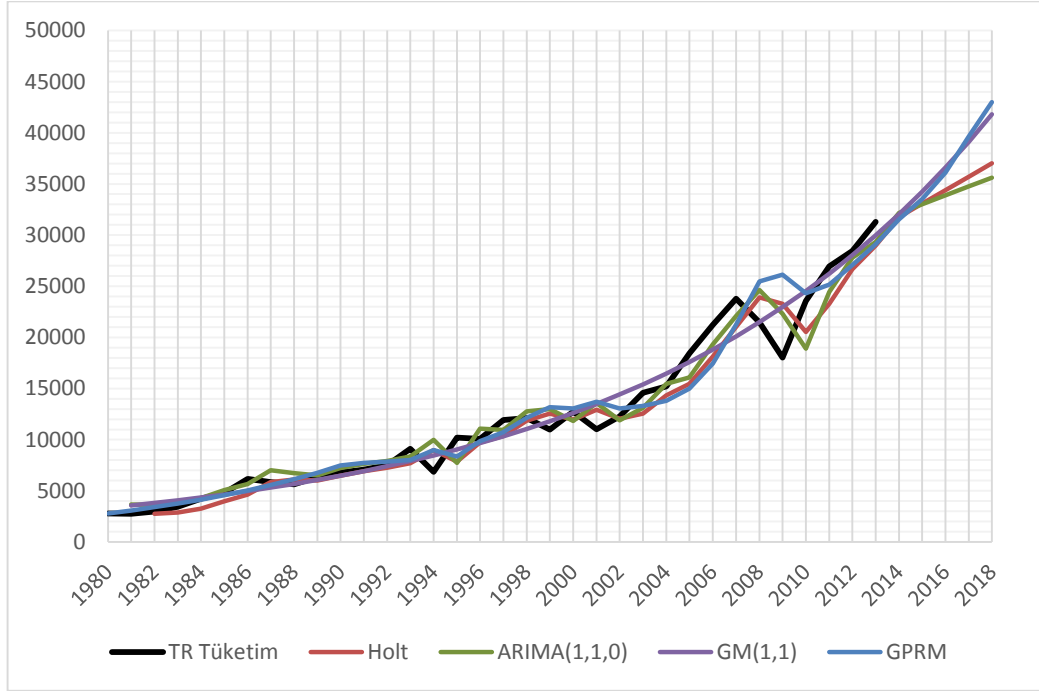
Çizelge 4.23. 1980-2013 arasındaki tüketim verileri için model uyum karşılaştırması.

Tüketim için Modeller (1980-2013)	Model Uyum İstatistikleri		
	RMSE	MAPE	MAE
ARIMA(0,1,0)	4003,286	12,507%	3059,364
Holt	4450,742	11,883%	3691,416
GM(1,1)	3614,507	10,010%	3066,455
GPRM	4493,204	12,584%	3875,000

Belirlenen modellerle yapılan 2014'ten 2018'e kadarki yıllar için tahminler Çizelge 4.24'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. 2014-2018 yılları için tüketim tahminleri (bin ton).

Tüketim için Modeller (2014-2018)	Tahminler				
	2014	2015	2016	2017	2018
ARIMA(0,1,0)	32165	33029	33893	34757	35622
Holt	31772	33082	34392	35701	37011
GM(1,1)	32039	34245	36602	39122	41815
GPRM	31548	33503	36111	39641	43007



Şekil 4.27. 1980-2013 Yılları gerçek tüketim verileri ve gelecek 5 yıl için model tahminleri.

1980 - 2013 yılları arasındaki tüm verilerle yapılan analizde, üretim verileri için en uygun model ARIMA modelidir. Tüketim verilerinde ise GM(1,1) modeli başarılı bir şekilde uyum göstermektedir. Model tahminleri ve gözlenen değerler Şekil 4.27'de karşılaştırılabilirler.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada sanayileşme ve dolayısıyla gelişmişlik düzeyini doğrudan etkileyen demir-çelik sektörünün, Türkiye'deki üretim ve tüketim miktarları incelenerek gelecekteki durumu hakkında fikir vermek amaçlanmıştır. Literatürde daha önce demir-çelik sektörü için kullanılmayan metotlar tercih edilmiş; bu metotlar öncelikle geçmişe dönük olarak test edilmiş, sonrasında ise tahminlerde kullanılmıştır.

Üretim miktarlarında geçmiş verilerle en yüksek uyumluluk gösteren model ARIMA olmasına rağmen, bu model geleceğe dönük tahminlerde zayıf kamıştır. 2008 yılındaki küresel kriz öncesi gelecek dönem üretim tahminlerinde Holt metodu, küresel krizin dahil olduğu verilerle yapılan tahminlerde ise GM(1,1) daha başarılı sonuçlar vermiştir. Holt ve GM(1,1) yöntemlerinin geçmiş verilere uyumluluğu ARIMA'dan daha düşük olsa da, gelecek yıllar için tahminlerde daha iyi sonuçlar vermiştir.

Tüketim verileriyle yapılan analizlerde, ARIMA modelinin geçmiş verilerle uyumluluk başarısı sadece 2008 krizi öncesiyle sınırlı kalmıştır. Burada dikkat çekici olan husus, tüketim verilerinin üretim verilerinden daha değişken (inişli-çıkışlı) bir seyir göstermesidir. 2008 küresel krizi ise tüketim verilerinde daha derin bir değişkenliğe sebep olmuştur. Böylelikle üretim verilerinden daha değişken seyirli tüketim verilerinde, GM(1,1) geçmiş verilerle hem uyumluluk hem gelecek dönem tahminleri olarak daha başarılı gözükmektedir.

Gözlenen üretim değerlerinde 2009 yılından beri var olan yükseliş trendi, 2013 yılında bir düşüş göstermiştir. 2014-2018 yılları için yapılan üretim tahminlerinde; Holt ve GM(1,1) sürekli bir yükseliş öngörmekteyken, ARIMA ve GPRM ise 2014 yılı için bir düşüş ve sonrasında sürekli bir yükseliş öngörmektedir. Tüketim

değerleri ise 2009 yılından itibaren sürekli bir yükseliş halindedir. Tüm modellerle yapılan 2014-2018 yıllarına ait tahminler de aynı şekilde daimi bir yükseliş öngörmüştür.

Dünya’da teknolojik yönden gelişmiş ülkeler, demir-çelik üretiminde, miktar olarak fazla üretim yapmaktansa; yassı, vasıflı, paslanmaz, kaplanmış veya daha özel, katma değeri yüksek çelik ürünlerin üretimine yönelmeye başlamışlardır. Buna karşılık, Türkiye de dahil olmak üzere, gelişmekte olan ülkeler, miktar olarak fazla üretim yapma eğiliminde kalmışlardır. Bu nedenle, vasıflı çelik, paslanmaz çelik ve yassı ürünlerde üretim yapmak önem arz etmektedir [68].

Dünyadaki gelişmeler gözlemlenerek Türkiye’de üreticilerin ve yatırımcıların gelişmeleri dikkate alarak kendilerine bir yol haritası hazırlaması önem arz etmektedir. Diğer taraftan, Türk demir çelik sektörünün rekabetçiliğini artırmak için katma değeri yüksek ürünler olan ve birçoğu önemli ithalat kalemi olan ürünlere yönelik yatırım yapması gerekmektedir. Bu bağlamda, önümüzdeki dönemlerde yatırımların gerçekleştirilmesi beklenmektedir [68].

Bu çalışma sonucunda, tüketim değerlerinin sürekli artışının gözlemlendiği bir durumda, Türkiye’deki üretim miktarındaki 2013 yılındaki düşüşe rağmen, genel olarak hem üretim hem de tüketim değerlerinde bir yükseliş öngörülmektedir. Fakat dünyadaki demir-çelik sektöründeki gelişmeler göstermiştir ki; Çin’in üretim miktarı ve fiyat politikası karşısında, Türkiye’deki üreticilerin üretim miktarını artırmak yerine katma değeri yüksek ürünleri üretmeye yönelmesi gerekmektedir. Böylelikle katma değeri yüksek olan yassı ve yuvarlak ürün gruplarıyla ilgili gelecekte yapılacak çalışmalar sektöre oldukça faydalı ve yön verici olacaktır.

Ayrıca alt gruplara (yassı, yuvarlak, veya daha alt gruplar) inildikçe detaylı verilerin eksikliği ve uyumsuzluğu çokça göze çarpmaktadır. Bu sebeple gelecekte yapılacak bütün çalışmalardan önce, demir-çelik verilerinin düzenli bir şekilde kaydedilmesi ve düzgün ve uyumlu bir şekilde tasnif edilmesi, sektörün geleceği açısından önemli bir gerekliliktir.

KAYNAKLAR

1. Mutlu, O. A., Başer, B. C., ve Yılmaz, A., "TR81 Düzey-2 Bölgesi Sektör Tanımlama, Önceliklendirme ve Rekabet Analizi Raporu", **BAKKA Analiz Raporu**, Zonguldak, 49-65 (2013).
2. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü, "Türkiye Demir-Çelik ve Demir Dışı Metaller Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2012-2016)", **BSTB Strateji Belgesi**, Ankara, 10-32 (2012).
3. Sezer, M., "Dünya metalurji sektöründe gelişmeler", **Metalurji Dergisi**, 1451–11 (2006).
4. Ordu, B., "Veri madenciliğinde sınıflayıcı teknikler ile demir çelik sektöründe uzun ürünlerin üretimine ilişkin bir tahmin modellemesi", Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Karabük, 2-30 (2013).
5. Bayrak, M. R., "Demir - çelik tüketiminin kullanım yoğunluğu modeli ile tahmini: Türkiye uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Karabük, 2-64 (2013).
6. Gedik, H., "Demir çelik ve demir alaşımları imalatı sektöründestokastik veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 36-72 (2010).
7. Imani, M., Rey-Jer, Y., and Chung-Yen, K., "Accurate forecasting of the satellite-derived seasonal Caspian Sea level anomaly using polynomial interpolation and Holt-Winters exponential smoothing", **Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences**, 24 (4): 521–530 (2013).
8. Li, H., Yang, J., Di, J., Hao, L., Jie, Y., and Jun-An, D., "Application of ARIMA model in phone fee incomes of telecoms", **Journal Of Chemical & Pharmaceutical Research**, 6 (12): 222–228 (2014).
9. Kumar, M., Anand, M., and Manoj, K., "An applicationof time series ARIMA forecasting model for predicting sugarcane production in India", **Studies In Business & Economics**, 9 (1): 81–94 (2014).
10. Farooqi, A., "ARIMA model building and forecasting on imports and exports of Pakistan", **Pakistan Journal Of Statistics And Operation Research**, 10 (2): 157–168 (2014).

11. Ali, M. M., Boylan, J. E., and Syntetos, A. A., "Forecast errors and inventory performance under forecast information sharing", *International Journal Of Forecasting*, 28 (4): 830–841 (2012).
12. Babai, M. Z., Ali, M. M., Boylan, J. E., and Syntetos, A. A., "Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA(0,1,1) demand: Theory and empirical analysis", *International Journal Of Production Economics*, 143 (2): 463–471 (2013).
13. Bircan Yalçın, H. K., "Box-Jenkins modelleri ile aylık döviz kuru tahmini üzerine bir uygulama", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6 (2003/2): 49–62 (2003).
14. Cao, Z., Yuan, P., and Ma, Y. B., "Energy demand forecasting based on economy-related factors in China", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy*, 9 (2): 214–219 (2013).
15. Çuhadar, M., "Muğla iline yönelik dış turizm talebinin modellenmesi ve 2012-2013 yılları için tahminlenmesi", *Uluslararası İktisadi Ve İdari İncelemeler Dergisi*, 12 (1): 1–22 (2014).
16. Ergül, H., "Yapı endüstrisinde kullanılan ahşap malzemenin ekonomideki yeri ve gelecekteki ihtiyaç tahmini", Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 26-69 (2013).
17. Melikoglu, M., "Vision 2023: Forecasting Turkey's natural gas demand between 2013 and 2030", *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 22: 393–400 (2013).
18. Ramos, P., Santos, N., and Rebelo, R., "Performance of state space and ARIMA models for consumer retail sales forecasting", *Robotics And Computer-Integrated Manufacturing*, 34: 151–163 (2015).
19. Romano, M. and Kapelan, Z., "Adaptive water demand forecasting for near real-time management of smart water distribution systems", *Environmental Modelling & Software*, 60: 265–276 (2014).
20. Solak, A. O., "Türkiye'nin toplam petrol talebi ve ulaştırma sektörü petrol talebinin ARIMA modeli ile tahmin edilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (3): 131–142 (2013).
21. Wang, L., Zou, H., Su, J., Li, L., and Chaudhry, S., "An ARIMA-ANN hybrid model for time series forecasting", *Systems Research And Behavioral Science*, 30 (3): 244–259 (2013).
22. Yang, D., Sharma, V., Ye, Z., Lim, L. I., Zhao, L., and Aryaputera, A. W., "Forecasting of global horizontal irradiance by exponential smoothing, using decompositions", *Energy*, 81 (0): 111–119 (2015).

23. Kaynar, O. ve Taştan, S., "Zaman serisi analizinde MLP yapay sinir ağları ve ARIMA modelinin karşılaştırılması", *Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33: 161–172 (2009).
24. Koo, B., Park, J., Bongil, K., and Park, J., "Comparative study on short-term electric load forecasting techniques", *International Journal Of Control & Automation*, 7 (8): 93–101 (2014).
25. Claveria, O. and Torra, S., "Forecasting tourism demand to Catalonia: Neural networks vs. time series models", *Economic Modelling*, 36: 220–228 (2014).
26. Fouladgar, M. M., Yazdani, M., Khazaee, S., Zavadskas, E. K., and Fouladgar, V., "Comparison of vector time series and ANN techniques for forecasting of WTI oil price", *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 47 (4): 1–16 (2013).
27. Yüreki, K., Kurunç, A., Öztürk, F., Yürekli, K., and Kurunç, A., "Testing the residuals of an ARIMA model on the Çekerek stream watershed in Turkey", *Turkish Journal Of Engineering And Environmental Sciences*, 29 (2): 61–74 (2005).
28. Du, W., Leung, S. Y. S., and Kwong, C. K., "Time series forecasting by neural networks: A knee point-based multiobjective evolutionary algorithm approach", *Expert Systems With Applications*, 41 (18): 8049–8061 (2014).
29. Erişen, E., "Elektrik yük tahminlemesi üzerine parametrik ve parametrik olmayan tahmin metotları", Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 17-69 (2013).
30. Gamber, E. N., Liebner, J. P., and Smith, J. K., "The distribution of inflation forecast errors", *Journal Of Policy Modeling*, 37 (1): 47–64 (2015).
31. Gelper, S., Fried, R., and Croux, C., "Robust forecasting with exponential and Holt–Winters smoothing", *Journal Of Forecasting*, 29 (3): 285–300 (2010).
32. Özdemir, Ö., "Dağılım ve sinir ağı tabanlı bulanık zaman serisi modelleri", Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 66-95 (2013).
33. Parimita, E. and Arora, E. P., "Sales forecasting of milk and milk products by quantitative techniques-A case study", *International Journal Of Multidisciplinary Approach And Studies*, 2 (1): 305–310 (2015).
34. Toraman, C., "Demir-çelik sektöründe yapay sinir ağları ile hisse senedi fiyat tahmini: Erdemir A.Ş. ve Kardemir A.Ş. üzerine bir tahmin uygulaması", *Muhasebe Ve Finansman Dergisi*, (39): 44–57 (2008).

35. Çuhadar, M., Güngör, İ., ve Göksu, A., "Turizm talebinin yapay sinir ağları ile tahmini ve zaman serisi yöntemleri ile karşılaştırmalı analizi: Antalya iline yönelik bir uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 99–114 (2009).
36. Yalçın, T. ve Ateşok, G., "Demir cevherlerinin zenginleştirilmesi", *Madencilik Dergisi*, 18 (2): 20–32 (1979).
37. Emel Gökay, G., Taşkın, Ç., ve Kılıçarslan, S., "Sinir ağları veri madenciliği ile çelik üretim sürecinde bir analiz", *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 5 (1): 205–225 (2004).
38. İzmir, M., "Demir Çelik Hurda Kalitesi & Eksperliği", *Bilnet Matbaacılık*, İzmir, 26-41, 48-57 (2011).
39. İnternet: Karabük Demir Çelik A.Ş., "KARDEMİR Proses Tanımı", <http://www.kardemir.com/Medya.aspx?Lng=tr-TR> (2015).
40. Demir-Çelik Çalışma Grubu, "Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 Demir-Çelik Çalışma Grubu Raporu", *KB Raporu*, Ankara, 1-72 (2014).
41. World Steel Association, "World Steel in Figures 2014", *worldsteel Report*, Brussels, 6-29 (2014).
42. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Yayın Müdürlüğü, "TOBB Türkiye Demir ve Demirdışı Metaller Sektör Raporu 2013", *TOBB Sektör Raporu*, Ankara, 15-57 (2014).
43. Türkiye İhracatçılar Meclisi Yayın Kurulu, "TİM Ekonomi ve Dış Ticaret Raporu", *TİM Raporu*, İstanbul, 49-70 (2014).
44. Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M., "Ekonometrik Zaman Serileri Analizi E-Views Uygulamalı", 3. Baskı, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 1-20, 41-121, 138-178, 229-293, 311 (2010).
45. Göktaş, Ö., "Teorik ve Uygulamalı Zaman Serileri Analizi", *Beşir Kitabevi*, İstanbul, 2-5, 13, 25-28, 92-100 (2005).
46. Kadılar, C., "SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş", 2. Baskı, Ankara, 9-10, 157-172, 185-186 (2009).
47. Newbold, P., Carlson, W. L., and Thorne, B., "Statistics for Business and Economics", *Pearson Education Inc.*, New Jersey, 736-746 (2007).
48. Holt, C., "Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages", *International Journal Of Forecasting*, 20 (1): 5–10 (2004).
49. Wen, K.-L., "Grey Systems Modeling and Prediction", *Yang's Scientific Press*, Tucson, 109-122, 145-209 (2004).

50. Ucal, M. Ş., "Ekonometrik model seçim kriterleri üzerine kısa bir inceleme", *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 7 (2): 41–57 (2006).
51. Bartlett, M. S., "Properties of Sufficiency and Statistical Tests", *Proceedings Of The Royal Society Of London, Series A: Mathematical And Physical Sciences*, 160 (901): 268–282 (1937).
52. Gürsakal, N., "Çıkarımsal İstatistik", 5. Baskı, *Dora Basım Yayın*, Bursa, 431-454 (2013).
53. Aydemir, E., Bedir, F., ve Özdemir, G., "Gri sistem teorisi ve uygulamaları: Bilimsel yazın taraması", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (3): 187–200 (2013).
54. Ma, W., Zhu, X., and Wang, M., "Forecasting iron ore import and consumption of China using grey model optimized by particle swarm optimization algorithm", *Resources Policy*, 38 (4): 613–620 (2013).
55. Lv, R. and Zhang, X., "Statistical analysis and grey prediction of production safety accidents", *Journal Of Chemical & Pharmaceutical Research*, 6 (8): 456–461 (2014).
56. Lee, Y.-C., Wu, C.-H., and Tsai, S.-B., "Grey system theory and fuzzy time series forecasting for the growth of green electronic materials", *International Journal Of Production Research*, 52 (10): 2931–2945 (2014).
57. Xie, N. M., Yuan, C. Q., and Yang, Y. J., "Forecasting China's energy demand and self-sufficiency rate by grey forecasting model and Markov model", *International Journal Of Electrical Power And Energy Systems*, 66: 1–8 (2015).
58. Chin-Tsai, L. and Shih-Yu, Y., "Forecast of the output value of Taiwan's optoelectronics industry using the grey forecasting model", *Technological Forecasting & Social Change*, 70: 177–186 (2003).
59. Hamzacebi, C. and Es, H. A., "Forecasting the annual electricity consumption of Turkey using an optimized grey model", *Energy*, 70: 165–171 (2014).
60. Fang, H. and Tao, T., "An improved coupling model of grey-system and multivariate linear regression for water consumption forecasting", *Polish Journal Of Environmental Studies*, 23 (4): 1165–1174 (2014).
61. Yin, M.-S. and Tang, H.-W. V., "On the fit and forecasting performance of grey prediction models for China's labor formation", *Mathematical And Computer Modelling*, 57 (3):–(4): 357–365 (2013).
62. Deng, J., "Introduction to grey system theory", *Journal Of Grey System*, 1 (1): 1–24 (1989).

63. Lin, Y., Chen, M., and Liu, S., "Theory of grey systems: Capturing uncertainties of grey information", *Kybernetes*, 33 (2): 196–218 (2004).
64. Liu, S. and Lin, Y., "Grey Information Theory and Practical Applications", *Springer*, USA, 191-244, 275-314 (2006).
65. Akay, D. and Atak, M., "Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey", *Energy*, 32 (9): 1670–1675 (2007).
66. Boran, F. E., "Forecasting natural gas consumption in Turkey using grey prediction", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy*, 10 (2): 208–213 (2014).
67. Internet: Worldsteel, "World Steel Association Statistics Archive", <https://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive.html> (2015).
68. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü, "Demir Çelik Sektörü Raporu (2013/2)", *BSTB Sektör Raporu*, Ankara, 4-16 (2013).

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Ziyaeddin BULUM 1981 yılında Ankara’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Kırıkkale’de tamamladı. 2012 yılında Viyana Teknik Üniversitesi Makine ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Ekonomi Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. Aynı yıl YÖK’ten Endüstri Mühendisliği bölümüne denklik aldıktan sonra Karabük Üniversitesi’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen Karabük Üniversitesi’ndeki görevini ve 2013 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Merkez Bina 1.Kat Oda No:124
Merkez / KARABÜK
Tel : (544) 812 8928
E-posta : ahmetbulum@karabuk.edu.tr