

ARALIKLI TALEP TAHMİN MODELLEMESİ

INTERMITTENT DEMAND FORECAST MODELING

NECDET KUNTER İPEK

2019

Başkent Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ENDÜSTRİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

"ARALIKLI TALEP TAHMİN MODELLEMESİ" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, 29/01/2019 tarihinde, ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan

:Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL

Üye (Danışman)

:Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜLŞEN

Üye

:Dr Öğr. Üyesi Barış KEÇECİ

ONAY

..../02/2019

Prof. Dr. Faruk ELALDI
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih:12 / 02 / 2019

Öğrencinin Adı, Soyadı : Necdet Kunter İPEK

Öğrencinin Numarası : 21610345

Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜLŞEN

Tez Başlığı : ARALIKLI TALEP TAHMİN MODELLEMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan; toplam 76... sayfalık kısmına ilişkin, 12 / 02 / 2019 tarihinde tez danışmanım tarafından TURNITIN.... adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 15....'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

"Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını" inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

Onay

12 / 02 / 2019

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad,

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Gülşen

TEŐEKKÖR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teőekkör eder.

Sayın Dr. Öğretim Üyesi Mehmet GÖLŐEN'e (tez danışmanı), çalışmanın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında her zaman yardımcı ve yol gösterici olduğu için,

Beni bu zaman kadar büyüten ve her zaman yanımda olan sevgili aileme,

Bana sürekli destek veren iş arkadaşlarım ve müdürlerime,

Desteklerini hiç esirgemeyen Pınar DUMAN'a,

ÖZ

ARALIKLI TALEP TAHMİN MODELLEMESİ

N. Kunter İPEK

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi

Tahminleme ya da öngörüleme, bugünden geleceğe ışık tutarken bize en önemli yol göstericidir. Yüksek verimli bir öngörüleme aynı zamanda yüksek verimli bir fabrika anlamına gelmektedir. Bu noktada üretimi yapılacak olan ürün dikkate alınarak en uygun öngörüleme yöntemi seçilmedir. Bu çalışmada bu konu üzerinde gerçek talep değerleri ile tahmin planlaması çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar için elde edilen gerçek talep değerleri düzensiz ve aralıklı olup, hangi gün, hangi üründen, hangi müşteriye, ne kadar satış yapıldığı bilgisini bize sunar. Bu tip veriler için daha önceden belirlenmiş farklı tahmin yöntemlerinin ilgili ürünler için tahmin performansları ölçülmüştür. Performansı ölçülen yöntemler basit ortalama yöntemi, basit üstel düzeltme yöntemi ve croston yöntemidir. Bu yapılan modelleme ile hangi ürünün hangi yöntem ile uygun çalıştığı görülmüştür. Bu yapılan çalışma ile üretim planlaması alanında yeni ve alternatif bir metod geliştirilmek istenmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: tahminleme, aralıklı müşteri talepleri

Danışman: Dr. Mehmet GÜLŞEN, Başkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ABSTRACT

INTERMITTENT DEMAND FORECAST MODELING

N. Kunter İPEK

Başkent University Institute of Science and Engineering

Department of Industrial Engineering

Engineering and Technology Management

Forecasting helps us by casting light on our projected path between today and the future. Efficient forecasting leads to a highly productive environment. Demand forecasting involves selecting a proper forecasting methodology for each product. Our research focuses on selecting proper forecasting models by using historical demand data from a confectionary producer. The data is collected from sales vouchers which list product type, customer id, quantity and data for each sale transaction. The data is highly irregular, intermittent in nature. Preselected set of forecasting models are used to make demand projections. The model set includes simple moving averages, exponential smoothing, and Croston's method. The performance of each model is determined based on an error metric which measures the deviation between projected and actual values. This study is intended to present a new and alternative method that could be used in production planning.

KEYWORDS: forecasting, intermittent demand intervals.

Advisor: Assistant Professor Mehmet GÜLŞEN, Başkent University, Industrial Engineering Department.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

ÖZ	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vi
RESİMLER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. TALEP TAHMİNİ.....	2
2.1. Sezgisel yöntemler.....	4
2.1.1. Yönetici görüşünü esas alan yöntemler.....	4
2.1.2. Kilit personel görüşünü esas alan yöntemler.....	5
2.1.3. Anket Yöntemi.....	5
2.1.4. Delphi Tekniği.....	5
2.1.5. Tarihi Analog Yöntemi.....	7
2.1.6. Nominal Grup Yöntemi.....	7
2.2. Sayısal Yöntemler.....	7
2.2.1. Nedensel Yöntemler	10
1. Basit Doğrusal Regresyon.....	10
2. En Küçük Kareler Yöntemi.....	11
3. Çoklu Doğrusal Regresyon.....	12
2.2.2. Zaman Serisi Analizleri.....	12
1. Zaman Serisi Bileşenleri.....	13
2. Zaman Serisi Yöntemleri.....	14

i. Basit Grafik Yöntemi.....	14
ii. Mekanik(Naive) Yöntem.....	15
iii. Ortalama Yöntemleri.....	15
iv. Üstel Düzeltme Yöntemleri.....	18
v. Trend Analizi.....	25
vi. Box-JenkinsTahmin Modeli.....	27
2.2.3. Yapay Sinir Ağları Yöntemi.....	30
3. CROSTON METODU.....	32
4.TAHMİNLEME HATA HESAPLARI.....	33
4.1. Ortalama Hataların Karesi(MSE).....	33
4.2. Ortalama Mutlak Sapma(MAD).....	34
4.3. Ortalama Hata Kareleri Karekökü(RMSE).....	34
4.4. Ortalama Mutlak Yüzde Hata(MAPE).....	34
4.5. Simetrik Ortalama Mutlak Hata(sMAPE).....	34
4.6. Ortalama Mutlak Ölçekli Hata(MASE).....	35
5. GIDA SEKTÖRÜ HAKKINDA.....	35
6. ÇİKOLATA SEKTÖRÜ VE TAHMİNLEME.....	37
7. R CODE HAKKINDA BİLGİ.....	41
8. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	42
9. VERİ ANALİZİ ve UYGULANMASI.....	47
9.1.Talep Modelleri Sınıflandırılması.....	47
9.2.Yapılan İşlemlerin Genel Özeti.....	48
10. SONUÇLAR ve YORUMLAR.....	66
11. REFERANSLAR.....	68
12. EKLER.....	72

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Sayısal Tahmin Yöntemleri	10
Şekil 5.1 Sektörün Kapasite Kullanım Oranı.....	44
Şekil 9.1 Talep Modeli Kategorizasyonu.....	57
Şekil 9.2 Yapılan İşlemlerin Metodolojisi.....	59
Şekil 9.3 Talep Modeli Kategorizasyon Grafiği.....	62
Şekil 9.4 Tahminleme Değerlerini Gösteren Grafik.....	66

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1 Hareketli Ortalamalar Çizelgesi($T=4$).....	19
Çizelge 5.1 Sektörün İşyeri Sayısı ve İstihdamı.....	44
Çizelge 6.1 Yapılan İhracatın Genele Oranı.....	47
Çizelge 6.2 Son Yıllarda En Çok İhracat Yapılan Ülkeler.....	48
Çizelge 9.1 En Çok İşlem Gören 20 Stok Kodunun ADI, CV^2 ve Talep Modeli Kategorizasyon Sonuçları.....	63
Çizelge 9.2 En Çok İşlem Gören 20 Stok Kodunun Tahminleme Değerleri, Frekansı ve Başlangıç Bitiş Günleri Arası Gün Sayısı.....	64
Çizelge 9.3 Ürün Özellikleri ve Gruplandırılması.....	70
Çizelge 9.4 MASE(ORTALAMA MUTLAK ÖLÇEKLİ HATA) Hata Değerleri ve Bulunan Uygun Yöntem.....	72
Çizelge 9.5 İlgili Grupların Tahmin Yöntemleri.....	74

RESİMLER LİSTESİ

Resim 9.1 Excel Verilerinin Örneği.....	60
Resim 9.2 Metin Belgesi Örneği.....	60
Resim 9.3 20 Stok Kodu.....	61
Resim 9.4 152 03 01 Kodlu Stok İçin Basit Ortalama Yöntemi Program Grafik Çıktısı.....	67
Resim 9.5 152 03 01 Kodlu Stok İçin Basit Üstel Düzeltme Yöntemi Program Grafik Çıktısı.....	68
Resim 9.6 152 03 11 Kodlu Stok İçin Croston Yöntemi Program Grafik Çıktısı.....	69

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

ARIMA	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Süreci Modeli
MA	Hareketli Ortalama Modeli
AR	Otoregresif Ortalama modeli
MSE	Ortalama Hataların Karesi
MAD	Ortalama Mutlak Sapma
RMSE	Ortalama Hata Kareleri Karekökü
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
sMAPE	Simetrik Ortalama Mutlak Hata
MASE	Ortalama Mutlak Ölçekli Hata
ADI	Talebin Sıklığı
CV ²	Talebin Değişkenliğinin Varyans Katsayısının Karesi

1. GİRİŞ

Planlama ve üretim birbirlerinden ayrı düşünölemeyecek temel iki endüstri kavramıdır. Hem kişiler hem de şirketler planlama yaparken aslında geleceğe yönelik bir yol haritası çizmektedir. Planlamalar yapılırken mevcut veriler ve hedefler mantık çerçevesinde değerlendirilmediir. Ancak bu şekilde gelecekteki değerler daha net görölebilecektir. İşte tam da bu noktada devreye birden çok değişkeni olan tahminleme kavramı girer.

Tahminleme ya da farklı bir söylem ile öngöröleme kavramı; artık günümüz endüstrisinde vazgeçilmez hale gelmiş ve özellikle iş hacmini büyütmek isteyen tüm şirketlerin önem verdiği ve istihdam sağladığı bir alan haline gelmiştir. Bu noktada tahminleme kavramının cevap aradığı en önemli soru "Talebi doğru bir şekilde yakalayabildim mi?" olacaktır. Bu temel sorunun akabinde ise; "Gelecekte nasıl büyüyeceğim?", "Firmanın satış potansiyeli ne durumda olacak?", "Satışların dönemsel etkileri nasıl olacak?", "Bölgelerde değişen trendler neler olacak?" gibi sorulara da yanıt aramaktadır.

Firmalar günün şartlarında iş hacmini büyütmek, günümüz trendlerini yakalayabilmek ve yeri geldiğinde de sürdürölebilirliğini sağlayabilmek adına tahminleme yöntemlerinden en az birini kullanmaktadır. Temelde yatan asıl sebep ise; her şirketin kuruluşundaki ticari amaç olan kar etme isteğidir. Başka bir söylem ile; şirketler varlıklarını minimum maliyet ile maksimum kara çevirmeyi hedeflemektedirler. Burada asıl yapılan, alımları minimize etmektir. Stok maliyetlerinin azalması ve eldeki stoklarla aktif olarak ve gereksiz stok almadan yola devam etmektir. Firmalar genel bir tedarik zinciri ağında başka tedarikçilere de ihtiyaç duyduklarından; öngöröleme ne kadar doğru ve isabetli olur ise firmanın o zaman dönemi içerisindeki maliyeti minimumda kalacağından karı maksimuma ulaşır. Talebin doğru tahminlenmesi ile hem kar arttırılmış hem maliyetler en aza indirilmiş olacağından fazla stok alımları en aza indirilmiş olacaktır, böylelikle işletme lehine olumlu bir tablo oluşacaktır.

Tahminleme yapılırken birden farklı yöntem kullanılabilir. Tahminleme kimi zaman bireylerin zaman içerisinde elde ettiği tecrübeler ile yapılırken; kimi zaman ise matematiksel yöntemler sonucu elde edilir. Bunlar temelde nitel ve nicel analiz olarak

adlandırılıyor ve aslında birbirlerinden çok farklı kavramlar olsalar da temelde hepsi aynı amaca yönelmektedir. Bu noktada kişilerin tecrübeleri deneyim olarak adlandırılırken matematiksel analizlerde kullanılan bilgiler de veri olarak adlandırılmaktadır. Aslında her ikisinde de aynı şey yapılmaktadır. Kısacası; geçmişte yapılan işlerin bir muhakemesi sonucu geleceğe yönelik tahminler yapılmaktadır.

Yöntemi ne olur ise olsun yapılacak olan talep tahminlemesi gerçeğe ne kadar yakın olursa şirketler o derecede kar elde edecektir. Bu sayede, tahminlemenin önemi bir kez daha anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada ise çikolata ve şekerleme alanında onbeşten fazla ülkeye ihracat yapan bir şirketin gerçek satış verileri kullanılmıştır. Yüksek ihracat hacminin yanı sıra yurtiçine de satışı olan şirket özellikle dini bayram dönemlerinde yoğunluk yaşarken havaların ısınması ile düşük talep oranları sebebi ile üretimde durgunluk dönemi yaşamaktadır. Çalışmamda söz konusu şirketten alınmış olan yaklaşık üç yıllık gerçek satış verileri kullanılmıştır. Bahsi geçen şirkette üretimi yapılan her bir ürün için ayrı veriler tutulmuş ve veriler kullanılan programın gerektirdiği şekilde düzenlenmiştir. Kullanılan programın gerektirdiği şekle getirilen veriler daha sonra R yazılımında geliştirilen metod üzerinde uygulanmıştır. Geliştirilen bu metod sayesinde ürünler için gerçek data setleri üzerinden bir talep tahminlemesi yapılmış ve gerçek ile tahminleme arasında oluşan hatalardan en uygun yaklaşım bulunmak istemiştir. Bu metod ile üç farklı talep tahminlemesi karşılaştırılmış ve hata değerleri üzerinden farklı ürünler için en uygun olan yöntem bulunmaya çalışılmıştır.

2. TALEP TAHMİNİ

En basit anlatımı ile talep tahminleme; herhangi bir işletmenin gelecekte ne kadar talebi olacağına dair yapılan işlemlerdir. Talep tahminlemesinin bu kadar önemli olmasının nedeni direkt olarak üretim dahil talebe bağlı süreçleri etkilemesidir. Talebin doğru ya da yanlış tahminlenmesi işletmeleri birden çok noktada etkileyebilir. Doğru tahmin edilmesi noktasında işletme elindeki olanakları daha verimli ve yüksek kapasitede kullanırken, yanlış veya hatalı tahmin edilmesi durumunda bu durum tam tersine dönecektir. Bu noktada üretim de etkilendiği için yanlış tahminleme aslında

tedarik zinciri sistemi içerisindeki her noktaya etki yapacaktır. Tahminleme yapılırken dolaylı olarak da aşağıdaki sorulara da cevap verilebilir; fakat temel soru tahminin gerçekte talep ile ne kadar birbirine yakın olup olmadığıdır.

- 1) Hangi pazara girilecek?
- 2) Hangi ürün üretilecek?
- 3) Hangi süreçte bu ürün çıkacak?
- 4) Ne kadar kapasite gerekecek?
- 5) Ne kadar stok gerekecek?
- 6) Ne kadar işçi lazım olacak?
- 7) Ne kadar finansal ihtiyaç olacak?

Talep tahminlemesi bu sorulara direkt olarak cevap vermese de dolaylı olarak cevap verebilir. Tahminlenen taleplerin birden çok noktaya pay edilmesi, hangi ürünün hangi pazarda daha uygun olduğu, ne kadar sürede hazır olacağı, bu talebi karşılarken kapasitenin yüzde kaçının kullanılacağı, talebi karşılamak için elimizde bulunan hammadde stoklarının taleplerin ne kadarını karşılayacağı, üretilen ürünlerin hangi üretim hatlarında ve kaç adet işçi ile üretileceği ve bu işlemler için talep tahmini üzerinden ne kadar finansal ihtiyaca gerek duyulacağı bulunabilir.

Tahminlemenin birden çok yöntemi vardır. Tahminleme sürecinde kullanılacak olan yöntem şirketin geçmişteki tahmin-talep uyumu ile gelecekte beklenen seviyesine bakılmak sureti ile yapılacaktır. Tahminlemenin metodolojisi aşağıdaki aşamaların birbirini takip ederek ilerlemesini gerektirir.[1]

- 1) Tahminleme yapılacağına karar verme: İlk olarak tahminlemenin karar verme süreci ile başlar.
- 2) Tahminlenecek kalemleri seçmek: Tahminlemeyi istediğimiz ürünleri belirleyerek devam eder.

3)Tahminlemenin zaman boyutunu belirlemek: Hangi zaman dilimi için tahminlemenin yapılacağına karar verilir.

4)Tahminlemenin model/modellerini seçmek: Yapılacak tahminleme için hangi modelin ya da modellerin seçileceğine karar verilir.

5)Verileri toplamak: Geçmiş dönemden gelen verilerin kullanılacak modele uygun olarak toplanması sürecidir.

6)Tahminlemeyi yapmak: Belirlenen model ya da modeller ile tahminlemeyi yapma aşamasıdır.

7)Sonuçların geçerliliğini sorgulamak: Alınan sonuçları reel sonuçlar ile karşılaştırmak ve bir hata verisi bulma aşamasıdır.

Genel olarak tahminleme ikiye ayrılır [2].

- 1) Sezgisel Yöntemler
- 2) Sayısal Yöntemler

Bu iki yöntemde kendi altında farklı yöntemlere ayrılır.

2.1. Sezgisel Yöntemler

Sezgisel yöntemler çalışmanın devamında detaylı olarak açıklanacak olan sayısal yöntemlerin aksine daha çok kişilerin ya da grupların deneyim ve görüşlerine dayanmaktadır [3].

2.1.1. Yönetici görüşünü esas alan yöntemler

Yönetici görüşünü esas alan yöntemler ise geçmiş döneme ait verilerin olmadığı durumlarda tercih edilir. İlgili bölüm yöneticilerin deneyimi ve bilgilerini esas alarak oluşturulur. Duruma göre tek ya da grup olarak yapılır. Tahminleme verileri ilgili bölüm yöneticisi sorumluluğundadır [4].

2.1.2. Kilit personel görüşünü esas alan yöntemler

Bu yöntem yönetici görüşünü esas alan yöntemden biraz daha gelişmiş bir yöntem olarak karşımıza çıkar. Satış elemanları ya da satış sorumlularının deneyimlerine dayalı yaptıkları talep tahminleri, daha sonra şirketin üst düzey yöneticileri tarafından gözden geçirilmektedir ve gerekli görüldüğü takdirde üzerinde düzeltmeler yapılmaktadır. Bu düzeltmeler satış elemanları ya da satış gruplarının tahmin yaparken göz önüne almadığı etkenler bulunması halinde yapılmalıdır. Ürüne ait yöneticinin bildiği fakat çalışanın bilmediği durumlarda uygulanır. Çalışanın onayına ihtiyaç duyulmuyor olması, bilginin gizli olması gibi sebeplerden dolayı çalışanın haberdar olmadığı durumlar karşımıza çıkabilmektedir. Deneyimsel ve sezgisel olması bu yöntem için de büyük bir dezavantaj sağlar iken, karar ve onay mekanizmasının tek bir kişide toplanmış olması sebebi ile bu yöntemin hızlı sonuca götürebilmesi ve düşük maliyetli olması avantaj sağlayabilir [5].

2.1.3. Anket Yöntemi

Doğrudan nihai tüketiciye ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem için seçilen örneklem kümesinin nesnel, kapsamlı ve hitap edilen müşteriler arasından olması lazımdır. Elde edilen veriler istatistiki analiz yöntemleri ile çözümlenir. Yüksek maliyetli ve kişilere göre öznellik göstermesi nedeni ile verilerin doğruluk oranı düşük kalabilmektedir. Bu yüzden çok tercih edilen bir yöntem değildir[4].

2.1.4. Delphi Tekniği

Delphi tekniği 1950'lerde Amerikan ordusunda savunma sanayisinin yönetimi ve soğuk savaş stratejilerinin oluşturulması amacı ile geliştirilmiştir. Probleme ait elde edilebilir verinin karışık ve sübjektif olduğu durumlarda kullanılmış olup, teknik uzman görüşlerinde ortak bir noktayı bulmayı hedefler. Günümüzde iş dünyasının birçok alanında, mühendislik biliminde, eğitimde ve birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır [6].

Delphi yönteminin mantığı, birden fazla anket formunun gönderilmesi sonucunda “geri besleme” yoluyla grup üyelerinin ortak bir görüş birliğine varmalarını

sağlamaktır. Bu nedenle bu yöntem, uzmanların yüz yüze gelmeden grup kararı almalarını hedeflemektedir [1].

Delphi metodunda iki varsayım vardır. İlki, ilgili oldukları alanda çok bilgi ve deneyim sahibi kişilerin en mantıklı tahmini yaptıklarıdır. Diğer ise farklı insanların bilgilerinin birleştirilmesi ile mantıklı tahminin yapılacağıdır [4].

Delphi yönteminin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir [7].

- 1) Öncelikle katılımcılara birinci anket soruları sorulur. Her katılımcı isimsiz bir şekilde anketi doldurur ve teslim eder.
- 2) Katılımcıların belirttiği görüşler ile ikinci anket oluşturulur. İkinci anket üzerinde katılım seviyeleri vardır. Her katılımcı anketteki düşüncelere katılımını seviyelendirir ve ismini yazarak teslim eder.
- 3) Anket maddelerinin her birinin birinci çeyrek, ikinci çeyrek, medyan ve genişlik değerleri hesaplanır.
- 4) Üçüncü ankette ikinci anketteki maddeler vardır ancak bu kez katılımcılar ikinci ankette verdikleri kendi cevapları ile birlikte ikinci anketten sonra hesaplanan istatistiksel değerleri de görürler. Böylelikle fikrini değiştirmek isteyen olur ise form üzerinde fikrini değiştirebilir ve son kez formlar teslim edilir.
- 5) Üçüncü anketin sonucu aranılan sonuçtur ancak üçüncü anket ile ikinci anket arasında yanıtlar çok farklılık göstermiş ise istatistiksel değerler yeniden hesaplanıp tekrar anket düzenlenebilir.

Delphi yönteminin esas amacı bireylerin yüz yüze gelmelerinden doğabilecek problemleri en az düzeye indirmektedir. Böylece bireyler diğer bireylerin baskılarına maruz kalmadan düşüncelerini serbestçe ifade edebilmektedirler. Ayrıca, katılımcılar ardışık anketler yoluyla sağlanan geri bildirimler sonucunda, farklı düşüncelerden haberdar edilmektedirler. Böylece kendi düşüncelerini yeniden gözden geçirme fırsatı yakalamaktadırlar.

Delphi yöntemine yönelik eleştiriler ise şöyle sıralanabilir: (i) Başarının uzmanların seçimine bağlı olması, (ii) Sonuçların geri bildiriminin zaman alması, (iii) Sürecin uzamasıyla birlikte katılımın azalmasıdır.

2.1.5. Tarihi Analog Yöntemi

Daha önce piyasaya sunulan benzer bir ürün ya da hizmetle karşılaştırma sonucu, bir ürün ya da hizmetin gelecekteki talep değeri hakkında bilgi sahibi olunmasını amaçlayan bir yöntemdir. Tarihi Analog yöntemi, özellikle tüketicilere yeni sunulan ürün ve hizmetlerin talep tahminlerini elde etmek amacı ile yapılması halinde yararlı sonuçlar sağlamaktadır [5].

2.1.6. Nominal Grup Yöntemi

Delphi yöntemine benzer sezgi ve deneyimlerine güvenilen bir uzmanlar grubu oluşturulmaktadır. Delphi yönteminden farklı olarak, uzmanların birbirleri ile etkileşimine ve tartışmasına izin verilmektedir [5].

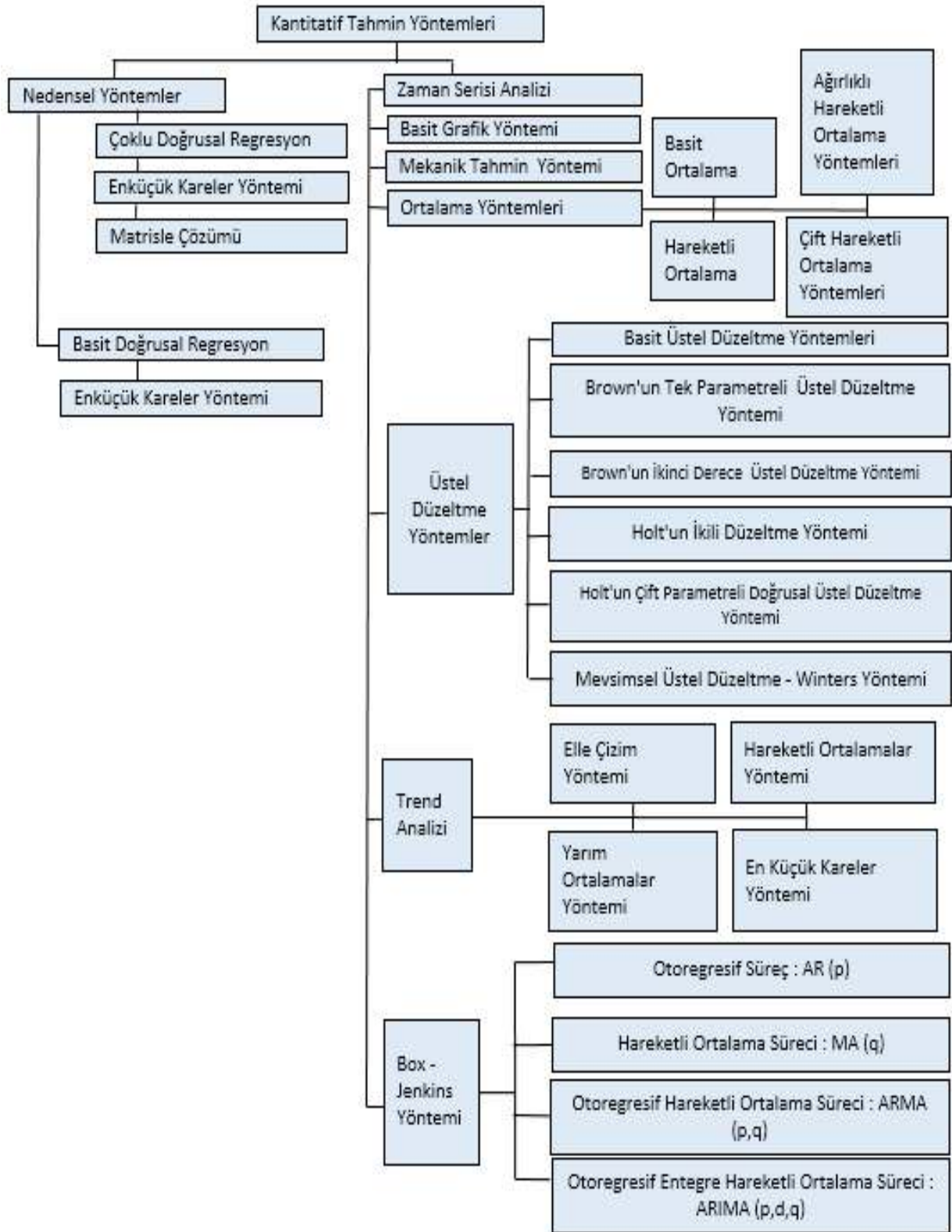
2.2. Sayısal Yöntemler

Sayısal yöntemleri kullanarak tahminleme, geçmiş dönemdeki verilerin analizini esas alarak matematiksel modeller aracılığı ile yapılan bir yaklaşımdır. Geçmişte olan verilerin doğru ve değişmeyeceği kabul edilir. Kişiye göre değişim sağlamaz, dolayısıyla objektiftir. Birçok veri ya da bilgiyi esas alır. Talebi etkileyen faktörlerin sayılarındaki artış ve aralarındaki ilişkilerin karmaşık hale gelmesi nedeni ile sezgiye dayanan yöntemlerin yetersiz kalmasından dolayı geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Sayısal yöntemler için geçmişe ait verilerin olması, bu verilerin sayısal olarak tutarlı olması ve geçmişte oluşan yapının gelecekte de devam edeceği düşüncesi sayısal yöntemlerin uygulanması için gerekli koşullardır. Sayısal yöntemler, G.S Çekerol ve A. Ulukan tarafından “Kantitatif Tahmin Yöntemleri” isimli kitapta iki ana başlık altında toplanmıştır. Bunlardan birisi “Nedensel Yöntemler” diğeri ise “Zaman Serisi Analizleri”dir [8].

Yapılacak olan tahminlemelerde seçilecek olan yöntem; elimizdeki geçmiş veri setleri ve gelecekte oluşacak varsayımlar ile doğrudan ilgilidir. Bu noktada yöntem seçilirken bu iki konu üzerinde iyi düşünmeli ve seçilecek olan yöntem ona göre belirlenmelidir. Elimizdeki setlerde bir neden-sonuç ilişkisi matematiksel olarak açıklanabiliyorsa “nedensel yöntemleri” seçmek daha akıllıca olurken, elimizdeki veri setlerinden geçmişten gelen bilgiler olup geleceğe dair varsayımlar üzerinden tahminlemeler yapılacak ise “zaman serisi analizleri” daha mantıklı olabilir.





Şekil 2.1 Sayısal Tahmin Yöntemleri (8)

2.2.1. Nedensel Yöntemler

Bu yöntem iki ya da daha fazla değişkenin arasındaki karşılıklı değişimleri ve ilişkiyi anlatan yöntemdir. Bu yöntem iki değişken arasındaki bağıllık boyutunu araştırmaktadır. Burada herhangi bir bağımsız değişkende(X) meydana gelen değişim aynı anda başka bir bağımlı değişkeni(Y) aynı ya da farklı bir yönde değişime uğratiyorsa bu iki değişken arasında bir ilişki vardır. Bu ilişkiye “neden-sonuç” ilişkisi denir [9].

Değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkileri ikiye ayrılır. Bunlar deterministik ilişki ve stokastik ilişkidir.

Deterministik ilişki, daha çok fen bilimlerinde olduğu gibi kesin bir sonuç elde edildiğinde söylenebilir. Bağımsız değişkende(X) oluşacak bir değişimin kesin bir bağımlı değişken(Y) vermesi ile açıklanır. Yapılan deneylerin ya da gözlemlerin aynı koşullar altında aynı sonucu vermesi gibi deneysel olaylar deterministik ilişki ile açıklanır [9].

Stokastik ilişki; sistem değişkeleri arasında rastgeleliğin bulunduğu durumlarda kullanılır. Bağımsız değişken(X) ile bağımlı değişkenin(Y) değiştiği bilinir fakat bu değişim yüzde yüz kesin sonuç vermez. Bu tip ilişkilerde aynı şartlar altında aynı olaylar tekrarlınsa dahi aynı sonuçlar elde edilmeyebilir ancak sonuçların hangi aralıkta veya hangi dağılımda olacağı, hangi sonucun ortaya çıkma ihtimalinin ne olduğu hesaplanabilir. Stokastik modellerde sistemin gelecekteki konumunun bilinmesi yerine tahmin edilmesi ve olasılıklandırılması söz konusudur. Bağımsız değişkenin yetersiz ya da eksik kaldığı durumlarda da stokastik ilişki oluşur [9].

1) Basit Doğrusal Regresyon

Basit doğrusal regresyonda, bağımlı değişken yalnızca bir bağımsız değişkenin fonksiyonudur ve aralarında düz bir ilişki vardır.

$$Y = a + bX \quad (1.1)$$

X : Bağımsız değişken

Y: Bağımlı değişken

a: X=0 olduğunda Y'nin değeri

b: Doğrunun eğimi

2) En Küçük Kareler Yöntemi

İkili veriler koordinat düzleminde belirtildikten sonra noktalara en yakın doğrunun elde edilmesi amaçlanmaktadır. Yöntem hataların karelerinin alınması ile işaret problemini ortadan kaldırır ve büyük hata terimlerini daha da büyüterek vurgulanmasını sağlar. En küçük kareler yöntemi gözlemlere en iyi uyum sağlayacak matematiksel modelin bulunmasını değil ama matematiksel modele en iyi uyum sağlayacak parametre tahminleri yapar.

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i + e_i \quad \text{ve } i: 1, 2, \dots, n \quad (\text{tahmin edilen doğru}) \quad (1.2)$$

$$Y_{ik} = b_0 + b_1 X_i \quad (\text{tahmin edilen en küçük kareler doğrusu}) \quad (1.3)$$

Burada amaç serpilme diyagramlarında en yakın yerden geçecek doğruyu temsil eden regresyon denkleminin elde edilmesidir. Gerçek ile tahmin edilen değerler arasında fark olmaması veya bu farkın en küçük olmasıdır [8].

Hata kareler toplamı $= \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ik})^2$ şeklinde yazılır.

$$\min \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ik})^2 \quad (1.4)$$

$$\sum Y_i = n b_0 + b_1 \quad (1.5)$$

$$\sum X_i Y_i = b_0 \sum X_i + b_1 \sum X_i^2 \quad (1.6)$$

$$b_0 = \frac{\sum Y_i - b_1 \sum X_i}{n} \quad (1.7)$$

$$b_1 = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (1.8)$$

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i \quad (1.9)$$

X_i : bağımsız (açıklayıcı) değişken olup hatasız ölçüldüğü varsayılır.

Y_i : bağımlı (açıklanan) değişken olup belli bir hataya sahip olduğu varsayılır.

Y_{ik} : tahmin edilen en küçük kareler doğrusu

β_1 : bağımsız değişkndeki (X) birim değişimin bağımsız değişkndeki (Y) değişim oranıdır.

β_0 : bağımsız değişken 0 değerini aldığıında değişkenin alacağı değerdir.

e_i : artık terim

b_0 : β_0 tahmincisi

b_1 : β_1 tahmincisi

3) Çoklu Doğrusal Regresyon

Çoklu regresyondan, ancak regresyon modelinde bir adet bağımlı değişken ve birden çok bağımsız değişken var ise ve bu değişkenler doğrusal ilişki gösteriyorsa bahsedilebilir. Bu yöntemin eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (1.10)$$

Bu modelin katsayılarının bulunması için en küçük kareler yönteminden yardım alınabilir [8].

2.2.2. Zaman Serisi Analizleri

Zaman serisi analizleri geçmişten gelen bilgilerin incelenip ve buna bağlı eğilimlerin görülerek, elde edilen veriler ile geleceğe dönük tahminler yapılmasını sağlamaktadır. Bu analiz yönteminde geçmişten gelen bilgiler kullanılarak tahminleme yapılır. Regresyon modellerinin yaptığı gibi tahmin için kullanılan bağımsız değişkenlerin yerine, zaman serisi yöntemleri bağımlı değişkene karşılık yalnızca tarihsel bilgileri kullanır. Bu yöntemler bağımsız değişkenlerin geçmiş yapısının gelecekte de devam edeceği varsayımına dayanmaktadır. Zaman serisi analizi, bağımlı değişkenin gözlemlenen tarihsel yapısını elde etmek için bir araya gelen esas talep yapısını tanımlar ve sonrasında tekrarlamak için model geliştirir. Talepte yatay, trend ve mevsimsel yapılar dengeli, rastgele değişimler küçük

olduğunda elde edilen tahminleme sonuçları sağlıklı olacaktır. Zaman serisinde yatay yapı talebin ortalamasına dayanmaktadır; dolayısıyla verinin zaman serisi ortalamasını tahmin eden tahmin yöntemlerine odaklanılmalıdır. Gelecekte herhangi bir dönemin talep tahmini, mevcut dönemde hesaplanan zaman serisinin ortalamasıdır. Zaman serisinin yalnızca yatay ve rastgele yapısının olduğunu varsayarak basit ilerleyen ortalamalar, ağırlıklı ilerleyen ortalamalar ve üstel düzeltme zaman serileri gibi istatistiksel teknikler faydalıdır [31].

1) Zaman Serisi Bileşenleri

Bu bileşenler dört farklı şekilde açıklanabilir.

Trend (T): Zaman serisinin belli bir yöne doğru gösterdiği ana eğilime trend denir. Bu eğilimin yönü ve şiddeti değişebilir. Bu eğilim değişim göstermekle beraber istikrarlı olmak zorundadır.

Mevsimsellik (M): Bir yıllık zaman zarfında oluşan periyodik dalgalanmalara denir. Bu etkiler genellikle doğal ya da ekonomik sebeplerden dolayı ortaya çıkar. Bu dalgalanmaları yaratan etkiler arasında tatil, bayramlar, yaz ve kış gibi ayları gibi etkiler görülür. Bu etki sürekli döngüdedir ve periyodiktir.

Konjonktürellik (K): Değişik zaman aralıklarında meydana gelen dalgalanmalardır. Süresi bir yıldan zaman içerisinde meydana gelen ve periyodik olmayan dalgalanmalardır. Bunun sebepleri arasında ani ekonomik değişimler ya da ülkelerin siyasi değişimleri gösterilebilir.

Düzensizlik (D): Önceden tahmin edilemeyen değişimlerdir.

Zaman serileri ile gerçek gözlemler arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

$$Y_t = T_t + M_t + K_t + D_t \quad (2.1)$$

Y_t : t dönemindeki gözlem değeri

T_t : Trendin t dönemindeki etkisi

M_t : Mevsimsellik değişimlerinin t dönemindeki etkisi

K_t : Konjonktürel değişimlerin t dönemindeki etkisi

D_t : Düzensizliğin t zamanındaki etkisi

Yukarıda gösterilen formülün aleyhine genel yaklaşım aylık zaman serilerinde;

$Y_t = T_t \times M_t \times K_t \times D_t$ şeklindedir.

Yıllık zaman serisinde ise mevsimsellik dalgalanmaların etkisi olmayacağı için;

$Y_t = T_t \times K_t \times D_t$ şeklinde gösterilir.

2) Zaman Serisi Yöntemleri

Zaman serisi analizlerinde kullanılacak yöntemin seçimi, tahminlemenin amacına ve eldeki veriye göre değişkenlik göstermektedir. Yöntem, verinin hangi bileşenlerden etkilendiği veya süresine göre değişkenlik gösterebilir [8]. Zaman serisi yöntemleri temel olarak altı ana başlık altında toplanmıştır. Bu başlıklar;

- 1) Basit Grafik yöntemi
- 2) Mekanik (Naive) yöntem
- 3) Ortalama yöntemleri
- 4) Üstel Düzeltme yöntemleri
- 5) Trend Analizi yöntemleri
- 6) Box-Jenkins yöntemleri

Bu yöntemler arasından en uygununu bulmak için ilk olarak elimizdeki veri setlerini iyi incelememiz gerekmektedir. Mevcut veri setleri için mevsimsel ve konjonktürel dalgalanmalar ya da trend etkisi seçilecek yöntemlere göre sonucu etkileyebilmektedir. Bunlarla beraber veri durağanlığı da etkileyici nedenlerden birisidir. Ayrıca veri setinin büyüklüğü ya da küçüklüğü de seçim noktasında etkileyici nedenlerden birisidir.

i) Basit Grafik Yöntemi

Bu yöntemde gözlem sayısı iki eşit parçaya ayrılır. Eğer gözlem sayısı tek ise ortadaki sayı hesaba katılmaz. Ayrılan iki eşit parçanın aritmetik ortalaması bulunur.

Bulunan bu iki aritmetik ortalama grafikte işaretlenir ve bu noktalar asında bir doğru çizilir. Bu yöntemde trendin doğrusal olduğu varsayımı yapılır ve serinin her iki kısmında da konjoktürel dalgalanmaların aynı olduğu düşünülür [8].

ii) Mekanik(Naive) Yöntem

En basit tahmin yöntemlerinden biridir. Herhangi bir dalgalanma göstermeyen zaman serilerinde kullanılır. Bu yöntem basit ve çok uğraş gerektirmeyen bir yöntemdir [8]. Fakat bu yöntem için gerekli olan dalgalanma göstermeme özelliği genellikle zaman serilerinde olmaz. Zaman serilerinin çoğu farklı dalgalanmalar içerdği için pek kullanışlı değildir. Bunun yanında gelişmiş zaman serilerinin temeli olması nedeni ile önemlidir [8].

Yöntemde, bir zaman serisinin son döneminde aldığı değerin, bir sonraki dönemde tahmin olarak kullanılması esasına dayanır. Aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$F_{t+1} = Y_t \quad (2.2)$$

t : dönem

Y_t : Zaman serisinin t dönemindeki değeridir.

F_{t+1} : $(t + 1)$ döneminde ki tahmin değeridir.

iii) Ortalama Yöntemleri

Bu yöntemler geçmiş dönemlere ait verilerin ortalaması alınarak tahmin yapılır. Bu yöntemler dört farklı çeşit olarak incelenmiştir [8].

1) Basit Ortalama Yöntemi

Geçmiş döneme ait verilerin aritmetik ortalaması alınarak yapılır. Bu model trend, konjoktürel ve mevsimsel dalgalanmaların etkisinin olmadığı ve az sayıdaki veriler için uygulanabilir. Aşağıdaki gibi formüle edilir [8].

$$F_{t+1} = (\sum_{i=1}^T Y_i) \times (\frac{1}{T}) \quad (2.3)$$

t : dönem indisi

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

Y_i : i döneminde gerçekleşen talep değeri

T : toplam dönem sayısı

2) Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Talepteki konjonktürel ve mevsimsel dalgalanmaların değişimlerinin incelenmesi ile değişimlerin talep üzerine etkisinin belirlenmesinde kullanılır. Bu yöntemde en önemli aşama ortalaması alınacak dönem sayısının (T) belirlenmesidir. Bu yöntem uzak geçmişten çok yakın geçmişe önem verir. Hareketli ortalama yönteminde dönem sayımız ne kadar çok artar ise bize o kadar düzgün cevaplar verebilmektedir. Gerçeğe daha yakın değerler elde etmekteyiz [8].

Çizelge 2.1 Hareketli ortalamalar çizelgesi ($T=4$)

Dönem	Gerçekleşen	Tahmin($t+1$)
1	Y_1	
2	Y_2	
3	Y_3	
4	Y_4	
5	Y_5	$(Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)/4$
6	Y_6	$(Y_2+Y_3+Y_4+Y_5)/4$
7	Y_7	$(Y_3+Y_4+Y_5+Y_6)/4$
8	Y_8	$(Y_4+Y_5+Y_6+Y_7)/4$
9	Y_9	$(Y_5+Y_6+Y_7+Y_8)/4$

3) Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi

Zaman serisinde verilerin güncel olanlarına yaklaştıkça daha önem kazanması ve güncel olanların 0-1 arasında, toplamı 1 olacak şekilde ağırlıklarının paylaştırılması sonucu en yakın veriye en büyük değerin verildiği yöntemdir. Aşağıdaki gibi formüle edilir [8].

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t w_i \times Y_i \quad (2.4)$$

t : dönem

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

Y_i : i dönemindeki gerçekleşen talep değeri

w_i : i dönemine ait ağırlık katsayısı

k : Hareketli ortalamaya dahil edilen dönem sayısı

T : toplam dönem sayısı

4) Çift Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Bu yöntem ile güçlü bir eğime sahip veri setlerinde sıkça karşılaşılan tahminde “gecikme”nin önlenmesi hedeflenmektedir. Aynı zamanda elde ki zaman serisi doğrusal trendi olan bir zaman serisi ise bu yöntem kullanılarak uygun tahminleme değerleri oluşturulabilir. Bu yöntem, serinin hareketli ortalaması alınarak oluşturulacak yeni serinin de hareketli ortalaması alınarak yapılır (çifte ortalama) [8].

$$F_{t+1} = M = \frac{\sum_{i=1}^T F_{t-1+i}}{n} \quad (2.5)$$

$M=F_{t\zeta}$ =Hareketli ortalaması olmak üzere;

$$F_{t\zeta+1} = M^l = \sum_{i=1}^T M \quad (2.6)$$

$M^l = F_{t\zeta+1}$ =Hareketli ortalamanın Hareketli ortalaması

a_t : eğim sabiti

b_t : trend eğimi

m : tahmin edilecek bir sonraki dönem

Şu formülasyonlardan yararlanılır.

$$a_t = 2M - M^l \quad (2.7)$$

$$b_t = \frac{2}{n-1} \times (M - M^l) \quad (2.8)$$

olmak üzere $t+m$ dönem için tahmin yapılır.

$$F_{t\zeta+m} = a_t + b_{tm} \quad (2.9)$$

iv) Üstel Düzeltme Yöntemleri

Üstel düzeltme yöntemlerinin en önemli özelliği kolay uygulanabilir olmasıdır. Bu yöntem geçmiş dönem verilerine farklı ağırlıkların verildiği yöntemlerdir. Üstel düzeltme yöntemi, verilen ağırlıkların veriler eskidikçe üstel bir şekilde azalması anlamına gelir. Bu yöntemde tüm tarihi verileri göz önünde bulundurabilir. Bu yöntem altı farklı şekilde incelenir [8].

1) Basit Üstel Düzeltme Yöntemi

Verilerin eğim (trend) ve mevsimsellik içermediği ve durağan seyrettiği durumlar için kullanılır. Bu yöntem son değer için tek bir ağırlığın seçildiği (α) ağırlıklı hareketli ortalama yönteminin bir nevi özelleşmiş halidir [8].

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)F_t \quad (2.10)$$

F_t : İçinde bulunulan dönemin tahmin değeri

Y_t : İçinde bulunulan dönemde gerçekleşen talep

F_{t+1} : Bir sonraki dönemin tahmin değeri

α : Üstel düzeltme faktörü

α , $0 < \alpha < 1$ arasında bir değer olmak zorundadır. Bu değer deneme yanılma yolu ile değişebilmektedir.

2) Brown'un Tek parametrelili Üstel Düzeltme Yöntemi

Eğimi olan ve mevsimsellik içermiyen zaman serileri için geliştirilmiştir. Burada Brown basit üstel düzeltme yöntemine farklı bir açıdan bakmıştır. Eğimi olan veriler basit üstel düzeltme yönteminde gecikmeli olarak bulunur ve bunun sonucunda serilerde artış ya da azalış eğilimi var ise Brown'un modeli daha etkilidir [8].

$$F_t^1 = \alpha F_t + (1-\alpha)F_{t-1}^1 \quad (2.11)$$

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

F_t^1 : Basit üstel düzeltme ile elde edilen değer

F_t^2 : İkili üstel düzeltme değeri

Burada daha önce Çift hareketli ortalama olduğu gibi trend sabiti (a_t) ve eğim (b_t) kullanılmaktadır.

$$a_t = F_t^1 + (F_t^1 - F_t^2) = 2F_t^1 - F_t^2 \quad (2.13)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} \times (F_t^1 - F_t^2) \quad (2.14)$$

m : İlerinde tahmini yapılacak olan tahmin dönemi

$$F_{t+m} = a_t + b_{t+m} \quad (2.15)$$

3) Brown'un İkinci Derece Üstel Düzeltme Yöntemi

Zaman serilerinin ikinci, üçüncü ya da daha üst dereceden olduğunda kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde ikinci derece ya da daha üst dereceden zaman serileri olduğunda doğrusaldan eğrisele geçerken ek bir parametre daha modele dahil edilir. Bunun sonucunda sisteme düzeltme eklenir [8].

$$F_t^1 = \alpha F_t + (1-\alpha)F_{t-1}^1 \quad (2.11)$$

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

$$F_t^3 = \alpha F_t^2 + (1-\alpha)F_{t-1}^3 \quad (2.16)$$

$$a_t = 3F_t^1 - 3F_t^2 + F_t^3 \quad (2.17)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)} [(6 - 5\alpha)F_t^1 - (10 - 8\alpha)F_t^2 + (4 - 3\alpha)F_t^3] \quad (2.18)$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (F_t^1 - 2F_t^2 + F_t^3) \quad (2.19)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_{t+m} + \frac{1}{2}(c_t \times m^2) \quad (2.20)$$

4) Holt'un İkili Düzeltme Yöntemi

Bu yöntemin Brown'un yönteminden tek farkı düzeltme katsayılarının kullanılmasına izin vermesidir. Bu yöntem mevsimsellik etkisinin gözlenmediği durumlarda kullanılır.

$$F_t^1 = \alpha F_t + (1-\alpha)F_{t-1}^1 \quad (2.11)$$

$$F_t^2 = \alpha^1 F_t^1 + (1 - \alpha^1)F_{t-1}^2 \quad (2.21)$$

Burada α ve α^1 yöntemin düzeltme sabitleridir. Burada α ve α^1 değerleri hata değerleri karelerini minimum yapan değerlerdir. Bu da denemeler ile bulunabilir [8].

5) Holt'un Çift Parametrelili Doğrusal Üstel Düzeltme Yöntemi

Daha önce yapılan tahminleme yöntemlerinde talebin sabit ve ortalama etrafında rassal değişimler olduğu varsayılmıştır. Fakat taleplerde herhangi bir azalma ve artma olduğu zamanlarda bir eğim söz konusu olabilir. Bu noktada eğimi belirlemek için ilk olarak yeni temel bir düzey oluşturmak gereklidir. Bu olmaz ise bir doğru edebilmek için üssel düzeltme yapılır. Bu yapılan işlemler rassal dalgalanmalara düzgünleştirecektir. Temel değer için aşağıdaki gibi formüle edilir [8].

$$F_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.22)$$

t : dönem

F_t : t dönemi için temel değer

F_{t-1} : $t-1$ dönemi için temel değer

Y_t : t döneminde gerçekleşen gözlem değeri

α : temel düzeltme katsayısı

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

Bu işlemde bir dönem önceki eğim değeri, bir önceki temel değere eklenip normal dönemdeki temel değer bulunmuştur. Böylece temel değerdeki gözlenen veri, gerçekleşen veri değerine yaklaşmaktadır.

Eğim değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.23)$$

b_t : t dönemi için trend değeri

β : trend için düzeltme katsayısı

Bu işlemde son iki düzeltilen değer arasından trend değeri arasından hesaplanmıştır. Bunun nedeni ise seride bir trend olması halinde en son veriden farklı olacağı için bunu kullanmak uygun görülmüştür. Bu noktada bazı rassal dalgalanmalar olabileceği için de bu iki değer β sayısı ile düzenlenmiştir.

Bu çalışma basit üstel düzeltmeye benzese de aslında bu ondan farklı olarak eğim ayarlaması yapılmıştır. Bu noktada kullanılan β sabiti de kullanım açısından ve düzeltme katsayısı olmasından dolayı α sabitine benzemektedir.

β değeri, eğime göre üstel düzeltmenin, ne ölçüde en son tahmin değerleri farkına ($L_t - L_{t-1}$) ve ne ölçüde de bir önceki trende (b_{t-1}) bağlı olduğunu söyler. Bu noktada düşük değer formülasyondan anlaşılabileceği gibi eğimin daha fazla düzeltilmesini sağlar. Yüksek değer ise en son eğime daha fazla ağırlık verir ve son eğim değişimlerine karşı duyarlıdır.

Bu yapılan işlemlerden sonra (temel değer hesabı ve eğim hesabı) geleceğe ait dönemler için tahmin oluşturmak için aşağıdaki gibi geliştirilmiştir.

$$F_{t+m} = L_t + b_t \times m \quad (2.24)$$

F_{t+m} : m dönem sonundaki tahmin değeri

m : tahmin yapılacak olan döneme ait indis

Holt'un bu yöntemini kullanmak için başlangıçta iki değere ihtiyacımız vardır. Bunlar,

1. L_1 için başlangıç değeri
2. b_1 için başlangıç değeri

Genel uygulamada, ilk gözlem değeri (y_1) ilk temel değere (L_1) atanır. İlk trend değeri ise ilk iki değer farkına ($y_2 - y_1$) ya da birkaç gözlemin ortalamasına bakılarak bulunabilir.

6) Holt-Winters Yöntemi (Mevsimsel Düzeltme)

Daha önceki yapılan ortalama ve üstel düzeltme yöntemlerinde mevsimsellik içermeyen veriler ile işlemler yapılmaktaydı. Ancak mevsimsellik olduğu zaman, bu yöntemlerin çoğu uygun sonuçlar vermemektedir. Bunun sonucunda Holt'un doğrusal yöntemine Winters tarafından eklenen mevsimsellik ile bu yöntem geliştirilmiş ve mevsimsellik içeren bir duruma gelmiştir [10].

Bu yöntem 3 farklı düzeltme sabitine sahiptir

- 1) Temel
- 2) Eğim
- 3) Mevsimsellik

Bu düzeltmeler, Holt'un doğrusal yöntemine benzer olarak tek eşitlikte toplanır ve bunların sonucunda mevsimsellik eşitliği elde edilir. Holt-Winters metodu, temel, eğim ve mevsimselliklik gruplarının bir araya gelme şekline göre iki alt grupta ele alınmaktadır. Bunlar çarpımlı dönemsel ve toplam dönemseliktir.

Çarpımlı dönemsellik

Aşağıdaki temel eşitlikler kullanılır.

Temel:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.25)$$

Trend:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.26)$$

Mevsimsel;

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)(S_{t-s}) \quad (2.27)$$

Tahmin:

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (2.28)$$

t :dönem

L_t : serinin t dönemindeki temel değeri

L_{t-1} : $t-1$ döneminde temel değer

Y_t : t döneminde gerçekleşen değer

α : temel değer düzeltme sabiti

b_t : t dönemi için eğim değeri

b_{t-1} : $t-1$ dönemi için eğim değeri

β : trend düzeltme sabiti

γ : mevsim düzeltme sabiti

s : toplam periyot sayısı (örneğin, aylık mevsimsellikte $s=12$)

S_t : t dönemindeki mevsim indeksi

F_{t+m} : m ileri dönemi için eğim ve mevsim ayarlamalı tahmin değeri

m : tahmini yapılacak dönem indeksi.

Formülde yer alan γ, β, α gibi düzeltme sabitleri diğer yöntemlerdeki gibi tahmin hatasını minimum yapacak şekilde belirlenmelidir.

Bu yöntemde de Holt'un yönteminde olduğu gibi başlangıçta bazı değerleri bilmemiz gerekiyor. Bunlar, temel (L_t), eğim (b_t) ve mevsimsel endekslerin(S_t) başlangıç değerleridir.

Bu değerler bulunurken mevsimsel indeks için (S_t) en az tamamlanmış bir mevsim değerine ihtiyaç duyulur. Bunun sonucunda da trend ve seviyenin başlangıç değerleri S periyodu için belirlenmesi gerekir. Seviye başlatma değeri ilk mevsimde gerçekleşen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanır.

$$L_s = \frac{1}{S} (Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_S) \quad (2.29)$$

Bu denklem ile S dereceden hareketli ortalama hesaplanmakta ve böylece serideki mevsimsellik devre dışı olmaktadır. Başlangıç trendinin tespit edilmesi için en az iki tam mevsim değeri kullanılması uygundur.

$$b_s = \frac{1}{S} \left[\frac{Y_{s+1} - Y_1}{S} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{S} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{S} \right] \quad (2.30)$$

Mevsim indeksi bulunması için de, serinin birkaç değerinin ilk yılın ortalamasına oranlanması ile belirlenmektedir.

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s} \quad (2.31)$$

Toplamlı Dönemsellik

Toplam dönemsellik için formülasyonu aşağıdaki gibidir.

Temel;

$$L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.32)$$

Eğim;

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.26)$$

Mevsimsellik;

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.33)$$

Tahmin;

$$F_{t+m} = L_t + b_{t+m} + S_{t-s+m} \quad (2.34)$$

Bu yöntemde de L_s ve b_s başlangıç değerleri için çarpımsal dönemsellik ile aynıdır.

Burada tek bir fark vardır. Oda mevsimsellik indekslerinin bulunmasındadır.

Başlangıç dönemsellik formülü aşağıdaki gibidir.

$$S_1 = Y_1 - L_2, \quad (2.35)$$

$$S_2 = Y_2 - L_2, \quad (2.36)$$

$$S_3 = Y_s - L_s \quad (2.37)$$

v) Trend (Eğim) Analizi

Trend analizi zaman serisinin düzensiz mevsimsellik ve konjonktürel değişimlerinin etkisinden kurtarılarak uzun bir devrenin etkisi altındaki değerlerinin elde edilerek bu verilere göre trendin şeklinin belirlenmesi ve bu şekil temsil edecek fonksiyondaki parametrelerinin tahmin edilmesidir. Bunun sayesinde bulunan denklem bize gelecekteki herhangi bir dönemde oluşacak tahmin için yardımcı olacaktır. Bu analizi yapmak için dört farklı yöntem vardır [5]. Bunlar:

- 1) Elle çizme yöntemi
- 2) Yarım ortalama yöntemi
- 3) Hareketli ortalama yöntemi
- 4) En küçük kareler yöntemi'dir.

1) Elle Çizme Yöntemi

Bu yöntemde daha önce belirlenmiş noktalar arasından eğri ya da doğru çizilmesi ile yapılır. Bu eğriyi ya da doğruyu çizerken her iki yanda eşit oranda nokta olacak şekilde çizilmesi ve çizilen eğrinin ya da doğrunun bu yöntem ile eşitliğinin çıkarılması esasına dayanır. Bu yöntemde kişiler kimi zaman birbirlerinden farklı çizimler yapabileceği için farklılıklar gösterebilir. Temel trend göstergesi olması açısından kullanılır. Basit ve sadedir [5].

2) Yarım ortalama Yöntemi

Zaman serisi iki eşit kısma ayrılır. Bu ikiye ayrılan zaman serilerinin her iki tarafı için de aritmetik ortalaması alınır. Daha sonra bu alınan aritmetik ortalamalar bir doğru ile birleştirilir. Burada seri elemanları toplamı çift sayı ise sistem tam olarak ikiye ayrılır fakat tek sayı ise ortadaki veri dikkate alınmadan işlem yapılır. Bu yöntem trendin doğrusal olduğunu varsaymaktadır ve serinin her iki kısmına da mevsimsel dalgalanmaların aynı olduğunu varsaymaktadır. Fakat bu varsayım her zaman geçerli bir varsayım değildir [5].

3) Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Bu yöntem ile, zaman serisi için uygun bir şekilde seçilmiş hareketli ortalamalar yöntemi konjonktürel dalgalanmaların etkisinden kurtulunabilir. Burada dalganın uzunluğu ve bu uzunlukların değişkenliği önemlidir. Uzunluklar sabit değil ise farklı hareketli ortalama yöntemleri seçilebilir [5].

4) En Küçük Kareler Yöntemi

En küçük kareler yöntemlerinde 2 değişken arasında bir ilişki olduğu kabul edilir. Burada değişkenlerden birisi bağımsız olur iken öbürü bağımlı değişken olur. Bu iki değişken arasındaki ilişkiden çıkan fonksiyon yardımı ile tahminde bulunulur. Sayısal modellerdeki parametrelerin tayinlerinde kullanılan yaygın, pratik ve güçlü bir tahmin metodudur. Modelin bilinmeyen parametrelerinin tahminine izin verir. Trendi hesaplamak için çok uygun bir yöntemdir [11].

Bu yöntem ile zaman serilerindeki her değer dahil edilerek trend bulunmaktadır. Serpilme diyagramlarında belirtilen noktalar içerisinde hata kareler toplamı minimum olacak şekilde bir doğru geçirilir. Zaman içerisinde gözlemlenen Y_i değeri doğru üzerine denk gelen $\hat{Y}$ olmak üzere;

Hata kareler toplamı $= \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2$ şeklinde yazılır.

X = bağımsız değişkeni

$\hat{Y}=aX+b$, a eğimi b ise doğrunun $x=0$ olduğundaki başlangıç sabit değerini gösterir [24].

$$\sum Y_i = \sum nb_0 + \sum b_1 X_i \quad (2.38)$$

$$\sum X_i Y_i = b_0 \sum X_i + b_1 \sum X_i^2 \quad (2.39)$$

$$b_0 = \frac{\sum Y_i}{n} - b_1 \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.40)$$

$$b_1 = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i) * (\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (2.41)$$

vi) Box-Jenkins Tahmin Modelleri

George Box ve Gwilym Jenkins tarafından 1970'li yıllarda geliştirilmiş olan bu model tek değişkene bağlı bir modeldir. Bu model tek değişkenli zaman serilerinde tahminleme için uygun modelin seçilmesi amacıyla sıklıkla kullanıldığı görülmüştür [24]. Yöntem kısa dönem için tahminlerde başarılı sonuçlar vermiştir. Bu metodun en önemli varsayımı, uygulandığı serinin eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olmasıdır. Zaman serisi modelinin geliştirilmesi aşamasında elde edilen stokastik sürecin zamana bağlı olarak değişip değişmediğinin bilinmesi gereklidir. Stokastik sürecin zaman boyunca değişmesi serinin durağan olmadığının göstergesidir ve bu durumda seriyi matematiksel olarak modellemek mümkün olmamaktadır. Durağanlık varsayımı y_t , k tane kendi eski ya da gecikmeli değerleri ve olasılıklı hata terimleri ile açıklanabilmektedir. Elde edilen model tahminleme için kullanılacak ise özellikle gözlem değerlerinin ortalaması ve varyanslarının ve olasılık fonksiyonları zaman içerisinde değişme göstermemelidir. Böylece durağan serilerden çıkarılacak olan tahmin modeli de durağan olacaktır.

Ortalaması sıfır, beklenen değeri sıfır olan sabit varyansı olan “Beyaz Gürültü (White Noise)” zaman serisi basit bir durağan serisidir. Varyansı sıfır noktasını kesmektedir. Durağan olmayan serilerde ise beyaz gürültü sürecindeki gibi belirli noktada toplanmamaktadır. Buna örnek olarak ise “Rastgele Yürüyüş (Random Walk)” süreci varyansı sabit değil, sabit ortalama etrafında dağılmaz ve bağımsız dağılımlara sahip durağan olmayan seridir. Box-Jenkins yaklaşımında durağanlığa ulaşabilmek için serinin yeterli sayıda farkları alınır. Doğrusal durağan stokastik modeller, gözlem değerleri sabit bir ortalama etrafında hareket ettiğini gösterir. Zaman serisi modellerinde esneklik sağlamak için en az sayıda parametre kullanma ilkesini gerçekleştirmek için bazı durumlarda modele hem otoregresif hem de hareketli ortalama modellerinin alınması faydalıdır.

Durağan olmayan doğrusal stokastik modeller, durağan olmayan bir zaman serisini durağan hale getirmek için ihtiyaç durumuna göre 1 ya da 2 kez farkı alınır ve d ile gösterilir. Bu tarz durağanlaştırılmış doğrusal modellere entegre modeller denir. Bu modeller Otoregresif süreç, $AR(p)$, Hareketli Ortalama Süreci $MA(q)$, Otoregresif Hareketli Ortalama Süreci $ARMA(p,q)$, Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Süreci $ARIMA(p,d,q)$ [8].

1) Otoregresif: $AR(p)$ Modeli

Bu model zaman içinde verilerin değişmeyeceği varsayımına dayanır. Buna örnek vermek gerekirse, 100 birim satış var ise bu farkı kapatmak için aylık 100 birim yerine konulur. Daha fazla veya daha az satış olması durumu olmaz ise süreç etkilenmez. Bu durum otoregresif süreçtir [12].

p : otoregresif terimlerin sayısı

e : hata

Y_t : t dönemine ait gözlem değeri

α : model parametresi olmak üzere;

$$Y_t = \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + e \quad (2.42)$$

şeklinde ifade edilir.

2) Hareketli Ortalama: MA(q) Modeli

Bu model süreci ise serinin gecikmeli hata terimi, şimdiki hata terimini etkileme durumunda tanımlanır. Bu yöntem şu şekilde ifade edilir [12].

q : hareketli ortalama terimlerinin sayısı

e : hata

β : model parametresi

Y_t : t dönemine ait gözlem değeri olmak üzere;

$$Y_t = \beta_0 e_t - \beta_1 e_{t-1} - \beta_q e_{t-q} \quad (2.43)$$

şeklinde ifade edilir.

3) Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Süreci: ARIMA(p, d, q) Modeli

Zaman serileri genellikle hem otoregresif hem de hareketli ortalama özelliklerini bir arada bulundurur. Box ve Jenkins bu iki modeli birleştirerek 1976 yılında ARIMA modelini önermiştir. ARIMA modelleri, durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellerdir. Durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellere “durağan olmayan doğrusal stokastik modeller” denir. Bu modeller d dereceden farkı alınmış serilere uygulanan, değişkenin t -dönemindeki değerinin belirli sayıda geri dönem değerleri ile aynı dönemdeki hata teriminin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiği AR ve değişkenin t -dönemindeki değerinin aynı dönemdeki hata terimi ve belirli sayıda geri dönem hata terimlerinin doğrusal fonksiyonu olarak ifade edildiği MA modellerinin birer birleşimidir. Modellerin genel gösterimi ARIMA (p, d, q) şeklindedir. Burada p ve q sırasıyla otoregresif(AR) modelin ve hareketli ortalama(MA) modelinin derecesi, d ise fark alma derecesidir[13]. Bu yöntem şu şekilde ifade edilir.

p : Otoregresif terimlerin sayısı

d : Durağan olmayan farkların sayısı

q : Hareketli ortalama terimlerinin sayısı

e : Hata terimleri sayısı

$$Y_t = \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + e - \beta_0 e_t - \beta_1 e_{t-1} - \beta_q e_{t-q} + \alpha_1 \quad (2.44)$$

şeklinde ifade edilir.

2.2.3. Yapay Sinir Ağları Yöntemi

İnsan beynin özelliklerini kendine baz alan bir matematiksel modelleme çeşididir. Yapay sinir ağları, biyolojik bir sinir hücresinin temel davranışlarından esinlenerek matematiksel modeli ortaya koyan bir algoritma ya da fiziksel araç olarak tanımlanabilir. Genel anlamda yapay sinir ağları, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar halinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle veya bilgisayarlarla yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak yapay sinir ağları, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Bu özelliği ile yapay sinir ağları eğitilebilir ve eğitildiğinde ise daha isabetli tahminlerde bulunulur [14][15].

Yapay sinir ağların yönteminde talep tahmini yapılırken diğer matematiksel modellerde olduğu gibi geçmiş veriler kullanılır ve parametre değerlerini belirlerken en küçük kare hatalarını minimize etmek esas alınır. Bu noktada uygun ağırlık değerlerini belirlemek için sinir ağları eğitilir. Uygun bir çözüm bulunana kadar iterasyon yapılır. Talep tahminle dahil bir çok uygulamada kullanılan standart bir sinir ağı 3 katmandan oluşur. Bunlar girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanıdır [12].

Bu katmanlardan girdi katmanı bağımsız her değişken için birer tane hücre taşır. Çıktı katmanında ise bağımlı değişken sayısı kadar hücre bulunur. Gizli katmanda ise farklı sayıda hücre bulunabilir, fakat genellikle girdi sayısının iki katını geçmez [12].

Talep tahmininde, regresyona dayanan istatistiksel yöntemlerle yapay sinir ağları arasında fazla fark bulunmamaktadır. Ancak ideal koşulların olmadığı durumlarda yapay sinir ağları daha üstündür. Yapay sinir ağlarının başlıca üstünlükleri şunlardır [12]:

Matematiksel modellerde, tahmin yapmak isteyen kişi değişkenler arasındaki ilişkileri anlatan bir fonksiyon yapısını varsayım olarak kabul etmesi gerekir. Yapay sinir ağları böyle bir yapıya ihtiyaç duymaz. Bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi kendisi öğrenir [27]. Özellikle doğrusal regresyon analizlerde bazı varsayımlar yapılması gerekir. Yapay sinir ağlarının bağımsız değişkenler belirsizliğinin giderilmesindeki üstünlüğü, herhangi bir varsayıma ihtiyaç kalmadan öğrenmesini sağlamasıdır. Önyargılı veya yanılırlı bir varsayıma dayalı modelde regresyon sonucu hatalı olur iken yapay sinir ağları bundan etkilenmez [12].

Yapay sinir ağlarının uygulama süreci yedi aşamadan oluşmaktadır [12].

- 1) Problemi Tanımlama: Tahmin yapılacak problemin belirlenmesi, sonraki adımlar açısından ilk ve en temel adımdır.
- 2) İlişkili Özellikleri Tanımlama: Fiyat talep ilişkisi, çevresel faktörler, içsel faktörler gibi talebi etkileyen özellikler ve bunların aralarındaki ilişkiler veri toplanmadan önce belirlenmelidir.
- 3) Veri Toplama: Talep Tahmininde kullanılacak geçmiş veriler, anketler, makro veriler tahmine baz olacak şekilde toplanmalıdır.
- 4) Veri Düzenleme: Veriler yapay sinir ağlarının kullanacağı şekilde normalize edilmelidir. Veriler (0-1) aralığında normalize edilir.
- 5) Yapay Sinir Ağını Kurma; Uygun yapay sinir ağı mimarisi seçilmesi, ara katman ve ara proses sayısının tespit edilmesi, toplama ve aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesi, ilk ağırlıkların ve momentumun atanması ve uygun eğitim algoritmasının atanması yapılmalıdır. Talep tahminlerinden en çok kullanılan eğitim algoritması geri yayılım yöntemidir.

6) Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi: Eğitim veri grubu kullanılarak yapay sinir ağlarının eğitilmesi yani uygun ağırlıkların belirlenmesi sağlanmalıdır.

7) Yapay Sinir Ağını Test Etme ve Doğrulama: Eğitilmiş olan ağı, gerçekten etkin tahminler yapıp yapmadığı test veri grubu ile ölçüli ve hatanın kabul edilebilir hata düzeyinde olup olmadığı kontrol edilmelidir.

3. CROSTON METODU

Aralıklı talep yapısına sahip ürünlerin talep tahmini için kullanılan klasik bir yöntem olan Croston yöntemi (1972), iki farklı üstel düzeltme tahminini kullanmaktadır. Bunlardan biri talep büyüklüğü diğeri ise talebin sıfır olmadığı durumlar arasındaki zaman aralıklarıdır. Croston talebin normal dağıldığını, talepler arasında gerçekleşen sürenin ise Bernoulli dağılımına uygun olarak dağıldığını varsaymaktadır. Ayrıca talep miktarı ile talepler arasında geçen sürenin birbirinden bağımsız olduğudur. Tahminler sadece yeni talep meydana geldiğinde güncellenir. Bundan dolayı Croston yöntemi talebin periodik gerçekleşmesi durumunda klasik üstel düzeltme yöntemiyle aynıdır. Croston yönteminde varyans basit üstel düzeltme yöntemindeki varyanstan daha düşüktür [16][17].

Croston tarafından aralıklı talep yapısına sahip ürünler için geliştirilen yöntemin algoritması aşağıdaki şekildedir[16][17].

y_t sıfırdan büyükse

$$z_n = \alpha y_t + (1 - \alpha)z_{n-1} \quad (3.1)$$

$$p_n = p_{n-1}(1 - \alpha) + \alpha q \quad (3.2)$$

$$y_t = z_n / p_n \quad (3.3)$$

$$q = 1 \quad (3.4)$$

y_t sıfıra eşitse:

$$z_n = z_{n-1} \quad (3.5)$$

$$p_n = p_{n-1} \quad (3.6)$$

$$q = q + 1 \quad (3.7)$$

t : zaman aralıklarının gözden geçirilmesi

n : talebin sıfır olmadığı dönemlerin sayıları

y_t : t dönemi için tahmin

Z_n : ortalama (μ) ve standart sapma (σ) ile talep miktarının sıfır olmayan gözlemleri

p : gelişler arasındaki sürenin ortalaması

q : talepler arasındaki süre (p ortalamayla geometrik dağılıma uygun dağılır.)

4. TAHMİNLEME HATA HESAPLARI

Tahminler yapıldıktan sonra bu yapılan tahminlerin takip edilmesi ve kontrol edilmesi süreci çok önemlidir. Tahminleme modeli geliştirilirken, model paramaterleri, tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki sapmayı minimize edecek şekilde belirlenir. Modelin verdiği değerlerin gerçek değerlerden ayrışma miktarı hata olarak tanımlanır. Uygulamada kullanılan çeşitli hata ölçütleri mevcuttur. Bu ölçütlerin en sık kullanılanları MSE, MAD, RMSE, MAPE, sMAPE ve MASE'dir.

4.1.Ortalama Hataların Karesi(MSE)

Bu hata yöntemi en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Herhangi bir t döneminde oluşacak tahmin hatası için e_t , t dönemi için tahmin edilen değer F_t ve t dönemi için gerçekleşen reel değer D_t olması durumunda[17];

$$e_t = D_t - F_t \quad (4.1)$$

Herhangi bir dönemde gerçekleşen tahmin hatası n . dönem için ortalama hatalar karesi yöntemi;

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (4.2)$$

4.2. Ortalama Mutlak Sapma(MAD)

Bu yöntem de tahmin hatalarının ölçülmesinde *MSE* kadar yaygın bir ölçüttür. Bu yöntem hesaplaması kolay fakat hataları doğrusal olarak değerlendiren bir ölçüttür. Bu yöntem aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır[17].

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (4.3)$$

4.3. Ortalama Hata Kareleri Karekökü(RMSE)

Bu yöntem basit bir şekilde ifade edilecek olur ise Ortalama Hataların Karesinin(*MSE*) karekökünün alınması ile bulunur[17].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \quad (4.4)$$

4.4. Ortalama Mutlak Yüzde Hata(MAPE)

Bu yöntemde ise hataların mutlak değerlerinin ortalamasının gerçek değerlerinin yüzdesi olarak gösterilmesi olarak hesaplanır[17].

$$MAPE = \frac{1}{n} * 100 * \sum_{i=1}^n \frac{D_t - F_t}{D_t} \quad (4.5)$$

4.5. Simetrik Ortalama Mutlak Hata(sMAPE)

Bazı hata yöntemleri(MAPE) talep değeri sıfır olan aralıklı talep tahmini yöntemlerinde kullanılamamaktadır. Bu gibi durumlarda sMAPE ile hata hesaplanır. Bahsi geçen yöntemin kullanılmasının iki nedeni vardır; birincisi talep değeri sıfıra yakın ve tahmin değeri taleple karşılaştırıldığında daha büyük yüzdesel hatanın büyümeyecek olması, ikinci sebebi ise hatanın simetrisidir. Talep değerinin tahmin değerinden daha büyük olması ya da aksi durumu önemli değildir, hata yine aynı hata olarak kalacaktır[17].

$$sMAPE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{|D_t - F_t|}{(D_t + F_t)/2} * 100 \quad (4.6)$$

4.6. Ortalama Mutlak Ölçekli Hata(MASE)

Bu yöntem Hyndman ve Koehler tarafından 2005 yılında geliştirilmiştir. Bunlar aralıklı talebe sahip ürünlerin talep tahmininde tahminin doğrulunun ölçülebilmesi için bulunmuştur. Bu kişiler, farklı ölçeklere sahip, sıfıra yakın ya da negatif verilerinin bulunduğu durumlarda Ortalama Mutlak Ölçekli Hatanın tahmin doğruluğunun ölçülmesinde en iyi yöntem olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu hata zaman serileri hesaplamalarında oluşacak sıfır ve sonsuz hata olasılığını minimize eder[18].

$$MASE=\text{ortalama}(|Q_t|) \quad (4.7)$$

$$Q_t=\frac{e_t}{\frac{1}{n-1}*\sum_{i=2}^n|D_t-D_{i-1}|} \quad (4.8)$$

5. GIDA SEKTÖRÜ HAKKINDA

Gıda sektörü dünyada ve ülkemizde sürekli gelişen ve büyüyen sektörlerin başında gelmektedir. Sektör tekelleşmenin hakimiyetinde olmayıp, binlerce şirketi içinde barındırmaktadır. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki; 2007 yılında gıda sektörünün en büyük 10 şirketi genel pazarın yalnızca %12,9'unu elinde bulundurmaktaydı. Aynı zamanda sektördeki en büyük küresel oyuncu ise Avrupa Birliği iken ABD ve Çin Avrupa Birliği'nin hemen arkasından gelmektedir[19].

Ülkemizde 1924 yılında bisküvi üretimi ile başlayan gıda imalatı sektörü bugün yerini çoğunluğu yeni makinalar ile donatılmış tesislerde üretim yapılmasına bırakmıştır. Ülkemizde özellikle Orta Anadolu, Marmara, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde bulunan kırktan fazla fabrikada yıllık yediyüz bin ton düzeyinde üretim yapılmaktadır [20].

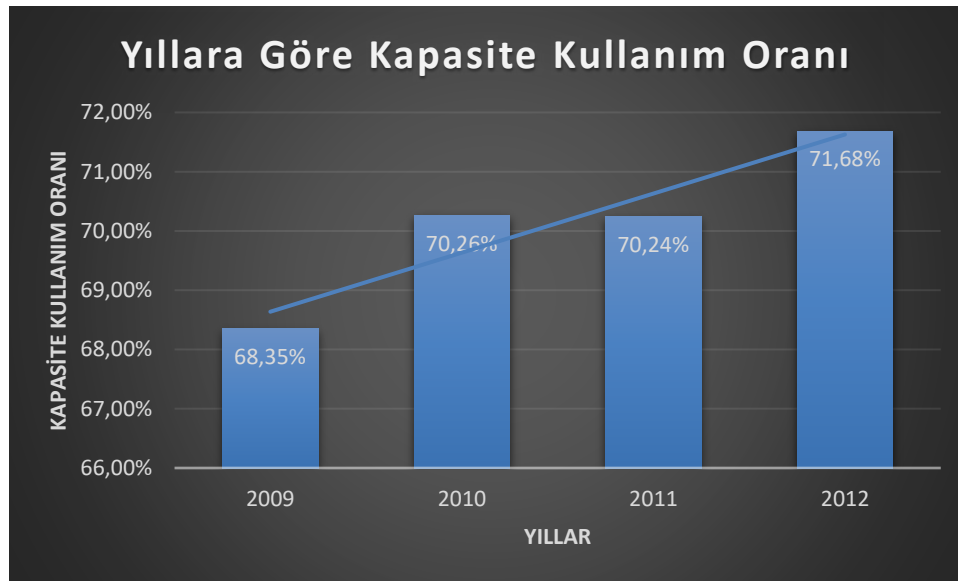
Ülkemizdeki gıda sektörü genel üretim sektörleri içerisindeki iş hacmini gittikçe arttırmaktadır. Aynı zamanda gelişen ve değişen dünyanın etkisi ile de tüketiciler üreticilerden yüksek standartlarda ürünler talep ettikçe üretici de bu yönde kendini geliştirmekte ve yaptığı yatırımlarla kendi verimini arttırmaktadır. Özellikle genç nüfusun artışı ile azalan işgücü ihtiyacına istinaden, genel olarak sektöre verilen ihracat teşvikleri uygulamaları ile birlikte sektör ekonomide ilgi odağı haline gelmiş ve

bununla beraber sektöre yönelik yatırımlar artmıştır. Gıda sektörü yaklaşık olarak %18-20 oranında üretime katkı sağlaması nedeni ile de imalat sektöründe önemli bir paya sahiptir[3]. Sektör aynı zamanda, Türkiye Kalkınma Bankası tarafından oluşturulan genel performans sıralamasında 110 sektör içerisinde 22'nci sırada yer almıştır. Bu da sektörü gelecek vaat eden sektörler arasına sokmuştur[20]

Gıda sektörü 2009-2012 yılları arasında işyeri ve istihdam sayılarını sürekli arttırmıştır. 2009 yılında 36 bin civarında olan işyeri sayısı buna karşılık 340 bin kişiye istihdam sağlarken;2012 yılına geldiğimizde ise 40 bin civarında işyeri ile yaklaşık 400 bin kişiye iş imkanı sunmaktadır. Yine aynı süreçlerde kapasite kullanım oranı 2009 yılında yüzde 68,35 iken 2012 yılında ise yüzde 71,68 oranına ulaşmıştır[21].

Çizelge 5.1 Sektörün İşyeri Sayısı ve İstihdamı(Kaynak: <http://www.sgk.gov.tr>)

	2009		2010		2011		2012	
	İşyeri	İstihdam	İşyeri	İstihdam	İşyeri	İstihdam	İşyeri	İstihdam
GIDA SEKTÖRÜ	36.396	338.852	37.686	354.743	39.379	379.772	40.377	406.091



Şekil 5.1 Sektörün Kapasite Kullanım Oranı(Kaynak: <http://www.tcmb.gov.tr>)

Sektör tüm mal gruplarında rekabet üstünlüğü sağlayabilecek bilgi, birikim ve teknolojiye sahip olmakla beraber iç pazardaki zayıf alım gücü, dış pazarlarda ise genel anlamda ülkenin ve markaların imajlarının yetersizliği nedeni ile ağırlıklı olarak ucuz segmentte mal üretilmekte ve yine aynı kategoride yer alan rakiplerine kalite ve çeşitlilik imkanları ile üstünlük sağlamaktadır[22].

Gıda sektörü her ne kadar günümüz ihtiyaç ve talepleri doğrultusunda değişmek ve yenilenmek zorunda ise de temel tüketim malzemeleri olması sebebi ile vazgeçilemez bir sektördür. İnsanların hayatlarında devam edebilmeleri için gıdaya ihtiyaç duydukları şüphesizdir, bu noktada gıda sektörü günümüz insanlığına ihtiyaçları doğrultusunda ürünler sunmaktadır. Gıda sektörünün vazgeçilmezliği örneklenilmek gerekir ise; 2008 yılındaki küresel ekonomik krizde temel ihtiyaç olmayan ev eşyalarına yapılan harcamalar azalmışken temel ihtiyaç malzemelerinden olan gıdaya yapılan harcamalar sabit kalmıştır. Kaldı ki; bazı noktalarda ekonomik daralmanın tüketim alışkanlıklarına etkilemiş olmasına rağmen, kişilerin kaliteye olan ilgisi ile sağlık ve sürdürülebilirlik tüketimde halen önemli bir role sahiptir. Buna da örnek vermek gerekir ise 21 Temmuz 2009 yılında Time Magazine Dergisinde “Organic Food Sales Remain Strong” adlı yazı ile ABD ‘deki organik gıda satışlarının sabit kalması gösterilebilir[19].

Ülkemiz açısından da tüm dünyaya benzer bir eğilim söz konusudur. Türk halkı 2007-2008 yıllarında gıda ve tütün için gerçekleştirdiği harcamalar %26 düzeylerinde iken 2009-2010 yıllarında %27-27,5 seviyeline çıkmıştır ve artışa devam etmiştir. Yine aynı dönemlerde tüketicilerin sektörlere yaptığı harcamalar 120 milyar dolar iken(2007 yılında), devamında 130 milyar dolara çıkmıştır(2008 yılında)[19].

6. ÇİKOLATA SEKTÖRÜ VE TAHMİNLEME

Avrupa'da yaklaşık olarak bir kişinin çikolata tüketimi 7-7.5 kg civarlarında iken ülkemizde yıllık olarak 3.1 kg çikolata tüketen insanımız bu alışkanlığı ile coğrafi olarak yakın bulunduğumuz Avrupa ülkeleri başta olmak üzere diğer dünya ülkelerinin oldukça gerisinde bir sıralamada yer almaktadır. Ülkemizdeki üretim rakamlarına bakmak gerekir ise; 2016 yılında sadece çikolata olarak 237 bin ton

Üretim yapıldığı ve pazarın bu sayı ile yaklaşık olarak 5.3 milyar türk lirası hacime ulaşmış olduğu bilgisi elde edilecektir [23].

Gerek lkemiz gerekse de diğer dünya ülkeleri açısından düşünüldüğünde herhangi bir ürünün istenilen şekilde ihracatının ve ithalatının yapılabilme imkanı vardır. Kısacası uluslararası ölçekte yer alabilmek için her pazara hitap edebilme yeteneğne ve kapasitesine sahip olmak gerekmektedir. Bu da farklı eğilimlere ve farklı kültürlere hitap edilmesi gerektiğ anlamına gelmektedir. Ülkemiz açısından dahi farklı bölgeler ele alındığında çikolata tüketim eğilimlerinde farklılıklar göze çarparken dünya bazındaki rakamlarda farklılıkların ortaya çıkması oldukça olağandır. Bugün bile Marmara Bölgesi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki oluşan tüketim farklılıkları buna en basitinden örnek teşkil edebilir[24].

Aşağıda yer alan tablolardan da anlaşılacağı gibi ülkemiz son 4 yıl içerisinde toplam yaklaşık olarak 150 milyar dolar bandında ihracat yapmıştır. Çikolata ve çikolata bazlı ürünler gümrüklerde 18 numaralı fasıl üzerinden kayıt yapılarak ihraç edilmektedir. Resmi kayıtlar göstermektedir ki; çikolata ve şekerleme sektörü her yıl ortalama olarak genel ihracata yüzde 0,3-0,4 oranında katkıda bulunmuştur. Bunun yanı sıra Tablo.2'de görülen ülkelerde ise bu yapılan ihracatın hangi ülkelere yapıldığı gösterilmektedir. Son 4 yılda Irak büyük farklarla 1. gelirken İran ise hemen onun arkasında 2. sırada yer almıştır. Genel olarak Arap lkelerinin rağbet ettiğ sektör, bu coğrafiyadaki siyasi dalgalanma sebebi ile kısmi olarak küçülme göstermiştir. Tablodan da grleceğ gibi ilk iki sıradan sonraki sıralamalarda bazı değşiklikler yaşanmıştır. Sıralamada değşiklik yaşanmasının temel nedenleri ise; ülkeler arası siyasi olaylar ve bazı ülkelerin iç piyasada üretim yapan yerli şirketleri desteklemek adına aldığı siyasi veya ekonomik kararlardır. Resmi veriler göstermektedir ki; çikolata ve şekerleme gezgin bir gıda maddesi olup, bu durum ürün gruplarının çeşitlenmesini sağlamıştır. İhracat yapılan ülkelerin coğunluğu Arap Yarımadasında yer alan ülkeler gibi gözükse de bu ülkelerin de birbirleri arasında farklılıklar mevcuttur. Sektörün genel olarak sezonsal etki yaşamasının sebebi de ihracat yapılan ülkeler ile aynı coğrafiyada bulunuluyor olması ve aynı dinsel-kültürel eğilimde olunulmasıdır.

Çizelge 6.1 Yapılan İhracatın Genele Oranı(Kaynak: TÜİK)(milyon dolar)

	2013		2014		2015		2016	
	Yapılan Toplam İhracat	Genelde Oranı	Yapılan Toplam İhracat	Genelde Oranı	Yapılan Toplam İhracat	Genelde Oranı	Yapılan Toplam İhracat	Genelde Oranı
GTİP 18	\$612	0,403%	\$638	0,405%	\$555	0,386%	\$476	0,3341%
Toplam İhracat	\$151.802		\$157.610		\$143.838		\$142.529	

Çizelge 6.2 Son Yıllarda En Çok İhracat Yapan Ülkeler(Kaynak: TÜİK)(milyon dolar)

2013			2014			2015			2016		
Ülke	Yapılan İhracat Tutarı	Oran	Ülke	Yapılan İhracat Tutarı	Oran	Ülke	Yapılan İhracat Tutarı	Oranı	Ülke	Yapılan İhracat Tutarı	Oran
Irak	\$113	19%	Irak	\$107	17%	Irak	\$96	17%	Irak	\$83	18%
İran	\$36	6%	İran	\$45	7%	İran	\$44	8%	İran	\$43	9%
Libya	\$35	6%	S.Arabistan	\$34	5%	S.Arabistan	\$37	7%	S.Arabis tan	\$32	7%
Cezayir	\$32	5%	Cezayir	\$32	5%	Libya	\$28	5%	BAE	\$24	5%
İsrail	\$31	5%	Libya	\$27	4%	BAE	\$23	4%	İsrail	\$20	4%
S.Arabistan	\$24	4%	Suriye	\$25	4%	İsrail	\$21	4%	Cezayir	\$13	3%
Azerbaycan	\$23	4%	BAE	\$25	4%	Cezayir	\$19	3%	Lübnan	\$11	2%

Çizelge 6.2 devam ediyor.

BAE	\$21	3%	İsrail	\$24	4%	Mısır	\$18	3%	ABD	\$10	2%
Yemen	\$19	3%	Azerbaycan	\$23	4%	Suriye	\$16	3%	Yemen	\$10	2%
Suriye	\$15	3%	Yemen	\$22	4%	Azerbaycan	\$14	3%	Libya	\$9	2%
Toplam	\$612		Toplam	\$638		Toplam	\$555		Toplam	\$476	

Bölgesel tüketim farklılıklarının yanı sıra çikolata sektöründe hem mevsimsel hem de trend bazlı değişimler mevcuttur. Sektör havaların soğuması ile birlikte ekim ayından itibaren yükselen bir trende girmektedir[24]. Bu trend Mart-Nisan ayları gibi azalmaktadır. Burada hem tüketicilerin ilgilerinin değişmesi hem de ürünlerin çabuk erimesinden dolayı depolama ve nakliyelerde oluşan zorluklardan ve mali yüklerden dolayı yavaşlama gerçekleşmektedir.

Sektöre duyulan ihtiyaç ve talepler dini bayramlardan özellikle de Ramazan (Şeker) Bayramı öncesinde en yüksek seviyeye ulaşmaktadır[24]. Bu zamanlarda artan talepler bayramın bitmesi ile azalmakta ve ürün yelpazelerinde değişimler yaşanmaktadır.

Sektör ürün yelpazesinin çok geniş ve geliştirilebilir olması, aynı ekipmanlar ile birbirinden farklı ürünler çıkarabilmesi, hem trend olarak değişimler yaşaması hem de özellikle bayramlarda aşırı talepler gelmesi nedeni ile özellikle tahminleme de çok güç durumlar yaratabilmektedir. Özellikle dini bayramların üretimi ile trend üretiminin çakışması sonucu artan talebe karşılık yapılan üretimler sonrası talebin birden azalması nedeni ile üreticiler hızlı bir şekilde tüm talepleri karşılamak durumunda kalmaktadır. İşte tam da bu noktada tahminlemenin önemi ortaya çıkmaktadır. Birbirleri ile uyuyan makineler yardımı ile bu geçici ancak karlı süreçleri hem iyi yönetmek hem de asgari müştereklerde tüketici ile buluşmak gerekmektedir. Eğer bu süreçler doğru planlanmaz ise hem üretici hem tüketici devamındaki süreçlerde çok düşük karlılık veya stok fazlası gibi ticari sorunlar yaşayabilmektedir.

7. R CODE HAKKINDA BİLGİ

Temeli 1976 yılından bu yana istatistiksel programlama dili olarak geliştirilen “S” diline dayanan “R” açık kaynaklı bir program olarak 1990 yılında Auckland Üniversitesinde İstatistik Bölümü Öğretim üyeleri Ross IHAKA ve Robert GENTLEMAN tarafından yazılmıştır. Daha sonralarında ise dünyanın çeşitli yerlerindeki araştırmacılar “R” geliştirmek için bir araya gelmişlerdir. 1997 yılında bu gruba “R Core Team” denilmiştir. Bu programın ilk sürümü “R Core Team” tarafından 2000 yılında yayınlanmıştır ve günümüzde sürekli olarak güncellenerek gelmiştir[25].

R programı aslında bakıldığında veri işleme hesaplama ve grafik gösterimi birçok konuda bize yardımcı olur. Bu program birçok konuda istatistiki ve grafiksel analizleri içerir. Ayrıca en büyük özelliği ise açık kaynaklı olmasıdır. Bu da programın herkes tarafından geliştirilmesi ne olanak sağlar. “C” diline benzediği için özellikle kod yazmayı kolaylaştırır. Diğer paket programların aksine “R” bir geliştirme ortamıdır. Yani kısacası özgür bir yazılımdır [25].

R programı kısacası hem hızlı hem de ücretsizdir. Bunun yanı sıra sürekli güncellenmektedir. Diğer diller ve programlar ile bağlantı yapabilir ve aynı zamanda işletim sisteminden bağımsız olarak çalıştırır. Fakat bu programında bazı eksik noktaları mevcuttur. Bunların başında öğrenme zorluğu hata yapmanın kolaylığı ve veriyi hazırlama süreçleri bunların başında gelir [25].

Her ne kadar “R” programının da eksi yanları olsa da bu program özellikle sürekli yenilenme imkanı ve sınır tanımaz olması nedeni ile veri analizlerinden çok önemli bir yer tutar. Bu sebeplerden dolayı bu tez çalışmasında bu program ile analiz yapılacak kod geliştirilmiş ve sizlere sunulmuştur.

8. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde çalışmanın yapıldığı alan olan tahminleme üzerine makaleler seçilmiştir. Seçilen makaleler farklı yöntemleri inceleyen, yöntemler arasında performans testi yapan ve aralıklı talep tahminleri üzerine çalışan makaleler üzerine çalışanlar arasından seçilmiştir.

“Syntetos et al., [26]” bu çalışmada ise basit parametrik yöntemler ile parametrik olmayan yöntemleri karşılaştırmıştır. Bu yöntemleri farklı sektörlerde farklı data setleri ile karşılaştırılmış ve çıkan sonuçlar yorumlanmıştır.

“Syntetos et al., [26]” bu çalışmada iki çeşit data kullanmışlardır. Bunlardan ilki mücevherat sektöründen alınmıştır. Bu datalar 1 yıllık olup, haftalık olarak bilgi gelmektedir. Gelen datalar ucuz bir ürün olan kostüm mücevheratı için alınmıştır. Bu datalarda talep aralıklarının ortalamasının 4.4 hafta olarak bulunmuştur. Gelen sipariş ise genellikle 1 ya da 2 ürüne gelmektedir. Ürünlerin stok yenilenme süreleri ise 1 hafta olarak kayda geçmiştir. İkinci dataların alındığı firma ise elektronik sektörü firmasıdır. Bu firmada ise 4 yıllık bir data mevcuttur ve firma aylık taleplere göre hareket etmektedir. Ortalama sipariş süresi ise 2.6 ay olarak kayda alınmıştır. Bu firmaya gelen taleplerin hepsinin talep aralıkları ayrıdır ve büyüklükleri birbirlerinden farklı olup, bu da zaman zaman aykırılık yaratmaktadır. Elektronik ürünlerde ise bekleme süresi 3 aydır ve mücevherat sektöründen daha zordur. Burada daha önceki çalışmalardan da görüleceği gibi geleneksel hatalar ile envanter fiyatı ve müşteri memnuniyeti ölçümü arasında zayıf bir bağ vardır. Bu çalışmada ise klasik tahminleme hataları egale edilip tahminleme direkt olarak stok kontrol etkisi ile ilişkilendirilmiştir. Buna göre daha önce Gardner, [34]; [35] önerdiği gibi tradeoff eğrileri kullanılmalıdır. Bu çalışmada bu eğriler ile toplam envanter yatırım ve müşterisi servisi arasındaki ilişki ölçülmüştür. Bu çalışmada bir başka öneri daha olmuştur. Performansı değerlendirmek için ortalama regret metrics veya eski stok değerlerini baz alarak sıfır değerinde bir stok anlayışını sağlayan bir kesin emniyet stoğu hesaplanmıştır. Bu alternatif formül ile hedef servis değerinin ölçümü sabitlenir ve bunun için gerekli olan yatırım aranır. Bu simülasyon performansı ise periyodik olarak artan sipariş seviyesi kontrol sistemine göre ölçülmektedir. Bu yöntem oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü bu yöntemde yalnızca bir tane parametre optimize edilmektedir. Stok kontrol düzeni bütün siparişlerin depodan teslimi ilkesine bağlı olarak karşılama oranına göre belirlenmekte ve buna da siparişi karşılama oranı denilmektedir. Teste başlamadan önce ise; tahminleme yöntemleri aynı zaman sürelerinde kayda alınmıştır. Siparişi karşılama oranları %80,%90,%95 ve %99 seviyelerinde ölçülmüştür. Diğer hata ölçümleri ise kabul edilmemiştir çünkü bootstrapping yöntemler bazı ölçümlere direkt olarak izin vermemektedir. Parametrik

yöntemler için ise; siparişi artan dönem için kümülatif dağılımın tersi olarak düşünülmektedir. Yenilenme kararları için ise her dönem sonunda bakılır ve bunun sonucunda yeniden bakılma zamanı bire eşit olmaktadır. Bu yöntemler için varyansın ortalamadan büyük olması gerekmektedir fakat bazı durumlarda ise varyans ortalamanın 1.1 katı olabilmektedir. Bunun için Sam(1995) sağlam sonuçlar verdiğini söylemiştir. Parametrik yöntemleri test etmek için ise bütün stok ürünleri iki parçaya ayrılmakta ve örnek içinde başlangıç ve optimize süreçlerinde örneklem dışı ise performans raporlamasında kullanılmaktadır. İlk 12 gözlem burada başlangıç örnekleminin seviyesi için ortalama ve Croston metodunda başlangıç talep büyüklüğü ve aralığı için kullanılmaktadır. Mevcut verileri ise en iyi şekilde kullanmak için optimizasyon bloğu başlatmalıdır ve bu blok aynı oranda genişletilmelidir. İlk 24 gözleminde onun optimizasyon bloğu olarak kullanılmaktadır. Bulunan değerler 0,05 ve 0,30 arasında 0,01 artışla Ortalama Kareli hatayı minimize etmektedir. Varyans kümülatif tahminleme ile sabit tahminleme parametresi 0,25 ile analiz edilir. Orijinal Croston'da bazı tahminleme parametreleri bütün talep büyüğü ve aralığına göre güncellenir. Wss yönteminde ise örnek içerisindeki veriler başlangıç verisinden başlayarak artan siparişler ile hesaplanır. Bunlar farklı zaman formatlarında güncellenir.

“Kourentzes [27]” bu makalede sinir ağları yöntemi yardımı ile aralıklı talep tahminlenmesi üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada ele alınan konu klasik tahminleme yöntemlerinin yanı sıra yeni buraya sinir ağları yöntemi ile çözüm bulmayı denemiştir.

“Kourentzes [27]” bu makalede önerilen sistemin performansını değerlendirmek için 1000 malzemeli büyük ölçekli bir seri hazırlamıştır. Burada kullanılan veri kümesi Syntetos et al., [33] tarafından tanımlanmıştır. Bu tanımlama aralıklı talep zaman serilerini tanımlamak ve serileri simüle edip gerçekçi parametreleri tanımlamak üzere kullanılmıştır. Bu çalışmada veriler talebi anlatan 3000 adet seriyi içermektedir. Bu süreç 2 yıllık bir süreç olmakla beraber talepler ise aylık olarak alınmaktadır. Bu çalışmada aralıklı taleplerde ve sıfır olmayan taleplerde ampirik olarak dağılımlar yaklaşık olarak düşünülmüştür. Bundan dolayı çalışmada yeni zaman serileri inşa edilmiştir. Her zaman serisi için yaklaşık olarak 236 gözlem yapılmıştır. Bunlardan herhangi 36 adeti hariç ve hepsi 3 yıllık datalar olmak ile beraber, örnek data olarak kullanılmıştır. Geriye kalan 100 tane gözlem ise örneklem dışı data, 100 tanesi de

alışma süresi datası olarak kullanılmıştır. Bu modeller sadece tahminleme için değil ayrıca stok kontrolleri için de kullanılmıştır. Bu da her malzeme için sipariş ve stok değerlerini simüle etme gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. Bunu başarmak için ise ilk olarak simülasyon alışma sürecinde incelemeler yapılmıştır. Bununla beraber herhangi bir data kayıt altına alınmadan örneklem dışı data için uygun hale getirilmiştir. Bu da modellerin normal davranış ve stok seviyesine ulaşmasını sağlamıştır. Buradaki birinci çalışmada sıfır olmayan talep ve aralıklı talep arasında bağımsız olduğu düşünülmüşse de bunun her zaman geçerli olmayacağına karar getirilmiştir. İkinci çalışma da ise modeller arasında bağıllık olan varyanslar için lineer ve lineer olmayanlar çalışacak biçimde tasarlanmıştır. Veriler tüm zamanlar için araya getirilmiş ve burada bir çizelge çizilmiştir. Çizilen çizelge de yoğunluğu göstermek için Gaussian Çekirdeği sistemi baz alınmıştır. Karanlık olanlar yüksek yoğunluğu işaret etmektedir. Çizimde normal talepler 20'den fazla gelir iken yüksek taleplerde 416'dan fazla geldiği için bu da okumayı zorlaştırmıştır. Bunun sonucunda Croston'un varsaydığı gibi aralıklı talepler ile sıfır olmayan taleplerin birbirinden ayrı düşünülmemeyeceği ortaya konulmuştur. Bu verilere bakılarak uygun olacak bir biçimde ikinci dereceden polinomlar bulunmuş ve böylelikle daha doğru verilere ulaşılmıştır. Burada bulunan polinomlar Buyessian Informatin Criteria'ya göre otomatik olarak düzenlenmiştir. Yapılan bu araştırma neticesinde Sinir Hücrelerinin doğrusal olmayan çalışmalarda performansının artması beklenilmektedir.

“Syntetos et al., [28]” bu çalışma tedarik zinciri açısından tahminlemeyi incelemişlerdir. Yapılan çalışmada en önemli sorunun teorik bilgiyi pratik bilgiye dökmekte olduğu düşünülmüştür. Bu araştırma da esasında gelecekte ki olası araştırmalara yön verilmek amaçlanmıştır. Bu çalışma tahminlemeye her yönden bakmaya çalışmış ve metodolojiye katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

“Syntetos et al., [28]” bu çalışmada gerçekte var olan pratik ve teorik arasındaki sorunları çözmeyi istemişlerdir. Bu çalışmada diğer çalışmaların aksine tek bir açıdan inceleme yapılmamış, talep gereksinimlerinin tahmin etmek için bir kademe daha yukarıya çıkılarak ve bütün tedarik zinciri biçimleri beraber incelenmiştir. Tedarik zinciri için 4 anahtar işlevleri için datalar hazırlanmıştır.

Kademe Boyutu; Talebin belirli özelliklerine yol açar. Çeşitli tedarik zinciri seviyeleri boyunca yayılır.

Konum Boyutu: Kümelenme ve hangi yerler olacağına ilişkin sorulara yer verir.

Ürün Boyutu: Ürün adreslemelerinde ve hiyerarşide yol göstermek için kullanılır.

Zaman Boyutu: Farklı türde hiyerarşi oluşturan konular.

Bu çalışmada buradaki yazan her boyut için farklı boşluklar tespit edilmiş ve çalışmaların hangi verilen baz alınarak yapıldığı üzerine tartışılmıştır. Bu çalışmada asıl amaçlanan hedefin ise; gelecek için data ve yazılım sonuçları oluşturmaktır. Yine bu çalışma ile gelecekte yapılacak olan çalışmalara yol göstermek istenmiştir çünkü tedarik zinciri tahminlemesi hızlı gelişen ve bol miktarda ilgili akademik araştırma yapılan bir daldır. Bununla beraber sanayi ve üniversiteler arasındaki işbirliği geliştirilmek istenmiştir[28].

“Nikolopoulos et al., [29]”bu yöntemde klasik talep tahmini yöntemlerinin yanı sıra nearest neighbor yöntemi ile daha kısa bir sürede sonuca ulaşmayı hedeflemişlerdir. Klasik yöntemlerde(croston gibi)çok fazla data setine ihtiyaç duyulurken ve bu yöntem ile data setine duyulan ihtiyaçların azaltılabileceğini belirtmiştir.

“Nikolopoulos et al., [29]”bu çalışmada ilk olarak zaman serilerinde de yer alan birbiri ardına gelen siparişlerde arada kalan zamanın aynısını bu yöntemde uygulamışlardır. Ama bu yöntemi uygularken geçmişten gelen bilgiye “Spesifik bir gecikme” eklenmiştir. Bu gecikme vektörü sayesinde sıfır değerini elde edilebilmiştir. Burada iki sipariş arasında zamana “Komşuluk fraksiyonu” ismini takılmıştır. Mesafeler bütün olası komşuluk faaliyetlerinden başlar ve küçük olandan başlayarak sıralanır. Burada bağlar birden çok komşu olmasına izin verebilmektedir. Daha sonra bu çalışma 13 haftalık elde edilen data seti ile karşılaştırılmıştır. Bu datalarda 6 tane “0” değeri ve 7 tane sıfır olmayan değer mevcuttur. Bu çalışmada 14. Değer ise “holdout” değeri olmuştur ve onun sonucuna bakılmıştır.

“Petroopoulos et al., [30]” bu çalışmada ise aralıklı talep verilerinin tahmini üzerinde çalışmıştır. Aralıklı zaman ile toplama kullanan standart çerçevenin aksine, aralıklı talep tahmini için talep hacimleri üzerinde toplama yeni bir sistem önermişlerdir. Bunu

başarmak için yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur. Bu yeni algoritmanın sıfır olmayan taleplerin varyans azaltmasının bir sonucu olarak düzensiz ve yakın talepler üzerine en iyi şekilde sonuç vermesi beklenmiştir. Tahmindeki iyileşme otomotiv ve savunma sektörlerinden gelen yedek parça veri setinde 8000'den fazla zaman serilerinde yapılarak ampirik olarak gösterilmiştir. Bununla beraber, bunların stok denetimi değerlendirilmesi sağlamak için bir simülasyon yapılmıştır. Bu çalışma ileride daha da popülerleşebilir veya ileri de yapılacak çalışmalarda da geleneksel yöntemlerin yanında kullanılabilir.

“Petroopoulos et al., [30]” çalışmada gerçek data setlerini kullanmışlardır. Bu verilerden ilki otomotiv sektöründen bir firmadan gelmiştir. Bu veriler yaklaşık olarak 2 yıllık bir geçmişe sahiptir. İkinci data setleri ise havacılık endüstrisinde çalışan bir firmaya aittir. Bu firmada ise yaklaşık olarak 7 yıllık bir data seti mevcuttur. Mevcut bu iki data setlerinde siparişler aylık olarak alınmışlardır. Bu setlere yapılan farklı tahminlemeler sonucu ortaya çıkan hatalar karşılaştırılmıştır. Bu hatalar MAE, sMAE, sMSE ve MASE'dir. Bu kullanılan hata ölçüleri ile hataların performansı göreceli olarak göstermesi amaçlanmıştır. Bunlar 3 farklı ölçüt ile düşünülmüştür. Bunların dışında kalan hatalar ise; stok kontrol açısından değerlendirilmek üzere bir simülasyon ile simüle edilmiştir ama bu simülasyon ilk olarak Kourentsez(2014) tarafından simüle edilmiştir. Bu simülasyonda ilk 60 adet data alıştırma süreci olarak tanıtılmıştır. Daha sonra ki 1000 adet data ise alıştırma süresi, geriye kalan 120 adet data ise gözlem olarak düşünülmüştür. 4 farklı servis seviyesi seçilmiş(%80,%90,%95,%99) ve yapılan işlemlerde sistem üzerindeki sıfır sipariş olan zamanlarda görülmüştür. Bunlar sonucunda yapılan işlemlerde uzun bir alıştırma dönemi seçilmiştir. Bunun nedeni ise kötü sonuçları elemine etme isteğinden kaynaklanmıştır. Bu çalışmada teslim süresi 1-5 hafta düşünülmüştür ve stok fazlası üretim yapılmamıştır. Yapılan çalışmada iki tane miktar takip edilmiştir. Bu takip edilen hatalarda bağımsız hale gelmek için ölçek yapılmış ve sonuçları zaman serilerinde özetlenmiştir.

9. VERİ ANALİZİ

Aralıklı verilerde birçok dönem için gözlem olmadığı için bu dönemlere sıfır değeri girilmektedir. Gerçek değerlerle (sıfır olmayan), gerçek değerlerin gözlenme sıklığı aralıklı verilerde en önemli iki parametreyi oluşturmaktadır. Bu iki parametrenin istatistik analizi tahmin modeli seçiminde çoğu zaman isabetli bir model seçilmesine yardımcı olmaktadır.

9.1.Talep Modelleri Sınıflandırılması

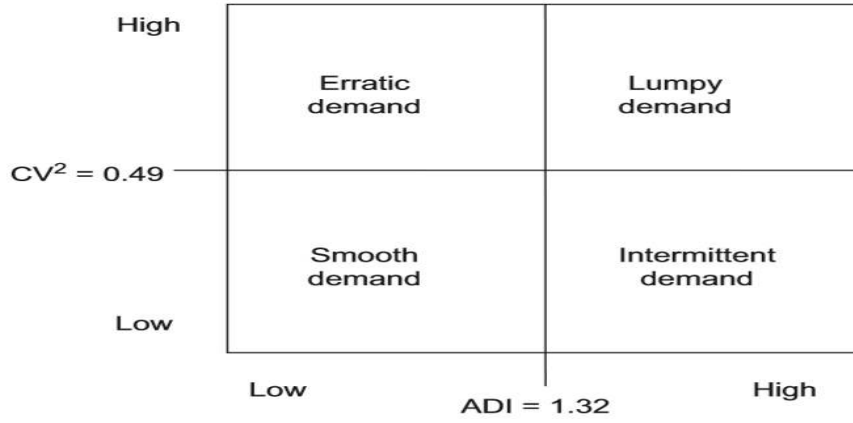
Talep modelleri sınıflandırılması ilk olarak Willemain [32] tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmada talep boyutlarının, işlem değişkenliğinin ve teslim sürelerinin varyansına talep varyansını ayırmıştır. Daha sonra Willemain [32]'in bu fikri Syntetos et al., [33] tarafından geliştirilerek biraz daha farklı bir yapıya büründürülmüştür. Talebin sıklığının(ADI), talebin değişkenliğinin varyans katsayısının karesinin(CV^2) birbirleri ile ilişkileri sonucunda kategorizasyon yapılmıştır. Bu kategorizasyon yapılırken ise sadece talebi sıfır olmayan günler üzerinden işlemler gerçekleştirilmiştir ve kategorizasyon 4'e ayrılmıştır. Geliştirilen bu kategorizasyon yapılırken parametre değerler için eşik değeri $CV^2=0,49$ ve $ADI=1,32$ olarak belirlenmiştir[17].

Düzgün(Smooth) Talep($x < ADI$ ve $y < CV^2$): Miktarda sınırlı bir değişim ile zaman içinde düzenli gelen taleplerdir[17].

Değişken(Erratic) Talep($x < ADI$ ve $y > CV^2$): Zaman içinde düzenli dağılım olduğu ancak miktardaki büyük değişimlerin olduğu taleplerdir[17].

Aralıklı(Intermittend) Talep($x > ADI$ VE $y < CV^2$): Fazla aralık gelen taleplerde ve gelen talep miktarlarında fazla fark olmadığı taleplerdir[17].

Düzgün olmayan(Lumpy) Talep($x > ADI$ ve $y > CV^2$): Fazla aralıklar gelen talepler, taleplerin arasında taleplerin olmadığı günlerin fazla olduğu ve miktarlar arasında çok fazla fark olduğu durumdaki taleplerdir[17].



Şekil 9.1 Talep Modeli Kategorizasyonu[36]

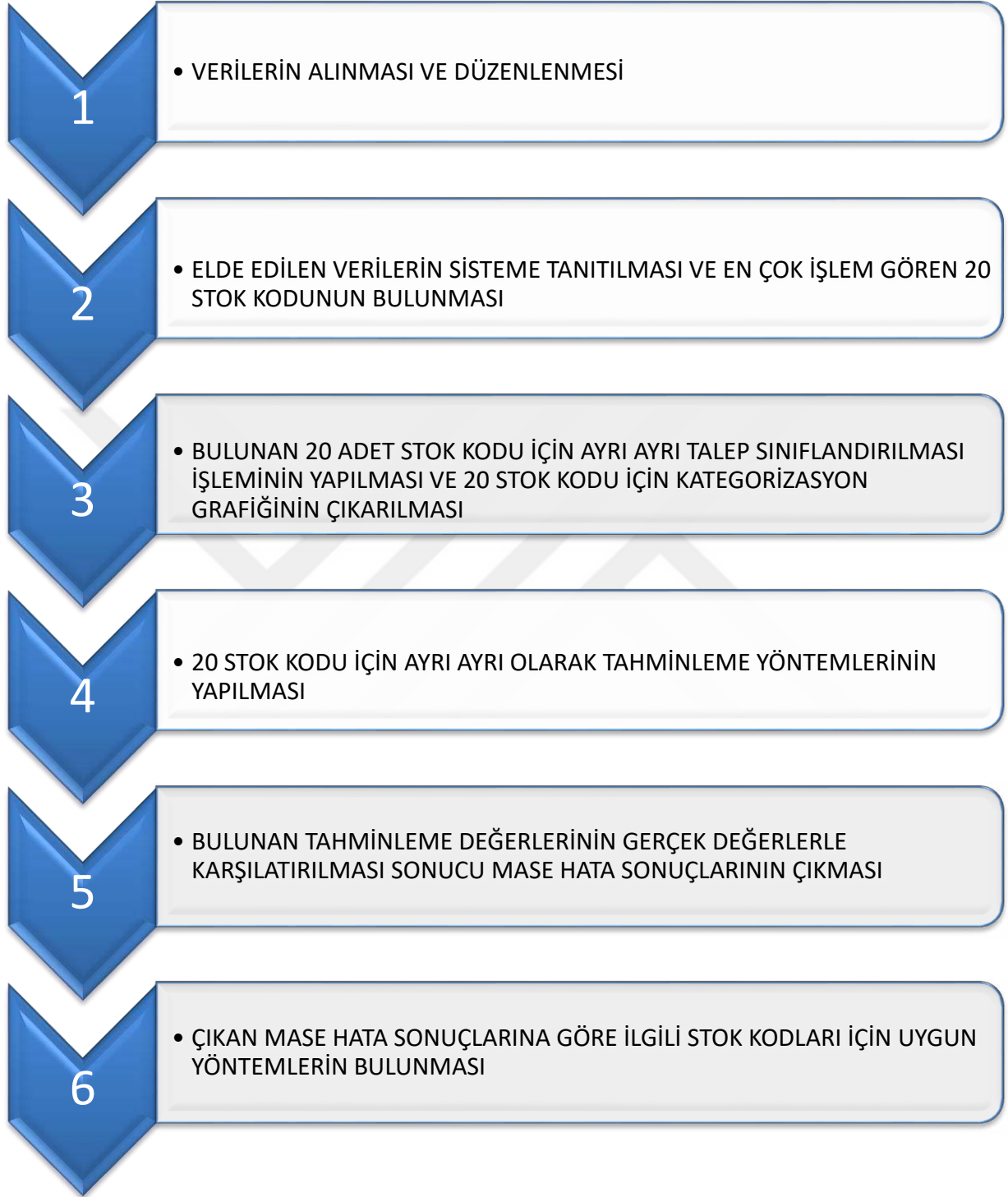
9.2.Yapılan İşlemlerin Genel Özeti

Bu bölümde yapılan çalışmanın ayrıntılarına yer verilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler hali hazırda üretime devam eden ve çikolata ve şekerleme alanında faaliyet gösteren bir şirketten alınmıştır. Şirketin iş hacmi daha çok ihracat alanında olmakla beraber özellikle dini bayram dönemlerinde yurtiçine de yoğun bir şekilde sevkiyat yapmaktadır. Müşterileri daha çok Arap Yarımadasındaki tüccarlar olan şirket, her ülkede bulunan yetkili bayileri aracılığı ile ihracat yapmaktadır. Yurtiçinde ise yoğunluğu Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi olmak üzere 7 bölgeye de satış yapılmaktadır. Bu bilgiler ışığında bahsi geçen şirketten alınmış olan 01.01.2016 ile 01.11.2018 tarihleri arasındaki gerçek talep verileri değerlendirilmiştir. Alınan veriler yıl bazlı alınıp müşteri ismi, satış miktarı, ürün ismi ve satıldığı gün olmak üzere kategorize edilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce bu alınan veriler ilk olarak R code programına uygun hale getirilmiştir. Bu işlem için veriler ilk önce excel programında düzenlenmiş ve uygun şekilde R code formatına göre kaydedilmek suretiyle hazırlanmıştır. Bu hazırlama aşaması bittikten sonra R code programına ilk olarak yıllık olarak satış verileri tanıtılmıştır ve akabinde tanıtılan satış verileri stok kodu, ürün ismi, miktar, gün ve müşteri olarak gruplanmıştır. Gruplandırılan bu veriler arasından en çok işlem gören 20 adet stok kodu bulunmuştur. Bulunan bu stok kodlarının hepsi için teker teker basit ortalama yöntemi, basit üstel düzeltme yöntemi ve croston yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulamalar yapılırken seçilen stok kodlarının hepsi için ilk sipariş ile son sipariş günleri seçilmiş ve son 30 günlük süreç bizim

karşılaştırma yaptığımız süreç olarak belirlenmiştir. Bu 30 günlük süre için elimizdeki verilerden tahminleme yapılmış ve reel data verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda bizim için önemli olan MASE hata değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmeler her stok için ayrı ayrı olarak tekrardan yapılmıştır. Bulunan MASE hata değerleri hangi yöntemi için küçük ise o yöntemin o stok kodu üzerindeki doğruluğunun daha yüksek olduğu için ilgili stok kodu için yöntem belirlenmiştir.



YAPILAN İŞLEMLERİN METODOLOJİSİ



Şekil 9.2 Yapılan İşlemlerin Metodolojisi

1) Verilerin Toplanması ve Düzenlenmesi

Bu aşamada ilk olarak şirketin kendi kullandığı programdan yıllık olarak satış raporu alınmıştır. Bu işlem 2016, 2017 ve 2018 Kasım ayına kadar olan süreçler için ayrı ayrı yapılmıştır. Bu düzenleme sonucunda sistem çıktısı içerisinde olan çalışmam için gereksiz olan bilgiler ayıklanmış ve R code programına daha yalın bir şekilde uygun hale getirilmiştir. Düzenleme işlemi için raporlar excel formatında çekilmiştir. Resim 9.1’ de bununla ilgili örnek verilmiştir. Kolonlar sırası ile stok kodu, ürün ismi, niteliği, miktarı, tarihi ve müşteri olmak üzere 6’ya ayrılmıştır. Düzenlendikten sonra metin belgesi şekline getirilmiştir. Metin belgesi ise resim 9.2’ de gösterilmiştir.

152 01 010	ANKARA CAMEL&I KOLİ	1022	25.01.2018	WALID WASEL ALDHAFIF
152 01 010	ANKARA CAMEL&I KOLİ	1018	11.04.2018	WALID WASEL ALDHAFIF
152 01 010	ANKARA CAMEL&I KOLİ	493	09.05.2018	WALID WASEL ALDHAFIF
152 01 010	ANKARA CAMEL&I KOLİ	45	10.09.2018	TOP GOODS

Resim 9.1 Excel Verilerinin Örneği

152 01 010	ANKARA CAMEL&NOUGA KOK	KOLİ	45	10.09.2018	000 TOP GOODS
152 01 010	ANKARA CAMEL&NOUGA KOK	KOLİ	493	09.05.2018	WALID WASEL ALDHAFIF
152 01 010	ANKARA CAMEL&NOUGA KOK	KOLİ	1018	11.04.2018	WALID WASEL ALDHAFIF
152 01 010	ANKARA CAMEL&NOUGA KOK	KOLİ	1022	25.01.2018	WALID WASEL ALDHAFIF

Resim 9.2 Metin Belgesi Örneği

2) Elde Edilen Verilerin Sisteme Tanıtılması ve En Çok İşlem Gören Stok Kodunun Bulunması

Düzenlenen ve ayıklanan veriler ilk olarak yıl bazlı olarak sisteme tanıtılmıştır. Daha sonra ayrı ayrı fakat aynı formatta tanıtılan bu veriler birleştirilerek yaklaşık olarak 34 aylık veri bir araya toplanmıştır. Toplanan bu verilerdeki kolonlar Resim 9.2’de ki sıra ile sisteme tanıtılmıştır. Bu tanıtma işleminden sonra sistemden en çok işlem gören 20 stok kodu belirlenmiştir. Bu aşamada tarih olarak ilgili stok kodunun siparişlerinin başladığı ve bittiği günler alınmıştır ve bu günler içerisinde kaç kere işlem gördüğüne göre sistem tarafından belirlenmiştir. Resim 9.3’de bu stok kodları gösterilmiştir.

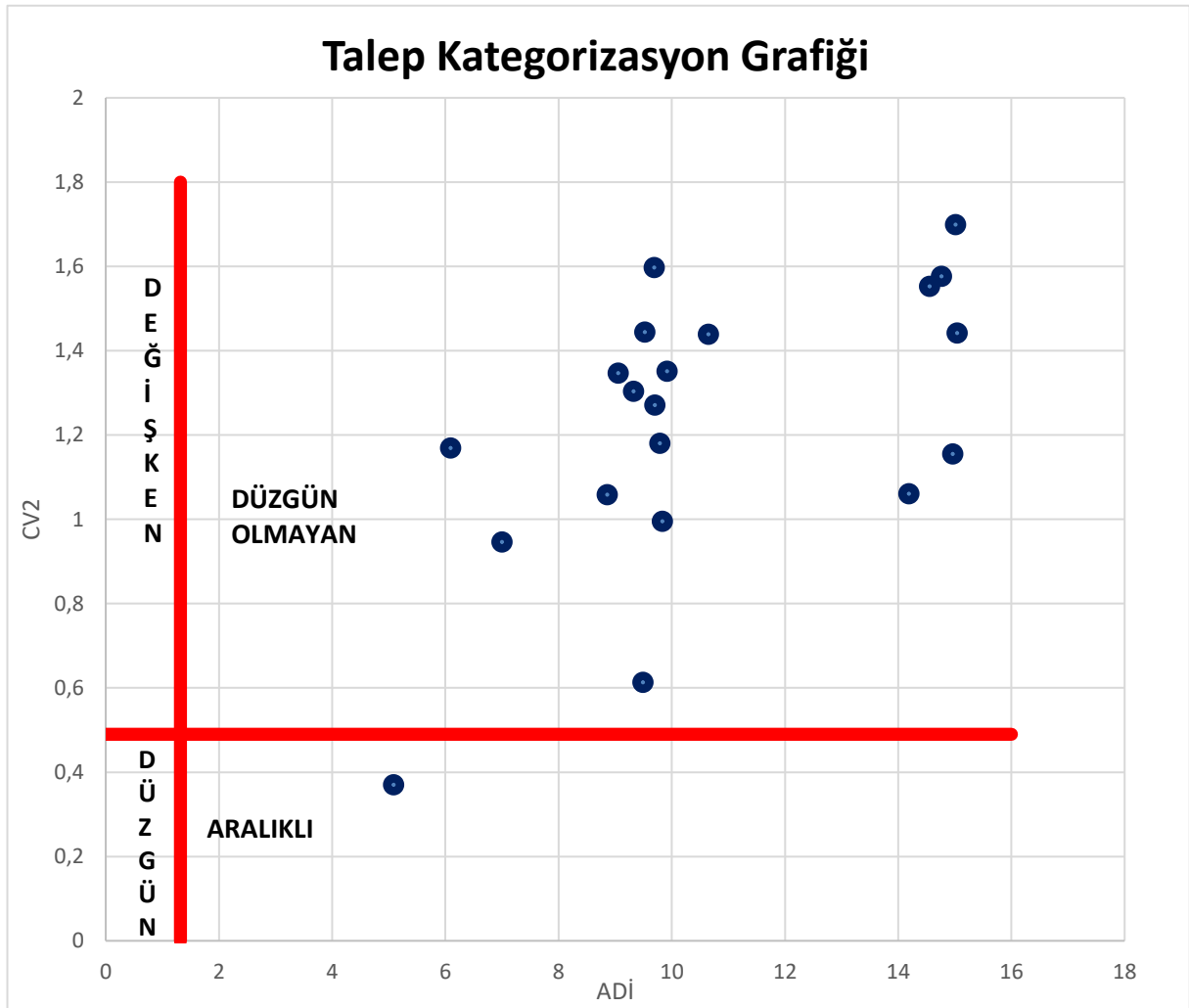
Resim 9.3’de ilk kolonumuz stok kodu gösterir iken, ikinci kolonumuz ise ilgili tarihler arasında kaç kere işlem olduğunu göstermektedir.

```
# A tibble: 20 x 2
  stock_code      n
  <fct>      <int>
1 152 03 01    191
2 152 02 02    155
3 152 03 45    154
4 152 03 44    140
5 152 03 84    140
6 152 01 02    139
7 152 01 148   128
8 152 01 161   126
9 152 03 57    120
10 152 03 92    113
11 152 01 121   109
12 152 03 031   108
13 152 01 192   107
14 152 02 06    106
15 152 03 033   106
16 152 01 166    99
17 152 03 43    99
18 152 01 133    97
19 152 01 197    93
20 152 01 117    87
```

Resim 9.3 20 Stok Kodu

3) Talep Kategorizasyonu

İlgili stok kodları bulunduktan sonra bu stokların kategorizasyonlarının yapılmasına başlanmıştır. Sistem üzerinden ilgili her bir stok kodu için varyans katsayısının karesi(CV^2) ve talebin sıklığı(ADI) çıkarılmıştır. Bu çıkarımlar sonrası değerler şekil 9.3'de tabloya işlenmiştir. İşlenen tabloya göre elde edilen değerleri ve kategori ise çizelge 9.1'de verilmiştir. Yapılan analizlerde gelen taleplerin neredeyse tamamına yakının düzgün olmayan talep olduğu görülmüştür.



Şekil 9.3 Talep Model Kategorizasyon Grafiği

Çizelge 9.1 En Çok İşlem Gören 20 Stok Kodunun ADİ, CV² ve Talep Modeli Kategorizasyon Sonuçları

	ADİ	CV2	Kategori
152 03 01	9,32	1,30	Düzgün Olmayan
152 02 02	8,86	1,05	Düzgün Olmayan
152 03 45	9,69	1,59	Düzgün Olmayan
152 03 44	9,52	1,44	Düzgün Olmayan
152 03 84	10,64	1,43	Düzgün Olmayan
152 01 02	14,96	1,15	Düzgün Olmayan
152 01 148	9,05	1,34	Düzgün Olmayan
152 01 161	9,70	1,27	Düzgün Olmayan
152 03 57	15,01	1,69	Düzgün Olmayan
152 03 92	14,55	1,55	Düzgün Olmayan
152 01 121	14,18	1,05	Düzgün Olmayan
152 03 031	9,83	0,99	Düzgün Olmayan
152 01 192	5,08	0,36	Aralıklı
152 02 06	9,92	1,35	Düzgün Olmayan
152 03 033	9,78	1,17	Düzgün Olmayan
152 01 166	7,00	0,94	Düzgün Olmayan
152 03 43	15,04	1,44	Düzgün Olmayan
152 01 133	9,49	0,61	Düzgün Olmayan
152 01 197	6,09	1,16	Düzgün Olmayan
152 01 117	14,76	1,575	Düzgün Olmayan

4)Stok kodları için Tahminleme Yöntemlerinin Uygulanması

Kategori işlemini bitirdikten sonra ilgili stok kodları için tahminleme yapılması aşamasına geçilmiştir. Bu aşama her bir stok kodu için ayrı ayrı olarak tahminleme yapılmıştır. Yapılan çalışmada ilgili zaman aralığı veriler arasında ilk sipariş ve son sipariş arasında tutulmuş, sabit bir tarih aralığı verilmemiştir. Seçilen stoklar bu prensip doğrultusunda tahminlenmiştir. Tahminleme sırasında son 30 günlük süreç için sisteme tahminleme yaptırılmıştır. Bu tahminlemeler sonucunda basit ortalama, basit üstel ve croston yöntemleri için sonuçlar bulunmuştur. Bu 3 yöntemde her ürün için birbirlerinden farklı sonuçlar vermişlerdir. Çizelge 9.2’de bu stok kodları için bulunan tahminleme değerleri, frekans ve başlangıç bitiş gün sayıları verilmiştir.

Çizelge 9.2 En Çok İşlem Gören 20 Stok Kodunun Tahminleme Değerleri, Frekansı ve Başlangıç Bitiş Günleri Arası Gün Sayısı

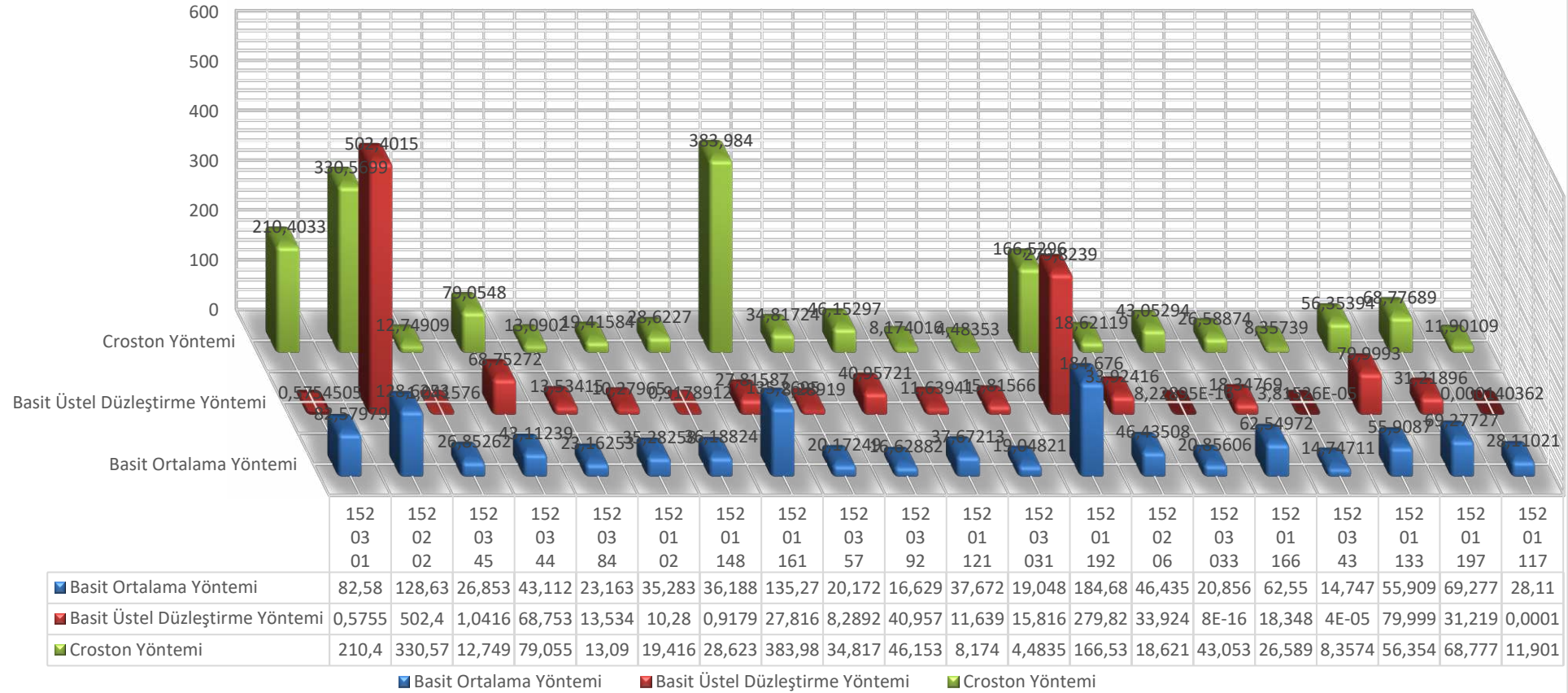
Stok Kodu	Basit Ortalama Yöntemi	Basit Üstel Düzeltme Yöntemi	Croston Yöntemi	Frekans	Başlangıç-Bitiş Arası Gün Sayısı	Holdout Gün
152 03 01	82,57	0,57	210,40	191	940	30
152 02 02	128,62	502,40	330,569	155	998	30
152 03 45	26,85	1,04	12,74	154	726	30
152 03 44	43,11	68,75	79,05	140	694	30
152 03 84	23,16	13,53	13,09	140	726	30
152 01 02	35,28	10,27	19,41	139	913	30
152 01 148	36,18	0,91	28,62	128	595	30
152 01 161	135,26	27,81	383,98	126	397	30
152 03 57	20,17	8,28	34,81	120	916	30
152 03 92	16,62	40,95	46,15	113	916	30
152 01 121	37,67	11,63	8,17	109	793	30
152 03 031	19,048	15,81	4,48	108	560	30
152 01 192	184,67	279,82	166,52	107	321	30
152 02 06	46,43	0	18,62	106	724	30

Çizelge 9.2 devam ediyor.

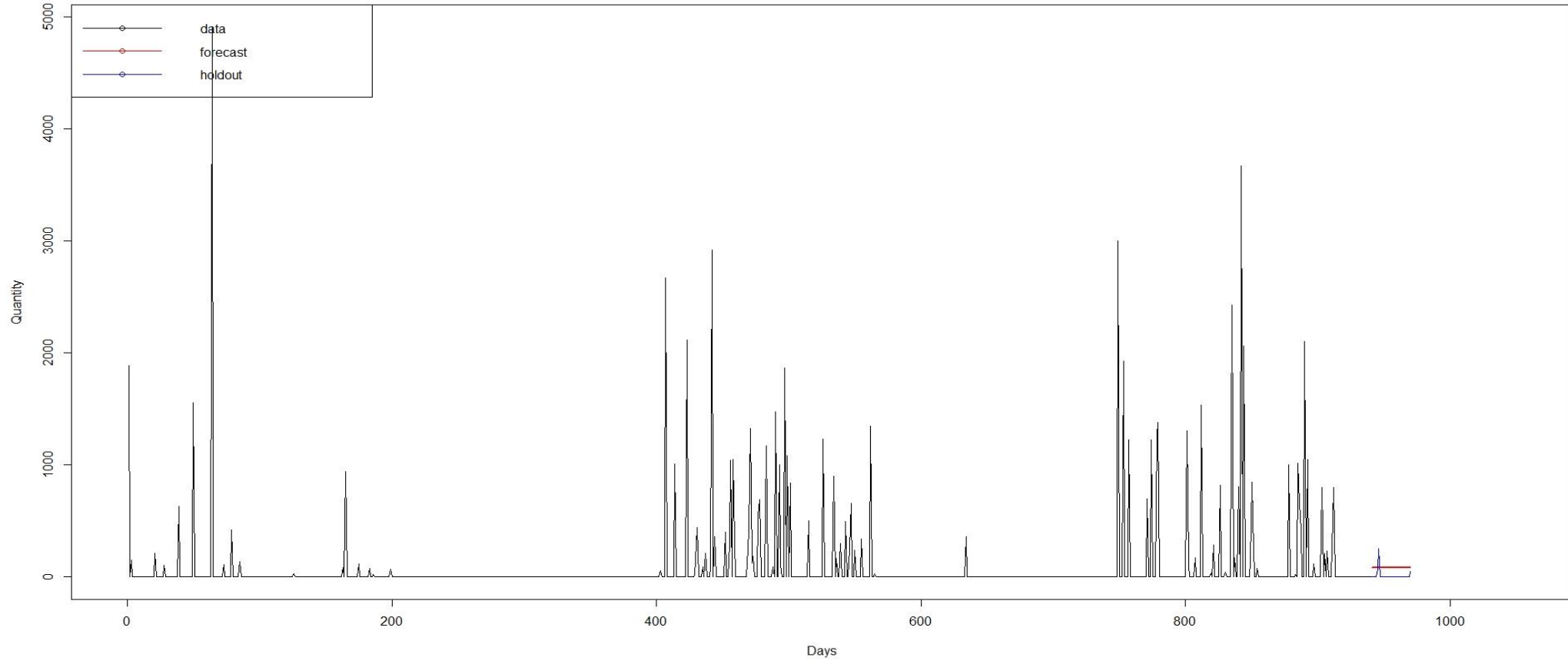
152 03 033	20,85	0	43,05	106	528	30
152 01 166	62,54	18,34	26,58	99	362	30
152 03 43	14,74	0	8,35	99	692	30
152 01 133	55,90	79,99	56,35	97	701	30
152 01 197	69,27	31,21	68,77	93	220	30
152 01 117	28,11	0	11,90	87	989	30

Bulunan bu değerler aynı zamanda karşılaştırma açısından şekil.5’de gösterilmiştir. Bu şekilden de görüleceği gibi her yöntem için aynı stok kodlarında çok farklı değerler elde edilmiştir. Bu yöntemlerin farklılıklarından ve gelen taleplerin düzgün olmamasından kaynaklanmıştır. Sistem çıktısı olarak örnek seçilen 152 03 01 kodlu stok için resim.4’de basit ortalama yöntemi için çıkan grafik, resim.5’de basit üstel düzeltme yöntemi için çıkan grafik ve resim.6’da croston yöntemi için çıkan grafikler gösterilmiştir. Sistem üzerinden her stok kodu için bu grafikler çizdirilebilir.

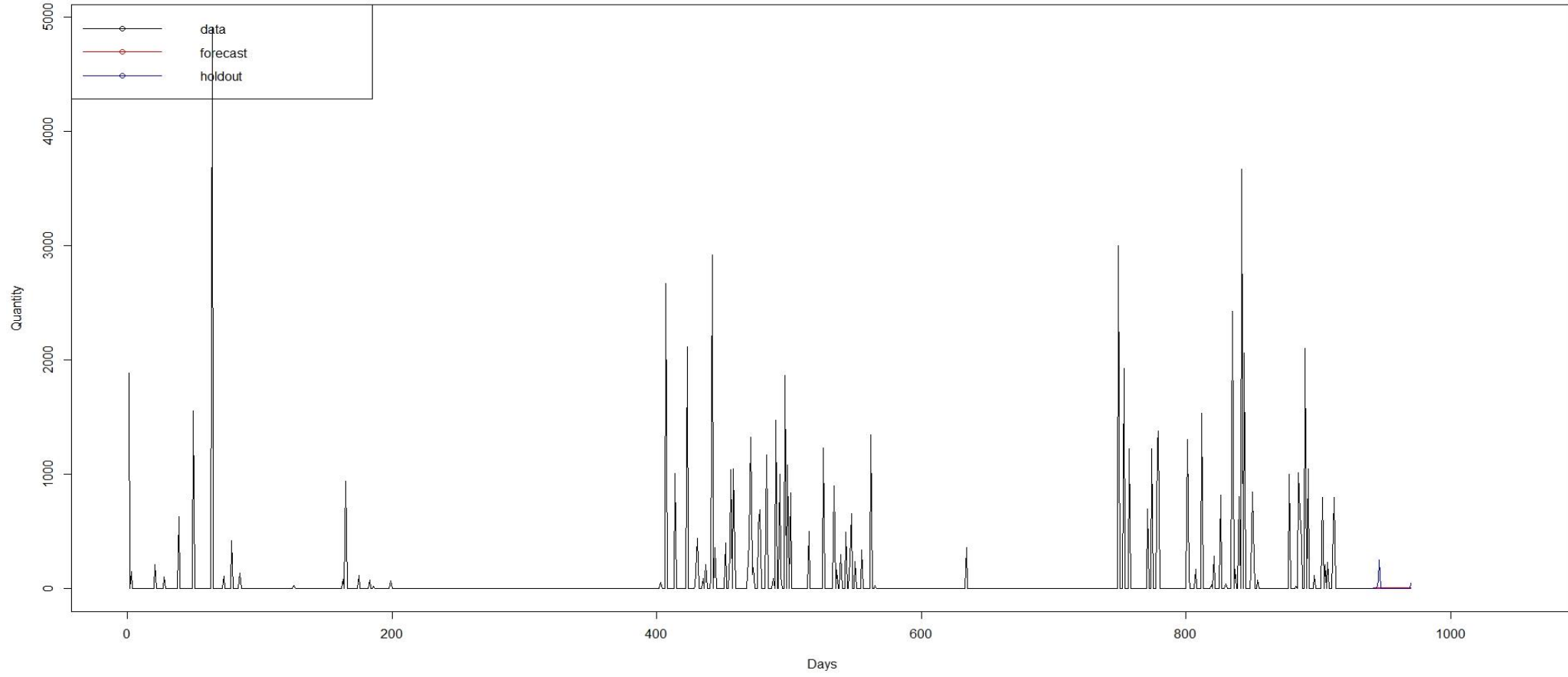
TAHMİNLEMELER



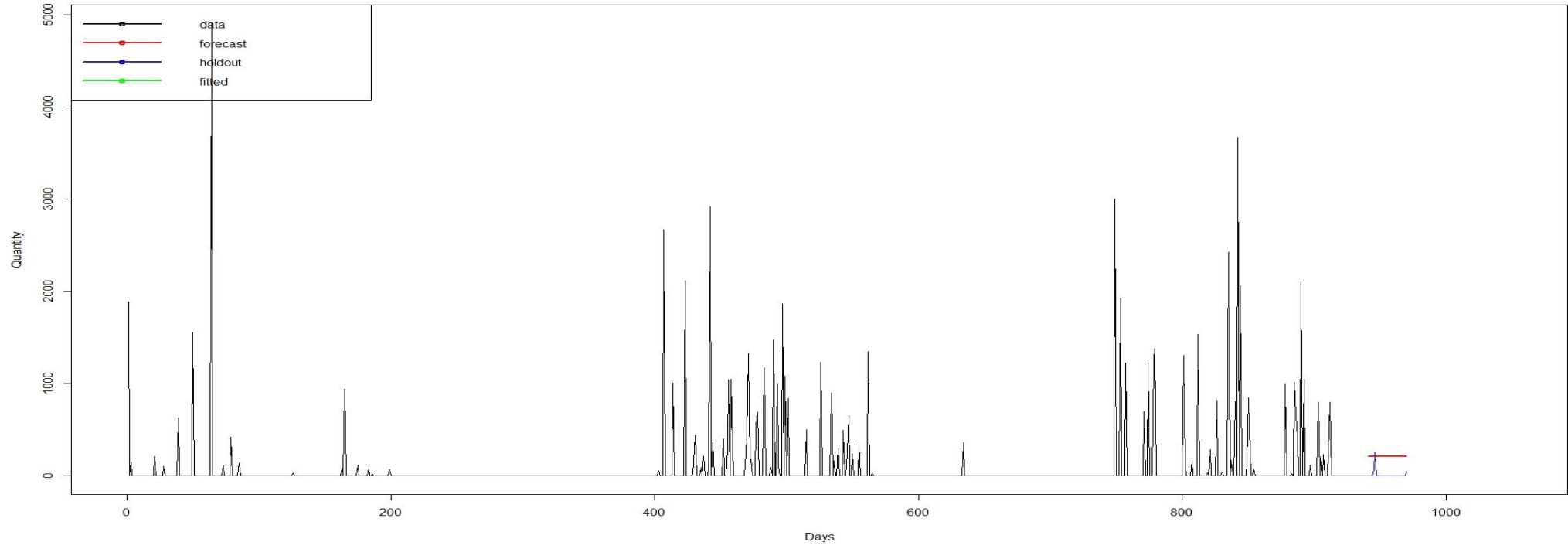
Şekil 9.4 Tahminleme Değerlerini Gösteren Grafik



Resim 9.4 152 03 01 Kodlu Stok İçin Basit Ortalama Yöntemi Program Grafik Çıktısı



Resim 9.5 152 03 01 Kodlu Stok İçin Basit Üstel Düzeltme Yöntemi Program Grafik Çıktısı



Resim 9.6 152 03 01 Kodlu Stok İçin Croston Yöntemi Program Grafik Çıktısı

5) Mase Hata Sonuçlarının Bulunması ve Karşılaştırılması

Tahminleme yaptıktan sonra elde ettiğimiz değerleri uygunluk açısından değerlendirmek için hata değerleri üzerinden bir karşılaştırma yapılmıştır. Yapılacak bu analiz için MASE hata değeri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu hata değerinin seçilmesindeki sebeplerden en önemlisi taleplerin düzensiz ve aralıklı olması ve sıfır talep olan günlerin de oldukça fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu hata değeri bulunurken tahminleme sonucumuz ile tahminlemeye katmadığımız son 30 günlük veriler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma her bir stok kodu için ayrı ayrı yapılmıştır ve ilgili stok kodları için uygunluk aranmıştır. Bu uygunluk aşamasında ürünlerin tipleri de belirlenmiştir ve ürünler özelliklerine göre gruplandırılmıştır. Bu gruplandırma ürünlerin talep dönemleri, cinsler, üretildikleri hatlar ve talep gördüğü yerler üzerinden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmek çizelge 9.3'de verilmiştir.

Çizelge 9.3 Ürün Özellikleri ve Gruplandırılması

Stok Kodu	Ürün Özellikleri	Grup
152 03 01	Bayramlık ürün olduğu bayram zamanlarından yaklaşık 5 ay önce üretime başlanır ve bayramdan sonra üretimi durur. Üretiminin tamamı yurtiçine satılmaktadır.	1
152 02 02	Dış çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 03 45	Dış çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 03 44	Dış çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 03 84	Dış çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 01 02	Dış çikolata içi h.cevizli bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	2

Çizelge 9.3 devam ediyor.

152 01 148	Komple çikolata olan bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	4
152 01 161	Dışı çikolata içi h.cevizli bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	2
152 03 57	Bayramlık ürün olduğu bayram zamanlarından yaklaşık 5 ay önce üretime başlanır ve bayramdan sonra üretimi durur. Üretiminin tamamı yurtiçine satılmaktadır.	1
152 03 92	Bayramlık ürün olduğu bayram zamanlarından yaklaşık 5 ay önce üretime başlanır ve bayramdan sonra üretimi durur. Üretiminin tamamı yurtiçine satılmaktadır.	1
152 01 121	Dışı çikolata içi h.cevizli bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	2
152 03 031	Dışı çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 01 192	Dışı çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 02 06	Dışı çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 03 033	Dışı çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 01 166	Dışı çikolata içi h.cevizli bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	2
152 03 43	Dışı çikolata kaplı içi nuga ve karamelli üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	3
152 01 133	Dışı çikolata kaplı içerisi kremalı ve fıstıklı bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Tamamı ile yurtdışına üretilmektedir.	5
152 01 197	Komple çikolata olan bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	4
152 01 117	Komple çikolata olan bir üründür. Yazın az olmak ile beraber 12 ay talep görmektedir. Hem yurtiçi hemde yurtdışından talep görmektedir.	4

6) Stok Kodları İçin Uygun Yöntemlerin Bulunması

Bu aşamada artık analizi yapılan, sonuçları bulunan ve hata değerleri de ölçülen stokların hangi yönteme uygun olduğu aranmaktadır. Bunun için bulunan her bir MASE hata değeri ilgili stok kodunda 3 farklı yöntem için bulunmuştur. Bulunan bu değer hangi yöntem için en küçük ise sistemin bize öngördüğü uygun yöntemde olur. Bu aşamada yapılan işlemler sonucunda her bir stok kodu için farklı sonuçlar olduğu görülmüştür, çizelge 9.4'de bu sonuçlara yer verilmiştir.

Çizelge 9.4 MASE(ORTALAMA MUTLAK ÖLÇEKLİ HATA) Hata Değerleri ve Bulunan Uygun Yöntem

Stok Kodu	Basit Ortala	Basit Üstel Düzeltme	Croston Yöntemi	Uygun Seçim	Grup Numarası
152 03 01	0,54	0,08	1,34	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	1
152 02 02	1,04	2,17	1,63	BASİT ORTALAMA	3
152 03 45	0,91	0,42	0,65	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	3
152 03 44	1,84	2,07	2,16	BASİT ORTALAMA	3
152 03 84	1,08	0,88	0,87	CROSTON	3
152 01 02	0,81	0,52	0,63	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	2
152 01 148	1,54	1,15	1,45	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	4
152 01 161	0,53	0,17	1,39	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	2
152 03 57	0,65	0,32	1,06	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	1
152 03 92	0,61	1,35	1,51	BASİT ORTALAMA	1
152 01 121	0,61	0,24	0,19	CROSTON	2
152 03 031	2,03	1,95	1,67	CROSTON	3

Çizelge 9.4 devam ediyor.

152 01 192	0,98	1,11	0,96	CROSTON	3
152 02 06	0,59	0,44	0,26	CROSTON	3
152 03 033	0,70	0,20	1,24	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	3
152 01 166	1,28	1,01	1,06	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	2
152 03 43	1,31	0,90	1,13	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	3
152 01 133	0,64	0,84	0,64	BASİT ORTALAMA	5
152 01 197	1,16	1,01	1,16	CROSTON	4
152 01 117	1,73	1,24	1,45	BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME	4

Çizelge 9.4'de görüldüğü gibi her bir stok kodu için farklı farklı yöntemler elde edilmiştir. Genel çoğunluk basit üstel düzeltme yönteminde sonuç verse de gruplar bazında incelediğimizde bu farklılıklar göstermiştir. Ürünlerin birbirlerinden farklılığı ve talep periyodları bunda en önemli etkenlerden bazılarıdır. Çizelge 9.5'de grupların kendi arasında çıkan sonuçlar incelenmiştir.

Çizelge 9.5 İlgili Grupların Tahmin Yöntemleri

GRUP NUMARASI	AÇIKLAMA
1	3 ADET TAHMİNLEMEDEN 2 TANESİ BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME, 1 TANESİ BASİT ORTALAMA UYGUN BULUNMUŞTUR.
2	4 ADET TAHMİNLEMEDEN 1 TANESİ CROSTON İKEN ÜÇ TANESİ BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRMEYE UYGUN BULUNMUŞTUR.
3	9 ADET TAHMİNLEMENİN 4 TANESİ CROSTON, 3 TANESİ BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME, 2 TANESİ BASİT ORTALAMAYA UYGUN BULUNMUŞTUR.

Çizelge 9.5 devam ediyor.

4	3 ADET TAHMİNLEMEDEN 1 TANESİ CROSTON 2 TANESİ BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRMEYE UYGUN BULUNMUŞTUR.
5	1 ADET TAHMİNLEME BASİT ORTALAMAYA UYGUN BULUNMUŞTUR.

Çizelge 9.5’de görüldüğü gibi en fazla talebin geldiği 3 numaralı grupta en uygun olan croston çıkmıştır. Genel olarak Basit üstel düzeltme yöntemi her gruba uyum sağlar iken, basit ortalama bunun yanında bazı gruplarda uygunluk sağlayamamıştır. Croston yöntemi ise basit ortalama yöntemi ile beraber her ürüne uygunluk sağlayamamıştır.



10.SONUÇLAR ve YORUMLAR

Yapılan bu çalışma ile tahminleme alanında farklı model ile metodolojye katkı sağlayacak bir yöntem geliştirilmek istenmiştir. Yapılan modelleme iki seviyeli sistem ile hiyerarşik yapıda gerçekleştirilmiştir. Bu iki seviyenin sonucunda amaçlanan ise her bir stok için uygun yöntemi bulmaktır. Bu seviyelerden birincisi uygun parametrelerin bulunmasıdır. Bu nokta da ise R yazılımından faydalanılmış ve uygun parametreler uygun paketler yardımı ile bulunmuştur. İkinci seviye ise uygun yöntemin bulunmasıdır. Bu seviyede ise her bir stok kodu için basit ortalama yöntemi, basit üstel düzeltme yöntemi ve croston yöntemi ile tahminleme yapılmıştır. Seçilen bu yöntemler ise farklı yöntemler olması amacı ile farklı türlerden seçilmiştir. Burada ise basit bir yöntem olarak basit ortalama yöntemi, orta bir yöntem olarak basit üstel düzeltme yöntemi ve daha zor bir yöntem olan ve aralıklı talep tahminleri üzerine çıkmış olan croston yöntemi seçilmiştir. Elde edilen değerler ile gerçek değerler karşılaştırılmış ve MASE hata değeri üzerinden ölçülmüştür. Yapılan bu işlemler sonucu ilgili stoklar için uygun birer yöntem belirlenmiştir. Bu işlemler için en çok işlem gören 20 adet stok kodu belirlenmiştir fakat model her bir stok işlem yapabilmektedir. Bu 20 adet stok kodu sadece deneme amacıyla seçilmiştir.

Analizler sonucunda her bir stok kodu için ayrı birer yöntem uygun bulunmuştur. Genel olarak basit üstel düzeltme yöntemi en uygun yöntem gibi görünse de gelen talepleri tek tip bir tahminleme yönteminde bulmamız çok zordur. Bunun temel nedeni olarak ise tahminlemeyi yaptığımız ve en çok talep gören 20 stok kodumuzun düzgün olmayan talep yapısından kaynaklanmasıdır. Bu talep yapısı ise temelde verilerimizi aldığımız sektörün yaşadığı mevsimsel ve kültürel etkilerden kaynaklanmaktadır. Sektör genel olarak trend ve mevsimsel etkilere maruz kaldığı için talepler düzgün gelmemiş ve bunun sonucunda farklı tahminleme sonuçları ortaya çıkmıştır. Bunun temel başka bir sebebi ise birden fazla noktadan gelen talepler nedeni ile tek tip bir talep oluşmaması ve stokların birbirlerinden ayrılmasıdır. Örnek vermek gerekir ise aynı şekilde üretilen ürünlerin farklı coğrafyalara para birimleri nedeni ile birkaç gramlık farklılıklar ile satılması sonucunda taleplerin dağılmasıdır. Çünkü farklı gramaj ile üretilen ürün farklı bir stok kodu gerekliliği yarattığından aslında birbirlerine çok benzer ürünlerin farklı olarak sisteme kaydını sağlamıştır. Bu ve bunun gibi

işlemler aslında daha çok sektörde gelişmekte olan firmalarda olmaktadır ama yine de sonucumuzu etkilemiştir. Ürünleri gruplama amacımızda bu nedenledir. Aynı gruba ait ürünler genellikle aynı üretim hatlarında üretilmesinden dolayı ne kadar çok talep gelir ise gelsin kapasite oranında taleplere karşılık verildiği için taleplerin günlerinde sapmalar yaratabilmektedir. Bu da kimin zaman sıfır talepli günlerin olmasına ve ürünlere gelen taleplerin düzgün olmamasına neden olmuştur.

Genel olarak ise elde edilen verilerin bu etkenler sayesinde değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bir başka olarak ise elimizde ki veri setleri ne kadar fazla olur ise tahminlememiz o kadar doğru olur. Yapılan çalışmada 34 aylık veri setleri ile analiz yapılmıştır fakat bunun daha az daha fazla olması mutlaka sonuçları değiştirecektir. Bu aşamada veri setleri ne kadar fazla ve detaylı olur ise talep tahminlemesi o kadar doğru ve kolay olur. Özellikle aralıklı talep tahminlemesi yapılırken elde edilen zaman serisinin uzunluğu ve veri setlerinin doğruluğu taleplerin başlangıç ve bitiş döngüleri içine gelmesi nedeni ile daha güzel sonuçlar verebilmektedir. Mevsimsel etkinin yaşandığı taleplerde elimizde ki verilerin o mevsimlerin hepsini kapsamaması gerekmektedir. Bu da elimizdeki verilerin çokluğu ve kapsadığı zamanın fazlalığı ile oluşabilmektedir.

11. REFERANSLAR

- [1] KOBU, B., “Üretim Yönetimi”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, No:135, İstanbul, 210, 1982.
- [2] BOLT, Gordon J., “Market and Sales Forecasting”, Franklin Watts, 1998.
- [3] VIGLIONI, C. M., “Methodology for Railway Demand Forecasting Using Data Mining”, SAS Global Forum, vol. 161, no. 2007, s.1-8. 2007.
- [4] OLGUN, S., “Tedarik Zinciri Yönetiminde Talep Tahmini Yöntemleri Ve Yapay Zeka Tabanlı Bir Talep Tahmini Modelinin Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 12s, 2009.
- [5] MEYDAN, Yusuf Ali, “Talep Tahmin Yöntemleri ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 120s, 2007.
- [6] VIRTANEN, J., TORKELLI S., “Evaluation of a delphi technique based expert judgement method for LCA valuation, Delphi II” , VTT Chemical Technology,Finlandiya, vol.38, 1999.
- [7] AKSOY, S., Z., “Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımlarında Talep TahminYöntemleri Ve Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü, İstanbul, 16s, 2008.
- [8] ÇEKEROL, Gülsen Serap, ULUKAN, Aysel, “Kantitatif Tahmin Yöntemleri”, Ankara, Nisan Yayınevi, 2012.
- [9] İLHAN, İ., “Tedarik Zinciri Yönetiminde Kantitatif Talep Tahmin Yöntemi Seçimi İle Stok Optimizasyonuna Dair Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 106s, 2015.
- [10] MAKRIDAKİS, S. S. S., Wheelwright, S.C., Hydnman, R.J.,“Forecasting Methods and Applications”, John Wiley and Sons, 1998.
- [11] FEYZİOĞLU, Oğuz, Ekonometrik Yöntemler, Kalite Yayınları, Ankara, 1977.
- [12] ADIYAMAN, Fatih, “Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 109 s, 2007.

- [13] KAYNAR, Oğuz, TAŞTAN, Serkan, “ZAMAN SERİLERİ TAHMİNİNDE ARIMA-MLP MELEZ MODELİ”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, vol.23, no.3, s.141-149, 2009.
- [14] SERTTAŞ, Zeynep Seda., Türkiye’de Perakende Sektöründe Talebi Etkileyen Etmenler ve Yapay Sinir Ağlarıyla Talep Tahmini Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2011.
- [15] ATASEVEN, Burçin, Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi, Öneri Dergisi, vol.10, no.39, s.101-115, 2013.
- [16] HYNDMAN, Rob, J., SHENSTONE, L., Stochastic Models Underlying Croston’s Method for Intermittent Demand Forecasting, Journal of Forecasting, v.24, no.6, s.389-402, 2005.
- [17] SAATÇIOĞLU, Derya, ÖZÇAKAR, Necdet, Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Aralıklı Talep Tahmini, Beykoz Akademi Dergisi, vol.4, no.1, s.1-25, 2016.
- [18] HYNDMAN, Rob J., KOEHLER, Anne B., Another Look at Measures for forecast accuracy, International Journal of Forecasting, vol.22, no.4, s.679-688, 2006.
- [19] Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı(2010), Türkiye Gıda Sektörü Raporu, <https://www.investingaziantep.gov.tr/upload/yazilar/Turkiye-Gida-Sektoru-Raporu-379778.pdf>.
- [20] ÖNDER, Kübra., Türkiye Bisküvi, Çikolata ve Şekerli Mamüller Sektörü: Firma Yoğunlaşma Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:31, Sayı:2, s.179-208, 2016.
- [21] T.C Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü(2013), Gıda ve İçecek Sektörü Raporu, www.iso.org.tr/file/gida-ve-icecek-sektor-raporu-83.pdf.
- [22] İstanbul Sanayi Odası(2006), Gıda Sektörü Raporu, http://www.iso.org.tr/Sites/1/content/pdf/sektor-raporlar%C4%B1/gida_sektoru.pdf, s.185-199.
- [23] <https://www.ntv.com.tr/ekonomi/turkiyede-cikolata-pazarinin-buyuklugu-5-3-milyar-tl, OUwZnIYp0EmBChpl0dW17Q>

- [24] İstanbul Ticaret Odası(2003), Çikolata Sektör Raporu, <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-20.pdf>.
- [25] BAYDOĞAN, Mustafa, ORBAY, Berk, ÇETİN, Uzey, R ile Programlamaya Giriş ve Uygulamalar, XIX. Türkiye’de İnternet Konferansı, Yaşar Üniversitesi, İzmir-Türkiye, 2014.
- [26] SYNTETOS, Aris, A., BABAI, M., Zied, GARDNER, Everette, S., Forecasting Intermittend Inventory Demands: Simple Parametric Methods vs. Bootstrapping, Journal of Business Research, vol.68,no.1, s.1746-1752, 2015.
- [27] KOURENTZES, Nikalaos, Intermittend demand forecasts with neural networks, International of Journal Production, vol.143, no.1, s.198-206, 2013.
- [28] SYNTETOS, Aris, A., BABAI, M., Zied, BOYLAN, John, E., KOLASSA, Stephan, Supply Chain Forecasting:Theory,Practice,their gap and the future, European Journal of Operational Research, vol.252, no.1, s.1-26, 2016.
- [29] NIKOLOPOULOS, Konstantinos, I., BABAI, M., Zied, BOZOS, Konstantinos, Forecasting Supply Chain Sporadic Demand with Nearest Neighbor Approaches, International of Journal Production Economics, vol.177, no.C, s.139-148, 2016.
- [30] PETROPOULOS, Fotios, KOURENTZES, Nikolaos, NIKOLOPOULOS, Konstantinos, Another Look at Estimators for Intermittend Demand, International of Journal Production Economics, vol.181, no.A, s.154-161, 2016.
- [31] BAL,B., “Talep Tahminleme Ve Planlama; Perakende Sektörü, E-Ticaret Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 86s, 2015.
- [32] WILLEMAIN, T. R., SMART, C. N., SCHWARZ, H. F., A Newapproach to Forecasting Intermittent Demand For Service Parts Inventories, International Journal of Forecasting, vol.20, s. 375 – 387, 2004.
- [33] SYNTETOS, A. A., Boylan, J. E., The Accuracy of Intermittent Demand Estimates, International Journal of Forecasting, vol.21, s. 303-314, 2005.
- [34] GARDNER, E. S., Evaluating Forecast Performance in an Inventory Control System, Management Science, vol.36, no.4, s.490-499, 1990.

- [35] GARDNER, E. S., Exponential Smoothing: The State of the Art- Part 2, International Journal of Forecasting, vol.22, no.4, s. 637-666, 2006.



12. EKLER

EK.1. R CODE PROGRAMINDA YAZILAN YAZILIM ÖRNEĞİ

```
#----- MAIN STARTS HERE -----
```

```
library(dplyr)
```

```
df_2016 <- read.table("2016.txt",
```

```
sep='\t',
```

```
header=FALSE,
```

```
quote = "",
```

```
fileEncoding = "UTF-16",
```

```
stringsAsFactors=FALSE )
```

```
df_2017 <- read.table("2017.txt",
```

```
sep='\t',
```

```
header=FALSE,
```

```
quote = "",
```

```
fileEncoding = "UTF-16",
```

```
stringsAsFactors=FALSE )
```

```
df_2018 <- read.table("2018.txt",
```

```
sep='\t',
```

```
header=FALSE,
```

```
quote = "",
```

```
fileEncoding = "UTF-16",
```

```
stringsAsFactors=FALSE )
```

```
df1 <- rbind(df_2016, df_2017, df_2018)
```

```
df1$stock_code <- as.factor(df1$V1)
```

```
df1$product_name <- as.factor(df1$V2)
```

```

df1$vj <- as.factor(df1$V3)
df1$quantity <- as.numeric(df1$V4)
df1$date <- as.Date(df1$V5, "%d.%m.%Y")
df1$customer <- as.factor(df1$V6)
df2 <- subset(df1, select=c(stock_code, product_name, quantity, date, customer))
stat1 <- df2 %>%
  group_by(stock_code) %>%
  summarise(n=n()) %>%
  arrange(desc(n)) %>%
  ungroup
df10 <- subset(df2, stock_code=="152 03 01")
df10 <- df10[order(df10$stock_code, df10$date),]
stat10 <- df10 %>%
  group_by(stock_code, date) %>%
  summarise(n=n(), quant2=sum(quantity)) %>%
  arrange(stock_code, date) %>%
  ungroup
stat10_bas <- subset(stat10, select=c(stock_code))
stat10_bas <- stat10_bas[!duplicated(stat10_bas), ]
min_date <- min(stat10$date)
max_date <- max(stat10$date)
temp_vec1 <- data.frame(seq(min_date, max_date, by="day"))
colnames(temp_vec1) <- c("date")
stat20 <- merge(stat10_bas, temp_vec1, all=true)
stat21 <- merge(x=stat20, y=stat10, by.x=c("stock_code", "date"),
  by.y=c("stock_code", "date"), all.x=TRUE)

```

```

stat21[is.na(stat21)] <- 0

library(tsintermittent)

library(forecast)

y <- stat21$quant2

length_y <- length(y)

holdout <- 30

y2 <- ts(head(y, length(y)-holdout), start=start(y), frequency=1)

hts=ts(tail(y, holdout), start=length(y)-holdout+1)

s <- idclass(y)

f1 <- meanf(y2, h=holdout)

if(FALSE){
plot(f1$x,xlim=c(0,1050), ylab="Quantity", xlab="Days")

lines(f1$mean, col="red", lwd=2)

lines(hts, col="blue", lwd=1)

legend("topleft",lty=1, col=c(1,"red","blue"), c("data", "forecast", "holdout"),pch=1)}

f2 <- ses(y2, alpha=0.2, initial="simple", h=holdout)

plot(f2$x,xlim=c(0,1050), ylab="Quantity", xlab="Days")

lines(f2$mean, col="red", lwd=2)

lines(hts, col="blue", lwd=1)

legend("topleft",lty=1, col=c(1,"red","blue"), c("data", "forecast", "holdout"),pch=1)

f3 <- croston(y2, alpha=0.2, h=holdout)

pdf("croston.pdf", width = 7, height = 5)

plot(f3$x,xlim=c(0,1050), ylab="Quantity", xlab="Days")

lines(f3$mean, col="red", lwd=2)

lines(hts, col="blue", lwd=1)

lines(f1$fitted, col="green", lwd=2)

```

```
legend("topleft",lty=1, lwd=2, col=c(1,"red","blue", "green"), c("data", "forecast",  
"holdout", "fitted"),pch=1)  
dev.off()  
m1 <- accuracy(f1,hts)  
m2 <- accuracy(f2,hts)  
m3 <- accuracy(f3,hts)
```



