

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ATÖLYE TİPİ MAKİNE İMALATI YAPAN BİR FİRMADA  
TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI**

**MEHMET ZORLU**

**KOCAELİ 2021**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ATÖLYE TİPİ MAKİNE İMALATI YAPAN BİR FİRMADA  
TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI**

**MEHMET ZORLU**

**Dr. Öğr. Üyesi Pınar YILDIZ KUMRU**  
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

**Dr. Öğr. Üyesi Yıldız ŞAHİN**  
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

**Dr. Öğr. Üyesi Didem YILMAZ ÇAPKUR**  
Jüri Üyesi, Gelişim Üniversitesi

.....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 22.04.2021**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, terzi usulü makine üretimi yapan bir işletmede talep tahmini yapılarak kapasite planlamasında yardımcı olması amaçlanarak yapılmıştır.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen ve beni yüreklendiren danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Pınar YILDIZ KUMRU' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımında her türlü desteği sağlayan iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmaların sırasında sabırla bana destek olan eşim Minel ZORLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Eylül – 2021

Mehmet ZORLU



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	v
SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	viii
GİRİŞ .....	1
1. ÜRETİM SİSTEMLERİ .....	3
1.1. Emek Yoğun Üretim .....	3
1.2. Kesikli Üretim Sistemleri .....	3
1.2.1. Proje tipi üretim sistemi .....	4
1.2.2. Atölye tipi(Siparişe göre) üretim sistemi .....	4
1.2.3. Parti tipi üretim sistemi .....	5
1.3. Sürekli Üretim Sistemleri .....	6
1.3.1. Kitlesel üretim sistemi .....	6
1.3.2. Akış tipi üretim sistemi .....	6
1.4. HücreseL Üretim Sistemleri .....	7
1.5. Bilgisayarla Bütünleşik/ Bilgisayar Destekli Üretim Sistemi .....	7
1.6. Yalın Üretim Sistemi .....	8
1.7. Esnek Üretim Sistemi .....	9
2. KAPASİTE PLANLAMA .....	10
2.1. Kapasite Planlama Parametreleri - Terimleri .....	10
2.1.1. Teorik (Maksimum) kapasite .....	10
2.1.2. Pratik (Normal) kapasite .....	11
2.1.3. Fiili (Gerçek) kapasite .....	11
2.1.4. Atıl ( Boş ) kapasite .....	11
2.1.5. Optimal kapasite .....	12
2.2. Kapasite Belirleme Yöntemleri .....	13
2.2.1. Bayesian analizi .....	13
2.2.2. Başabaş noktası analizi .....	14
2.2.3. Dinamik programlama .....	16
3. TALEP TAHMİNİ YÖNTEMLERİ .....	17
3.1. Nitel Tahmin Yöntemleri .....	17
3.1.1. Yönetici görüşünü esas alan tahmin yöntemi .....	17
3.1.2. Kilit personel fikirlerine dayanan tahmin yöntemi .....	17
3.1.3. Anket yöntemi .....	18
3.1.4. Delphi tekniği .....	18
3.2. Nicel Tahmin Yöntemleri .....	19
3.2.1. Zaman serileri metodları .....	19
3.2.1.1. Yalın yaklaşım .....	19
3.2.1.2. Aritmetik ortalama metodu .....	20
3.2.1.3. Hareketli ortalama metodu .....	21

3.2.1.4. Çift hareketli ortalama metodu.....	22
3.2.1.5. Ağırlıklı hareketli ortalama metodu .....	22
3.2.2. Nedensel metodlar.....	23
3.2.2.1. Regresyon analizi .....	23
3.2.2.2. Korelasyon analizi.....	25
3.3. Box-Jenkins Yöntemleri.....	25
3.4. Yapay Zekâ Tabanlı Tahmin Yöntemleri .....	27
4. ÖZEL TİP MAKİNE İMALATI YAPAN TESİSTE TALEP TAHMİNİ.....	29
4.1. Firma Hakkında Genel Bilgi ve Geçmiş Dönem Verileri .....	29
4.2. Talep Tahmini Metodunun Belirlenmesi .....	30
4.3. Regresyon Analizi ile 2020 Tahminlerinin Hesabı .....	32
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	35
KAYNAKLAR .....	37
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	42



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ölçek Ekonomileri ve Optimal Kapasite .....	12
Şekil 2.2. Sabit Maliyet .....	14
Şekil 2.3. Değişken Maliyet .....	15
Şekil 2.4. Başabaş Noktası Modeli .....	15



## TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Hareketli Ortalamalar Çizelgesi.....	21
Tablo 4.1. Son Altı Yıl Sipariş Miktarı.....	29
Tablo 4.2. Yıllara Göre Ağırlıklar.....	30
Tablo 4.3. Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar Metodu ile 2019 Yılı Tahminleri .....	30
Tablo 4.4. Regresyon Analizi ile 2019 Yılı Tahminleri.....	31
Tablo 4.5. Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar Ortalama Mutlak Yüzde Hatası.....	31
Tablo 4.6. Regresyon Analizi Ortalama Mutlak Yüzde Hatası .....	32
Tablo 4.7. 2020 Yılı Talep Tahminleri .....	33
Tablo 4.8. 2020 Yılı Gerçekleşen Sipariş Miktarı .....	34
Tablo 5.1. Son Üç Yıl Montaj Atölyesi Fazla Mesai Miktarı.....	35
Tablo 5.2. 2020 Yılı İçin Montaj Atölyesi Fazla Mesai Tahmini.....	35

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$a$	: Birim ürün başına değişken maliyet
$a_t$	: Hareketli ortalamalar arasındaki fark
$b$	: Birim satış fiyatı
$b_t$	: Hareketli ortalama eğim katsayısına benzeyen ek düzeltme faktörü
$b_0$	: Kesim noktası
$b_{1, \dots, k}$	: Eğim katsayısı
$e$	: Hata
$F$	: Sabit maliyet
$G_i$	: Yapay sinir ağı girdi değeri
$j$	: Yapay sinir ağı hücrelerine giren toplam girdi sayısı
$k$	: Bağımsız değişken sayısı
$m_t$	: Birinci hareketli ortalama değeri
$m'_t$	: İkinci hareketli ortalama değeri
$n$	: Geçmiş dönem sayısı
$Q$	: Üretim miktarı
$t$	: Zaman ya da periyot
$W$	: Ağırlık değeri
$W_n$	: $N$ inci dönem ağırlık kat sayısı
$x$	: Bağımsız değişken
$y_{t+1}$	: $t+1$ zamanındaki serinin tahmin değeri
$z_t$	: $t$ zamanındaki gerçek değer

## Kısaltmalar

BBN	: Başabaş Noktası
BDÜ	: Bilgisayar Destekli Üretim
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
DM	: Toplam Değişken Maliyet
EÜS	: Esnek Üretim Sistemi
JIT	: Just-in Time (Tam Zamanında)
KDOM	: Kısa Dönem Ortalama Maliyet
OMYH	: Ortalama Mutlak Yüzde Hata
SM	: Sabit Maliyet
TG	: Toplam Gelir
TM	: Toplam Maliyet
UDOM	: Uzun Dönem Ortalama Maliyet



## ATÖLYE TİPİ MAKİNE ÜRETİMİ YAPAN FİRMADA TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI

### ÖZET

Günümüzde üretim sektöründe faaliyet göstermekte olan işletmelerde; işletmenin boyutları, yapılan işin niteliği, kullanılan teknoloji düzeyi, üretilen ürünün nitelikleri ve miktarı başta olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak çok çeşitli nitelik ve miktarda hammadde, malzeme, iş gücü gibi kaynaklar kullanılmaktadır.

Tüm bu kaynakların işletme sınırları içerisine girdiği andan itibaren başlayan süreç ve çalışmalar oldukça kapsamlıdır. Bu zaman zarfında gerçekleştirilen her türlü faaliyetin etkinliği, işletmenin toplam kalite yönetimini, verimliliğini, ekonomik maliyetler ve karlılığı ile iş gücü kullanımını doğrudan doğruya etkilemektedir. Bu sebeple hammadde-malzeme girdisinin diğer girdilerle belli süreçler dahilinde bir araya gelmesi ve ürünün üretimi aşamaları hassas biçimde planlanması, organize edilmesi ve yönetilmesini gerektiren bir faaliyetler dizisidir. Firmalar için sürekli sipariş veren ve yıllık kazançlarında büyük yer tutan müşterilerinin memnuniyeti gelecekte açısından kritik önem taşır ve işletmeler müşteri memnuniyetini yüksek seviyelerde tutmak için kaynaklarını uygun olarak ayarlamaya azami özen gösterirler.

Bu çalışmada, özel tip makine üretimi yapan bir firma için geçmiş dönem satış verilerinden yararlanarak gelecek dönem için talep tahmininde bulunulacak ve bu tahminler yardımı ile firma yararına çıkarımlar yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kapasite Planlama, Makine Üretimi, Talep Tahmini.

## **DEMAND FORECASTING STUDY IN A TAILOR-MADE PRODUCING COMPANY**

### **ABSTRACT**

In the countries operating in the production sector today; the required details are the nature of the work done, the level of technology used, the requirements and requirements.

It is the entry that all these resources contain within the scope of the enterprise. The effectiveness of any kind of activity, the option is total quality management, efficiency, economic costs and profitability, and the operating power to be used during this time. For this reason, the raw material-material input must be combined and prepared within the processes related to other inputs, and production stages must be planned, organized and managed precisely. Satisfaction of customers, who place continuous orders for companies and have a great place in their annual earnings, is critical for their future and they are used to keep customer satisfaction at high levels and they pay maximum attention to adjust.

In this study, by making use of past sales data for a company that produces special types of machinery, demand forecasts for the next year will be made, and with the help of these estimates, some benefit will be created for the company.

**Keywords:** Capacity Planning, Machine Production, Demand Forecasting.

## GİRİŞ

Makine imalat sektöründe belirsizliklerin fazla olması ve müşteri taleplerinin değişkenlik göstermesi planlamanın önemini daha da arttırmaktadır. Atölye tipi üretim yapılan işletmelerde esnek tip, genel amaçlı makine kullanılır, makinelerin süreçleri fonksiyoneldir, hazırlık süreleri uzundur, çok işlevli belirli tip makine kullanan çalışanlar vardır, çeşitlilik için yüksek stok miktarı bulunur, parti büyüklükleri küçük veya ortadır, üretim süresi her bir birim için değişken ve uzundur [1].

Sürekli rekabetin küresel ölçekte olduğu sektörlerde müşteri memnuniyetini sağlayacak fiyat, kalite, teslim süresi kısalığı ve satış sonrası destek gibi farklı parametrelerin iyileştirilmesi önem arz etmektedir. Süreyi etkileyecek önemli faktörlerden birisi makine arızalarıdır. Arıza durumların üretimi daha az etkilemesi için ve atölye tipi üretim yapan sistemler için pek çok çizelgeleme yöntemi denenmiştir [2]. Bu kapsamda dinamik atölye çizelgeleme problemleri için öğrenen bir zeki sistem önerilmiştir [3]. Yine sürekli yeni iş gelişlerinin olduğu ve makine arızalarının ortaya çıktığı dinamik atölye tipi çizelgelemede sorunları çözmek için yapay zekâ yöntemleri kullanarak öncelik kuralları belirlenmiş ve bir çözüm aranmıştır [2].

Siparişe bağlı üretim yapan işletmelerde sipariş geçilmesi muhtemel ürün gruplarını önceden tahmin edip, buna uygun stratejiler geliştirmesi müşteri memnuniyetinin artması açısından önem arz etmektedir. Kapasitenin verimli kullanımının, müşteriye sağlanan hizmete olumlu etkisi ve kara olan katkısını gösterir çalışma yapılmıştır [4].

Bu çalışmanın konusu sipariş bazlı özel tip makine üreten atölye tipi üretim yapan bir firmada geçmiş dönem verilerinden yola çıkarak ürün gruplarına göre talep tahmininde bulunulmasıdır. Yapılan talep tahmin sonuçları değerlendirmesinde çoğu araştırmacıya göre en yaygın yöntem, ortalama mutlak yüzde hata olarak (OMYH) belirtilmiştir [5]. Taleplerde büyük miktarda artış öngörüldüğü durumlarda

tesislerin buna uygun hale getirilerek uzun dönemli planlama yapıldığını gösterir çalışmalar yapılmıştır [6].

Çalışmanın 1. Bölümünde, üretim sistemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bölüm 2’de ise, kapasite planlama ile alakalı genel bilgilendirme yapılmıştır, Bölüm 3’te talep tahmin edilmesi ile alakalı teorik bilgiler sunulmuştur. Bölüm 4’te belirlenen talep tahmin yöntemine göre 2020 yılı için ürün tipine göre talepler oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlara göre öneriler belirtilmiştir.



## **1. ÜRETİM SİSTEMLERİ**

Bu bölümde üretim sistemleri hakkında genel bilgiler verilerek, sistemin ne olduğunun anlaşılması sağlanacaktır. Üretim doğada var olan maddelerin insanların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ürün ve hizmetlere dönüştürülmesidir, yani beşeri ve iradi faktörlerin ürün ve hizmete dönüştürülmesidir [7]. Kaynaklarda değişik tanımlamalar olsa da üretim sistemini, belirli bir çevrede, belirli bir amacı gerçekleştirmeye yönelik birimlerin ve bu birimler arası etkileşimin oluşturduğu tabii veya gayri tabii işleyişlerin tamamıdır [8].

### **1.1. Emek Yoğun Üretim**

Emek yoğun üretim, bir mal veya hizmetin üretiminde sermaye, makine ya da diğer üretim faktörlerinden çok iş gücünün ön plana çıktığı üretim biçimidir. Otel, restoran hizmetleri ve ufak çaplı yapılan tarım işçiliği bu çeşit üretime örnek olarak gösterilebilir [9]. Bu üretim çeşidinde emek, üretimin temel faktörüdür. İnsan kaynağı doğrudan emek olarak üretimin içerisinde. Emek zihinsel veya bedensel verilen emek olarak iki çeşittir ve diğer üretim etmenlerini bir araya getirir [10, 11].

### **1.2. Kesikli Üretim Sistemleri**

Kesikli üretim sistemi, talep üzerine üretim yaparak, müşterinin isteklerine uygun, talep edilen miktar ve temin süresinde, kaliteden ödün vermeden yapılan bir geleneksel üretim sistemidir. Talepteki düzen yokluğu ve sabit olmama durumu sistemin kesikli olmasına sebep olmaktadır. Sistem hantal olmamasından ötürü taleplere rahatlıkla karşılık verebilmektedir [10, 11]. Kesikli üretim sisteminde siparişlerin ihtiyaç duyduğu operasyon adeti ve sırası farklılık gösterir ve iş akışı dengeli değildir. Farklı mamullerin imalatının yapılabilmesi için teçhizat ve işgücü esneklik gerektirir ve bu esneklik te sistemin karmaşıklığını artırır; makine, araçlar üretim süreleri genelde uzundur; departmanların iş yükleri dengesizdir; yarı mamul stokları genelde yüksektir; dönemsel kapasitenin tahmini zordur; bir üretim

partisinden diğerine geçmek için makine set up sürelerinin maliyetine katlanması gerekir; ürünler talebe göre üretildiğinden kalitelidir ve bunu sağlamak için kalifiye, uzaman iş gücü kullanılmaktadır [12]. Kesikli üretim sistemleri, proje tipi üretim sistemi, atölye tipi üretim sistemi ve parti tipi üretim sistemi olmak üzere üçe ayrılır [13].

### **1.2.1. Proje tipi üretim sistemi**

Bu üretim sistemi, belirli bir ihtiyaca göre, farklılık gösteren girdilere sahip ve çıktıları yünük bir mamule göre şekillenmiş olan üretim sistemidir. Proje tipi üretim sisteminde istenen malzeme ya da ürünün üretiminden sonra proje nihayete erer fakat bir sonraki üretime yeni proje gelince devam edilir. Bu üretim sisteminde sayı ve çeşitlilik olarak fazla sayıya sahip girdiler, az sayıda merkezde toplanmış işlemler ve ortak bir amaca sahip birimler vardır [11]. Sistemde üretilmek istenen mal veya hizmetin sabitliği söz konusudur, bu da ihtiyaç duyulan malzeme ve cihazların üretim sahasına getirilmesini gerekli kılar. Belirli talep bu sistemin gerekliliklerindedir [10]. Sistem büyük ve karmaşık olduğundan faaliyet ve öncelik sıralamaları önceden belirlenmeli, buna göre kaynaklar ayarlanmalıdır. Bunu sağlamak adına şebeke analizine dayalı planlama yöntemi kullanılır ve projeyi oluşturan faaliyetlerin zamanla ilişkilendiren yöntemlerden yararlanır [12]. Proje tipi üretimin özelliklerini kısaca; üretim ölçeği büyük olup tek seferliktir; bir tip ve tek ürün üretilir; girdi sayısı fazladır; talep endeksli üretim gerçekleşir; yüksek uzmanlık ve teknik alt yapı gereklidir; aynı anda pek çok faaliyet paralel olarak devam eder şeklinde sıralayabiliriz [14]. Proje tipi üretim sürekli üretim sistemi ve siparişe göre üretim sistemlerinin özelliklerini taşır ve sipariş üzerine üretime benzerlik gösterir [15]. Gemi üretimi, baraj, tünel ve yol üretimi gibi büyük yapılar proje tipi üretime örnek gösterilebilir.

### **1.2.2. Atölye tipi üretim sistemi**

Atölye tipi üretim sisteminde üretim müşteri talebi geldikçe yapılır ve stok için üretim yapılmaz. Müşteri taleplerinin zamanı ve istenen ürün aynı olsa bile miktarı belirsizlik gösterir. İş yapan kişiler kendilerine has konularda uzmanlaşmışlardır. Yapılan işte kişiye has olma durumu yüksektir ve farklılaşma vardır [16].

Bu üretim sisteminde müşteri talepleri önemli olduğu için üretim miktarı ve üretilecek ürün çeşitliği değişkenlik gösterir, bu da üretim planlamasını kompleks hale sokar. Müşteri talepleri üretimi dorudan etkileyeceği için müşterinin anlaşılması dolayısıyla da müşteri ile iletişim yüksek önem arz eder [11]. Yapılan üretim plan dahilinde ve üretilen ürünlerin kalitesinin yüksek olması ürün maliyetinin de yüksek olmasına sebep olmaktadır [10].

Siparişe göre üretim yapılan sistemlerde ürün çeşitliliği ve süreçleri yüksek olduğu için ekipman ve çalışanların esnekliğinin yüksek olması gerekmektedir. Bu üretim sistemlerinde ara stok seviyeleri yüksektir [17]. Özel tip makine üretimi, mobilya üretimi, özel elektronik gereç üretimi bu üretim sistemine örnek olarak gösterilebilir.

### **1.2.3. Parti tipi üretim sistemi**

Parti tipi üretim sisteminde üretim partiler halinde yapılır ve farklı bir partide üretim yapılacaksa gerekli durumlarda üretim parkurunda ve iş dağılımlarında değişiklikler yapılır [18]. Bu üretim sisteminde benzer özellikteki aynı tür ürünler üretilir. Talep devamlılığı parti tipi üretim sisteminin bir gerçeğidir ve partiler peşi sırası üretime alınır. Lot büyüklükleri ve ürün tipleri değişiklik gösterir. Üretimde kullanılan makineler tek tip ürün üretimden ziyade farklı tip ürün üretimine uygun yapıdadır [10].

Parti tipi üretim sistemini daha işlevsel yapmak için; iş akış ve önceliklerini hızlıca çeşitlendirebilecek esnekliğe sahip olunmalı; kullanılacak alet, edevat ve donanımların verimliliğinin azami miktarda olması sağlanmalı; iş gücünü spesifik alanlarda uzmanlaştırılmalı; olası arıza durumlarda üretimi sekteye uğratmayacak şekilde sistem kurulmalıdır. Bu üretim sisteminin siparişe göre üretim sisteminden farkı ürün çeşitliliğinin düşük, standartlaşmanın fazla olmasıdır. Az ürün çeşidi, yüksek standartlaşma; kalite kontrol, üretim planlama ve verimlilikte yüksek seviyelere çıkılmasını sağlamaktadır [11]. Ev eşyası üretimi, hazır giyim atölyelerindeki üretim, gıda sektöründeki üretim, paketleme sektöründeki üretim, otomotiv alanındaki üretimler parti tipi üretim gurubuna örnek olarak verilebilir [19].

### **1.3. Sürekli Üretim Sistemleri**

Sürekli üretim sistemlerinde üretilen ürün adeti yüksektir ve çeşitlilik azdır. Üretim ekipmanları kurulurken tek bir ürün üretimine odaklanılmıştır. Üretim tam gün, günde 24 saat, haftanın yedi günü ve yılın 365 günü yapılacak şekilde yapılır. Bu üretim sisteminde çok fazla miktarda üretim yapılır ve sermayesel olarak yüksek yatırımlardır. Sistemde malzemeler sürekli akış halindedir ve kesinti yoktur [10, 11, 17]. Sürekli üretim sistemleri kitlesel üretim sistemi ve akış tipi üretim sistemi olarak ikiye ayrılabilir [13].

#### **1.3.1. Kitlesel üretim sistemi**

Kitlesel üretim sisteminde üretim standardize olmuş tek tip ya da kısıtlı sayıda üründen yüksek adetlerde ve uzun süreli gerçekleşir. Bu üretim sistemi maliyetlerin azaltılmış olması sebebiyle kullanılır. İhtiyaç halinde üretim bandında modifikasyonlar yapılarak benzer tipte ürün üretimi yapılabilir.

Kitlesel üretim sistemi fabrikasyon üretim olarak ta adlandırılır ve çoğu zaman dolaylı olmayan çalışan masraflarını düşürür etki yapar, üretim imkanlarına ve hizmet işlevlerine yapılan yatırımlar birim dolaylı maliyetleri yükseltmeden verimliliği artırıcı rol oynar. Bu üretim sisteminin istenen faydayı vermesi ve sürekliliğin sağlanması geniş bir pazara ve süreklilik gösteren talebe bağlıdır. Otomobil, televizyon, hijyen ürünleri, yiyecek sektöründeki üretimler bu tür üretim sistemine örnek olarak gösterilebilir [10, 11].

#### **1.3.2. Akış tipi üretim sistemi**

Akış tipi üretim sistemi, üretim tek işlevli ve tek ürüne özel, üretim sürecindeki sıraya göre hatta yerleştirilen bir düzende yapılan sistemdir. Sistem tasarlanırken üretilecek ürün göz önüne alınır. Gerekli hazırlıkların yapılması uzun süre gerektirir. Standart tipte ürün bulunan sistemde dengesizliği az olan talep gereklidir ve olası talep değişikliği ürün farklılaşmasına neden olmayacak şekilde kalması önem arz etmektedir [10, 11]. Tek bir ürün üretilen bu sistem kağıt üretimi, petro-kimya sanayisi üretimi, çimento üretimi örnek olarak verilebilir [10].



#### **1.4. Hücresel Üretim Sistemleri**

Günümüz modern tipi üretim sistemlerinden olan hücresel tip üretim sisteminde grup teknolojisi; mamul veya parçaların üretiminde üretim süreci, kullanılan materyal, müşteri talepleri gibi etkenler incelenir. Yapılan incelemelere göre benzerliklerden yararlanılarak parçalar tanımlanır ve buna göre gruplar oluşturularak üretim verimliliğini arttıran bilimsel bir yöntem olarak tanımlanır. Yapılan bu ayırma aynı gruptaki malzemelerin süratli ve verimli olarak üretilmesi sağlanır [20].

Bu üretim sisteminde zamandan tasarruf edilebilmesi için benzer özelliklere sahip ürünlerin bir araya getirilmesi ve buna göre imalat gruplarının oluşturulması önemlidir [10].

Grup teknolojisi üretim sistemi içerisinde bulunan aynı özellikteki bileşenler, belirli çember grubu içerisinde kümelendirilerek, aynı çemberde bulunan makine ve çalışan ekiplerince üretilir [21]. Bu teknolojiye müşteri talep ve ihtiyaçlarına doğrultusunda alınan siparişlere göre partiler halinde üretimin verimliliğinin artırılması ve işletmelerde etüt proje ve üretim özelliklerinin sentezlenmesini sağlayan sistem olarak ta anlaşılabilir [22].

Bu üretim sisteminin hazırlık süresinin ve makine kullanım sürelerinin kısa olması, standartlaşan işler sayesinde iş gücü veriminin artması, makinelerin daha verimli kullanılması, kısa taşıma mesafesi kaynaklı zaman tasarrufu, stok maliyetleri ve stok alanı gereksinimi düşüklüğü, kolay yönetilebilir olması, maliyet hesaplaması kolaylığı, hata ve eksiklerin kolayca takip edilip fark edilebilmesi ve hızlı iş akışı gibi avantajları vardır [10, 11]. Bu da sistemin özelliklerinden ötürü müşteri isteklerinin istenen süre ve özelliklerde karşılanmasını sağlamakta, firmalara rekabet ortamında fayda sağlamaktadır [17].

#### **1.5. Bilgisayarla Bütünleşik/ Bilgisayar Destekli Üretim Sistemi**

Modern üretim sistemlerinden bir diğeri olan bilgisayarla bütünleşik üretim sistemi; bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) sistemlerinin bütünleşik halidir. Bu sistemler modern dünyada işlemlerin sağlıklı ve hızlı ilerlemesi göz önünde bulundurulduğunda pek çok fayda sağlamaktadır.

Bu üretim sistemlerinde, bilgisayar yardımıyla oluşturulan karar destek sistemleri sayesinde üretim süreci otomatik olarak yönetilir [11]. Bu sistemin hedefi farklı teknolojilerin yardımıyla otomatikleşme ve insan bütünleşmesi oluşturarak en yüksek seviyede kar elde eden bir üretim sistemi yaratmaktır [23].

CAM bilgisayar kontrollü tezgâh, robot ve diğer programlanabilir aletlere üretim plan ve programı hazırlayarak, bu sistemi kullanan kullanıcılara veri işlem desteği vermek ve bilgisayar kontrollü teknikler yardımıyla üretim yapmaktır [10]. Bilgisayar destekli üretim (BDÜ)'de elde edilmek istenen bir diğer fayda da ürün geliştirme, üretim ve fabrikasyon süreçlerinin sadeleştirilmesidir. Çalışan insan maliyetinin zamanla yükselmesi sebebiyle bu üretim sisteminde robot kullanımı büyük önem taşımaktadır. Robot kullanımı sayesinde esneklik ve hız kazanılarak daha güvenli bir ortam sağlanmaktadır. BDÜ'in kullanımını yatırım maliyeti, teknoloji alt yapısı ve yeterliliği, yetişmiş personel ve uzman eleman, organizasyonel yapıların uyumlu olması gibi etkenler etkiler. Bu sistemde kalite kontrol sistemleri ve süreçlerin takibi başarılı bir şekilde sürdürülebilir. BDÜ yüksek standartlarda üretim istenen otomotiv sanayi, ilaç sanayi, uzay ve savunma sektöründe sıkça kullanılmaktadır [11].

Bilgisayar destekli tasarımda tasarımı gerçekleştirilen ürünün dizayn ve incelenip analiz edilmesi için bilgisayar destekli sistemin kullanılmasıdır [10]. CAD kullanılan yazılım sayesinde veri giriş formu yardımıyla, ürün parametrelerim girilmesi sonucu tasarlanan ürün modelinin oluşturulmasını sağlar. Ürün ağacındaki ham maddelerin standart maliyetlerinin girilmesi, olası ikame ham maddelerin değişmesi durumunda da, ürünün standart maliyetinin çıkarılması otomatik olarak sağlanır. CAD ile daha kısa tasarım süresi, mamul kalitesinde iyileştirilme, tasarım verimliliğinde artış, tasarıma kolayca ulaşabilme gibi faydalar elde edilir. CAD ve CAM eşzamanlı halde uyumlu olarak beraber kullanıldıklarında fayda maksimum olacaktır [11].

## **1.6. Yalın Üretim Sistemi**

Yalın üretim günümüz dünyasında en sık kullanılan üretim sistemlerinden biridir.

Modern üretim sistemlerinden olan yalın üretim sistemi sıfır hata prensibi ile maliyet ve israfın azaltılması yoluyla üretim yapılmasıdır. Burada hedeflenen üretim için gerekli olan bileşenlerin gerektiği zamanda, istenen yerde ve miktarda bulunarak hata ve stokun minimuma indirilmesidir. Bu sistem ilk olarak Japonya’da Toyota tarafından uygulanmıştır ve bir diğer adı da Toyota üretim sistemidir. Yalın üretim sisteminde hedef israf ve kayıplardan kurtularak sunulan ürünün mükemmelleştirilmesi ve karlılığın artırılmasıdır [10, 17].

Yalın üretim sistemi; eş zamanlı mühendislik, kanban, JIT (Just-in Time), toplam kalite kontrolü, sürekli gelişme, takım çalışması, tedarik zincirinin entegrasyonu gibi unsurların birleştirilmesinden oluşur. Bu sistemde bilgi yönetiminin başarılı bir şekilde kullanılması, sistemin tercih sebeplerindendir [17].

Yalın üretim sisteminde kusursuzluk büyük önem taşır ayrıca değişim odaklılık, yüksek motivasyon, katılımcılık, iyileştirme ve pratiklik te aranan değerlerdendir [10].

### **1.7. Esnek Üretim Sistemi**

Modern üretim sistemlerinden bir diğeri olan esnek üretim sistemi (EÜS)’teki esneklik üretiminin piyasa dinamiklerine hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlaması olarak ifade edilmiştir. EÜS, çeşitlilik gösteren ürünleri, makine ve tezgahlarda minimum değişiklik yaparak üretebilen sistemlerdir [17].

EÜS, ürün çeşitliliğinin yüksek olduğu işletmelerde kullanılan, aynı grubun içinde fakat farklılık gösteren parçaların üretildiği, genel amaçlı makine ve hattı içeren, minimum personel müdahalesiyle çalışan sistemler olarak tanımlanabilir. Bu sistemden elde edilmek istenen faydalar, müşteri taleplerinin istenen biçimde sağlanması, yüksek kalite, düşük maliyet, asgari miktarda stok tutulması ve rekabet gücündeki artıştır. Esnek üretim sisteminde toplam maliyet yüksektir fakat birim maliyet düşüktür ve çıktılar yüksek kalitededir. EÜS, CAD, üretim planlaması ve üretimden oluşur [11].

## **2. KAPASİTE PLANLAMA**

Bu bölümde üretim kapasite planlama hakkında genel bilgiler verilerek, kapasite planlamanın önemi ve üretim sistemindeki rolü hakkında bilgiler paylaşılacaktır. Firmalar kapasitelerini verimli kullanmak ister. Kapasite, mevcut durumda en fazla sayıda ürünün istenen zaman aralığında dağıtım sürecidir. Başka bir ifade ile kapasite, işletmelerin sınırlı sürede üretim araç ve gereçlerini kullanarak yapacağı üretim miktarıdır [24]. Fabrikalar kuruluş amaçları gereği gerekli miktarda kapasiteye ihtiyaç duyarlar. Aslında kapasiteye işletmelerin üretebilme yeterliliğinin bir göstergesi olarak ta adlandırılabilir [25]. Yani kapasite bir işletmede belirli dönem içerisinde kullanılan üretim faktörleridir [26].

Bölümün devamında kapasite planlaması parametreleri ve kapasite belirleme yöntemleri hakkında bilgiler verilecektir. Bu verilere göre sistemlerin daha iyi anlaşılması hedeflenmektedir.

### **2.1. Kapasite Planlama Terimleri-Parametreleri**

Bu bölümde kapasite çeşitleri ve terimleri hakkında genel bilgiler verilerek, kapasite hakkında daha fazla bilgi edinilmesi sağlanacaktır. Kapasite çeşitlerinden temel beş tanesi; teorik diğer bir deyişle maksimum kapasite, pratik ya da normal kapasite, fiili yani gerçek kapasite, atıl yani boş kapasite ve optimal kapasitedir [27].

#### **2.1.1. Teorik (Maksimum) kapasite**

Maksimum kapasite, çalışma şartlarının kusursuz ve ideal olması durumunda, önceden bilinen bir sürede en yüksek üretim tutarıdır [28]. Teorik kapasitede teçhizat, çalışan ve diğer üretim unsurlarının sıfır duruş ile çalıştığı var sayılır. Süre takibi için gün, ay, yıl kullanılabilir. Maksimum kapasitede çalışmak normal üretim koşullarında, uzun süreli olarak ihtimal dâhilinde değildir [24]. Üretim doğal akışı içerisinde arıza ya da önleyici bakım, çeşitli sebeplerden ötürü beklentiler, duraklamalar sebebiyle duruşa geçer [29]. Teorik kapasite ölçülebilirliği zor

olmamasına rağmen, insan gücü, ihtiyaç duyulan hammadde ve üretimi etkileyen diğer faktörleri göz ardı eder ve arıza durumların hiç olmayacağını varsayarak olabilecek en fazla miktarda üretimi verir [25].

### **2.1.2. Pratik (Normal) kapasite**

Bir tesiste bakım-onarım, gecikmeler, set up süreleri gibi işletmede zaman kaybına sebep olan etmenler vardır. Bu gecikmelerden ötürü işletmelerde kapasiteler teorik kapasiteye göre hesaplanırsa da teorik kapasiteye uyulması mümkün olmamaktadır. Kapasitedeki düşüşe sebep olan bu durumlara faaliyet kesilmeleri denir. Buna göre normal kapasite; teorik kapasiteden kesimler kadar eksiktir. Teorik kapasitenin artması tesis ya da iş gücünde artma olması durumunda gerçekleşebilir. Normal kapasite teorik kapasiteden faaliyet kesimleri kadar azdır, eğer bir işletmede kontrol altına tutulabilecek faaliyet kesimleri ne kadar iyi şekilde yönetilebilirse, normal kapasite fiili kapasiteye o kadar yaklaşır [25].

### **2.1.3. Fiili (Gerçek) kapasite**

Fiili kapasite işletmelerde belirli bir süre içerisinde ürettiği üretim miktarı olarak tanımlanır. Gerçek kapasite normal kapasiteden büyük ya da küçük olabilir. Gerçek kapasitenin normal kapasiteye bölünmesinden elde edilen değer çalışma derecesi olarak geçer [30]. Normal kapasite üretilmesi mümkün olan ürün miktarını gösterir, fakat; gerçekte kapasite, hazır olan mamulün satışı ile alakalı bir durumdur. Eğer yeterli bir satış hacmi mevcut değilse, normal kapasitenin tamamı kullanılamaz. Yani gerçek kapasiteyi normal kapasitenin kullanılan bölümü olarak tanımlanabilir [24]. İşletmelerde çalışma derecesi “1” ise tam kapasiteyle üretim yapıldığı anlaşılır ve bu durumda atıl kapasite bulunmuyor demektir [25].

### **2.1.4. Atıl ( Boş ) kapasite**

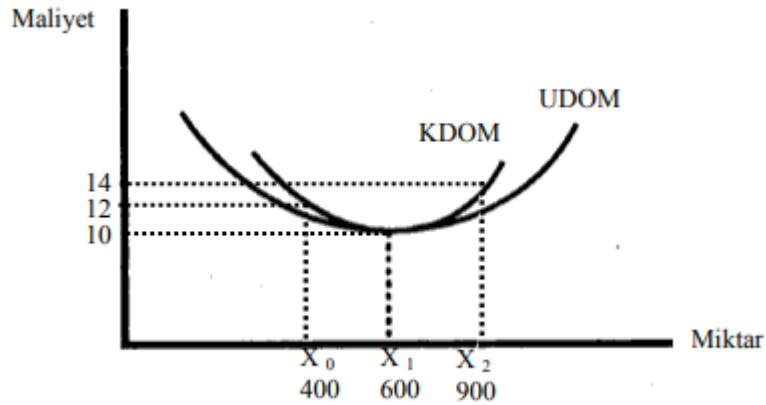
Bir işletmede fiili kapasite ile pratik kapasite arasındaki fark atıl kapasite olarak adlandırılır, normal kapasitenin faydalanılmayan kısmı boş kapasitedir [24, 25].

Firmalarda boş kapasite oluşmasının en büyük sebebi yönetseldir. İdareciler, geleceğe dönük satış talep tahminlerini ne kadar hatlı yaparlarsa boş kapasite de o kadar yüksek olabilmektedir. Boş kapasiteye sebep olan bir diğer unsur da, maliyet giderlerini oluşturan üretim faktörlerinin, üretim sırasında açığa çıkardıkları hizmetlerin taksim edilmeyişidir [31].

### 2.1.5. Optimal kapasite

Optimal kapasite; birim başına değişmez ve değişir giderler toplamının en az olduğu kapasitedir. Bu kapasitenin fazlası veya azı olarak gerçekleşen üretim, maliyet giderlerinin artmasına sebep olur, yani işletmelerde asgari ortalama maliyetle çalışma imkanı veren yıllık üretim hacmi optimal kapasitedir [24, 31].

Şekil 2.1’de belli bir tesis için optimal kapasite düzeyi gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Ölçek ekonomileri ve optimal kapasite

X1 (600 birim) optimal üretimdir. Uzun dönem ortalama maliyet (UDOM) eğrisi kısa dönem ortalama maliyet (KDOM) eğrilerini alttan saran eğridir ve işletmenin çeşitli üretim miktarını üretebileceği asgari maliyetleri verir [32]. Şekilden anlaşılacağı üzere, bir üretim tesisi, üretmeye başladıktan sonra, üretim miktarı arttıkça ortalama birim maliyet azalır. Bu azalmanın sebebi, sabit giderlerin zamanla daha çok ürüne dağılması, parti hacimleri büyümesi sebebiyle makine set up sürelerinin maliyetlerinin azalması ve diğer tasarruflardır. Bu tasarruflara ölçek ekonomisi denir ve üretim hacmi ile paralel olarak bir seviyeye kadar devam eder. Optimal kapasiteden farklı olan her noktada maliyetler artar. Maliyetlerin artmasının

sebepleri olarak; verimliliğin azalması; yönetsel sorunlar; denetlemedeki aksaklıklar; fazla mesai; arıza bakımların artış göstermesi örnek gösterilebilir. Optimal kapasiteden ne kadar uzaklaşırsa ölçek ekonomiden elde edilen faydalar kaybedilir [24].

## **2.2. Kapasite Belirleme Yöntemleri**

Kapasite belirlenirken; işletmenin kapasitesinin belirlenmesinin yanı sıra bölüm ve istasyonların da kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kapasite ölçümünde miktar ve zaman faktörlerini belirleme zorluğu mevcuttur. Bu zorluk üretilen mamul tipi arttıkça artar [24].

Kimi zamanlarda, çalışanların zamanında iş başı yapmaması, malzeme teminindeki sorunlar, arıza ya da planlı bakım kaynaklı zaman kayıpları gerçekleşebilmektedir. Gerçekleşen bu aksaklıklar kapasite ölçümünü zorlaştırmaktadır. Kapasite planlaması yapılırken bahsi geçen belirsizlikler de dikkate alınmalıdır [33].

Firmaların verimli çalışabilmesi için üretim plan ve programlaması çok önemlidir. Sağlıklı bir plan, program yapılabilmesi adına kapasite hesabı büyük ehemmiyet taşır. Hatalı hesaplanan kapasite üretimde duraksama, yığılmalara yol açarak üretim programında sapmalara sebep olur [24].

### **2.2.1. Bayesian analizi**

Bayes Teoremi bir olayın olma olasılığının ek bilgiler ile nasıl değiştiğini gösteren bir teoremdir [34]. Yani bu teoremden olasılıkların gözden geçirilmesine ilişkindir. Bir örnekle pekiştirecek olursak, sabah evden çıkarken gökyüzündeki kara bulutları gördükten sonra şemsiyesiz çıkmaktan vaz geçerek şemsiye almamız, bulutları görmeden önce düşük olasılık verdiğimiz yağmur yağması olasılığını tekrar gözden geçirip yağmur yağması olasılığına yüksek ihtimal vermemizdir [35].

Bayesian analizi uygulanmadan önsel verilerin tanımlanması gerekir [34]. Farklı nedenlerin aynı şekilde sonuç vermesi halinde, sonucun hangi olasılıkla hangi nedenle gerçekleştiği bilinmek istendiğinde Bayes teoremi kullanılmaktadır, yani Bayes teoremi sonuç belli durumlarda geriye doğru çözümleme yapmayı sağlar [36]. Bu analiz, satışların olasılıklı değerlerine dayalı bir metottur. Farklı ebattaki

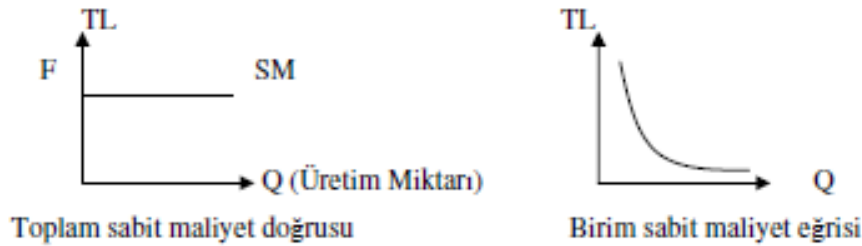
kapasitelere göre satışların hangi miktarda olabileceği tahminlenir ve ön görülen değerlerin toplanmasıyla maksimum satış hasılatı getirecek kapasite seçilir [24].

### 2.2.2. Başabaş noktası analizi

Maliyet, hacim, kar analizinin ilk aşamasında, işletmenin hangi faaliyet hacminde, en kötü durumda, kar ya da zarar etmeyeceği nokta bilmek istenir. Bu faaliyet hacmi başabaş noktası olarak adlandırılır [37]. Toplam gelire toplam giderin eşit olduğu yer Başabaş noktasıdır, yani bu noktada toplam maliyet ile satıştan elde edilen miktar kesin olarak eşittir, diğer bir ifade ile toplam gelirden toplam gider çıkarıldığında kazancın sıfır olduğu noktadır [38, 39].

Başabaş noktasının karar verme kriteri olarak kullanılmasının önemi, işletmelerde kar elde edebilmek için üretilmesi gereken ürün miktarı ve bu ürünlerin ne fiyata kaç adet satılmasının gerekliliğini göstermesidir. BBN' deki imalat ve satış operasyonları hacminde, fiyat-üretim ve satış operasyon büyüklüğü-kazanç arasındaki ana hatlarını göstermektedir [39].

Sabit maliyet, üretim hacminden bağımsız olarak belirli bir zaman içerisinde toplam olarak değişmeyen maliyettir. Bir işletmenin maliyeti, yatırım, makine sabit kıymetler maliyeti, sigorta, vergi kesintileridir. Sabit maliyet toplamı  $F$ , üretim miktarı  $Q$  olarak tanımlanırsa grafik Şekil 2.2' deki gibi olur [24].



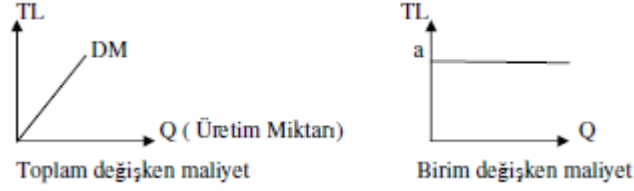
Şekil 2.2. Sabit maliyet

Grafikten de okunabileceği gibi birim maliyet üretim miktarıyla ters orantılı olarak seyrederken, sabit maliyet üretim miktarından bağımsız olarak hareket eder.

Değişken maliyet, üretim hacmindeki değişimler ile değişkenlik gösteren maliyet gideridir ve her zaman üretim hacmi ile doğru orantılı olmak zorunda değildir.



Toplam değişken maliyet (DM), artan imalat miktarı ile paralel olarak artarken, birim başına düşen değişken maliyet miktarını gösterir grafik şekil 2.3' teki gibidir [24].



Şekil 2.3. Değişken maliyet

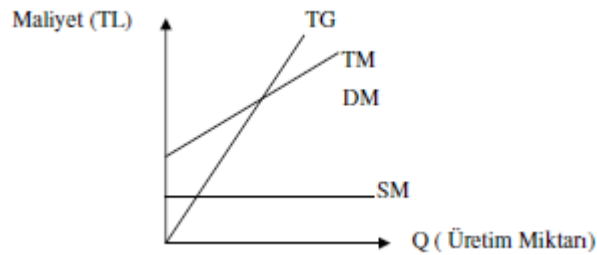
İşletmelerde Başabaş noktasının belirlenebilmesi için, işletmenin toplam gelir ve giderini bilmek gerekir [40].

Belirli bir büyüklükte olan işletmelerde hareketsiz sabit gelir bulunur. Üretilecek satış malzemesi miktarı ve fiyatı çok iyi ayarlanmalı ve bu sayede elde edilen kar ile en azından sabit gelir karşılanabilsin [24].

Başabaş noktası matematik modelinde kullanılan Denklem (2.1)'de,

$$TG=b*Q \quad (2.1)$$

verilmiştir. Burada TG toplam gelir ve b'de birim satış fiyatıdır. Başabaş noktasını bulabilmek adına, bir ürün için TG ve TM doğrularının aynı grafik üzerinde çizilmesi yeterlidir. Şekil 2.4.'te bu gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Başabaş noktası modeli

Yukardaki grafikte TG ve TM'in kesiştiği noktaya Başabaş noktası denir. Başabaş noktasında, TG ve TM eşitliğinden yola çıkarak Denklem (2.2),

$$b*Q= F+a*Q \quad (2.2)$$

elde edilir.

Denklem (2.2), kolayca Denklem (2.3)'e,

$$Q = F/b - a \quad (2.3)$$

evrilebilir. Buradan, Başabaş noktası altında üretim yapıldığında işletmenin zarar edeceği anlaşılır. Şekil 2.4.'teki grafikte toplam gelir ve toplam maliyet doğruları ne kadar solda olursa, yani üretim miktarı ve kapasite yüzdesi ne kadar küçük olursa işletmenin zarar etme riski o kadar küçük olur [24].

### 2.2.3. Dinamik programlama

Dinamik programlamada eldeki problemler aşama aşama çözülürken en uygun çözüm yöntemi her aşama için bulunmaya çalışılır [41]. Dinamik programlama; bir en uygun kararı, ilk durum ve ilk karardan bağımsız olarak sonrasında verilecek kararlar ilk kararların sonucunda varılan durum göz ardı edilmeksizin verilmelidir diye de tanımlanır [42].

Dinamik programlamada eldeki problemi çözmek için ilk etapta genellikle uygun matematiksel model kurularak başlanır. Bu aşamada amaç fonksiyonu ve kısıtların belirlenmesi, varsayımlar, değişkenlerin sayı ve özellikleri öznellik içerir ve modeli kuran kişinin tecrübe ve bilgi birikimine bağlıdır. Çözüm aşamasında da bu öznellik devam eder. Model çözülmeden, çoğunlukla problemin tekrardan düzenlenmesi ve çözüm yöntemi uyarlanmasında değişikliklere genelde ihtiyaç duyulur. Dinamik programlamada her aşama kendisinden önceki aşama ile sıralı ilişki içerisinde olduğundan, hiçbir aşama çözümü tek başına problemin bir çözümü değildir [24, 42].

Dinamik programlama; tekrar sipariş kurallarının belirlenmesinde zaman ve nicelik değişkenlerinin belirlenmesin, maliyeti yüksek alet edevatın verimli bir kullanımı olması için yedek parça seviyesinin belirlenmesi, reklam yöntemlerinin belirlenmesi, planlı bakım ve makine revizyonları stratejilerinin belirlenmesi gibi problemlerin çözümünde sıkça kullanılır [42].

### **3. TALEP TAHMİNİ YÖNTEMLERİ**

Talep tahmini yöntemlerinden bahsetmeden önce talep tahmini ile alakalı genel geçer bilgiler verilecekti.

Rekabetin küresel bir düzeye çıktığı günümüzde firmalar, ileriye dönük planlar yaparken müşteri ya da olası müşterilerinin kısa, orta ve uzun vadede ne gibi talepleri olacağını belirlemek zorundadır. Talep tahmini yaparken aslında; üretilecek ürün çeşidi, ürün ya da hizmet ile hangi pazarda işlem yapılacağı, ürün için ihtiyaç duyulan kapasite, stok miktarı ve iş gücü gibi problemlere gelecek dönem için çözüme yardımcı bir sistem kurulur.

Literatür incelendiğinden tahminleme metotları için farklı sınıflandırmalar mevcuttur. Bu çalışmada bu yöntemler dört başlık altında incelenip, bilgiler verilecektir.

#### **3.1. Nitel Tahmin Yöntemleri**

Nitel tahminler öznel yöntemler olur ve tahmini yapan kişinin tecrübelerine bağlıdır. Bu tahmin yöntemlerinde matematiksel modeller kullanılmaz. Yapısal özellikleri ve maliyetleri sebebiyle strateji belirleme, yatırım kararı, orta ve uzun vadeli plan geliştirme gibi tahminlerde kullanılırlar. Bilimsel yöntemler kullanılmadığından tahmin performansları düşüktür.

##### **3.1.1. Yönetici görüşünü esas alan tahmin yöntemi**

Bu karar verme yöntemi geçmiş verilerin olmadığı şartlarda kullanılır. Firmalarda üst ve orta düzey yöneticilerin bir araya gelerek bilgi alış verişi yapmaları sonrası tahminde bulunmaları ile gerçekleşir ve sorumluluk departman liderlerindedir [43, 44].

##### **3.1.2. Kilit personel fikirlerine dayanan tahmin yöntemi**

Kilit personel yöntemi, yönetici görüşüne göre daha sağlıklı karar vermeyi sağlar.

Bu yöntemde tahminlemeyi firmada belirli bir süre çalışmış olan ve kritik pozisyonda olan personel yapar. Tahminleme sonuçları yönetici kadrosunun bilgilerinden de onay almak için ayrıca yönetici kadrosu tarafından kontrol edilir ve gerekli durumlarda revize edilir. Bu yöntemin maliyet ve hız açısından avantajları vardır [43, 44].

### **3.1.3. Anket yöntemi**

Nitel karar verme yöntemlerinden biri olan anket yönteminde talep; soruların direkt tüketiciye ya da son kullanıcılara sorulmasıyla belirlenmek istenir. Bu yöntemde sorular nesnel, kapsamlı olmalıdır. Gelen cevaplar istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilir [44, 45]. Maliyetinin fazla olması ve kişiden kişiye fazla değişip yüksek olmayan doğruluk oranından ötürü fazla tercih edilmez [43].

### **3.1.4. Delphi tekniği**

Bu karar verme tekniğinin en belirgin özelliklerinden biri, tekniğin katılımı gizliliğe önem vermesidir yani araştırma esnasında hangi fikrin kim tarafından öne sürüldüğü bilinmez ve bu sayede ekip içerisindeki kişilerin daha çok fikir ile katkı sağlaması sağlanır. Yani ekipte bulunan dominant kişilerin fikirlerinin baskı unsuru olması gibi sorunlar açığa çıkmadan, herkes özgürce fikirlerini öne sürebilmiş olur [45].

Delphi tekniğinin ikinci belirleyici özelliği, anketlerin uygulanmasının ardından anketlerin istatistiksel olarak analiz edilmesidir. Burada istatistiklerin ne anlama geldiği, katılan bireyler tarafından iyice bilmesi önemlidir [45].

Üçüncü özellik te tekniğin kontrollü geri beslemeye dayanmasıdır. Anket sonuçları istatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilir ve analiz sonuçları katılımcılarla paylaşılır ve katılımcılardan elde edilen sonuçlara göre anketlerini gözden geçirmeleri istenir [45].

Yöntemle alakalı eksikler, yöntem başarısının uzman görüşlerine bağlı olması, geri bildirimde zamanın uzun olması ve uzayan süreç yüzünden katılımcı sayısında azalma olmasıdır [43].

## **3.2. Nicel Tahmin Yöntemleri**

Matematiksel modellere göre tahminleme yapılan nicel tahmin yöntemleridir. Sezgisel yöntemler talebi etkileyen unsurların sayısındaki yükselme ve aralarındaki ilişkinin kompleks hale gelmesi durumlarında sezgisel yöntemlerin yetersiz kalması objektif yöntemlere olan ihtiyacı açığa çıkarmıştır [46].

Nicel yöntemlerde değişkenler atandıktan sonra yapılan tahmin öznel değildir ve tahminlerde matematiksel modeller kullanıldığı için tahminlerin doğrulukları istatistiksel metotları ile ölçülebilir haldedir. Hızlıca tekrarlanabilir olması nicel tahmin yöntemlerinin avantajlarından [45].

Nicel yöntemleri zaman serileri metotları ve nedensel yöntemler olarak iki ana başlıkta inceleyebiliriz.

### **3.2.1. Zaman serileri metotları**

Zaman serileri metotlarında geçmiş bilgiler kullanılarak, bu bilgilere göre denklemler kurulur ve ileriye dönük tahminlemeler yapılır. Bu yöntemlerde tarihsel bilgiler bağımlı değişken olarak kullanılır. Zaman skalaları duruma göre günlük, saatlik, aylık, yıllık ve mevsimlik olabilir. Zamanda aralıklarındaki bu değişken olabilme durumundan ötürü verilerin kümelendirilmesi ya da ayrıştırılması gerekebilir. Zaman serilerinde her seri bileşeni diğer seri bileşenleri ile etki halindedir ve en yakın zamandaki bileşenler ile benzerlik gösterir [43, 45].

Bu çalışmada zaman serileri metotlarından yalın yaklaşım, aritmetik ortalama metodu, basit hareketli ortalama metodu, ağırlıklı hareketli ortalama metodu ve çift hareketli ortalamalar metodu hakkında bilgiler verilecektir.

#### **3.2.1.1. Yalın yaklaşım**

Yalın yaklaşım kimi kaynaklarda basit dış değer yöntemi olarak ta adlandırılmaktadır. Basit dış değer yönteminin uygulanmasında eski dönemlerin satış miktarlarından yola çıkarak ileriki dönemler için satış miktarı tahmini yapımına dayanır. Sabit koşullu durumlarda yani geçmiş dönem koşullarının gelecekte korunduğu durumlarda bu yöntemden alınan sonuçlar oldukça sağlıklıdır [5].

Bu yaklaşımda içinde bulunan ana en yakın geçmiş dönemlerin gelecek adına en iyi tahmin sonucu vereceği varsayımı vardır. Modeli ifade eder Denklem (3.1)'deki,

$$y_{t+1} = z_t \quad (3.1)$$

gibidir [5]. Denklemde  $y_{t+1}$  t periyodunda (t+1) periyodu için yapılan tahmin değeridir. Örneğin  $z_t$  6 aylık bölümünde belirli bir ürün tipi için yapılan satış miktarını gösteriyorsa, bu durumda, satışların bir sonraki alt aylık periyot için satış tahmini olarak kullanılır [5].

Satış verilerinin değeri zaman ile değişiyorsa, bu seri artık durağan olmayan seridir ve trend gözlenir. Bu durumda son dönem ile bir önceki dönem arasındaki fark eklenerek Formül (3.2)'deki,

$$y_{t+1} = z_t + (z_t - z_{t-1}) \quad (3.2)$$

denklemden elde edilir [5].

Mevsimsellik özelliği yüksek durumdaki formül Denklem (3.3)'teki,

$$y_{t+1} = z_{t-3} \quad (3.3)$$

gibidir [5].

Hem trend hem de mevsimsel bir modelle çalışılmak durumunda kalınırsa Denklem (3.4),

$$y_{t+1} = z_{t-3} + \frac{(z_t + z_{t-1}) + \dots + (z_{t-3} - z_{t-4})}{4} \quad (3.4)$$

kullanılır [5].  $z_{t-3}$  mevsimselliğe bağlı tahmini, diğer ifadeler ise son 4 dönemin ortalamasını göstermektedir [5].

### 3.2.1.2. Aritmetik ortalama metodu

Bu metot geçmiş döneme ait verilerin aritmetik ortalaması alınarak yapılır. Bu modelin kullanıldığı durumlarda, trend, konjonktürel ve mevsimsel dalgalanmaların etkisi olmamalıdır ve veriler az sayıda olmalıdır. Denklem (3.5)'teki,

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} \quad (3.5)$$

formüldeki gibi gösterilir.

### 3.2.1.3. Hareketli ortalama metodu

Hareketli ortalama metodu, mevsimsel dalgalanmaların talep üzerindeki etkilerinin bulunmasında kullanılan yöntemdir. Bu metotta geçmiş dönem verilerinden yararlanılır ve satışın zamanla gösterdiği bilgileri veren grafik yardımıyla gelecek dönem hakkında tahminde bulunulur. Hareketli ortalama metodunda üç aylık, altı aylık, dokuz aylık ya da on iki aylık periyotlara göre değerlendirme yapılabilir [4].

Hareketli ortalama, sürekli en geride kalan değer listeden eksilti olarak ve listeye en yeni değer eklenerek belirli adetteki periyotla alakalı değerler tekrarlanarak ortalama alınmasıyla elde edilir. Bu yöntemde genel verilerin düzeni korunurken verilerdeki dalgalanmaları da düzeltebilmektedir [4].

Yeni veriler elde edildikçe düzeltilen ortalamalara hareketli ortalama denir. Elde edilen sonuç, bir sonraki periyot için tahmin değeri olarak kullanılır [4].

Hareketli ortalama yönteminin matematiksel ifadesi Denklem (3.6)'daki,

$$y_{t+1} = \frac{z_t + z_{t-1} + \dots + z_{t-n+1}}{n} \quad (3.6)$$

gibidir. Denklemde  $y_{t+1}$  bir sonraki dönemin tahmin değerini ve  $z_t$ 'de t dönemindeki gerçek değeri ifade eder.

Bu yöntemden bütün dönemlere aynı oranda ağırlık verilir ve en iyi sonucu sabit verilerin olduğu durumlarda verir [5].

Tablo 3.1. Hareketli ortalamalar çizelgesi (T=4)

Dönem	Gerçekleşen	Tahmin(t+1)
1	$Z_1$	.....
2	$Z_2$	.....
3	$Z_3$	.....
4	$Z_4$	.....
5	$Z_5$	$(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)/4$
6	$Z_6$	$(Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)/4$
7	$Z_7$	$(Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6)/4$
8	$Z_8$	$(Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7)/4$
9	$Z_9$	$(Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8)/4$

#### 3.2.1.4. Çift hareketli ortalama metodu

Tahminde gecikmenin olmaması hedefini gözeterek çift hareketli ortalama metodu yöntemi güçlü eğimi olan veri setlerinde sık olarak kullanılır. Aynı anda eldeki zaman serisi doğrusal eğilimi olan bir zaman serisi ise, uygun tahminleme değeri elde edilebilir. Bu yöntemde serinin, hareketli ortalaması alınacak seriye kaynak teşkil eden serinin de hareketli ortalaması alınarak işlem yapılır [47].

$p$  ileride tahmini yapılacak dönem sayısını ve  $a_t$  de iki hareketli farkı göstermek üzere, metodun matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir [5].

Birinci hareketli ortalamayı hesaplamak için Denklem (3.7),

$$m_t = y_{t+1} = (z_t + z_{t-1} + z_{t-2} + \dots + z_{t-n}) / n \quad (3.7)$$

kullanılır.

Denklem (3.8),

$$m'_t = (m_t + m_{t-1} + \dots + m_{t-n+1}) / n \quad (3.8)$$

ile de ikinci hareketli ortalama bulunur.

Denklem (3.9),

$$a_t = 2m_t - m'_t \quad (3.9)$$

ile iki hareketli ortalama arasındaki fark bulunur. Seriler boyunca değişen eğim ölçüsüne benzeyen ek düzeltme faktörü de Denklem (3.10)'daki,

$$b_t = 2(m_t - m'_t) / (n-1) \quad (3.10)$$

gibidir. Gelecekteki  $p$  dönemi tahminini verir Denklem (3.11)'de,

$$y_{t+p} = a_t + b_t p \quad (3.11)$$

verildiği şekilde kullanılır.

#### 3.2.1.5. Ağırlıklı hareketli ortalama metodu

Ağırlıklı hareketli ortalamalar metodunda da, basit hareketli ortalama metodunda yapıldığı üzere geçmiş dönemden  $n$  adet periyodun ortalaması alınır.



Fakat burada bulunan n adet periyodun ağırlıkları aynı değildir. Periyotlarda son olanların ağırlıkları daha yüksek olmakla beraber, periyot ağırlıkları 0 ile 1 arasındadır ve ağırlık toplamları 1'dir [5,43, 45].

Ağırlıklı hareketli ortalama yönteminde verilen ağırlık miktarlarının önemi büyüktür. Bu değerler lineer verilirse, verilir güncelleştikçe lineer olarak artar. Eğer belirli periyotların etkisinin yüksek olacağı varsayılıyorsa o periyotların ağırlıkları segisel olarak verilebilir [45].

Bu yöntemde kullanılan formül Denklem (3.12)'deki,

$$y_{t+1} = (W_n z_t + W_{n-1} z_{t-1} + \dots + W_1 z_{t-n+1}) / (W_n + W_{n-1} + \dots + W_1) \quad (3.12)$$

gibidir [5]. Denklemde  $W_n$ , n. Dönem ağırlık katsayısıdır.

Diğer koşulları gösterir ifade aşağıdaki gibidir.

$$0 < W_n < 1; (i=1, 2, \dots, n); \sum_i^n W_n = 1 \quad (3.13)$$

### 3.2.2. Nedensel metotlar

Bağımlı ve bağımsız değişkenleri içinde bulundurur. Bu yöntemler ile ileriye dönük tahminleme yapılacak alan geniş değildir. Bu yöntemlerde bağımlı değişkenlere açıklanan, bağımsız değişkenlere açıklayıcı olarak da adlandırılır. Açıklanan değişkenlerin gelecek dönemdeki tahmini elde etmek için, açıklayıcı değişkenlerin gelecek periyottaki değerlerinin bilinmesi ya da tahmin edilmesi gereklidir [48]. Bu çalışmada regresyon analizi ve korelasyon analizi incelenecektir.

#### 3.2.2.1. Regresyon analizi

Bu metot nedensel metotlar içerisinde en yaygın kullanılan metottur. Regresyon analizinde bir açıklanan değişken ile bir açıklayıcı değişken arasındaki münasebeti ortaya koyar. Açıklanan değişken, metottaki denklemlerde açıklayan değişken ile uygun parametrelerin bir fonksiyonu olarak tanımlanır ve bu fonksiyonlar regresyon denklemi olarak adlandırılır. Bu denklem ile açıklanan değişken ile açıklayan değişken arasındaki ilişkiyi kuran sabitlerin değeri tahmin edilir. Açıklanan değişkeni etkileyen açıklayan değişkenlerin tahmini, bu değişkene göre yapılacak

plan ve politikalarında nelerin kritik olduğunun anlaşılmasına yardımcı olur. Regresyon analizi yardımıyla, hangi faktörlerde nasıl değişiklik yapılarak ilgilenilen değişkende artış ya da azalış meydana geleceği ortaya çıkabilmektedir [48].

Regresyon analizi, bağımsız değişken sayısına göre ikiye ayrılır. Bunlar; tek bağımsız değişken sayısına sahip olan basit regresyon analizi ve birden çok bağımsız değişkene sahip çoklu regresyon analizidir [48].

Bir diğer ayırım şekli de fonksiyonların tipidir ve buna göre regresyon analizi ya doğrusaldır, ya da doğrusal değildir. Doğrusal olmayan (eğrisel) regresyon analizi de verilerin kaynağına göre; ana kütle verileriyle regresyon analizi, örnek verileriyle regresyon analizi ve zaman serilerinde regresyon analizi olmak üzere üç gruba ayrılır [49]. Doğrusal regresyon analizinin denklemlerle gösterim şekli Denklem (3.14)'teki,

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + e \quad (3.14)$$

gibidir. Denklemlerde  $y$  bağımlı değişken,  $b_0$  kesim noktasını,  $b_1, \dots, b_k$  eğim katsayısını,  $x$  bağımsız değişkeni,  $k$  bağımsız değişken sayısını ve  $e$  de hatayı temsil eder.

Burada amaç, bağımsız değişkenlerin değerlerine bağlı olan tahmin değişkenlerini belirlemek için, katsayılara veya parametrelere güvenilir değerler vermektir [48].

Doğrusal regresyon analizinde ilişkileri doğru belirlemek büyük çaba gerektirir. Teori yol gösterici olsa da, birçok önemli ilişki veriden çıkarılmalıdır. Regresyon analizi ile ne kadar çok çalışılırsa, veri serisindeki önemli bağlantıları çıkarmak o kadar kolaylaşır [50].

Basit doğrusal regresyonda, zaman serisi ilgili periyotla ilişkilendirilir. Daha basit bir ifade ile yıl, ay gibi zamansal kavramlar zamansal değişiklikler için tercih edilir. Bu regresyon şeklini ifade eder Denklem (3.15)'teki,

$$y = b_0 + b_1x + e \quad (3.15)$$

gibidir.

Çoklu doğrusal regresyon analizinde basit regresyon analizinin daha çok sayıda değişkene sahip şeklidir ve genel hali Denklem (3.14)'teki gibidir. Temelde doğrusal regresyonla aynı mantığa sahip olan doğrusal olmayan regresyon analizinde tahmin

eşitliğinin bir ya da daha fazla parametreye doğrusal olmayan bir şekilde değişkenlerin ilişkili olduğunu gösterir.

Doğrusal olmayan regresyonun gösterimi Denklem (3.16)'daki,

$$y = f(x_t, \phi) + e_t \quad t = 1, 2 \dots \quad (3.16)$$

gibidir. Bu denklemde y bağımsız değişken, f x ve  $\phi$  'lerin fonksiyonu,  $\phi$  parametre vektörü ve  $e_t$  ' de t periyodundaki hatayı temsil eder.

En yaygın doğrusal olmayan regresyon modelleri kuadratik regresyon modeli ve logaritmik regresyon modelidir.

### 3.2.2.2. Korelasyon analizi

Korelasyon analizinde değişkenler arasındaki münasebet kullanılır yani tahmin edilmek istenen değer ile ona tesir eden değişkenlerin arasındaki münasebetin sıklığı araştırılır. Korelasyon katsayısını gösterir Denklem (3.17)'de,

$$R = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (3.17)$$

verilmiştir ve bu doğrusal ilişkinin derecesini belirtir. Eşitlikte korelasyon katsayısı değeri sıfır ise ilişkinin doğrusal olmadığı anlaşılır. Eğer ilişki değeri 0 ile -1 arasında ise ilişki ters orantılı, 0 ile 1 arasında ise ilişki doğru orantılıdır. Korelasyon değeri 0'dan uzaklaştıkça ilişkinin kuvveti artmaktadır.

### 3.3. Box-Jenkins Yöntemleri

Bu yöntem 1970'li yıllarda George Box ve Gwilym Jenkins tarafından geliştirilmiştir. Model tek değişkene bağlıdır ve tek değişkenli zaman serilerinde tahminleme için münasip modelin seçimi amacıyla sık sık kullanılmaktadır [43].

Kısa dönem tahminlemede oldukça doğru sonuçlar veren bu yöntem zaman serisinde uygulanmak isteniyorsa serinin durağanlığı şarttır. Durağan serilerde periyodik dalgalanmalar yoktur [45].

Box-Jenkins yönteminden işe yarar bir sonuç elde edebilmek için minimum 50 gözlem kullanılmalıdır [5].

Bu yöntemin otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) olmak üzere üç adet modeli vardır. Otoregresif modelde zamanla verilerin sabit kalacağı varsayılır.

AR(1) Otoregresif sürecin gösterimi Denklem (3.18)'deki,

$$y_t = \theta_0 + \theta_1 y_{t-1} + e_t \quad (3.18)$$

gibidir.  $e_t$  sıfır ortalamaya ve sabit varyansına sahiptir, bağımsız dağılımlı rastgele değişken ve  $\theta_1$  ise sabit değerlidir.

Daha karmaşık olan AR(2) modelin gösterimi Denklem (3.19)'daki,

$$y_t = \theta_0 + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + e_t \quad (3.19)$$

gibidir.

Otoregresif proses, p periyot, AR(p)'nin genel gösterimi Denklem (3.20)'de,

$$y_t = \theta_0 + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} + e_t \quad (3.20)$$

verilmiştir.

Box-Jenkins modelinde Hareketli ortalama (MA) ile gösterilir. Box-Jenkins hareketli ortalama yöntemi, gecikmeli hataları modelde bağımsız değişkenler olarak hesaplayarak mevcut ilişkili hata terimlerinin bilgisinden yararlanır. Modeli ifadesi Denklem (3.21)'de,

$$y_t = W_0 - W_1 e_{t-1} - W_2 e_{t-2} - \dots - W_n e_{t-n} + e_t \quad (3.21)$$

gösterilmiştir.

Otoregresif hareketli ortalama süreci hem otoregresif hem de hareketli ortalama özelliklerini bir arada bulunur. Bu model, durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modeldir. Box-Jenkins hareketli ortalama yöntemini ARMA(p,q) olarak tanımlamaktadır. Burada p otoregresif bileşenin talebi, q ise hareketli ortalama bileşenin talebidir. Veri oluşturma prosesi Denklem (3.22)'de,

$$y_t = \theta_0 + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} - W_1 e_{t-1} - W_2 e_{t-2} - \dots - W_q e_{t-q} + e_t \quad (3.22)$$

verilmiştir.

Dolayısıyla ARMA(1,1) prosesini gösterir Denklem (3.23)'te,

$$y_t = \theta_0 + \theta_1 y_{t-1} - W_1 e_{t-1} + e_t \quad (3.23)$$

görülmektedir. ARMA(1,1) prosesinin parametrelerinin aşağıdaki verinin otokorelasyonunun hesaplanabilir. Denklem (3.24),

$$p_1 = \frac{(1-\theta_1 W_1)(\theta_1 - W_1)}{1+W_1^2 - 2\theta_1 W_1} \quad (3.24)$$

bunu gösterir ve  $p_2 = \theta_1 p_1$  olarak ilişkilendirilir.

### 3.4. Yapak Zekâ Tabanlı Tahmin Yöntemleri

Yapay sinir ağlarının temellerinin atılması, mühendislik bilimi ile desteklenmesi sebebiyle 1940'lı yıllara denk gelmektedir [51].

Yapay zekâ, biyolojideki sinir ağlarının modellenmesine göre çalışan matematiksel bir modeldir. Biyolojideki ilerleyiş ile yapay zekâdaki ilerleyiş paralellik gösterir.

Yapay sinir ağlarında 5 tane süreç elemanı vardır [5].

Bunlardan girdiler olarak adlandırılanı, harici ortamdan gelen datalardır ve sistem tarafından öğrenilmesi gereklidir. Yapay sinir hücrelerinde bilgilerin gelişi kendi kendisinden olabildiği gibi, başka hücrelerden de olabilir [5].

Ağırlıklar olarak adlandırılan süreç elemanı, bilginin ehemmiyeti ve hücreye olan tesirini ifade eder. Ağırlığın durumu, onun önemi ile alakalı yargıya varılmasına yardımcı olmaz. Ağırlık pozitif ya da negatifse etki de buna göre artı ya da eksi olduğu anlamına gelir. Ağırlık sıfır ise etki yoktur demektir [5].

Toplama işlevi, net girdinin hesaplanmasıdır. Bu hesapta, ağırlıklandırılmış girdi verilerini, eşik değeri ile toplanır [51]. Ağa giren net bilgiyi ifade eder Denklem (3.25)'te,

$$NET = \sum_i^j G_i W_i \quad (3.25)$$

gösterilmiştir. Denklemde G girdileri, W ağırlıkları, j ise hücreye giren toplam proses elemanı sayısını gösterir. Diğer etmen olan aktivasyon fonksiyonu, hücreye giren net

verileri işleyerek hücrenin buna mukabil vereceği çıktıyı belirler. Hücrenin çıkışı ise, aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir.

Yapay zekâ tabanlı sistemde öğrenme süresi uzun iken, geleneksel sistemde öğrenme süresi diye bir durum yoktur. Uzun öğrenme süresine rağmen yapay zekâda, geleneksel yöntemlere nazaran daha kısa sürede cevap verilir. Geleneksel metotlarda öncelikli bilgi gerekli iken, yapay zekâda sadece örnekler gereklidir. Yapay zekâda bilgi temsili kolaydır, fakat geleneksel yöntemlerde zordur. Yapay zekâ rastgele seçilmiş problemleri kolayca çözerken, performansta yüksektir. Bilgi işlemeye kapalı olan yapay zekâda kaynaklar, geleneksel yöntemlerde olduğu gibi uzman kişiler değil, örneklerdir [5].



#### 4. ÖZEL TİP MAKİNE ÜRETİMİ YAPAN TESİSTE TALEP TAHMİNİ

##### 4.1. Firma Hakkında Genel Bilgi ve Geçmiş Dönem Verileri

1976 yılında kurulan firma özel tip endüstriyel transformatör üretmektedir. Şu an 40000 m<sup>2</sup> alana sahip ve 110 personeli vardır. Yüzde 90 oranda ihracat yapan firmanın talepleri yıllar boyunca artış göstermiştir. Bu talebi karşılamak adına firma iki kez tesis büyümeye gitmiştir. Yüzde yüz yerli sermaye ve bilgi ile üretim yapan firmanın kısa vadede oluşacak talepler hakkında tahmin yapabilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bunu karşılamak adına ürünlerin son altı yıllık sipariş miktarını on beş farklı ürün gurubuna ayrılarak kullanılan veriler süzölmüştür. Buradan çıkan veriler yardımıyla yıllara göre ürün gruplarını gösterir tablo 4.1. olacak şekilde aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.1. Son altı yıl sipariş miktarı

Ürün Grubu	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	16	16	15	20	13	15
2	1	2	5	10	6	9
3	115	106	95	139	145	142
4	69	265	198	244	300	298
5	6	13	6	2	4	2
6	0	0	0	0	10	8
7	20	21	9	11	10	6
8	27	11	25	24	59	57
9	2	0	2	1	6	4
10	105	53	39	159	86	114
11	10	74	55	61	76	78
12	4	4	15	8	10	10
13	15	17	6	7	9	7
14	6	2	3	2	4	3
15	104	78	90	81	55	48

## 4.2. Talep Tahmini Metodunun Belirlenmesi

Yıllara bağılı sipariş miktarı verisi elimizde olduğu için, bu verileri kullanarak tahmin yapabileceğimiz iki yöntem olan ağırlıklı hareketli ortalamalar metodu ve regresyon analizi metodu 2019 yılı için tahmin yapılarak kıyaslanacaktır. Bu yöntemlerde yıllar bağımsız değışken, sipariş miktarları bağımlı değışken olarak kullanılacaktır. Çıkan sonuçların ortalama mutlak yüzde hataları kıyaslanıp, hata oranı küçük olan yöntem ile 2020 yılı talep tahmini için kullanılacak metot seçilecektir.

Tablo 4.2. ağırlıklı hareketli ortalama metodu için yılların ağırlıklarını göstermektedir. Yılların ağırlıkları yetkin personel ve üst yönetimin verdiği değerler göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Yıllara göre ağırlıklar

Yıllar	2014	2015	2016	2017	2018
Yüzde Ağırlık	% 10	% 15	% 20	% 25	% 30

Geçmiş beş yılın verileri ile, ağırlıklı hareketli ortalamalar metodu kullanılarak 2019 yılı için hesaplanan talep tahminlerini gösterir tablo 4.3. gibidir.

Tablo 4.3. Ağırlıklı hareketli ortalama metodu ile 2019 yılı tahminleri

Ürün Grubu	2014	2015	2016	2017	2018	2019 Tahmini
1	16	16	15	20	13	16
2	1	2	5	10	6	6
3	115	106	95	139	145	125
4	69	265	198	244	300	237
5	6	13	6	2	4	5
6	0	0	0	0	10	3
7	20	21	9	11	10	13
8	27	11	25	24	59	33
9	2	0	2	1	6	3
10	105	53	39	159	86	92
11	10	74	55	61	76	61
12	4	4	15	8	10	9
13	15	17	6	7	9	10
14	6	2	3	2	4	3
15	104	78	90	81	55	77



Regresyon yöntemi hesaplaması excel programı ile yapılmıştır. Regresyon analizi ile yapılan 2019 tahmini tablo 4.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Regresyon analizi ile 2019 yılı tahminleri

Ürün Grubu	2014	2015	2016	2017	2018	2019 Tahmini
1	16	16	15	20	13	16
2	1	2	5	10	6	6
3	115	106	95	139	145	125
4	69	265	198	244	300	237
5	6	13	6	2	4	5
6	0	0	0	0	10	3
7	20	21	9	11	10	13
8	27	11	25	24	59	33
9	2	0	2	1	6	3
10	105	53	39	159	86	92
11	10	74	55	61	76	61
12	4	4	15	8	10	9
13	15	17	6	7	9	10
14	6	2	3	2	4	3
15	104	78	90	81	55	77

2019 sipariş miktarı ile talep tahminlerinden gelen miktarlar kıyaslanacaktır. Ortalama mutlak yüzde hatası küçük olan metot belirlenecektir.

Ağırlıklı hareketli ortalama metodu için ortalama mutlak yüzde hatayı gösterir değerler tablo 4.5.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Ağırlıklı hareketli ortalamalar ortalama mutlak yüzde hatası

Ürün grubu	2019 tahmin	2019 gerçekleşen	Mutlak Hata oranı
1	16	15	6,66%
2	6	9	33,30%
3	125	142	12,00%
4	238	298	20,50%
5	5	2	150,00%
6	3	8	62,50%
7	13	6	116,60%
8	33	57	61,40%
9	3	4	25,00%
10	92	114	19,30%
11	61	78	21,80%
12	9	10	10,00%
14	3	3	0%
15	77	48	60,40%
OMYH			42,80%

Regresyon analizi için ortalama mutlak yüzde hatayı gösterir değerler tablo 4.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Regresyon analizi ortalama mutlak yüzde hatası

rn grubu	2019 tahmin	2019 gerçekleşen	Hata oranı
1	15	15	0%
2	10	9	11,10%
3	148	142	4,20%
4	348	298	16,80%
5	2	2	0%
6	8	8	0%
7	5	6	16,60%
8	52	57	8,80%
9	5	4	25,00%
10	109	114	4,40%
11	91	78	16,60%
12	13	10	30,00%
13	4	7	42,80%
14	2	3	33,30%
15	53	48	10,40%
OMYH			14,60%

Regresyon analizinde OMYH %14,6 çıkmışken, ağırlıklı hareketli ortalamalar metodunda %42,8 çıkmıştır. Bu yüzden 2020 yılı tahminleri regresyon analizi yöntemi ile yapılacaktır.

#### 4.3. Regresyon Analizi ile 2020 Yılı Tahminlerinin Hesabı

Bölüm 4.2.'de ortalama mutlak yüzde hatası düşük olan regresyon analizi yöntemi daha sağlıklı tahmin yapabilme şansı tanıdığı için bu bölümde 2020 yılı talep tahmini için kullanılacaktır. Bu sayede gerekli yatırımların varsa daha doğru yapılması hedeflenmektedir. 2020 yılı tahminleri tablo 4.7.'deki gibidir.

Tablo 4.7. 2020 yılı talep tahminleri

Ürün grubu	2020 yılı tahmini
1	15
2	11
3	153
4	359
5	0
6	10
7	3
8	63
9	5
10	120
11	94
12	13
13	4
14	2
15	40

2020 yılı için Tablo 4.7.'de 892 adet sipariş geleceği tahmin edilmiş olup, satış miktarında yine artış gözleneceği ön görülmektedir.

Çalışmada özellikle ürün adeti yüksek olan ürünlerde analizin tutarlılığını önem arz etmektedir. R kare ile bağımsız değişken olan yılların, bağımlı değişken olarak seçilen satış adetlerinin yüzde kaçını kapsadığını anlayabiliriz. Buna göre baktığımızda, üç numaralı ürün grubu için R kare çok da iyi olmamakla beraber doğrusal ilişkiyi gösterir 0,56 çıkmıştır yine de bu grup için anlamlılık değeri 0,047 çıkmıştır. Benzer şekilde dört numaralı ürün grubu için R kare 0,57 çıkmıştır, bu ürün grubunda da anlamlılık değeri 0,05 ten az ve 0,042 çıkmıştır. Altı numaralı ürün grubunda gerek R kare gerek anlamlılık değeri önceki iki gruptan daha iyi olarak sırasıyla 0,63 ve 0,037 çıkmıştır. Sekiz numaralı grup kontrol edilince R kare 0,64 ve anlamlılık değeri 0,035 olarak hesaplanmıştır. Son olarak on beş numaralı ürün grubunu kontrol ettiğimizde R kare 0,81 ve anlamlılık değeri 0,013 olarak çıkmıştır.

Tablo 4.8. 2020 yılı sipariş miktarı

Ürün grubu	2020 yılı sipariş miktarı
1	17
2	10
3	148
4	366
5	0
6	12
7	2
8	65
9	5
10	116
11	99
12	14
13	5
14	1
15	43

2020 yılı için Tablo 4.8.'de 903 adet sipariş geldiği görülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Özel tip makine üretimi yapan firmada fazla mesailer gerek iş sağlığı ve güvenliği açısından, gerek te izlenebilirlik ve kalite açısından çok istenen bir durum değildir. Firma mümkün oldukça fazla mesaiden kaçınmak istemektedir. Tahmin sonuçlarına göre montaj atölyesi açısından durumu değerlendirecek olursak, aşağıda sipariş miktarı ile fazla mesai arasındaki ilişkiden yararlanarak 2020 yılı için montaj bölümü için yeni eleman ihtiyacı hakkında yorum yapabiliriz. Personel gideri ve birkaç ufak el aleti dışınca ayrıca bir yatırım gideri olmadığı için montaj bölümü seçilmiştir. Fazla mesai, sipariş miktarı arasındaki ilişki excel yardımıyla regresyon analizi yapılarak açığa çıkarılmıştır. Son üç yılda montaj atölyesinde fazla mesai gösterir tablo 5.1. ile gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Son üç yıl montaj atölyesi fazla mesai miktarı

Yıl	Sipariş Miktarı	Fazla Mesai(adam saat)
2017	769	1750
2018	793	2470
2019	801	2300

Tablo 4.7. deki tahminlere göre tablo 5.1. yardımıyla 2020 yılında montaj atölyesinde yapılması ön görülen fazla mesai miktarını gösterir tablo 5.2.'dedir.

Tablo 5.2. 2020 yılı için montaj atölyesi fazla mesai tahmini

Yıl	Sipariş Miktarı Tahmini	Fazla Mesai tahmini (adam saat)
2020	892	3647

2860 adam saat bir yılda 1 adam ile 2 adam arası yapmaktadır. Montaj atölyesine iki eleman takviyesi yapılarak fazla mesailerde azalma olması sağlanabilir. Tahminlerden fazla gerçekleşen sipariş miktarı göz önüne alındığında bu karar şirket büyüme politikası açısından da uygun gözükmektedir.

Ürün grubu bazında yapılan tahminlemeden çıkan sonuçlara göre, bobinaj atölyesi için de farklı çıkarımlarda bulunabilmektedir. Ürün grubu üç ve on bir süre olarak diğer tiplerin yaklaşık iki katı kadar zaman almaktadır. İlgili atölyede planlama yapılırken beklenen yirmi yedi makinelik artış dikkate değerlendirilmelidir. Bu bölümde gerek makinelerin ağırlık kapasiteleri, gerek te hız kapasiteleri de önemli olduğu için, bu iki ürün grubu için güçlerini de dikkate alacak bir çalışma sonraki dönemlerde oluşacak dar boğaz, olası gecikme ve müşteri memnuniyeti açısından önem taşımaktadır.

Ülkemizin milli değerleri için kritik öneme sahip olan ve üretim sayısının beş yıl içerisinde daha da artması beklenen 6 numaralı ürün grubu için ayrı bir hat tasarlanması ve diğer ürün gruplarından bağımsız olarak ayrıca planlanması hedeflenmelidir.

Yıllık üretim miktarı düşük olan ürün grubu beş, yedi, dokuz ve on dördün stratejik kararlar doğrultusunda ya ürün gamından çıkarılması ya da satış miktarının arttırılması için çalışmalar yapılması faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Gökşen Y., Erdem S., Hücresel Üretim Sisteminde Makine-Parça Ailelerinin Oluşturulmasında Dengeli Talep-Kapasite ve Dengesiz Talep-Kapasite Durumunun Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2003, **18**(2), 99-111.
- [2] Ersöz O., Türker A., Üretim Planlama ve Kontrolünün Atölye Yüğü ile Eşzamanlı Gerçekleştirilmesi, *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2016, **5**(5), 229-244.
- [3] Kapanoğlu M., Alikalfa M., Learning IF-THEN Priority Rules For Dynamic Shop Using Genetic Algorithms, *Robotics and Computer-integrated Manufacturing*, 2011, **27**(1), 47-55.
- [4] Karahan M., İstatiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, 2011, 280985.
- [5] Taşdemir F.A., Zeki Talep Yöntemlerinin Doğruluk ve Kamçı Etkisi Açısından Değerlendirilmesi: Kimya Sektöründe Bir Uygulama, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012, 315960.
- [6] Nahmias S., *Production & Operations Analysis*, 6 th ed., McGraw Hill Educational, New York, 2013
- [7] Mucuk İ., *Modern İşletmecilik*, 3. Baskı, Türkmen Kitapevi, İstanbul, 1987
- [8] Şahin M., *Genel İşletme*, 11. Baskı, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir, 2009
- [9] [http://www.economicsguide.me/?page\\_id=986](http://www.economicsguide.me/?page_id=986), (Ziyaret tarihi: 25 Nisan 2020)
- [10] Onay P., Tam Zamanında Üretim Sistemi ve Muhasebeye Yansımaları: Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa, 2019, 543557.
- [11] Delikan H., Esnek Üretim Sistemleri ve Üretim İşletmelerinde Uygulanması ile İlgili Alan Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2010, 262312.
- [12] Üreten S., *Üretim/İşlemler Yönetimi Planlama Denetim Kararları Karar Modelleri ve İyileştirme Yaklaşımları*, 1. Baskı, Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1998

- [13] Erozan İ., *Geleneksel ve Modern Üretim Sistemleri*, 1. Baskı, Gazi Kitapevi, Ankara, 2019
- [14] Tekin M., *Üretim Yönetimi*, 5. Baskı, Eğitim Matbaası, Ankara, 2004
- [15] Özgen H., *Üretim Yönetimi*, 1. Baskı, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 1987
- [16] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M., *Operations Management Processes and Supply Chains*, 10th ed., Pearson, London, 2013
- [17] Mete M., *Üretim Sistemlerinin Analizi ve Modellenmesinde Petri Ağı Analizi ve Simülasyon Modeli Tekstil İşletmesinde Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2018, 525275.
- [18] Demirdöğen O., Küçük O., *Üretim İşlemler Yönetimi*, 4. Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara, 2018
- [19] Tülü G., *Çok Ürünlü Bir Üretim Tesisinde Üretim Planlama Faaliyetlerinin Simülasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2016, 430026.
- [20] Lee S., Schniederjans M., *Product and Operations Management*, 1st ed., Houghton Mifflin College Div, Boston, 1994
- [21] Ülker Y., Başaran B., *Bir Grup Teknolojisi Modeli Olarak Hücreli İmalat Sistemi ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemiyle Bütünleştirilmesi*, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 2008, (37), 152-164.
- [22] Gümüšoğlu Ş., Erboy N., Özdağoğlu G., *Siparişe Dayalı Üretim İçin Ürün Gruplarının Oluşturulmasında Genetik Algoritma Tabanlı Bir Yaklaşım*, *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2013, **20**(2), 259-284.
- [23] Tekin M., *Üretim Yönetimi*, 4. Baskı, Arı Matbaası, Konya, 1999
- [24] Çetindere A., *Kapasite Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanımı: Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya, 2009, 240454.
- [25] Etçioğlu E., *Kapasite Planlamasını Simülasyon Tekniği ile Optimizasyonu ve Bir İmalat İşletmesi Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2009, 254261.
- [26] Üreten S., *Üretim/İşlemler Yönetimi: Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri*, 4. Baskı, Gazi Kitapevi, Ankara, 2004
- [27] Özgen H., Öztürk A., Yalçın A., *Temel İşletmecilik Bilgileri*, 2. Baskı, Nobel Kitapevi, Adana, 2005



- [28] Doğruer M., *Üretim Organizasyonu ve Yönetimi*, 1. Baskı, Alfa Yayınları, İstanbul, 2005
- [29] Cemalcılar İ., Bayar D., İnal A., Şan Ö., *İşletmecilik Bilgisi*, 3. Baskı, İşitme Özürlü Çocuklar Eğitim ve Araştırma Vakfı Yayınları, Eskişehir, 1993
- [30] Hasgül S., Bir İmalat İşletmesinde Bilgisayar Destekli Kapasite Planlama Sisteminin Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1991, 15854.
- [31] Güneçkan Ö., Kapasite Planlaması ve Optimum Stok Kontrolü Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2008.
- [32] Yıldıztekin İ., Aşırı Kapasite Kontrolü ve Maliyet Analizi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2010, **24**(3), 197.
- [33] Tekin M., *Üretim Yönetimi*, 3. Baskı, Arı Matbaası, Konya, 1996
- [34] Alkış N., Bayes Yapısal Eşitlik Modellemesi: Kavramlar ve Genel Bakış, *Gazi İşletme ve İktisat Dergisi*, 2016, **2**(3), 105-116.
- [35] Tülek H., Gümüšoğlu Ş., *Sayısal Yöntemler Yönetimsel Yaklaşım*, 2. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 2004
- [36] Karabey U., Yol Kazalarını Bayesçi Yaklaşımla Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007, 216385.
- [37] Mughal S., İşletmelerde Karar Verme Açısından Katkı Payı Analizi ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, 2006, 204312.
- [38] Demir M., Gümüšoğlu Ş., *Üretim Yönetimi*, 6. Baskı, BETA Basım A.Ş., İstanbul, 2003
- [39] Karagül N., Karagül K., Başabaş Noktasının Dinamik Analizi ve Bir Firmada Örneği, *10. Ulusal İşletmecilik Kongresi*, İzmir, 5-7 Mayıs 2011.
- [40] Can H., Tuncer D., Ayhan Y., *Genel İşletmecilik Bilgileri*, 12. Baskı, Siyasal Kitapevi Yayınları, Ankara, 2001
- [41] Patır S., Dinamik Programlama ve Bir Ecza Deposunun Şehir İçi İlaç Dağıtımına Alternatif Bir Çözüm Önerisi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2009, **23**(2), 63-79.
- [42] Sevinç C., Lojistik Planlama Çok Ürünlü Çok Kademeli İkmal Zincirindeki Depolarda Bulundurulması Gerekli Minimum Malzeme Miktarının Dinamik Programla Yönetimiyle Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2008, 220226.

- [43] İpek N.K., Akıllı Talep Tahmin Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2019, 539563.
- [44] Girgin M., Talep Tahmine Bağlı Kapasite Planlaması, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2019, 560313.
- [45] Aksoy S.Z., Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımlarında Talep Tahmin Yöntemleri ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 254953.
- [46] İlhan İ., Tedarik Zinciri Yönetiminde Kantitatif Talep Tahmin Yöntemi Seçimi ile Stok Optimizasyonuna Dair Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 387610.
- [47] Çekerkol S., Ulukan A., *Kantitatif Tahmin Yöntemleri*, 1. Baskı, Nisan Kitabevi, Ankara, 2012
- [48] Akdağ R., Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Diyarbakır İli Kent Merkezi İçme Suyu Talep Tahmini Uygulaması, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Diyarbakır, 2014, 380772.
- [49] Yavuz S., Regresyon Analizinde Doğrusala Dönüştürme Yöntemleri ve Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2009, **23**(1), 165-179.
- [50] Frectling D.C., *Forecasting Tourism Demand Methods and Strategies*, 1 st ed., Reed Educational and Professional Publishing, Oxford, 2001
- [51] Saatçioğlu D., Aralıklı Talep Yapısına Sahip Ürünlerin Talep Tahmininde Makine Öğrenme Yöntemlerinin Uygulaması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2016, 428605.

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Zorlu M., Kumru P. Y., Belirsiz Taleplerin Terzi Usulü Üretim Yapan Bir Firmada Zamanında Teslim Oranına Olan Etkisi, *1. Uluslararası Mühendislik Bilimleri ve Multidisipliner Yaklaşımlar Kongresi*, Online, Türkiye, 23-24 Şubat 2021.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Mehmet Zorlu, İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Evli ve iki çocuk babası olan Mehmet, özel sektörde planlama uzmanı olarak görev yapmaktadır.

