

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YAZILIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YAZILIM MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**KANATLI CANLI ÜRETİM OPTİMİZASYONU VE ÜRÜN BAZLI SİPARİŞ  
TAHMİNLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Selçuk AKŞAR**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Fatih YÜCALAR**



**MANİSA-2022**

**Selçuk AKŞAR**

**KANATLI CANLI ÜRETİM OPTİMİZASYONU VE ÜRÜN BAZLI SİPARİŞ  
TAHMİNLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**2022**

## TEZ ONAYI

Selçuk AKŞAR tarafından hazırlanan "**Kanatlı Canlı Üretim Optimizasyonu ve Ürün Bazlı Sipariş Tahminleme Sisteminin Geliştirilmesi**" adlı tez çalışması xx/xx/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZİ** olarak savunulmuş ve **oyçokluğu / oybirliği** ile başarılı olarak kabul edilmiştir.

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Fatih YÜCALAR**  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

**Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÖZÇEVİK**  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

**Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Aytuğ ONAN**  
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi Yazılım Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Selçuk AKŞAR**



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                    | VI   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                    | VII  |
| TABLO DİZİNİ .....                                                                      | VIII |
| TEŞEKKÜR.....                                                                           | IX   |
| ÖZET.....                                                                               | X    |
| ABSTRACT.....                                                                           | XI   |
| 1. GİRİŞ.....                                                                           | 1    |
| 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....                                                             | 3    |
| 3. ÜRETİM PLANLAMA SİSTEMLERİ.....                                                      | 9    |
| 3.1. Üretim Sistemleri .....                                                            | 9    |
| 3.1.1. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....                                      | 11   |
| 3.1.1.1. <i>Seri Üretim Sistemi</i> .....                                               | 12   |
| 3.1.1.2. <i>Atölye Tipi Üretim Sistemi</i> .....                                        | 13   |
| 3.1.1.3. <i>Proje Tipi Üretim Sistemi</i> .....                                         | 14   |
| 3.1.2. Tam Zamanında Üretim Sistemi .....                                               | 15   |
| 3.1.3. Hücre Tipi Üretim Sistemi .....                                                  | 16   |
| 3.2. Üretim Planlama.....                                                               | 17   |
| 3.2.1. Üretim Planlamasının Amaçları.....                                               | 17   |
| 3.2.2. Üretim Planlamasından Beklenen Faydalar.....                                     | 18   |
| 4. KANATLI CANLI ÜRETİM SİSTEMİNDE ÜRETİM PLANLAMA.....                                 | 20   |
| 4.1.1. Kanatlı Canlı Üretim Hammade İhtiyacının Karşıllanması.....                      | 20   |
| 4.1.2. Canlı Kesim Planlama.....                                                        | 20   |
| 4.2. Kanatlı Canlı Üretim Planlamasını Diğer Üretim Planlamasından Ayıran Farklar ..... | 22   |
| 4.2.1. Bir Sipariş İçin Ham Madde İhtiyaç Miktarının Belirlenmesi ve Kesinti İşlemleri  | 24   |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5. YÖNTEMLER VE ARAÇLAR .....                                                                      | 27 |
| 5.1. Zaman Serisi Tahminleme.....                                                                  | 27 |
| 5.1.1. Uzun Kısa Süreli Bellek Ağları.....                                                         | 27 |
| 5.1.2. Facebook Prophet.....                                                                       | 29 |
| 5.2. Tahmine Dayalı Değerlendirme Göstergeleri .....                                               | 31 |
| 6. VERİLERİN HAZIRLANMASI.....                                                                     | 33 |
| 6.1. Müşteri-Ürün Bazlı Verilerin Hazırlanması.....                                                | 33 |
| 6.2. Müşteri Taleplerinin Artması veya Azalması Durumlarında Geçmiş Siparişlerin Düzenlenmesi..... | 34 |
| 6.3. Müşterilere Ait Geçmiş Siparişlerin Günlerinin Düzenlenmesi.....                              | 36 |
| 6.3.1. Güncel Yılda Sipariş Hakkı Tanınan Gün Sayısının Geçmiş Yıllar ile Eşit Olması.....         | 39 |
| 6.3.2. Güncel Yılda Sipariş Hakkı Tanınan Gün Sayısının Geçmiş Yıllardan Daha Az Olması.....       | 40 |
| 6.3.3. Güncel Yılda Sipariş Hakkı Tanınan Gün Sayısının Geçmiş Yıllardan Daha Fazla Olması.....    | 43 |
| 7. KANATLI CANLI ÜRETİM FİRMASINDA MÜŞTERİ ÜRÜN BAZLI SİPARİŞLERİN TAHMİNLENMESİ.....              | 46 |
| 7.1. LSTM Algoritması Kullanılarak Tahminlemelerin Sağlanması .....                                | 46 |
| 7.2. Facebook Prophet Algoritması Kullanılarak Tahminlemelerin Sağlanması.....                     | 51 |
| 7.3. Yapılan Tahminlemelerin Bulguları ve Sonuçları.....                                           | 55 |
| 8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                                                          | 56 |
| 9. SÖZLÜK.....                                                                                     | 58 |
| KAYNAKLAR .....                                                                                    | 60 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                     | 64 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|             |                                                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>ANN</b>  | Artificial Neural Network (Yapay Sinir Ağı)                 |
| <b>GT</b>   | Group Technology (Grup Teknolojisi)                         |
| <b>HTÜS</b> | Hücre Tipi Üretim Sistemi (Cellular Manufacturing System)   |
| <b>JIT</b>  | Just In Time (Tam Zamanında Üretim)                         |
| <b>LSTM</b> | Long Short Term Memory (Uzun Kısa Süreli Bellek)            |
| <b>MAE</b>  | Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)                  |
| <b>MAPE</b> | Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzde Hata) |
| <b>MLP</b>  | Multi-Layer Perceptron (Çok Katmanlı Algılayıcılar)         |
| <b>OCA</b>  | Ortalama Canlı Ağırlık                                      |
| <b>RMSE</b> | Root Mean Square Error (Kök Ortalama Kare Hatası)           |
| <b>RNN</b>  | Recurrent Neural Network (Yinelemeli Sinir Ağı)             |
| <b>ÜPK</b>  | Üretim, Planlama ve Kontrol                                 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Üretim Sistem Yapısı.....                                              | 10 |
| Şekil 4.1. 2020 Yılı Toplam Sipariş Miktarları .....                              | 23 |
| Şekil 4.2. Toplam Siparişi Karşılama için Kesilmesi Gereken Canlı Kg .....        | 24 |
| Şekil 5.1. LSTM Ağ Yapısı .....                                                   | 29 |
| Şekil 5.2. Prophet Çalışma Prensipleri.....                                       | 31 |
| Şekil 6.1. Günlük Sipariş Miktarları .....                                        | 33 |
| Şekil 6.2. 2020-2021 Bahar Ayı Kanat Siparişleri .....                            | 35 |
| Şekil 6.3. 2020-2021 Bahar Ayları Düzenlenmiş Kanat Siparişleri .....             | 36 |
| Şekil 6.4. Sipariş Verilerini Düzenleme Ana Diyagramı.....                        | 37 |
| Şekil 6.5. Siparişleri Bölme İşlemi .....                                         | 38 |
| Şekil 6.6. Sipariş Birleştirme İşlemi .....                                       | 38 |
| Şekil 6.7. Sipariş Günleri Düzenleme İşlemi.....                                  | 39 |
| Şekil 7.1. Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti Grafiği .....                | 47 |
| Şekil 7.2. Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti LSTM Tahminlemesi Grafiği..  | 47 |
| Şekil 7.3. Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Grafiği.....                       | 48 |
| Şekil 7.4. Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti LSTM Tahminlemesi Grafiği .....    | 49 |
| Şekil 7.5. Hafta-Gün Düzenlenmesi Veri Seti Grafiği .....                         | 50 |
| Şekil 7.6. Hafta-Gün Düzenlenmesi LSTM Tahminleme Grafiği .....                   | 50 |
| Şekil 7.7. Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti Grafiği .....                | 51 |
| Şekil 7.8. Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti Prophet Tahminlemesi Grafiği | 52 |
| Şekil 7.9. Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Grafiği.....                       | 53 |
| Şekil 7.10. Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Prophet Tahminlemesi Grafiği ..   | 53 |
| Şekil 7.11. Hafta-Gün Düzenlenmesi Veri Seti Grafiği .....                        | 54 |
| Şekil 7.12. Hafta-Gün Düzenlenmesi Prophet Tahminleme Grafiği .....               | 54 |

## TABLO DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Üretim Planlama Tahminleme Çalışmaları .....                         | 3  |
| <b>Tablo 4.1.</b> Kanatlı Canlı Parçalama Oranları .....                               | 22 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Sipariş Örneği .....                                                 | 25 |
| <b>Tablo 5.1.</b> LSTM Notasyonları .....                                              | 28 |
| <b>Tablo 6.1.</b> Gün Sayısının Eşit Olması- 2021 Yılı Sipariş Günleri .....           | 40 |
| <b>Tablo 6.2.</b> Gün Sayısının Eşit Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri .....            | 40 |
| <b>Tablo 6.3.</b> Gün Sayısının Eşit Olması-2020 Yılı Düzenlemiş Sipariş Günleri ..... | 40 |
| <b>Tablo 6.4.</b> Gün Sayısının Az Olması-2021 Yılı Sipariş Günleri .....              | 41 |
| <b>Tablo 6.5.</b> Gün Sayısının Az Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri .....              | 41 |
| <b>Tablo 6.6.</b> Gün Sayısının Az Olması-2020 Yılı Düzenleme-1 .....                  | 42 |
| <b>Tablo 6.7.</b> Gün Sayısının Az Olması-2020 Yılı Düzenleme-2 .....                  | 43 |
| <b>Tablo 6.8.</b> Gün Sayısının Fazla Olması-2021 Yılı Sipariş Günleri .....           | 43 |
| <b>Tablo 6.9.</b> Gün Sayısının Fazla Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri .....           | 43 |
| <b>Tablo 6.10.</b> Gün Sayısının Fazla Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri Düzenleme-1 .. | 44 |
| <b>Tablo 6.11.</b> Gün Sayısının Fazla Olması-2020 Yılı Sipariş Düzenleme-2 .....      | 45 |
| <b>Tablo 7.1.</b> Veri Seti Örneği .....                                               | 46 |
| <b>Tablo 7.2.</b> Tekrarlı Siparişleri Temizleme Veri Seti Son 14 gün Tahmin Değerleri | 47 |
| <b>Tablo 7.3</b> Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Son 14 Gün Tahmini Değerleri ...  | 49 |
| <b>Tablo 7.4.</b> Hafta-Gün Düzenlenmesi Son 14 Gün Tahmini Değerleri .....            | 50 |
| <b>Tablo 7.5.</b> Tekrarlı Siparişleri Temizleme Veri Seti Son 14 gün Tahmin Değerleri | 52 |
| <b>Tablo 7.6.</b> Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Son 14 Gün Tahmini Değerleri ..  | 53 |
| <b>Tablo 7.7.</b> Hafta-Gün Düzenlenmesi Son 14 Gün Tahmini Değerleri .....            | 54 |

## TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih YÜCALAR'a, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında maddi manevi her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteklerini hiç eksik etmeyen, kendilerini tanımaktan büyük onur duyduğum tüm CTS Yazılım firma personellerine, yüksek lisans eğitimimde ve iş hayatımda bana yol gösteren ve desteğini her zaman hissettiğim abim, proje yöneticim İbrahim ÖZYALÇIN'a, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyip hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Selçuk AKŞAR  
Manisa, 2022



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KANATLI CANLI ÜRETİM OPTİMİZASYONU VE ÜRÜN BAZLI SİPARİŞ TAHMİNLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Selçuk AKŞAR

Manisa Celal Bayar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih YÜCALAR

Kanatlı canlılardan mamul üretimi alanında faaliyet gösteren tesisler sipariş dayalı üretim gerçekleştirmektedir. Her kanatlı canlıda belirli sayıda parça ürün bulunması talep edilen siparişlerin karşılanmasını zorlaştırmaktadır. Bu durumla birlikte depolama maliyetinin yüksek olması ve oluşan ürün ömrünün kısa olması bu tür üretim yapan tesislerin elde en az ürün bırakıp siparişleri karşılamasını önemli kılmaktadır. Müşterilerden gelen siparişlerin kanatlı canlıda ürün payının düşük olduğu ürünlerden yoğunlukta gelmesi ve bu siparişin karşılanması tesisin geri kalan anatomik ürünlerin depoda kalmasına neden olacaktır. Kanatlı canlı ürünlerinin raf ömrünün kısa olması ve depolama işleminin maliyetli olması tesislerin zarar etmesine sebep olabilmektedir. Bu durumlardan kaynaklı olarak tesisler müşteri güvenilirliği, sipariş edilen miktar gibi bazı verilere bakarak siparişler üzerinden kesintiler yaparak siparişlerin anatomik oranda daha dengeli olmasını sağlama çalışmaktadır. Yapılan bu çalışmada da ilgili tesislerin gelecek sipariş miktarlarının hangi müşteri ve ürün tipinden geleceğinin tahminlenmesi yapılacaktır. Yapılan bu çalışma doğrultusunda tahminlenen sipariş rakamları yardımı ile firmanın siparişlerinin en doğru şekilde dağıtılması hedeflenmiştir. Sipariş tarihinden daha önce tahminlenen sipariş rakamları sayesinde ihtiyaç duyulabilecek kanatlı canlı hesaplanıp karşılanacak ürünlerin belirlenmesi, firma tarafından erken aksiyon alınmasına yardımcı olacaktır. Tahminleme işlemleri bir yapay sinir ağı olan LSTM (Long Short-Term Memory) ve Facebook tarafından geliştirilmiş Prophet modelleri ile sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim Optimizasyon, Kanatlı Canlı Optimizasyon, Zaman Serisi, Prophet, Uzun Kısa Süreli Bellek

2022, 63 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **DEVELOPMENT OF LIVE POULTRY PRODUCTION OPTIMIZATION AND ORDER FORECASTING SYSTEM BASED ON PRODUCT**

**Selçuk AKŞAR**

**Manisa Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Software Engineering**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Fatih Yücalar**

Facilities operating in the field of production of products from poultry carry out production based on orders. The presence of a certain number of pieces of product in each poultry makes it difficult to meet the requested orders. With this situation, the high storage cost and the short product lifespan make it important for the facilities that make this type of production to leave the least product in hand and fulfill the orders. The fact that the orders from the customers are mostly from the products with a low product share in poultry, and the fulfillment of this order will cause the remaining anatomical products of the facility to remain in the warehouse. The short shelf life of poultry products and the costly storage process can cause damage to the facilities. Due to these situations, the facilities look at some data such as customer reliability, quantity ordered, and make cuts on orders to ensure that orders are more balanced at an anatomical rate. In this study, it will be predicted from which customer and product type the future order quantities of the relevant facilities will come. In line with this study, it is aimed to distribute the orders of the company in the most accurate way with the help of the estimated order numbers. Thanks to the order numbers estimated before the order date, the calculation of the poultry that may be needed and the determination of the products to be met will help the company to take early action. Prediction processes are provided by LSTM (Long Short-Term Memory), an artificial neural network, and Prophet models developed by Facebook.

**Keywords:** Production Optimization, Live Poultry Optimization, Time Series, LSTM, Prophet

**2022, 63 pages**

## 1. GİRİŞ

Üretim sistemleri, bir işletme veya organizasyon içerisinde yer alan önemli alt sistemlerden biridir. Üretim sistemi, iş gücü, ham madde, veri, enerji, anapara gibi çeşitli girdilerin belirli bir dönüşüm sürecinden geçerek ürünlerin veya hizmetlerin üretildiği bir sistemdir. Bu sistemlerin en temel amacı, tüketici taleplerine uygun mamul veya hizmet üretimini sağlayarak tüketici memnuniyetini en üst düzeye çıkarmaktır. Üretim sistemleri; sürekli, kesikli, karma ve proje tipi olmak üzere dört farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Tez çalışmasının konusunu oluşturan siparişe dayalı üretim sistemleri ise kesikli üretim sistemlerinin alt grubudur.

Siparişe dayalı üretim sistemlerinde, üretilecek mamullerin özelliği ve miktarı tamamen müşterilerin talepleri doğrultusunda sipariş ile belirlenmektedir. Bu açıdan bakıldığında, kanatlı canlılardan mamul üretimi alanında faaliyet gösteren tesislerde de siparişe dayalı üretim gerçekleştirilmektedir. Bu tesislerde müşteriye ait taleplerin eksiksiz karşılanması büyük önem arz etmektedir. Ancak, bu taleplerin karşılanmasında noktasında yetiştirilen kanatlı canlılardan günlük olarak ham madde temininin karşılanması, her üründen sadece belirli bir miktar ham maddenin elde edilmesi gibi zorluklar ile karşılaşilmektedir. Kanatlı canlılardan mamul üreten tesislerde, yeterli olgunluğa erişmiş canlıların kesime gelmesi ve gelen canlıların boyutlarının her zaman aynı olmaması bir diğer zorluktur. Bununla birlikte her canlıdan yalnızca belirli oranlarda belirli ürünler elde edilmektedir. İlgili günde müşterilerden gelen siparişlerin yoğunluğu bir canlıdan en düşük oranlarda elde edebileceğiniz bir üründen olabilmektedir. Böyle bir durumda gelen tüm siparişlerin karşılanması istendiğinde kanatlı canlılardan mamul üreten tesis üzerinde depolaması gereken ürün miktarı artacaktır. Kanatlı canlı ürünlerinin raf ömrünün kısa olması ve depolama işlemlerinin maliyetli olmasından kaynaklı üretici firmalar o güne ait kesime gelen canlılardan stokta en az düzeyde ürün kalacak şekilde sipariş karşılamayı hedeflemektedirler.

Kanatlı canlılardan mamul üreten firmaların günlük belirli bir üretim kapasitesi vardır. Üretim kapasitesinden kaynaklı olarak müşterilerin sipariş günlerine firma tarafından kısıtlamalar konmaktadır. Bu kısıtlamalar firma kapasitesinin artması, dönemsel değişimler, müşteri sayısının artması gibi durumlarda değişim

sağlanabilmektedir. Müşteri tarafında sipariş edilen ürünlerin tamamının karşılanması önemli bir etkenken, üretici tarafında da bu durum siparişlerin dengeli ve ham madde kullanımından artan ürünün en az olması şeklindedir. Bu yüzden müşterinin günlük sipariş etmiş olduğu ürünler ile gelecek kanatlı canlı miktar ve kilogram bilgileri kıyaslanıp müşteri sadakatine kesintiler yapılarak bir optimizasyon işlemi uygulanır.

Yapılan bu tez çalışmasında müşteri siparişlerinin ürün kırılımlı zaman serisi modelleri ile günlük olarak tahminlenmesi ve yapılan bu tahminlemeler sayesinde üretici tarafına gelecek siparişlerin daha erken değerlendirilmesi, erken alınacak aksiyonlar yardımı ile daha dengeli ve daha fazla miktarda sipariş karşılanabilmesi hedeflenmektedir. Yapılacak olan kesintiler ve önlemlerde, her gün için siparişte bulunan müşteri ve ürün bilgisi büyük rol oynamaktadır. Yapılan sipariş optimizasyon çalışmalarında bir üründen gelecek sipariş miktarı tahminlenmesi sağlanmıştır. Bu tez çalışması içerisinde müşteri ve ürün kırılımlı tahminlemeler yapılmıştır. Yapılan bu tahminlemelede her müşterinin sipariş günleri belirlenip alışkanlıkları izlenmiş; firmanın üretim kapasitesinin artması, firmanın müşteri tarafına getireceği kısıtlamalar değerlendirilerek geçmiş verilerin düzenlenmesi sağlanmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Araştırmacılar farklı metotlar kullanarak üretim planlamada ileri günlerin sipariş tahminlemesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Tablo 2.1.'de bu konuda yapılan çalışmalar özet halinde yer almaktadır.

**Tablo 2.1. Üretim Planlama Tahminleme Çalışmaları**

| <b>Yöntem</b>                                                                         | <b>Kapsam</b>                                                                                                                                       | <b>Yıl</b> | <b>Kaynak No</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|
| RNN modelinin kullanılması                                                            | RNN modeli kullanılarak donmuş tavuk ürünlerinin ihracat talebinin tahminlenmesi                                                                    | 2008       | [1]              |
| RNN modelinin kullanılması                                                            | RNN modeli kullanılarak bir tekstil fabrikasının talep tahminlenmesi                                                                                | 2011       | [2]              |
| ANN modelinin kullanılması                                                            | ANN modeli kullanılarak mobilya üretim talep tahminlenmesi                                                                                          | 2013       | [3]              |
| RNN modelinin kullanılması                                                            | RNN modeli kullanılarak sunucu üretim için talep tahminlenmesi                                                                                      | 2014       | [4]              |
| ANN modelinin kullanılması                                                            | ANN kullanılarak bir tedarik zinciri yönetimi için talep tahminlenmesi ve geleneksel yöntemler ile karşılaştırılması                                | 2015       | [5]              |
| ANN modelinin kullanılması                                                            | ANN modeli kullanılarak süpermarket ürün talep tahminlenmesi                                                                                        | 2015       | [6]              |
| Facebook Prophet, ARIMA, TBATS, STLF modellerinin kullanılması                        | Facebook Prophet, ARIMA, TBATS, STLF modelleri kullanılarak bir firmanın üretim planlama taleplerinin tahminlenmesi ve modellerin karşılaştırılması | 2018       | [7]              |
| LSTM, geri yayımlımlı sinir ağları, lineer regresyon ve MLP modellerinin kullanılması | LSTM, geri yayımlımlı sinir ağları, lineer regresyon ve MLP modelleri kullanılarak ürün satış tahminlenmesi ve kıyaslanması                         | 2020       | [8]              |
| Facebook Prophet, Facebook Prophet-LSTM hibrit modellerinin kullanılması              | Facebook Prophet ve Facebook Prophet-LSTM hibrit modellerini kullanarak hava kalite endeksinin tahminlenmesi                                        | 2020       | [9]              |
| LSTM modelini kullanılması                                                            | LSTM modeli kullanılarak turist sayısı tahminlenmesi                                                                                                | 2020       | [10]             |
| Facebook Prophet modelinin kullanılması                                               | Facebook Prophet modeli kullanılarak Covid-19 salgını vaka sayılarının tahminlenmesi                                                                | 2020       | [11]             |
| LSTM ve Facebook Prophet modellerinin kullanılması                                    | LSTM ve Facebook Prophet modelleri kullanılarak hava sıcaklık tahminlenmesi ve iki modelin karşılaştırılması                                        | 2021       | [12]             |

|                                                                    |                                                                                                                                     |      |      |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| LSTM ve Facebook Prophet modellerinin kullanılması                 | İlaç satış tahminlerinin LSTM ve Facebook Prophet modelleri ile tahminlenmesi ve iki modelin karşılaştırılması                      | 2021 | [13] |
| Facebook Prophet modelinin kullanılması                            | Facebook Prophet modelini kullanarak bulut sistemlerinde kaynak ihtiyaç tahminlemesi                                                | 2021 | [14] |
| ElasticNet, LightGBM ve Facebook Prophet modellerinin kullanılması | ElasticNet, LightGBM ve Facebook Prophet modellerini kullanarak taş kömür ihtiyacının tahminlenmesi ve üç modelin karşılaştırılması | 2021 | [15] |
| Facebook Prophet, HOLT-WINTERS ve SARIMA modellerinin kullanılması | Facebook Prophet, HOLT-WINTERS ve SARIMA modellerini kullanarak konteyner talep tahmini ve başarı karşılaştırılması                 | 2021 | [16] |
| ARIMA ve LSTM modellerinin kullanılması                            | ARIMA ve LSTM modelleri kullanılarak bir firmanın sipariş tahminlenmesi ve modellerin karşılaştırılması                             | 2021 | [17] |
| LSTM modelinin kullanılması                                        | LSTM modeli kullanılarak araç yedek parça talep tahminlenmesi                                                                       | 2021 | [18] |
| LSTM modelinin kullanılması                                        | LSTM modeli kullanılarak elektrik tüketiminin tahminlenmesi                                                                         | 2022 | [19] |
| LSTM modelinin kullanılması                                        | LSTM modeli kullanılarak enflasyon değeri tahminlenmesi                                                                             | 2022 | [20] |

Pongsak ve ark. [1] yaptıkları çalışmada Tayland Endüstrisi'nin Japonya'ya ihraç edilen pişmiş tavuk ürünlerinin talep tahminlemesini sağlamıştır. Bu çalışma yardımı ile envanter, kapasite planlama maliyetlerinin düşürülmesi ve daha düşük maliyet ile daha kaliteli ürünlerin tedariklerine olanak sağlamıştır. Yapılan tahminlemeler RNN (Recurrent Neural Network – Yinelemeli Sinir Ağı) modelinin kullanması ile gerçekleştirilmiştir.

Fábio ve João [2] yaptıkları çalışmada bir tekstil firmasına ait aylık metre cinsinden kumaş kullanım verilerinden elde edilen veri setini kullanarak gelecek aylar için tahminlemelerde bulunmuşlardır. Yapılan tahminlemeler için RNN modelini kullanmış olup 3.2659e9 ortalama hata karesi değerini elde etmişlerdir.

Nafisa ve ark. [3] yaptıkları çalışmada bir mobilya firmasının siparişleri için tahminlemeler sağlamışlardır. Yapılan tahminlemeler için 13 gizli nöron kullanarak ANN (Artificial Neural Network – Yapay Sinir Ağı) modelini kullanmışlardır. Elde edilen değerler firmanın tahminlemeler için kullandığı Brown'ın çift düzleştirme adlı istatistiksel ve doğrusal modeli ile karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmada eğitilen ANN modeli ile daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir.

Chanchal ve ark. [4] tarafından yapılan bir başka çalışmada ise küresel pazarda sunucu üreticilerinin envanter maliyeti yüksek olan sunucu bileşenlerinden kaynaklı zorluklar belirlenmiş ve durumun teslim tarihinde önem arz ettiği öne sürülmüştür. Bu durumlardan kaynaklı bir firmanın planlama bölümünden elde edilen talep verilerini RNN modelinde yapılan eğitim ile taleplerin tahminlenmesi sağlanmıştır. Eğitim iki farklı sunucu modeli için sağlanmış, sırası ile ortalama %89 ve %84 doğruluk düzeyi ile gelecekteki talepler tahmin edilebilmiştir.

Ashvin ve Suman [5] yaptıkları çalışmada bir distribütör firmasının dönemsel olarak elinde tutması gereken stokların belirlenmesini ve maliyetlerin düşürülmesini amaçlamışlardır. Yapılan çalışmalarda geleneksel zaman serisi modellerinde yapılan yanlış tahminler doğrultusunda taleplerin tam karşılanamaması ya da stok fazlalığına sebep olması belirtilmiş ve ANN modelinin bu işlemler için daha yararlı bir teknik olduğunu belirterek örneklendirmişlerdir.

Ilham ve ark. [6] yaptıkları çalışmada Fas'ta bilenen bir süpermarketten elde ettikleri veriler ile müşterilerin ürün taleplerine yönelik gerekli tahminlemeyi gerçekleştirmişlerdir. Tahminleme eğitimi için ANN modeli kullanılmıştır.

Aleksandr [7] yaptığı çalışmada bir firmanın geçmiş üretim planlama verilerini kullanıp gelecekteki taleplerin tahminlenmesini sağlamıştır. Bu çalışmanın temel amacı fazla üretim veya eksik üretimi engellemek ve işlemi manuel olarak gerçekleştiren personelin farklı işlere konsantre olmasını sağlamaktır. Yapılan tahminlemeler beş farklı tahmin modeli ile gerçekleştirilmiş ve kıyaslanmıştır.

Balakrishnan ve ark. [8] tarafından yapılan çalışmada Hindistan'ın güney eyaleti ve çevresinde bulunan pazarlardan elde edilen veriler üzerinden gelecek dönemler için ürünlere yönelik talep tahminlemesi yapılmıştır. Elde edilen veriler ön işlemlere tabi tutulup, LSTM (Long Short Term Memory – Uzun Kısa Süreli Bellek), geri yayımlı sinir ağları, lineer regresyon ve MLP (Multi-Layer Perceptron – Çok Katmanlı Algılayıcılar) modelleri kullanarak test edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Zhou ve ark. [9] tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise Nanjing eyaletine ait hava kalite endeksindeki değişimler analiz edilmiş ve gelecek yıllarda hava kalite endeksinde dair tahminlemelerde bulunulmuştur. Analiz ve tahminleme

işlemlerinde eyalete ait Haziran 2014'ten Mayıs 2019'a kadar olan hava kalite endeks verileri kullanılmıştır. Yapılan tahminlemeler Facebook Prophet modeli ve Facebook Prophet – LSTM hibrit modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Polyzos ve ark. [10] ise Çin'den Amerika ve Avustralya'ya gelecek olan turist sayılarını tahminlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Pandemi sürecinin devam etmesi ve özellikle pandeminin başlangıç noktasının Çin olmasından kaynaklı ülkelere giriş yapacak olan Çinli turist sayıları farklılık gösterecektir. Bu çalışmada, 2003 yılında yaşanan SARS virüsü salgınına ait veriler kullanılarak LSTM modeli üzerinden pandemi sürecine yönelik tahminlerde bulunmuşlardır.

Battineni ve ark. [11] yaptıkları çalışmada COVID-19 salgınından en çok etkilenen dört ülkenin (ABD, Brezilya, Hindistan ve Rusya) geçmiş vaka verilerini kullanarak ileri süreçteki vaka sayıları için tahminlemelerde bulunmuşlardır. Tahminlemeler Facebook Prophet modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Toharudina ve ark. [12] tarafından yapılan çalışmada ise Bandung eyaletindeki beş yıllık günlük hava sıcaklık değerlerinden oluşan veri setini kullanarak tahminlemelerde bulunmuşlardır. Tahminlemeler LSTM ve Facebook Prophet modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, maksimum sıcaklık değerlerinde Facebook Prophet modelinin, minimum sıcaklık değerlerinde ise LSTM modelinin daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, ortalama karekök sapma değerindeki farkın çok büyük olduğu ve anlam ifade etmediği bu çalışmada belirtilmiştir.

Jie ve ark. [13] tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise Çin'deki ilaç satışlarının gerçek satış verileri ile tahminlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan tahminlemeler LSTM ve Facebook Prophet modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde sonuçlarda LSTM modelinin Facebook Prophet modeline kıyasla daha iyi sonuç elde ettiği ortaya konulmuştur.

Daraghmeş ve ark. [14] tarafından yapılan çalışmada bulut sisteminin ihtiyaç duyduğu kaynak yönetiminin sağlanması ve gelecek işlemlere göre kaynak ayırma planlamasının sağlanabilmesi için kaynak tahminlenmesi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Microsoft Azure bulut sisteminde bulunan iş yükleri ve kaynak verileri

kullanılarak Facebook Prophet modeli ile tahminlemeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda %85 oranında tahmin doğruluğu elde etmişlerdir.

Soloviev ve ark. [15] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise bir firmanın Ocak 2010 – Aralık 2016 yılları arasında yapmış olduğu taş kömürü sevkiyat verilerini kullanarak kömür ihtiyacının tahminlemesi yapılmaya çalışılmıştır. Yapılan tahminlemelerde ElasticNet, LightGBM ve Facebook Prophet modelleri kullanılmıştır. Ortalama mutlak yüzde hatası %6 olarak en iyi sonuç LightGBM ile elde edilmiştir.

Ayesha ve ark. [16] yaptıkları çalışmada konteyner taşımacılığı endüstrisinde talep tahmini kullanımında çok az çalışıldığını tespit edip, kısa ve uzun vadeli sevkiyat talebine yönelik tahminlemelerde bulunmuşlardır. Eğitim ve tahminleme için Asya-Okyanusya ticaret hattına ait 2016-2018 yılları arasındaki üç yıllık talep verilerini kullanmışlardır. SARIMA, HOLT-WINTERS ve Facebook Prophet modelleri ile veriler üzerinde eğitim ve test süreçlerini gerçekleştirmişler ve elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır. Yapılan karşılaştırma sonucunda Facebook Prophet modelinin diğer modellere göre daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Chien ve ark. [17] yaptıkları çalışmada Tayvan’da yarı iletken devre endüstrisinin gelişmesi, Covid-19 sürecinde bilgi ve iletişim elektroniğine yönelik küresel taleplerin büyük ölçüde artmasından kaynaklı taleplerin karşılanabilmesi ve envanter maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla gerçekleştirmiş oldukları tahminlemelere yer vermişlerdir. Yapılan tahminlemeler bir şirketin satış verileri kullanılarak gerçekleştirmiştir. Tahminleme için ARIMA ve LSTM modellerini kullanmışlardır.

Chandriah ve Naraganahalli [18] yaptıkları çalışmada araç yedek parça üretimini optimum seviyede tutmak amacıyla stoklama ve üretim maliyetini en aza indirmeyi hedeflemiştir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek adına geçmiş araç yedek parça verilerini kullanarak LSTM modeli üzerinde ihtiyaç tahminlemesini gerçekleştirmişlerdir. İlgili sektörde yer alan diğer çalışmalara göre daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Torres ve ark. [19] tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise İspanya’da pandemi süreciyle birlikte artan elektrik tüketimine dikkat çekilmiştir. Tüketim

miktarı kadar üretimi sağlayabilmek amaçlı kısa vadeli elektrik tüketimleri için gerekli tahminlemelerde bulunmuşlardır. Gerçekleştirmiş oldukları çalışmada elde ettikleri tahminlemeler %1,5 değerinden daha düşük hata payı olacak şekilde sonuçlanmıştır.

Savitri ve ark. [20] tarafından yapılan çalışmada ise Endonezya'nın geçmiş enflasyon verileri kullanılarak, gelecekteki enflasyon değerleri için tahminlemelerde bulunulmuştur. Endonezya'nın geçmiş enflasyon verileri LSTM modeli üzerinde eğitilmiş ve test edilmiştir. Elde etmiş oldukları sonuçlarda 2022 Eylül ayında Endonezya enflasyonunun %2'nin altında bir artış sergileyeceğine yönelik tahminlemelerde bulunmuşlardır.



### 3. ÜRETİM PLANLAMA SİSTEMLERİ

Üretim kavramının geçmiş tarihi incelendiğinde, Toplum 2.0 olarak adlandırılan Tarım Toplumu'na kadar uzandığı görülmektedir. Üretim, toplumun ihtiyaç duyduğu gereksinimleri karşılamak üzere gerekli mal veya hizmetlerin üretilmesi ve ortaya konulması sürecidir [21]

İşletmeler çeşitli mal veya hizmetleri üreterek kazanç sağlamaya çalışan kuruluşlardır. Sanayi devrimi sonrası gelişen teknoloji ile beraber üretim miktar ve çeşitliliğinin artması işletmeler arası fiyat, kalite gibi rekabet unsurlarının ön plana çıkmasına neden olmuştur. Mal ve hizmet üretiminin en uygun şekilde gerçekleşmesi işletmeler açısından önem kazanmıştır. Bu amaçlara ulaşma noktasında üretim yönetimi işletmeler için kaçınılmaz bir gereksinim olarak ortaya çıkmıştır.

Üretim yönetimi, işletmenin sahip olduğu ham madde, makine ve insan gücü kaynaklarının birlikte ele alınmasıyla belirli orandaki ürünün, istenilen sürede, kaliteli bir biçimde, minimum maliyetle ve maksimum karla üretilmesini sağlamak üzere bir araya getirilmesini sağlayan bir yönetim felsefesi olarak ifade edilebilir. [22].

Üretim yönetiminin temel amacı, miktar, nitelik, süre ve maliyet olarak ifade edilen üretim faktörleri için en uygun değerlerin elde edilmesini sağlamaktır. İşletmeler üretim yönetimi ile ham madde, insan kaynağı, makine ve araçları en optimum biçimde kullanarak, toplumun ihtiyaç duyduğu gereksinimleri en uygun şekilde karşılayacak ve düşük maliyetlerle mal ve hizmetleri üretebilecektir.

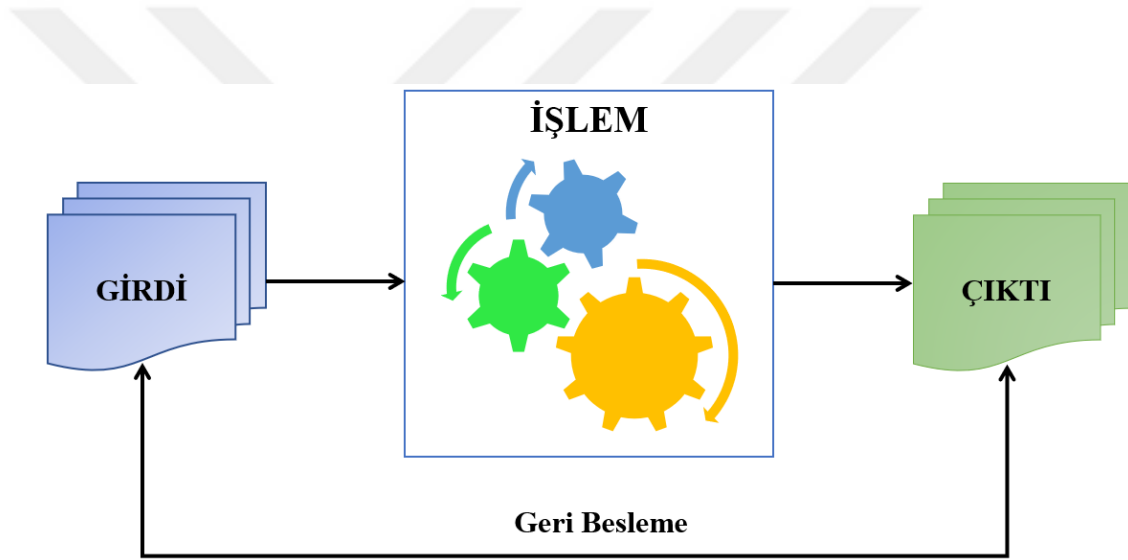
#### 3.1. Üretim Sistemleri

Firmaların yönetim anlayışının değişmesi işletmelerin yapısında da değişime sebep olmuştur. Firmalar ihtiyaçları karşılayabilmek amacı ile yapılarında ve yönetim şekillerinde farklı yaklaşımları benimsemek zorunda kalmakla birlikte gelişen modern üretim sistemlerini de kullanmak durumundadırlar.

İşletme içerisinde yer alan bir sistem, pek çok alt sisteme sahip olabilir. Bununla birlikte bu sistem daha geniş ölçekteki bir sistemin alt sistemini de

oluşturabilmektedir. Pazarlama, yönetim, muhasebe ve finansman, satış, insan kaynakları bir işletme içerisindeki alt sistemleri oluştururken, işletme ise ülke ekonomisinin alt sistemini oluşturmaktadır. Özetle, çevreye değer yaratan faaliyetler bütünü oluşturarak üretim sistemleri bir işletmenin alt sistemini meydana getirmektedir.

Sistemin temel bileşenleri göz önünde bulundurulduğunda, bir mal veya hizmet üretilen bir sistemde girdilerin insan kaynağı, ekipman, enerji ve bilgi gibi öğeler, çıktıların ise başlangıçta elde edilmesi hedeflenen mal veya hizmetler olduğu görülmektedir. Sistem içerisinde yer alan “geri besleme” niteliği ise üretim sistemlerinde; gerekli bilgi akışını sağlamaktadır [23, 24].



Şekil 3.1. Üretim Sistem Yapısı

Şekil 3.1.’de bir işletme içerisindeki üretim sistemi yapısı ve bu sistemin temel öğeleri görülmektedir [22].

**Girdiler:** Bir üretim gerçekleştirebilmek için girdi başlığı altında öğelerin sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. Bu süreçte yer, zaman, miktar ve nitelik bakımından gerekli yeterliliğe sahip olan girdiler; kontrol edilemez girdiler ve kontrol edilebilir girdiler olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılır.

- **Kontrol edilemez girdiler;** üretim sisteminin dışında kalan ve üretim sistemini etkileşimde olmasına rağmen, üretim sisteminde etkilenmeyecek

girdilerdir. Yasal, sosyal, ekonomik, doğal ve psikolojik sistemler kontrol edilemez girdilerden olup çevresel faktörler olarak adlandırılırlar.

- **Kontrol edilebilir girdiler;** ham madde, sermaye ve teknolojiye oluşan kalitesi, oranı, biçimi, miktarı değiştirilebilen girdilerdir.

**İşlemler:** Üretim sistemleri açısından, kapasitenin, üretim biçiminin, bakım-onarım gibi eylemlerinin belirlenmesidir.

**Çıktılar:** Üretilen ürün veya hizmetler bütünüdür. Girdilerin üretim aşamasında mal ve/veya hizmete dönüşmesi sonucunda kalite ve maliyet gibi bilgiler elde edilir. Elde edilen kalite ve maliyet bilgilerinin miktarı ve özelliği, geçmiş üretim sistemlerinde bulunan aşamalar tarafından belirlenir.

### 3.1.1. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

İşletme içerisinde kullanılacak üretim sisteminin belirlenmesi üretim planlama sürecinin ilk aşamasıdır. Kullanılacak üretim sistemi yöntemi işletmeye ait tesis ve yönetim şekline belirlenir. Üretim yönteminin belirlenmesi, işletmenin üretimini stoka ya da siparişe göre yapılacağı kararına, hedeflenen satış miktarına ve talep ile doğrudan ilişkilidir.

Üretim sistemlerinde genel kural olarak yüksek üretim kapasitesi otomasyon, düşük üretim kapasitesi insan gücüne uygundur. Eşit verimlilik uygulanması durumunda iki hacim tipi iki üretim kapasitesinde de kullanılabilir. Otomasyon sistemi yüksek üretim kapasitesi ile kullanılamayacak ise karşılanması zor maliyetlere sebep olacaktır. Çeşitli üretim sistemleri sonraki bölümlerde ele alınmıştır [24]

İncelenen üretim sistemleri haricinde ek olarak, Japonya'da sıfır stokla prensibi ile üretim sağlanan tam zamanında üretim (Just In Time – JIT) üretim şekli de tanıtılacaktır.

### **3.1.1.1. Seri Üretim Sistemi**

Üretilcek ürünlerin aynı standart ve yüksek miktarda olması durumunda seri üretim sisteminin kullanılması ekonomik yönden avantaj sağlamaktadır. Seri üretim sistemine giren ham maddeler, ardışık olarak bulunan bir dizi işlem noktalarından geçerek üretimi gerçekleştirilir.

Seri üretim sistemi akış tipi üretim sistemi olarak da adlandırılmaktadır. Bu üretim sisteminde makine, araç ve gereçler belirli türde ve nitelikte ürün üretmek için tasarlanmışlardır. Bu yüzden ürün tipi veya niteliklerinde değişiklik yapılması kısa dönem için esnek değildir. Bu nedenle seri üretim sistemine ait başarı ve kârı üretilmek istenen ürünün uzun süreli talep görebilir durumda olmasına bağlıdır. Ayrıca, ürün taleplerindeki dalgalanmaların ürün değişikliğine neden olmayacak biçimde ele alınması gerekmektedir

Seri üretim sisteminde kullanılan üretim makineleri veya araç gereçleri bir veya birkaç düzeydeki ürün üretimi için uygundur. Bu durum üretim sisteminin hız ve kapasite kullanım oranını yüksek kılmaktadır. Üretilcek ürün miktarları, piyasa ve işletme içerisindeki koşullar dikkate alınarak tahmin edilmekte ve elde edilen bu tahmin bilgisi ile ayrıntılı üretim planları hazırlanmaktadır [21, 22].

Seri üretim sistemlerinde yerleşim işlenecek ürünün işlem sırasına göre yapılmalı üretilcek ürünün hammadde halinden nihai ürün elde edilene kadar geçeceği süreçler bir hat şeklinde ardışık sıralanarak oluşturulmaktadır. Sıralı şekilde oluşturulan üretim sistemlerine ait her bir üretim ünitesi iş istasyonu olarak adlandırılır

Üretim sisteminde kullanılacak makine veya araç gereçlerin işlem sırasına göre yerleştirilmesinden dolayı iş akış sırası düzgündür. Bir hammadde, nihai ürün hali alana kadar iş istasyonları arasında sıralı olacak şekilde otomatik veya mekanik olarak geçiş sağlayacaktır. Bu geçişlerin mesafesi ve miktarının az olması yarı mamul ürünlerin az olmasına ve kuyrukta bekleme süresinin en aza inmesine sebep olacaktır. İstasyonlar arasında bekleme sürelerinin az olması hammaddeden ürüne geçiş süresini kısaltacağı gibi birim zamanda üretim miktarını arttırarak işletmenin üretkenliğini pozitif yönde etkiliyor olacaktır. İstasyon arası geçişlerin nizami olmasıyla birlikte

Üretilmek istenen ürün çeşitliliğinin az ve standart tipte olması üretim, planlama ve kontrol süreçlerinin basitlemesine sebep olacaktır. Üretim sıralı i istasyonları şeklinde olmasından, i gören yalnızca kendine ait sorumlulukları ile uğraacak ve bu sebeple i görenin verimliliği artacaktır.

Seri retim sisteminde sınırlı tipte çıktı üretildiği ve ürüne göre yerleşim düzeni olmasından kaynaklı farklı bir tipte ürün üretimi söz konusu olduğunda tüm hattın baştan sona düzenlenmesine ihtiyaç duymaktadır. Üretim performansı ve hızı hat üzerindeki yer alan en yavaş çalışan istasyona bağlıdır. En yavaş çalışan istasyon bu hattın hızını belirlediği gibi üretim sisteminin dengelenmesi problemini doğuracaktır. Oluşabilecek arıza ve/veya i istasyonu bakım ihtiyaında üretim sisteminin durma ihtimali yüksektir. Talep edilen her ürün çeşidine ait ayrı bir üretim hattı gerekmekte olabilir. Ayrı retim hattı gerekliliği sistemdeki kullanılacak makine, araç ve gereç yatırımının yüksek seviyelerde olmasına sebep olacaktır [21].

#### ***3.1.1.2. Atölye Tipi retim Sistemi***

Üretim sistemlerinde en eski sistem atölye tipi üretim sistemidir. Bu retim sistemi tipinde, sisteme sipariş doğrultusunda gelen ham maddeler ihtiyaı uygun olarak çeşitli i istasyonları ya da bölümlerden geçerek nihai ürün elde edilmesi hedeflenir. Atölye tipi üretim sisteminde çok fonksiyonlu makineler, araç ve gereçler kullanılır. Bu makine, araç ve gereçler özelliklerine ve atanan ilere göre gruplanması sağlanır. Bu gruplama "ilemsel temele göre düzenleme" olarak adlandırılır

Atölye tipi üretim sisteminde, sisteme dahil edilen farklı siparilere ait hammaddelerin boşta olan makinelere veya makine kuyruğuna alınarak üretime dahil edilir. Sistemde yer alan makinelerin hepsi kuyrukta bekleyen iler ile yüklenirler. Bu durum karmaık bir i akışına sebep olmakta ve işletmeye ait uzun süreli üretim programını etkileyebilmektedir [21, 22].

Atölye tipi üretim sistemini kullanan bir işletmenin üretebildiği ürün çeşitliliği fazla, birim saatte üretilen ürün miktarı azdır. Üretim sistemine ait i akışının karmaşık olması ve ürün eidindeki okluk, için takibi ve kontrolündeki eylemleri

fazlaştıracaktır. İş istasyonlarında oluşabilecek aksaklıklar ve/veya yoğunluk, iş istasyonlarında kuyrukta bekleyen yarı mamul ürünlerin artmasına sebep olabilir. Üretim sistemi içerisinde aynı anda çok çeşitli yarı mamul ürünlerin bulunması, diğer işlemleri bitmiş her bir parçanın sıradaki işleminde ardışık bir makineye anında yüklenmesi sağlanamamaktadır. Bu durumdan kaynaklı yarı mamul parçalar yarı mamul ürün olarak stok oluşturacaktır [21, 22].

Bir makinenin farklı ürünlerin üretimi için ayarlanması, boşaltılması ve yüklenmesi gibi eylemler zaman kaybına ve dolayısı ile üretim zamanının artmasına sebep olacaktır. Bununla birlikte üretimde yer alan ürüne ait farklı rotaların farklı işlem bölümlerinde bulunması taşıma kaybına sebep olacağı gibi, iş görenler çeşiti fazla olan parçaları işlemek zorunda kalacaktır. Bu durum verimi düşürecektir [22].

#### ***3.1.1.3. Proje Tipi Üretim Sistemi***

Genellikle hareket kabiliyeti mümkün olmayan, talep edilen ürün veya hizmetin üretimine yönelik sistemlere proje tipi üretim sistemi denir. Sistem girdilerinin çeşidi ve sayısı fazladır. Üretim süreci tek amaca yönelmiş ve tek bir işlem merkezinde toplanmış birimlerden oluşmaktadır. Bu üretim sisteminde belirlenmiş özel koşullarda kullanımı sağlanabilir. Köprü, gökdelen, baraj üretimi ilgili üretim sistemine örnek olarak verilebilir.

Proje tipi üretim sisteminde, üretilecek ürün veya hizmet genellikle büyük olduğundan, ana parça merkeze alınarak bir yerleştirme düzeni uygulanır. İşlemin gerçekleştirileceği makine, araç, gereç, iş görenler merkez çevresinde konumlandırılırlar. Ana parça merkezde konumlandırılması ve sabit olmasından kaynaklı işlem gerçekleştirecekler hareketli durumdadırlar. Üretimin gerçekleştirmesinde ekip çalışması uygulandığı için üretimde iş dağıtımının gerçekleştirilmesi, gözlenmesi ve kontrol edilmesi kolaydır [21].

Sabit konumlu ve merkezci düzenlemede makine ve araç gerecin ürünün konumuna taşınması maliyetli ve zordur. Ekip çalışması için gerekli iş gören nitelikli olmalıdır. Proje bazlı üretim sistemi, endüstride kullanılan seri üretim sistemi ve atölye tipi üretim sistemi gibi yaygın olarak uygulanamamaktadır.

### 3.1.2. Tam Zamanında Üretim Sistemi

Japon kökenli işletmeler son yıllarda fabrikada ham maddenin etkin bir akışını sağlamayı amaçlayan çeşitli uygulamalar geliştirmişlerdir. Tam zamanlı üretim (Just In Time – JIT) olarak isimlendirilen bu yaklaşımın ana fikri stok seviyesini en aza indirmek mümkünse stok seviyesini sıfırlamaktır [21].

Tam zamanlı üretim sistemi, düzgün bir üretim süreci sağlayan, ürün ve ürüne ait üretim süreçlerinin sürekli gözden geçirilerek daha performanslı olmasını sağlayan bir yaklaşımdır. Bu üretim sisteminde temel amaç yarı mamul ürün stok seviyesinin sıfırda tutulmasıdır. Bu sebeple bir üretim sistemini; parçaların ardışık bir biçimde işlenmesi sayesinde kuyruk oluşmaması ve stokta beklemeden üretimini sağlayarak sürekli bir üretim sistemine dönüştürmeye hedefler

Tam zamanlı üretim sistemi, talep doğrultusunda üretimi gerçekleştirmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Üretim süresince, hammaddenin akış, program ve kontrolünde etkin çözümleri bulup kullanmaya çalışır. Bu işlemleri gerçekleştirirken talep edilen ürünleri talep edilen zaman, miktarda, en iyi kaliteye sahip ve sıfır stok ile gerçekleştirmeye çalışır. Bu karşılamayı en uygun iş gören, makine, araç, gereç ve enerji kullanımıyla karşılamayı gerçekleştirir.

Tam zamanlı üretim sisteminin temel varsayımı, müşteriye ait talepler ile ilgili her zaman iyi bilgiye sahip olunması, işletmenin müşteriye ait istekleri karşılama yeteneğine sahip olması ve dış sistemlerden alınacak ham madde ve/veya girdilerin istenilen zamanda ve miktarda temin edilmesi, iş gören veriminin yüksek kullanılması ve makinelerin tam kapasite ile kullanılmasıdır

Tam zamanlı üretim sistemi, üretim içi stokları en aza indirmek amacıyla grup düzenleme yaklaşımını kullanır. Bu yaklaşım üretim sisteminde maliyeti düşürdüğü gibi, yüksek kaliteli ürünlerin en az gecikme ile üretilmesine olanak tanır. Tam zamanlı üretimde yarı mamul stok seviyesindeki dalgalanmaları en aza indirgeyerek, nihai ürün stok kontrolünü kolaylaştırır. Geriye yönelik bilgi akışının olması hatalı üretim miktarını da en aza indirgeyecektir

Tam zamanlı üretim sisteminde hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, çevre ve işletme içi koşullarının tam zamanlı üretim sisteme uygun olmasını gerektirmektedir. Birbiriyle ilişkili sistemlerin çalışma biçimi, ihtiyaç ve üretim süreçlerinin birbirlerini desteklemesi üretim sisteminin başarısını arttırır. JIT sisteminin Japonya’da pozitif sonuçlar elde etmesi, iç ve dış koşulların başarılı bir şekilde uyarlanmasından kaynaklanmıştır

Tam zamanlı üretim sisteminin mantığı, ihtiyaç duyulan hammadde ve/veya teçhizatın ihtiyaç duyulan zamanda temin edilmesi, üretim kapasitesinde ihtiyaç duyulan talebin sürekliliği olması durumunda pozitif sonuçlar vermektedir. İhtiyaç duyulan ham madde ve/veya teçhizat temininde oluşabilecek aksaklıklar ve dalgalanmalar üretim sistemin başarısını düşmesine sebep olacaktır. Bu nedenle, müşterinin talepleri ve hammadde ihtiyaç analizinin iyi yapılması gerekli kılabilir.

### **3.1.3. Hücre Tipi Üretim Sistemi**

Seri üretim, atölye tipi üretim ve tam zamanlı üretim sisteminin yanı sıra Grup Teknolojisi (GT) fikrini benimseyen bir üretim sistemi daha geliştirilmiştir. Bu üretim sistemi hücre tipi üretim sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Hücre tipi üretim sistemi, sistem içerisinde yer alan benzer ürün özelliklerine sahip parça gruplarının üretimi için, makine ve iş gören gruplarının oluşturulduğu sistemlerdir. Bu üretim sistemlerinde, gruplarda yer alan tüm tesis ve birimler, gruba atanan tüm üretim ihtiyaçlarını kendi içerisinde üretmek üzere düzenlenmişlerdir [22].

Makine hücreleri, nihai ürün için ihtiyaç duyulan parça gruplarının işlenmesi için gerekli olan aynı veya farklı özelliklerdeki makinelerin bir araya getirilerek oluşturulan makine gruplarıdır.

Hücre tipi üretim sistemi, süreçleri basite indirgeyebileceği gibi makine, araç ve gereçlerde birleşime giderek süreci büyütebilir. Bu işlemler doğrultusunda farklı otomasyon olanakları da ortaya çıkacağından verimliliğin artmasında katkı sağlayabilir

### **3.2. Üretim Planlama**

Ürün planlaması, başarılı bir ürün geliştirmek için gerekli olan tüm şirket içi odaklı kararları, adımları ve görevleri içerir. Başka bir deyişle, ürünün kendisini etkileyen yapmanız gereken her şeyi içerir. Buna karşılık, pazara giriş planlaması, ürününüzü halka tanıtmak ve pazarlamak için tüm dışa dönük adımları içerir.

Üretim planlaması, firmanın sahip olduğu üretim kapasitesi, iş gücü, araç ve gereçlerin optimum düzeyde kullanılması ve olanaklara göre üretilmek istenen ürünün hangi miktar ve hangi yöntemler ile ne zaman üretilbileceğini gösteren model olarak tanımlanabilir. Üretim planlamayı, “hangi ürünün, hangi zamanda, nasıl, nerede ve kim tarafından üretileceğini öncesinden karara bağlanması” olarak tanımlayabiliriz.

#### **3.2.1. Üretim Planlamasının Amaçları**

Üretim planının temel amacı, şirketlerin hedefleri doğrultusunda, optimum kâr getirisi ile birlikte, işletmenin girdi ve çıktılarını planlama ve kontrol etmek olarak tanımlanabilir. Bu noktada üretim planlama, müşterinin talepleri, finansman durumları, üretimin kapasitesi gibi elementleri kontrol altında tutan bir yapı oluşturulmalıdır [21].

Planlama, sistematik bir biçimde alınan kararlar ile gelecek üretimlerin hedeflenmesi çabasıdır. Sürekli değişim içinde olan koşullarda firmalar hedeflerini belirleyip planlama yapmak zorundadırlar. Yapılan planlama ile firmalar, gelecek konusunda bilinmeyenleri ortadan kaldırarak ya da en aza indirgeyerek, faaliyetlerini daha doğru biçimde yönetmeyi hedeflerler [21].

Planlama süreci boyunca firmadaki tüm çalışanlar, planın hazırlık ve uygulama sürecine katkıda bulunurlar. Plan çalışmalarında tüm ekibin olması çalışmalarda eşgüdüm sağlar ve tüm ekibin yönetime olan katkısını arttırarak işletmeye pozitif yönde etki sağlar.

“Planlama süreci, firmanın hedef ve stratejilerinin geniş ölçekteki plan, hedef ve stratejiler ile paralellik kazanmasına ve ulusal ekonomik hedeflere daha kolay

ulaşmasına olumlu katkılar sağlar. Ek olarak, geleceğe yönelik adım atılması gereken eylemlerin belirlenmesiyle beraber gerek kamu ve gerekse de diğer firmalarla olan ilişkiler için en uygun zamanın seçimine olanak tanır.” [21].

Planlama, firmaya sistematik düşünebilme ve karar alma ve kararları uygulayabilme yetisi kazandırır. Birçok problemin temel sebebi plansız bir yönetim anlayışından kaynaklıdır. Planlama, bu tür problemlerin oluşmasını önleyecek temel tedbirdir. Üretim planlama üretim hedeflerinde yüksek verimlilik sağlamaktadır. Elde edilen yüksek verimlilik talep edilen ürünleri istenilen zamanda ve en düşük maliyet ile üretmeyi sağlar.

### **3.2.2. Üretim Planlamasından Beklenen Faydalar**

Üretim planlaması, firmanın üretim faaliyetlerinde amaç ve hedeflerine göre miktar, süre, değer gibi faktörler için rehber niteliği taşır. Bu nedenle üretim yöneticilerinin dikkatlerini bu hedeflere çekeceğinden, emek, zaman gibi parametrelerin boşa harcanmasını önler ve üretimin ölçülü olmasını sağlar. Üretim planlamasından beklenen faydalara;

- Üretim faktörlerini akla uygun ölçütlere göre değerlendirmek, üretim duraklamalarını ve âtıl kapasiteyi önlemek,
- Stok planlaması belirlenerek stok maliyetlerini düşürmek ve artmasını önlemek,
- İşletmeye ait üretim hacmi ile müşteri talepleri arasındaki dengeyi belirlemek,
- Üretim maliyetlerini tespit etmek,
- Firmanın tüm olanaklarının belirlenen amaçlar doğrultusunda kullanılmasını sağlamak gibi birçok özellik daha eklenebilir.

Üretim planlamasının faydalarının yanında, hazırlanması önemli ölçüde zaman harcanmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte üretim planlaması yöneticilerin dikkatini sürekli geleceğe vermesinden dolayı anlık durumların gözden kaçmasına sebep olabilir. Fazla kural ve standartların oluşturulması inisiyatifleri

körelteceği gibi firma yapısına uygun bilinçli bir şekilde hazırlanan bir üretim planlaması her zaman yarar sağlayacaktır.



#### **4. KANATLI CANLI ÜRETİM SİSTEMİNDE ÜRETİM PLANLAMA**

Kanatlı canlı üretim sistemlerinde siparişe dayalı bir seri üretim uygulanmaktadır. Günlük elde edilen ham madde yetiştirilen canlılardan sağlanmaktadır. Yetiştirilen bu canlıların boy ve ebatları farklılık gösterebilmektedir. Firma günlük kesime gelecek kümes canlıları ile ilgili temel teorik bilgilere sahip olmakla birlikte canlı bakımı, hava sıcaklığı, canlıların sevkiyatı sırasında yaşanacak olan ölümler üretim planlamasına girecek hammadde miktarını etkiler ve siparişleri karşılamada aksaklıklar gerçekleşebilir. Ham madde ihtiyacının karşılanması 4.1.1. başlığı altında detaylandırılmıştır.

##### **4.1.1. Kanatlı Canlı Üretim Hammadde İhtiyacının Karşılanması**

Kanatlı canlı üretim sistemlerinde hammadde ihtiyacının karşılanması firmanın anlaşmalı olduğu kümeslerden sağlanır. İlgili kümeslere sevk edilen civcivlerin belirli olgunluğa erişmesi durumunda canlılar fabrikaya sevk edilir ve mamul üretimi için kesime alınır. Canlıların fabrikaya sevk edilme durumları ve süreç 4.1.2. başlığı altında detaylandırılmıştır.

##### **4.1.2. Canlı Kesim Planlama**

Kanatlı canlıların, üreticilerin dezenfekte edilen kümeslerine sevk edilmesinden sonra kesim planlama hazırlıkları başlamaktadır. Kesim planlama işlemi sevk edilen civcivlerin belirli bir yaşa gelmesinden sonra araçlar ile fabrikaya taşınıp günlük mamul ihtiyacının karşılanması hedeflemektedir. Normal bir canlının yeterli olgunluk ve büyüklüğe ulaşma süresi 45 gün olarak belirlenmiştir [25]. Kesime gelen canlıların Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından denetlenen yem politikasında bitirme yemi olarak adlandırılan yemi kesimden önce son üç gün yedirilmesi gerekmektedir [25, 26, 27].

Sevk edilen bu canlılar günlük olarak Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı onaylı veterinerler tarafından incelenerek “Ortalama Canlı Ağırlığı (OCA)”,

amonyak yanığı ve hijyen bilgileri toplanır ve bilgiler firmaya iletir. OCA üretilecek ürün için canlıların yeterli kiloya gelip gelmemesi hakkında teorik bilgi verir. Amonyak yanığı ise hijyen kaynaklı oluşan ve canlının et kalitesine etki eden bilgidir. Amonyak yanığının yüksek olması durumunda ilgili canlı bazı ürün üretiminde kullanılamaz ve B Kalite olarak tabir edilen ikinci sınıf ürünler için kullanılabilir. Kesim planlaması üretilecek ürünlerin farklılığından kaynaklı; seyreltme kesim, erken kesim ve normal kesim olmak üzere üç farklı kategoride yapılmaktadır [26, 27].

#### ***4.1.2.1. Seyreltme Kesim***

Çevirmelik ürünü ihtiyacı daha küçük boyuttaki kanatlı canlılardan karşılanmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak amaçlı sevk edilen canlıların belirli bir kısmına sevk tarihinden 27. gün bitirme yemi yedirilmeye başlanır. Üç gün boyunca bitirme yemi yiyen canlılar kesim fabrikalarına sevk edilerek çevirmelik ürün ihtiyacı karşılanır. Seyreltme kesim canlılarında genellikle parçalama işlemi yapılmaz. Ham madde bir ürün olarak kullanılır [26].

#### ***4.1.2.2. Erken Kesim***

Orta boyutlu bütün ve parçalı ürün ihtiyaçları yeterli olgunluk seviyesinden daha önce kesime alınan kanatlı canlılardan karşılanmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak amaçlı sevk edilen canlıların 34. Günde bitirme yemi yedirilmeye başlanır. Olgunluk süresi olan 45 günden daha az süre olan 37. günde kesim fabrikalarına sevk edilerek ihtiyaç duyulan ürün için ham madde ihtiyacı giderilir [26].

#### ***4.1.2.3. Normal Kesim***

Normal boyutlu bütün ve parçalı ürün ihtiyaçları yeterli olgunluk seviyesine ulaşmış kanatlı canlılardan karşılanmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak amaçlı sevki edilen canlılar 42. gün itibari ile bitirme yemi yedirilir ve 45. gün kesim fabrikalarına

sevk edilir. İhtiyaç duyulan normal boyutlu bütün ve parçalı ürün ihtiyaçları bu canlılardan sağlanır [26].

#### **4.2. Kanatlı Canlı Üretim Planlamasını Diğer Üretim Planlamasından Ayıran Farklar**

Kanatlı canlı ürün üretimi siparişe dayalı seri üretim sistemini içermektedir. Ancak, ham madde ihtiyacı diğer üretim tesislerinde istenildiği şekilde temin edilebilirken kanatlı canlı üretim tesislerinde bazı konularda farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların ana unsuru ihtiyaç duyulan ham maddenin sabit ağırlıklarda olmamasıdır. Gelen canlıların boyutlarının farklı olması bazı ürünler için uygun olmamasına sebep olabilmektedir. Bu durumdan kaynaklı ilgili canlı çevirmelik ya da orta boyulu ürün kategorisinde değerlendirilen bir ürün olarak kullanılabilir.

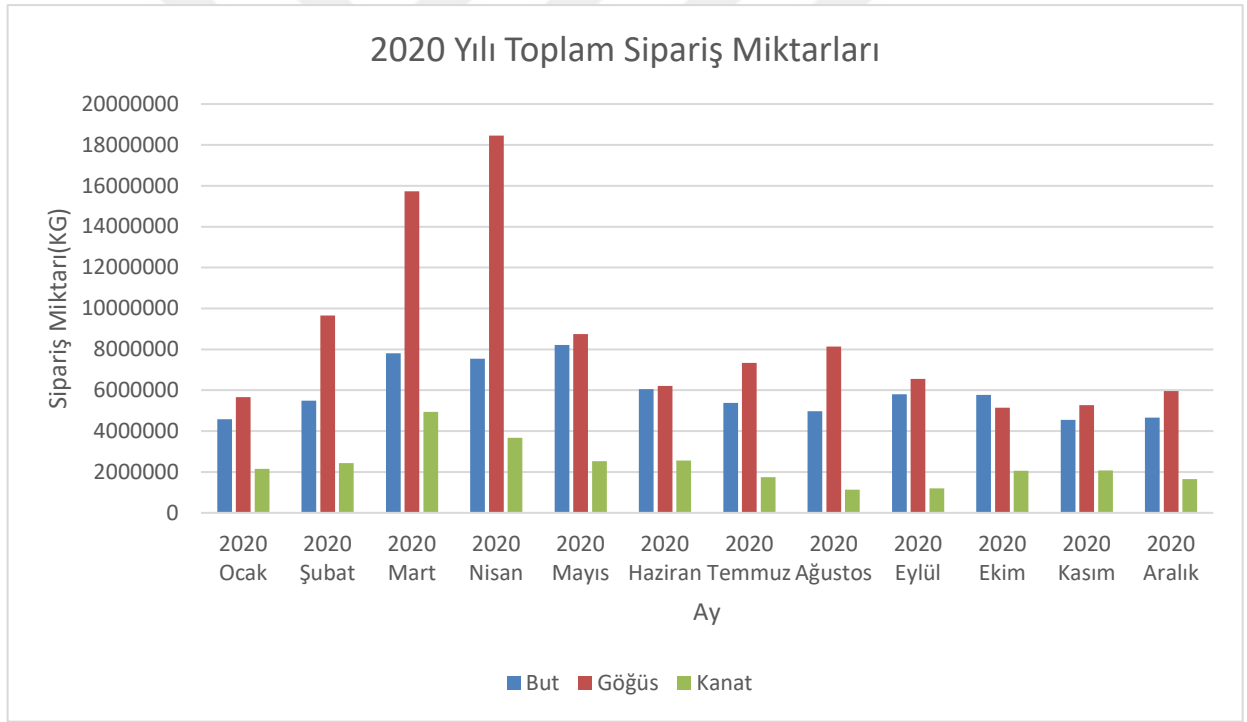
Kanatlı canlılardan mamul üretim işlemlerinde raf ömrü sebebi ile stoklama süresi kısıtlıdır. Var olan canlı, canlı kesim planlama işlemleri ile günlük kesimler belirlenir ve kesilen canlıların boyutlarına göre sipariş ihtiyaçları karşılanmaya çalışılır. Müşteri bazlı talepler günlük veya dönemlik olarak farklılık gösterebilmektedir. Her müşteriye farklı günler verilerek sipariş kısıtlanması sağlanır ve planlaması yapılmış kesim kayıtları ile bu ihtiyaç karşılanmaya çalışılır.

Kanatlı canlı üretiminde ham madde bir ürün olarak kullanılabilirken ham madde parçalanarak farklı ürünler elde edilebilir. Parçalanmış ham maddeden elde edilen ürünler kanatlı canlıdan oransal olarak hesaplanmıştır. Kanatlı canlı parçalama oranları Tablo 4.1.'de verilmiştir.

**Tablo 4.1. Kanatlı Canlı Parçalama Oranları**

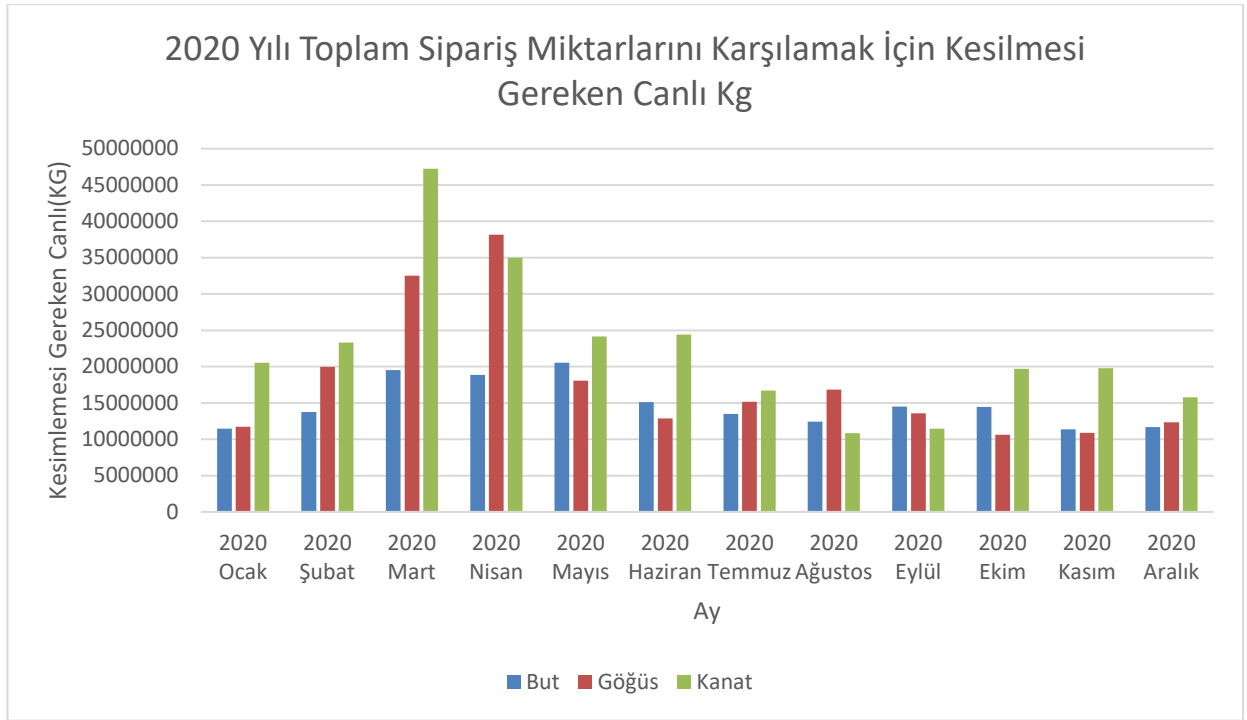
| <b>Kanatlı Canlı Parçalama Oranları</b> |        |
|-----------------------------------------|--------|
| <b>Sırtlı Göğüs</b>                     | %48,36 |
| <b>Kalçalı But</b>                      | %39,97 |
| <b>Kanat</b>                            | %10,47 |
| <b>Diğer</b>                            | %1,2   |

Elde kalan ürünlerin stoklama maliyeti yüksek olup 2 gün içerisinde stoklardan tüketilmemesi durumunda ileri işlem fabrikalarında işlenmiş ürünler elde edilir. Kanatlı canlı üretim tesislerinde temel amaç gün içerisinde kesilen tüm canlıların ürün olarak sipariş içerisinde kullanılması ve stok tarafında en az ürün bırakılmasıdır. Ancak, müşterilerden gelen siparişlerde istenilen ürünler farklı ürünlerde dengesizliğe sebep olabilir. Dengesizliğin oluşması durumu stoklarda fazla ürünün kalmasına sebep olabilir. Bu nedenle gelen siparişler değerlendirilerek maksimum düzeyde karşılanabilecek ve stokta en az ürün bırakılması hedeflenecek şekilde kesinti işlemleri uygulanır. Dengesizliğin giderilmesi ve stokta en az ürünün bırakılması amaçlı yapılan optimizasyonda müşteri sadakatine göre kesinti işlemleri uygulanarak talep edilen ürünler dengeye getirilir.



**Şekil 4.1. 2020 Yılı Toplam Sipariş Miktarları**

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de yer alan grafikler üzerinde firmaya ait ürün gruplarına göre aylık gelen sipariş miktarları ve bu sipariş miktarları için ihtiyaç duyulan canlı kg bilgileri gösterilmektedir. Sipariş edilen ürünler dönemsel olarak değişmekte olup parçalama oranını en düşük ürünlerin daha fazla sipariş edilmesi durumunda sipariş karşılamalarında zorluklar yaşanmaktadır.



**Şekil 4.2.** Toplam Siparişi Karşılama için Kesilmesi Gereken Canlı Kg

#### 4.2.1. Bir Sipariş İçin Ham Madde İhtiyaç Miktarının Belirlenmesi ve Kesinti İşlemleri

Sipariş edilen bir ürünün üretimini sağlamak amaçlı ihtiyaç duyulan ham madde sipariş edilen miktarın ürün tipinin oranına bölünmesi ve yüzde yüze tamamlanması ile elde bulunur. Bulunan bu rakam siparişi karşılamak için ihtiyaç duyulan ham madde miktarını bize verir. Siparişin karşılanması durumunda kalan ham maddeler farklı ürün gruplarında bulunan siparişlerin karşılanması için kullanılabilir. Ancak, sipariş edilen ürünlerin yoğunluğu tek bir ürün grubuna ait ise diğer ürün grubunda bulunan ürünlerin kullanılamaması anlamına gelmektedir ve bu durum dengesiz sipariş olarak adlandırılmaktadır. Sipariş için ihtiyaç duyulacak ham madde miktarı, sipariş listesinde bulunan ürünlerden en çok ham maddeye ihtiyaç duyulacak ürünün ham maddesi kadardır. Ham madde ihtiyacı miktarının hesaplanması Eşitlik (1)'de verilmiştir.

$$\text{Ham Madde İhtiyaç Miktarı} = \frac{\text{Sipariş Miktarı(KG)} * 100}{\text{Kanatlı Canlı Parçalama Oranı}} \quad (1)$$

Bu işleme örnek verilecek olursa;

A müşterisinin verdiği siparişler Tablo 4.2.'deki gibi olsun;

**Tablo 4.2.** Sipariş Örneği

| Ürün Grubu         | Miktar |
|--------------------|--------|
| <b>A Müşterisi</b> |        |
| Kalçalı But        | 100 KG |
| Sırtlı Göğüs       | 50 KG  |
| Kanat              | 50 KG  |

Tablo 4.2.'de verilen siparişlere göre A müşterisinin verdiği siparişlerin hazırlanmasında;

- Kanat için  
–  $\frac{50 \cdot 100}{10,97} = \sim 477 \text{ kg}$
- Sırtlı Göğüs için  
–  $\frac{50 \cdot 100}{48,36} = \sim 103 \text{ kg}$
- Kalçalı But için  
–  $\frac{100 \cdot 100}{39,97} = \sim 250 \text{ kg}$

Bulunan ham madde ihtiyaç kilogramları doğrultusunda siparişin maksimum ham madde ihtiyacı olan 477 kilogramlık ham madde ihtiyacı siparişi karşılayacaktır. Ancak, siparişin karşılanması durumunda;

- $477 \cdot \frac{48,36}{100} = \sim 230 \text{ kg Sırtlı Göğüs}$   
 $230 \text{ kg} - 50 \text{ kg} = 180 \text{ kg Artan Sırtlı Göğüs}$
- $477 \cdot \frac{39,97}{100} = \sim 190 \text{ kg Kalçalı But}$   
 $190 \text{ kg} - 100 \text{ kg} = 90 \text{ kg Artan Kalçalı But}$

180 kg sırtlı göğüs 90 kg kalçalı but fazla miktar oluşacaktır. Siparişi optimize etmek için kanat siparişinde %40'lık bir kesinti yapmamız durumunda;

- Kanat için (Kesinti Miktarı %40)

$$- \frac{\left(\frac{50}{0,4}\right)*100}{10,97} = \sim 273 \text{ kg}$$

- Sırtlı Göğüs için

$$- \frac{50*100}{48,36} = \sim 103 \text{ kg}$$

- Kalçalı But için

$$- \frac{100*100}{39,97} = \sim 250 \text{ kg}$$

Kanat siparişi için yapılan kesinti ile birlikte

- $273 * \frac{48,36}{100} = \sim 132 \text{ kg Sırtlı Göğüs}$

$$132 \text{ KG} - 50 \text{ KG} = 82 \text{ kg Artan Sırtlı Göğüs}$$

- $273 * \frac{39,97}{100} = \sim 109 \text{ kg Kalçalı But}$

$$109 \text{ KG} - 100 \text{ KG} = 9 \text{ kg Artan Kalçalı But}$$

Siparişten artan miktar 82 kilogram sırtlı göğüs 9 kg kalçalı but olmuştur. Artan et miktarı ne kadar az olursa üreticinin stokta kalan ürünü azalacağı gibi maliyetinde de azalma olacaktır.

## 5. YÖNTEMLER VE ARAÇLAR

Siparişin günlük tahminlemesi sağlanırken bir firmanın 2013-2021 yılları arasında olan müşteri ve gerçekleşen sipariş kayıtları kullanılacaktır. Toplanan verilerin geçersiz sipariş rakamları elemine edilerek tarih ve miktar bilgileri müşteri ve ürün grubu gruplanarak hazırlanmıştır. Müşteri X Ürün Grubu kartezyen çarpımı kadar veri seti bulunacak olup tahminleme modelleri bu verilerden eğitim sağlanacaktır. Günlük sipariş tahminlemesi o gün sipariş verme hakkı olan her müşteri ve ürün bilgisi için ayrı ayrı sorgulanıp toplam olarak kümülatif bir sipariş tahminlemesi sağlanacaktır. Tahminleme işlemleri için zaman serisi modelleri kullanılacaktır.

### 5.1. Zaman Serisi Tahminleme

Zaman serisi tahminleme, işletme, finans, tedarik zinciri yönetimi, üretim ve envanter planlamasında en çok uygulanan veri bilimi tekniklerinden biridir. Birçok tahmin problemi bir zaman bileşeni içerir ve bu nedenle zaman serisi verilerinin tahminini gerektirir. Zaman serisi tahmini de makine öğreniminin önemli bir alanıdır ve denetimli öğrenme problemi olarak kullanılabilir. Regresyon, sinir ağları, destek vektör makineleri gibi makine öğrenmesi yöntemleri zaman serisi tahminlemeleri için kullanılabilir.

Zaman serisi tahmini, belirli bir süre boyunca gelecekteki değeri tahmin etmeyi hedefler. Önceki verilere dayalı modeller geliştirerek ve bu modeller ile gözlem yaparak gelecekteki stratejik kararları yönlendirmek amacı ile kullanılır [28, 29, 30].

#### 5.1.1. Uzun Kısa Süreli Bellek Ağları

Uzun Kısa Süreli Bellek (Long- Short Term Memory – LSTM) Ağları, Yinelemeli Sinir Ağlarının (Recurrent Neural Network – RNN) bir uzantısı olarak, zaman serisi verilerini tahmin etmede güçlü bir yeteneğe sahiptir. LSTM, uzun vadeli

zamana bağılı bilgileri ve LSTM ağıının optimal hiper parametrelerini saklayabilir. Doğru bir tahmin modeli elde etme ve talep zaman serisinin içsel özelliklerini göz önünde bulundurarak zorlukların üstesinden gelmeye çalışırken, zaman serisi verilerinde doğrusal olmayan kalıpları yakalama yeteneği ana avantajlarından biridir. Veri temizlemede, dizi gürültülü ve eksik değerler içeriyorsa, gürültü değerleri düzeltilir ve uygun teknikler kullanılarak eksik değerler değiştirilir. Önerilen metodolojinin gerçek zamanlı talep verilerine uygulanması, girdi ve çıktı verileri arasında uygun şekilde tepki verebilir ve diğer zaman seri tahmin teknikleriyle karşılaştırılabilir [31, 32]. Tablo 5-1’de bulunan notasyonları içeren LSTM tahminleme işlemleri üç adımda açıklanmış ve LSTM yapısı Şekil 5.1.’de verilmiştir [13].

**Tablo 5.1.** LSTM Notasyonları

| Notasyon  | Tanım                        |
|-----------|------------------------------|
| $X$       | Ölçekleme Bilgisi + Ek Bilgi |
| $\sigma$  | Sigmoid Katman               |
| $h_{t-1}$ | Önceki LSTM birim çıktısı    |
| $C_{t-1}$ | Önceki LSTM birim hafızası   |
| $X_t$     | Girdi                        |
| $C_t$     | Son hafıza                   |
| $h_t$     | Çıktı                        |

1. Adım: İhtiyaç duyulmayan kapıların unutulması.

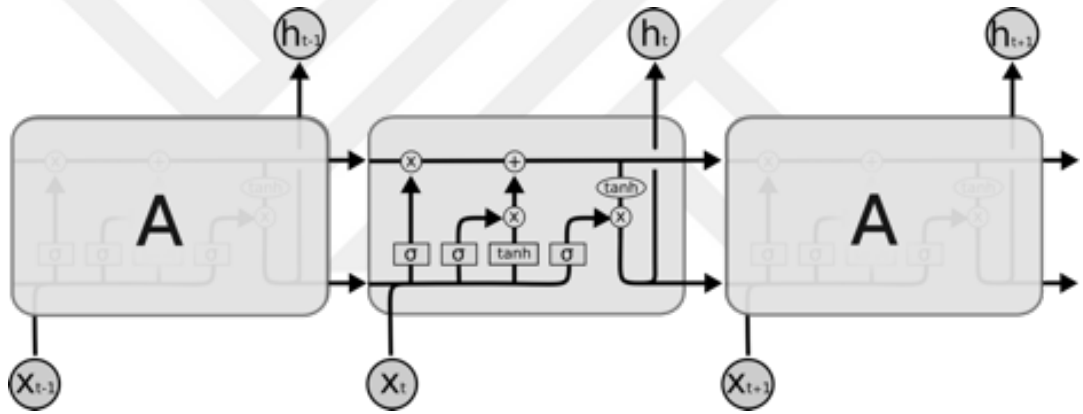
Her girişin kendi ağırlıklı LSTM birimi vardır. Doğrusal olmayan dönüşüm için sigmoid aktivasyon fonksiyonu 0 ile 1 arasındadır. İşlemden sonraki bilgiler, depolama belleği birimindeki bilgiler  $C_{t-1}$  tarafından işlenir. Girdi işlemi, depolama belleği biriminde önceki dönemin bilgi iletimini kontrol eder. Mevcut dönemin  $X_t$  ve önceki dönemin çıktısını  $h_{t-1}$  alır ve geçmiş çıktıyı analiz ederek hangi bölümlerin silineceğine karar verir. Örneğin, “Selçuk’un bir kalemi var” girdisi olduğunda, konu Selçuk olduğu için “Mehmet” adı unutulabilir. Bu kapıya unutma kapısı ( $f_t$ ) denir ve kapı çıkışı ( $f_t$ )  $\times$  ( $f_{t-1}$ ) olarak belirlenir [31].

2. Adım: Yeni girilen  $X_t$  girdisini hafıza ünitesinden belirleme ve kaydetme.

Sigmoid katmanında, yeni girdilerin güncellenmesine veya yok sayılmasına karar verilir ve tanh katmanına göre tüm olası değerlerin vektörlerini oluşturmak için yeni değerlerin girişi sağlanır ve girdi güncellenir. Bu yeni girdi önceki LSTM birim hafızasına ( $C_{t-1}$ ) eklenerek güncel hafıza ( $C_t$ ) elde edilir [31].

3.Adım: Çıktı içeriğini belirlemek.

Bellek birimi, tanh aracılığıyla tüm olası değerleri üretir ve matris, sigmoid geçidinin çıktısı ile çarpılır. Hiperbolik tanjant işlevi, güncellenen değeri ve ardından nokta çarpım işlemini doğrusal olmayan bir şekilde dönüştürür ve kontrol hesaplamasından sonra değeri sorunsuz bir şekilde çıktı verilir verilmeyeceğini temsil eder. Örneğin, boş kelimeleri tahmin etmek istiyorsanız, model hafızadaki “öğretmen” ile ilgili isimleri bilir ve “öğretme” kelimesine hızlı bir şekilde cevap verebilir. Modele doğrudan cevabı vermez, ancak uzun vadeli öğrenme sonuçları almasını sağlar [31].



Şekil 5.1. LSTM Ağ Yapısı

### 5.1.2. Facebook Prophet

Prophet, Şubat 2017'de Facebook tarafından açık kaynaklı ve GAM algoritma ailesine ait bir tahmin (yani zaman serisine özgü) bir modeldir. Prophet, uygulamalarının farklı bölümlerindeki kullanıcı etkinliklerini tahmin etmek veya özellik geliştirmeye öncelik vermek gibi tipik Facebook sorunları için geliştirilmiştir. Bu nedenle, birden fazla mevsimlik ve özel etkinlik (Kara Cuma gibi tek günlük etkinlikler veya okul tatilleri gibi daha uzun etkinlikler) içeren tahmin zorlukları için uygundur

Bazı geleneksel zaman serisi yöntemleriyle karşılaştırıldığında, Prophet daha basit ve kullanımı kolaydır. Python ve R dil arayüzlerini kapsadığından, zaman serisi analizi için kolayca bir Python tahmine dayalı analiz ortamı oluşturulabilir. Bu avantajlar, Prophet'in neden talep tahmin zorlukları üzerinde çalışan veri bilimcileri tarafından popüler hale geldiğini açıklamaktadır. Zaman serisi modelinin temel formu Eşitlik (2)'de verilmiştir [33, 34].

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon_t \quad (2)$$

Model, zaman serisini  $g(t)$ 'nin büyüme fonksiyonunun periyodik olmayan değişikliklere uyacak şekilde temsil edildiği üç parçanın toplamına böler  $s(t)$  haftalık, aylık vb. dönemsel değişiklikleri temsil etmek için kullanılır,  $h(t)$  tatiller, festivaller vb. gibi özel nedenlerden kaynaklanan değişiklikleri temsil eder ve son olarak  $\varepsilon_t$  gürültü terimidir ve Eşitlik (3)'teki gibi açıklanır [33]:

$$g(t) = \frac{c}{1 + e^{(-k(t-b))}} \quad (3)$$

$g(t)$ , mantıksal bir fonksiyondur; burada  $c$  modelin kapasitesini,  $k$  büyüme oranını ve  $b$  denkleştirmeyi temsil eder.  $s(t)$ , periyodik bileşeni yaklaşık olarak hesaplamak için Fourier serilerini kullanan periyodik bir terimdir [33].  $s(t)$ 'nin hesaplanması için Eşitlik (4) kullanılmaktadır.

$$s(t) = \sum_{n=1}^N \left( a_n \cos \frac{2\pi n t}{T} + b_n \sin \frac{2\pi n t}{T} \right) \quad (4)$$

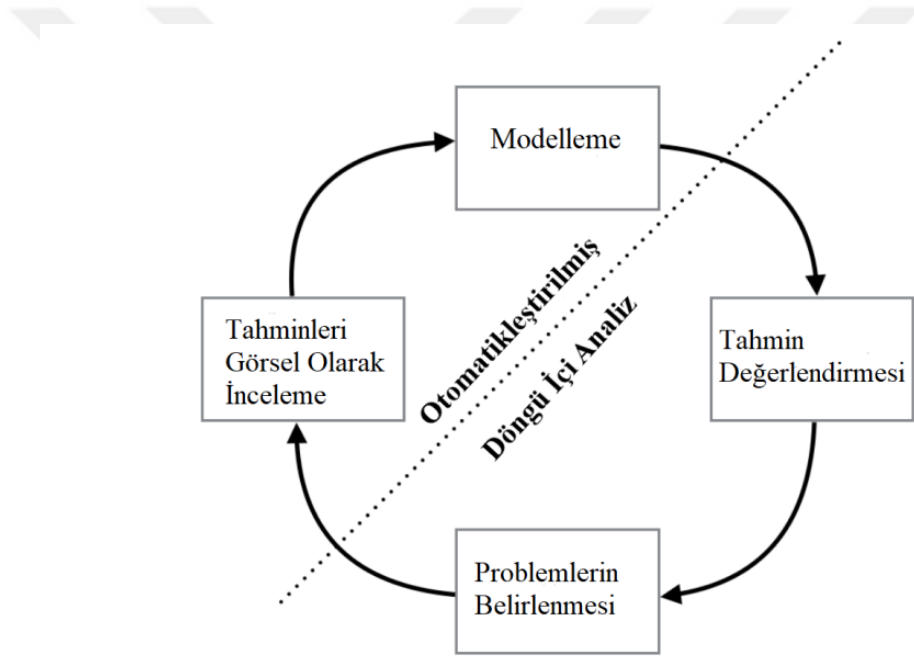
(4) nolu eşitlikte  $T$  periyot ve  $2n$  modelde kullanılması beklenen döngü sayısıdır.  $h(t)$ , bir tatil veya işlem görülmeyecek günü belirtmeye olanak tanır. Aynı tatil veya işlem görülmeyecek gün için geçmişte ve gelecekte bir değişken ayarlamaktır [33]. Model Eşitlik (5), (6) ve (7)'deki gibi ifade edilir:

$$h(t) = \sum_{i=1}^L K_i 1(t \in D_i) \left( a_n \cos \frac{2\pi n t}{T} + b_n \sin \frac{2\pi n t}{T} \right) \quad (5)$$

$$Z(t) = [1(t \in D_i), \lambda, 1(t \in D_2)] \quad (6)$$

$$h(t) = Z(t)\kappa, \kappa \sim \text{Normal}(0, v) \quad (7)$$

$K_i$  pencere periyodundaki tatillerin tahmin edilen değer üzerindeki etkisini temsil ederken,  $D_i$  dördüncü sahte değişkeni temsil eder.  $t$  zaman değişkeni sahte değişkene aitse, sahte değişkenin değeri 1'dir; aksi takdirde 0'dır.  $i$  tatili,  $D_i$  pencereye dahil edilen  $t$  zamanını ve  $\varepsilon(t)$  hata terimini temsil eder [33]. Facebook Prophet'in çalışma prensibi Şekil 5.2'de verilmiştir.



**Şekil 5.2.** Prophet Çalışma Prensibi

## 5.2. Tahmine Dayalı Değerlendirme Göstergeleri

Tahminin doğruluğunu kontrol etmek için yaygın yöntemler MAE (Mean Absolute Error – Ortalama Mutlak Hata), MAPE (Mean Absolute Percentage Error – Ortalama Mutlak Yüzde Hata) ve RMSE (Root Mean Square Error – Kök Ortalama

Kare Hatası)'dir. Bu üç yönteme ilişkin hesaplamanın sonucu ne kadar küçükse tahmin hatası o kadar küçüktür [35].

- (1) Ortalama Mutlak Hata (MAE): Her bir verinin tahmin edilen ve gerçek değeri arasındaki hata ölçülür. MAE yöntemi, her veri hatasının mutlak değerlerini toplar ve ardından Eşitlik (8)'de yer alan formülle ortalama hatayı hesaplar [35, 36].

$$MSE = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k (y_t - f_t)^2 \quad (8)$$

- (2) Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE): MAPE, hesaplama sonuçlarının büyük veri değerleri nedeniyle çok büyük olabileceği MAD yönteminin ve MSE yönteminin eksikliklerini önlemek için her verinin göreceli tahmin hatasıyla ölçülür. MAPE 10'dan küçük olduğunda, model oldukça doğrudur; MAPE, 10 ile 20 arasındadır, model iyi bir tahmin edicidir; MAPE 20 ile 50 arasında, model makul bir tahmin edici ve MAPE 50'den büyük olması durumunda model doğru sonuç elde edemediği anlamına gelir [35, 36].

$$MAPE = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k \frac{|(y_t - \bar{f}_t)|}{y^t} \times 100\% \quad (9)$$

- (3) Ortalama Karekök Hatası (RMSE): Standart hata olarak da bilinen ortalama karekök hatası, gözlemlenen değerin gerçek değere olan sapmasının karesinin gözlem sayısına oranının kareköküdür. Hatanın ortalama karekökü, gözlemlenen ve gerçek değerler arasındaki sapmayı ölçmek için kullanılır. Standart hata, bir dizi ölçümde çok büyük veya çok küçük hatalara açıktır. Bu nedenle standart hata, ölçümün kesinliğinin iyi bir göstergesidir. Standart hata, bu ölçüm işleminin doğruluğunu değerlendirmek için bir kriter olarak kullanılabilir ve Eşitlik (10)'da yer alan formül yardımıyla hesaplanır [35, 36].

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{t=1}^k (y_t - \bar{f}_t)^2} \quad (10)$$

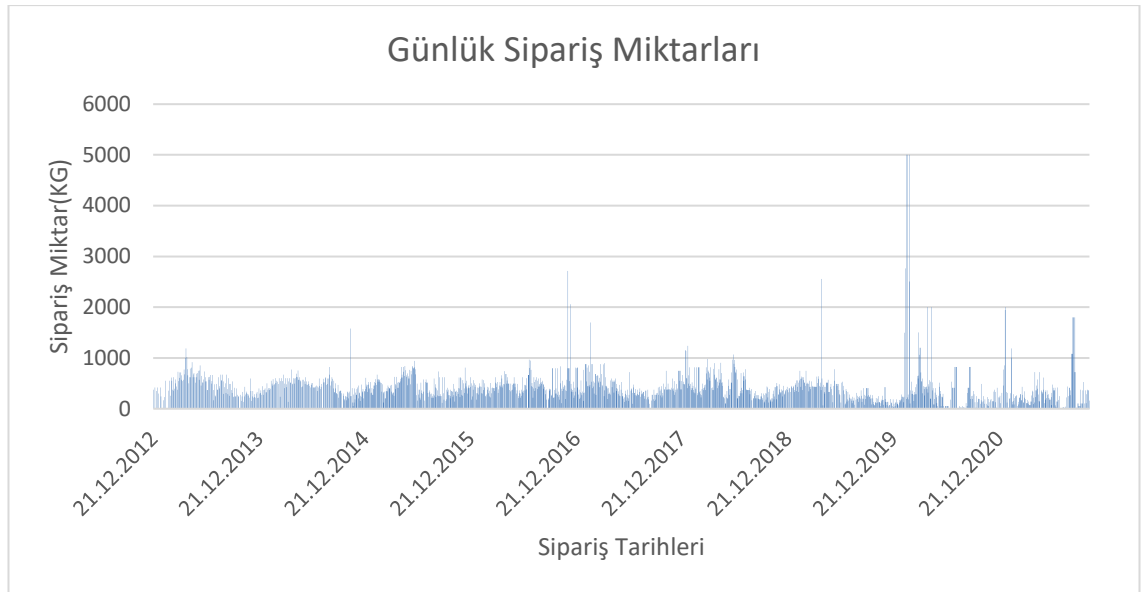
## 6. VERİLERİN HAZIRLANMASI

Tahminlemeler için bir firmaya ait geçmiş sipariş verileri kullanılacaktır. Bu veriler 2013-2021 yılları arasında olan sipariş bilgilerini içermektedir. Verilerin temizlenmesi ve düzenlenmesi için yapılan çalışmalar 6.1. ile 6.3. başlıkları arasında detaylandırılmıştır.

### 6.1. Müşteri-Ürün Bazlı Verilerin Hazırlanması

Müşterilere ait sipariş verileri farklı ürün gruplarından farklı ürünleri içermektedir. Yapılan tahminlemeler müşteri ürün grubuna dayalı sağlanacaktır. Bu işlemlerin sağlanabilmesi için var olan siparişler; sipariş tarihi, müşteri ve ürün grubu bilgisi ile gruplanarak ürün grubuna ait sipariş miktarları elde edilecektir.

Veriler içerisinde iptal edilen, tekrarlı kayıtlar bulunmaktadır. Bu tür kayıtlar sipariş tarih-saati, miktarı ve ürün bilgilerine bakılarak elemine edilme işlemleri sağlanacaktır. İptal edilen veya tekrarlı siparişlerin elemine edilme işlemleri her yeni gelecek siparişler için sağlanacaktır. Yapılan işlemler doğrultusunda bir müşteriye ait sipariş verilerinin tarih bazında grafiklendirilmesi Şekil 6.1.'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Günlük Sipariş Miktarları

## 6.2. Müşteri Taleplerinin Artması veya Azalması Durumlarında Geçmiş Siparişlerin Düzenlenmesi

Üretim firmasından sipariş veren bir müşterinin sipariş miktarlarında zaman içerisinde büyümesi, küçülmesi ve/veya üretim firması ile anlaşmalardan kaynaklı artış veya azalış gösterebilir. Bu gibi durumlarda yapılacak tahminlemeler için geçmiş sipariş miktarlarında bazı düzenlemeler gerçekleştirilecektir.

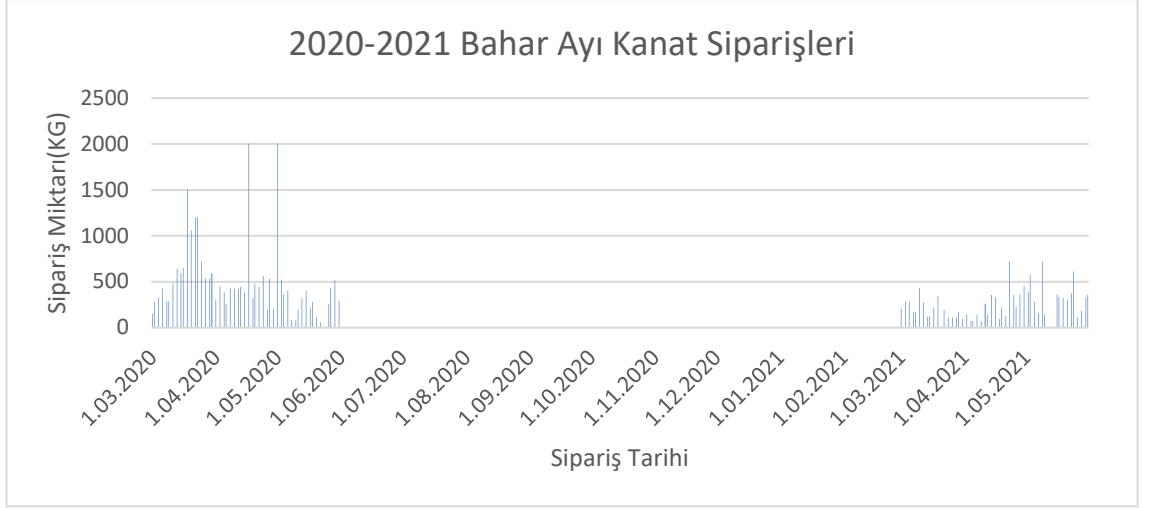
Bu düzenlemeler ile geçmişte ve günümüzde verilen siparişlerin doğru katsayı ile işlemlere alınması ve yapılan tahminlemelerin doğruluğunun artırılması amaçlanmıştır. Bu işlem müşterinin ilgili ürün grubundan yapılan siparişler oranlanarak bir katsayı değerinin elde edilmesi ile tüm siparişlerin bu katsayı ile çarpımı doğrultusunda sağlanacaktır.

Sipariş miktarlarında yapılacak düzenleme işlemleri için siparişler 3'er aylık mevsimsel periyotlar halinde değerlendirilecektir. Her mevsim içerisinde müşterinin ilgili ürün grubundan vermiş olduğu maksimum ve minimum sipariş miktarları elde edilecek ve her periyot için toplanıp ağırlık ortalaması alınacaktır. Güncel mevsim ortalaması ile bir önceki mevsim ortalaması oranlanıp elde edilen katsayı ile bir önceki mevsimde girilen sipariş miktarlarının oranlanması sağlanacaktır. Oran hesaplama için kullanılacak Eşitlik (11) ve katsayı hesabında kullanılacak Eşitlik (12) aşağıda verilmiştir;

$$Oran = \frac{MaxSipariş(Mevsim, Yıl) + MinSipariş(Mevsim, Yıl)}{2} \quad (11)$$

$$Katsayı = \frac{Oran(Mevsim, Yıl)}{Oran(Mevsim, Yıl - 1)} \quad (12)$$

Örnek verecek olursak; X müşterisi için 2020-2021 bahar dönemlerinde girilen kanat siparişlerinin grafiği Şekil 6.2.'de verilmiştir.



**Şekil 6.2.** 2020-2021 Bahar Ayı Kanat Siparişleri

Şekil 6.2. dikkatli bir şekilde incelendiğinde müşteriye ait sipariş miktarları 2021 yılında azaldığı görülmektedir. Bu işlemin geçmiş yıla ait siparişlere yansıtılması için;

$$MaxSipariş(Bahar, 2021) = 720$$

$$MinSipariş(Bahar, 2021) = 72$$

$$MaxSipariş(Bahar, 2020) = 2003$$

$$MinSipariş(Bahar, 2020) = 56$$

$$Oran_{2021} = \frac{720 + 72}{2}$$

$$Oran_{2021} = 396$$

$$Oran_{2020} = \frac{2003 + 56}{2}$$

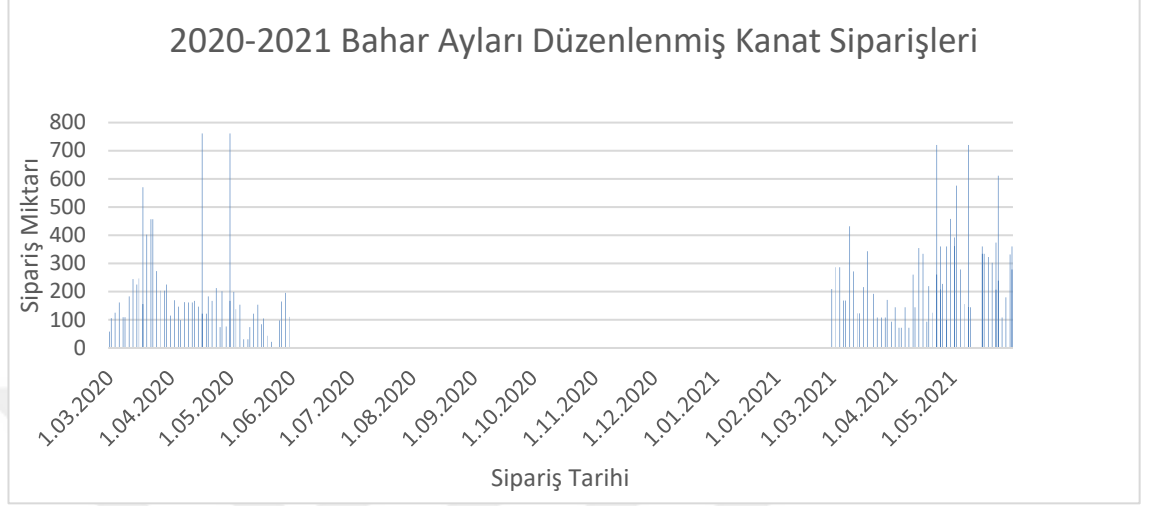
$$Oran_{2020} = 1029$$

$$Katsayı = \frac{Oran(Bahar, 2021)}{Oran(Bahar, 2020)}$$

$$Katsayı = \frac{396}{1029}$$

$$Katsayı = \sim 0,38$$

Yapılan bu örnekte katsayı 0,38 olarak bulunmuştur. Katsayı ile çarpılan verilerin grafiği Şekil 6.3.'te verilmiştir.



**Şekil 6.3.** 2020-2021 Bahar Ayları Düzenlenmiş Kanat Siparişleri

Grafikte görüleceği üzere veri üzerinde bulundan tüm sipariş miktarları üzerinde farklar azaltılmış, sipariş sahibi müşterinin büyümesi, küçülmesi gibi durumlarda yapılacak tahminlemelerdeki oluşacak sorunlar önlenmiştir.

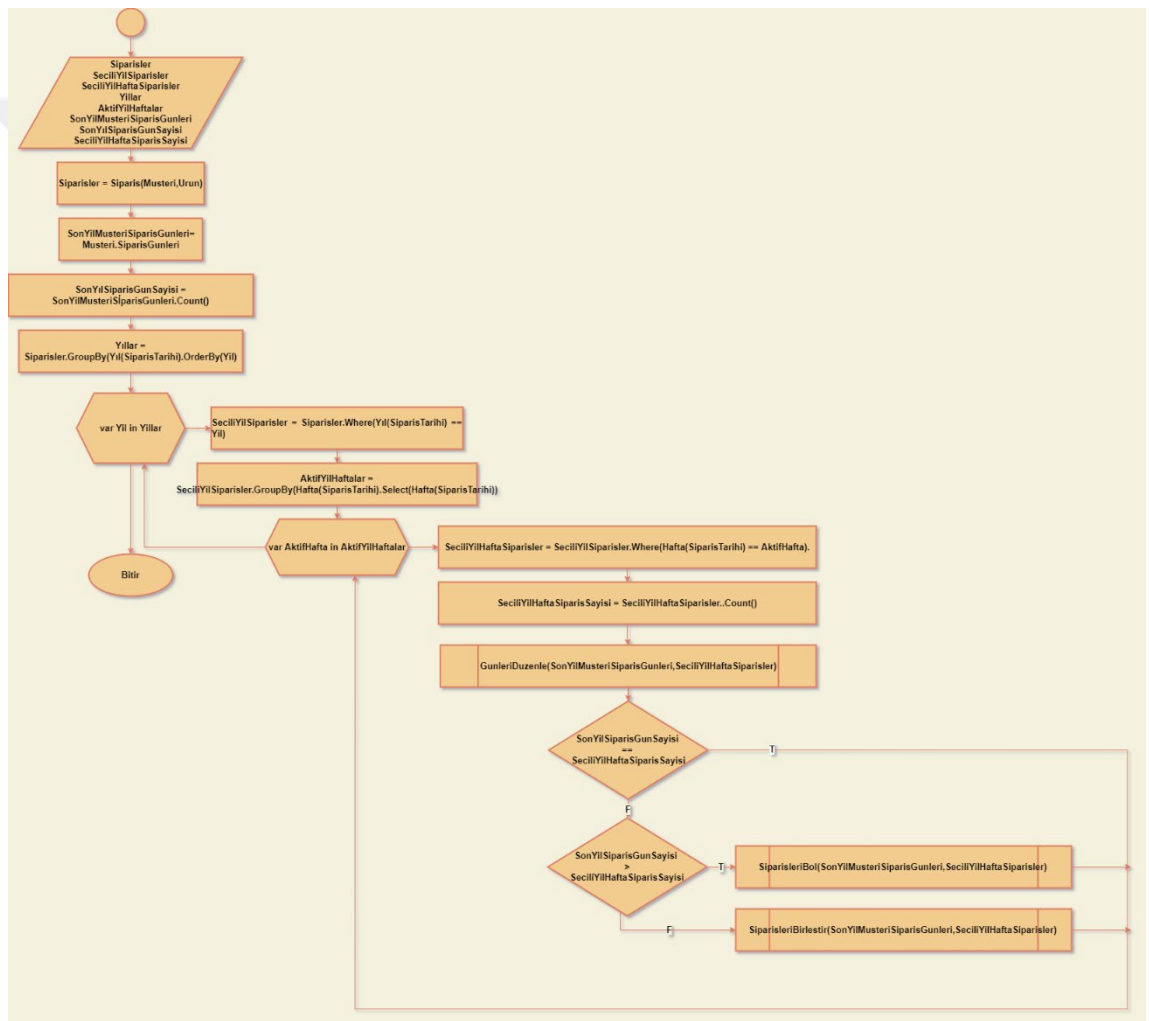
### 6.3. Müşterilere Ait Geçmiş Siparişlerin Günlerinin Düzenlenmesi

Üretim yapan firmanın günlük kapasitesinin belli olması ve bu kapasite ile tüm müşterilerden gelen siparişlerin hepsini karşılayamamasından kaynaklı müşterilerin sipariş verebileceği günler kısıtlanmıştır. Bu kısıtlama müşteri kapasitesine göre günün belirli günleri için gerçekleştirilmiştir.

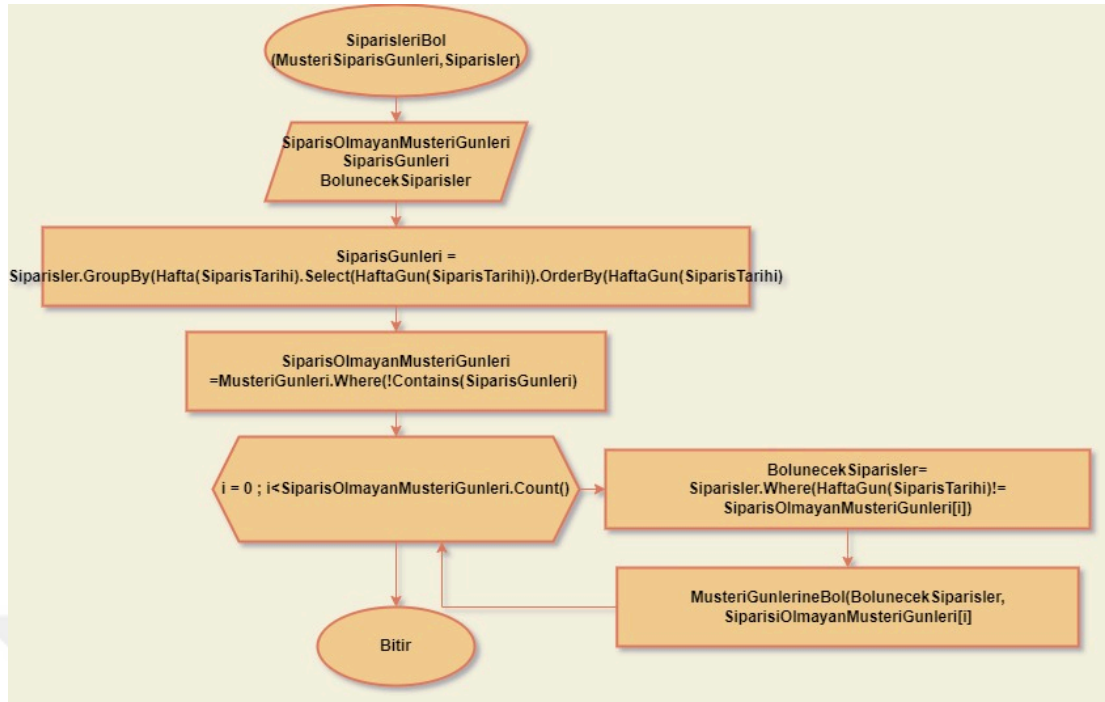
Müşterinin sipariş vereceği haftanın günleri yıllık olarak belirlenir ve müşteri yalnızca belirlenen haftanın günleri için sipariş vermesi sağlanır. Örneğin; pazartesi, çarşamba ve cuma günlerine sipariş hakkı tanınan bir müşterinin diğer günlerde sipariş hakkının olmaması ve bu durumdan kaynaklı tahmin edilecek sipariş miktarının sıfır olarak hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca müşterinin geçmiş yıllarda son yıldan

farklı günlerde sipariş hakkı tanınması tahminleme işlemlerinde sorunlara neden olacaktır.

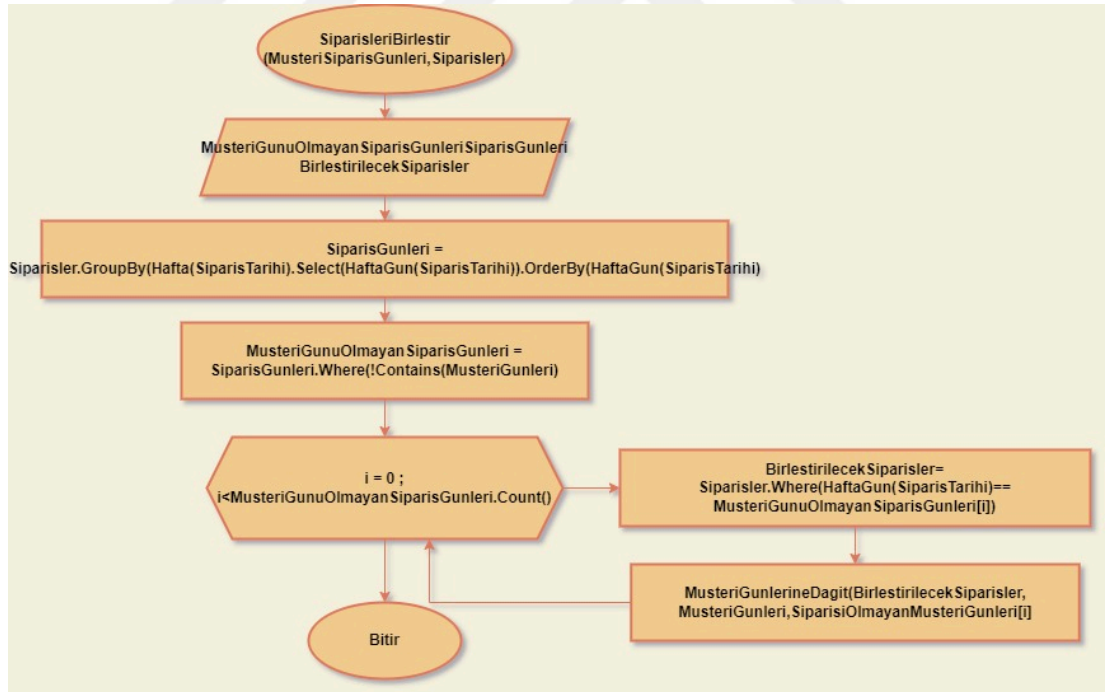
Bu durumdan kaynaklı her müşterinin geçmiş yıllardaki siparişleri güncel yılda müşteriye sipariş hakkı tanımlanan günlere dönüştürülmesi işlemleri gerçekleştirilecektir. Bu işlem gerçekleştirilirken dikkate alınacak hususlar 6.3.1., 6.3.2., 6.3.3. başlıklarında incelenmiş ve uygulanacak akış diyagramı Şekil 6.4. ile Şekil 6.7. arasında verilmiştir.



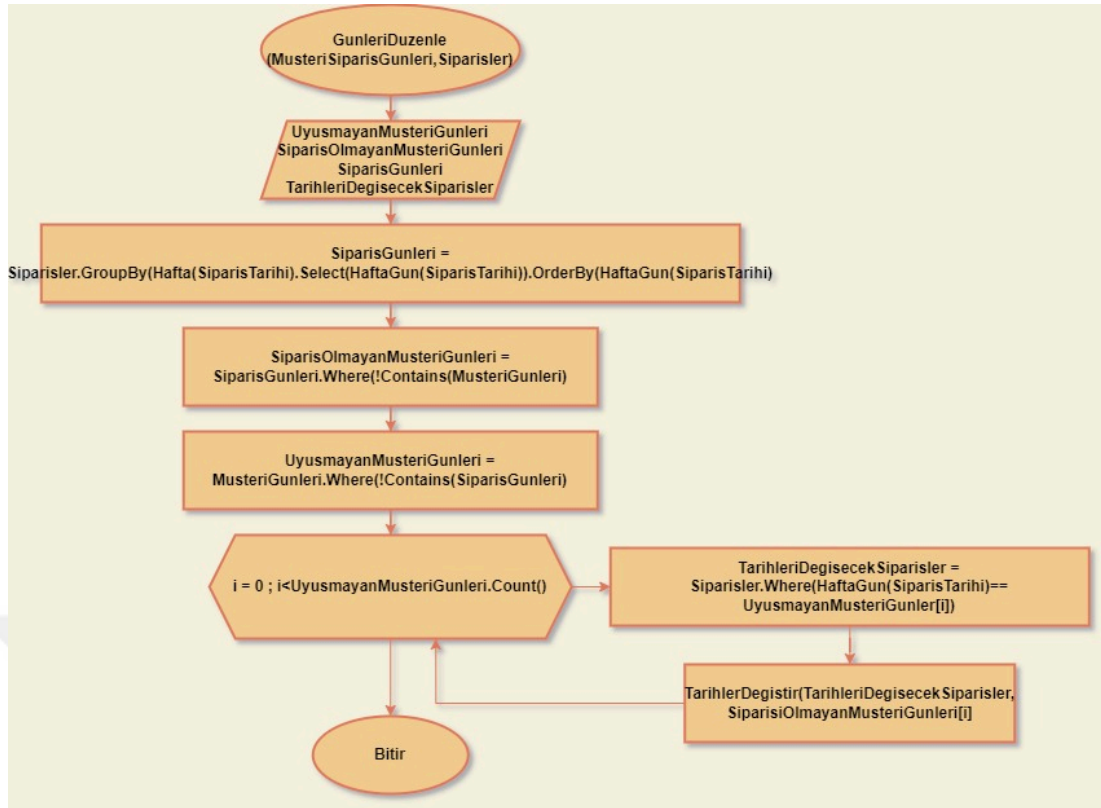
Şekil 6.4. Sipariş Verilerini Düzenleme Ana Diyagramı



Şekil 6.5. Siparişleri Bölme İşlemi



Şekil 6.6. Sipariş Birleştirme İşlemi



**Şekil 6.7. Sipariş Günleri Düzenleme İşlemi**

### 6.3.1. Güncel Yılda Sipariş Hakkı Tanınan Gün Sayısının Geçmiş Yıllar ile Eşit Olması

Bir müşteriye ait sipariş geçmişleri incelendiğinde geçmiş siparişlerin güncel yıldaki siparişler ile hafta günlerin ve/veya hafta gün sayısının aynı olması durumu olabilir. Geçmiş ve güncel yıla ait siparişlerin haftalık gün sayısı eşit olması durumunda geçmiş yılların verileri üzerinde yer alan sipariş tarihinin ilgili haftada güncel haftanın günleri ile güncellenmesi sağlanacaktır. Bu sayede geçmiş yılların verileri ve güncel yılın verilerinin tüm siparişlerinin aynı haftanın günlerinde olması sağlanmış olacaktır.

Örneğin; X müşterisi için 2021 yılında verilen sipariş tarihleri haftanın 1. ve 5. gününe karşılık gelirken, 2020 yılında verilen sipariş tarihleri haftanın 1. ve 5. gününe karşılık gelmektedir. X müşterisine ait sipariş kayıtlarında gün sayısı ve sipariş tarihleri aynı hafta günlerine karşılık gelmesinden kaynaklı herhangi bir değişiklik yapılma ihtiyacı oluşmayacaktır.

Farklı bir örnekte ise X müşterisi için 2021 yılında verilen sipariş tarihleri Tablo 6.1.'de görüldüğü üzere haftanın 1. ve 4. gününe karşılık gelmektedir.

**Tablo 6.1.** Gün Sayısının Eşit Olması- 2021 Yılı Sipariş Günleri

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 300 KG    | X    | X        | 300 KG   | X    | X         | X     |

2020 yılında verilen sipariş tarihleri Tablo 6.2.'de görüldüğü üzere haftanın 1. ve 6. gününe karşılık gelmektedir.

**Tablo 6.2.** Gün Sayısının Eşit Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 320 KG    | X    | X        | X        | X    | 450 KG    | X     |

X müşterisine ait sipariş kayıtlarında gün sayısı aynıdır. Fakat sipariş tarihleri aynı hafta günlerine karşılık gelmemesinden kaynaklı müşterinin 2020 yılında verilen siparişlerine ait haftanın cumartesi gününe karşılık gelen siparişleri haftanın perşembe günü olacak şekilde güncellenmesi sağlanacaktır. Cumartesi gününe ait siparişlerin perşembe günü olarak güncellenmesi durumunda düzenlenmiş sipariş günleri Tablo 6.3.'te görüldüğü gibi olacaktır.

**Tablo 6.3.** Gün Sayısının Eşit Olması-2020 Yılı Düzenlemiş Sipariş Günleri

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 320 KG    | X    | X        | 450 KG   | X    | X         | X     |

### **6.3.2. Güncel Yılda Sipariş Hakkı Tanınan Gün Sayısının Geçmiş Yıllardan Daha Az Olması**

Bir müşteriye ait sipariş geçmişleri incelendiğinde geçmiş siparişlerin güncel yıldaki siparişlerden haftalık gün sayısı olarak daha fazla olması durumu olabilir. Geçmiş yıllara ait siparişlerin haftalık gün sayısının güncel yılda verilen siparişlerden fazla olması durumunda geçmiş yılların verileri üzerinde yer alan sipariş tarihinin ilgili haftada bulunan sipariş miktarlarının toplanması ve güncel yıla ait sipariş hakkı tanınan günlerin üzerinde pay edilmesi sağlanacaktır.

Bu sayede tüm sipariş verilerinin aynı hafta günlerinde olması sağlanacaktır. Yapılan işlemler doğrultusunda sipariş miktarının kaybolmaması ve oransal olarak işlemlerin sağlanması doğruluk payını arttıracaktır. Örneğin; X müşterisi için 2021 yılında verilen sipariş tarihleri Tablo 6.4.'te görüldüğü üzere haftanın 1. ve 4. gününe karşılık gelmektedir.

**Tablo 6.4.** Gün Sayısının Az Olması-2021 Yılı Sipariş Günleri

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 300 KG    | X    | X        | 300 KG   | X    | X         | X     |

2020 yılında verilen sipariş tarihleri ise Tablo 6.5.'te görüldüğü üzere haftanın 1., 3. ve 6. gününe karşılık gelmektedir.

**Tablo 6.5.** Gün Sayısının Az Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 300 KG    | X    | 400 KG   | X        | X    | 350 KG    | X     |

X müşterisine ait sipariş kayıtlarında gün sayısı ve hafta günleri farklıdır. Bu durumda geçmiş sipariş günlerine ait rakamların dağıtımını güncel sipariş günlerine göre sağlanacaktır. Bu işlem gerçekleştirilirken geçmiş sipariş günlerinin yeni yıldaki sipariş günlerine uzaklıkları dikkate alınarak miktar dağıtımları gerçekleştirilecektir.

Güncel ve geçmiş yıllarda haftanın birinci gününe ait sipariş mevcut olduğu için pazartesi gününe ait siparişler için bir işlem gerçekleştirilmez. Fakat geçmiş yıllarda Çarşamba ve cumartesi gününe ait olan siparişler güncel yılda mevcut değildir. Güncel yıla ait sipariş günlerine karşılık gelmeyen siparişler miktarları hafta günlerinin güncel yıldaki siparişlerde mevcut olan hafta günlerine olan uzaklığı dikkate alınarak dağıtım işlemleri gerçekleştirilir. Geçmiş yıllarda çarşamba gününe girilmiş olan bir siparişin pazartesi gününe uzaklığı 2, perşembe gününe olan uzaklığı 1 olarak kabul edilir. Çarşamba gününe ait sipariş miktarlarının güncel hafta günlerine dağıtımını gerçekleştirilmesi işleminde;

$$Uzaklık = |YeniSiparişGünü - EskiSiparişGünü|$$

$$Uzaklık(Pazartesi, Çarşamba) = |1 - 3|$$

$$Uzaklık(Pazartesi, \text{Çarşamba}) = 2$$

$$Uzaklık(Perşembe, \text{Çarşamba}) = |4 - 3|$$

$$Uzaklık(Perşembe, \text{Çarşamba}) = 1$$

$$Toplam\ Uzaklık\ Miktarı = 3$$

Sipariş dağılımında kullanılacak yüzdesel oranı bulmak için;

$$DağıtımOranı = \frac{Toplam\ Uzaklık\ Miktarı - Hesaplanan\ Uzaklık}{Toplam\ Uzaklık\ Miktarı} \quad (13)$$

Pazartesi gününe sipariş dağılımında kullanılacak yüzdesel oran:

$$DağıtımOranı(Pazartesi) = \frac{3 - 2}{3}$$

$$DağıtımOranı(Pazartesi) = 0,33$$

Perşembe gününe sipariş dağılımında kullanılacak yüzdesel oran:

$$DağıtımOranı(Perşembe) = \frac{3 - 1}{3}$$

$$Dağıtım\ Oranı(Perşembe) = 0,66$$

Çarşamba gününe ait siparişlerin güncel günlere dağıtılması durumunda 2020 yılı düzenlemesi Tablo 6.6.'da görüldüğü gibi olacaktır.

**Tablo 6.6.** Gün Sayısının Az Olması-2020 Yılı Düzenleme-1

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| ~433 KG   | X    | X        | ~267 KG  | X    | 350 KG    | X     |

Cumartesi gününde girilmiş olan siparişlerin dağıtımı işleminde cumartesi günü herhangi güncel sipariş günlerinin aralığında olmamasından kaynaklı sipariş miktarları en yakın güncel sipariş günü olan perşembe gününe aktarımı sağlanır. Cumartesi gününe ait siparişlerin en yakın güncel sipariş günü olan perşembe gününe aktarılması durumunda 2020 yılı düzenlemesi Tablo 6.7.'de görüldüğü gibi olacaktır.

**Tablo 6.7.** Gün Sayısının Az Olması-2020 Yılı Düzenleme-2

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| ~433 KG   | X    | X        | ~617 KG  | X    | X         | X     |

### 6.3.3. Güncel Yılda Sipariş Hakkı Tanınan Gün Sayısının Geçmiş Yıllardan Daha Fazla Olması

Bir müşteriye ait sipariş geçmişleri incelendiğinde geçmiş siparişlerin güncel yıldaki siparişlerden haftalık gün sayısı olarak daha az olması durumu olabilir. Geçmiş yıllara ait siparişlerin haftalık gün sayısının güncel yılda verilen siparişlerden az olması durumunda geçmiş yılların verileri üzerinde yer alan sipariş tarihinin ilgili haftada bulunan sipariş miktarlarının toplanması ve güncel yıla ait sipariş hakkı tanınan günlerin üzerinde pay edilmesi sağlanacaktır.

Bu sayede tüm sipariş verilerinin aynı hafta günlerinde olması sağlanacaktır. Yapılan işlemler doğrultusunda sipariş miktarının kaybolmaması ve oransal olarak işlemlerin sağlanması doğruluk payını arttıracaktır. Örneğin; X müşterisi için 2021 yılında verilen sipariş tarihleri Tablo 6.8.'de görüldüğü haftanın 1., 4. ve 6. gününe karşılık gelmektedir.

**Tablo 6.8.** Gün Sayısının Fazla Olması-2021 Yılı Sipariş Günleri

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 300 KG    | X    | X        | 300 KG   | X    | 350 KG    | X     |

2020 yılında verilen sipariş tarihleri Tablo 6.9.'da görüldüğü haftanın 1. ve 3. gününe karşılık gelmektedir.

**Tablo 6.9.** Gün Sayısının Fazla Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 300 KG    | X    | 400 KG   | X        | X    | X         | X     |

X müşterisine ait sipariş kayıtlarında gün sayısı ve hafta günleri farklıdır. Bu durumda geçmiş sipariş günlerine ait rakamların dağıtımını güncel sipariş günlerine göre sağlanacaktır. Bu işlem gerçekleştirilirken geçmiş sipariş günlerinin yeni yıldaki

sipariş günlerine uzaklıkları dikkate alınarak miktar dağıtımları gerçekleştirilecektir. Güncel ve geçmiş yıllarda haftanın birinci gününe ait sipariş mevcut olduğu için pazartesi gününe ait siparişler için bir işlem gerçekleştirilmez. Ancak, güncel yılda perşembe ve cumartesi gününe ait olan siparişler geçmiş yılda mevcut değildir. Güncel yıla ait sipariş günlerine karşılık gelmeyen sipariş miktarları hafta günlerinin geçmiş yıldaki siparişlerde mevcut olan hafta günlerine olan uzaklığı dikkate alınarak dağıtım işlemleri gerçekleştirilir. Güncel yılda sipariş günlerinden biri olan perşembe günü için geçmiş yıllarda bir karşılık bulunamamaktadır. Bu durumdan kaynaklı geçmiş yılların sipariş günlerinden güncel yılın sipariş günlerine karşılık gelmeyen en yakın sipariş günü perşembe günü olarak atanması sağlanır. İşlem sonucunda 2020 yılı düzenlemesi Tablo 6.10.'da görüldüğü gibi olacaktır.

**Tablo 6.10. Gün Sayısının Fazla Olması-2020 Yılı Sipariş Günleri Düzenleme-1**

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 300 KG    | X    | X        | 400 KG   | X    | X         | X     |

Geçmiş yılların sipariş günlerinin güncel yılın sipariş günlerine uyarlanması sağlandıktan sonra. Güncel yılda bulunan fakat geçmiş yılda sipariş günü ataması sağlanamamış kayıtların kontrolleri sağlanır. Örnek üzerine cumartesi günü kontrol edildiğinde güncel yılda sipariş girişi mevcut, fakat geçmiş yıllarda sipariş gün sayısı az olmasından kaynaklı böyle bir atama mevcut değil.

Geçmiş yılların sipariş günlerinin güncel yıla uyarlanması için güncel yılda bulunana sipariş girilmiş gün için diğer sipariş günlerinin uzaklıkları belirlenir. Belirlenen uzaklıklar doğrultusunda siparişi bulunana günlerin ilgili güne uzaklıkları belirlenir. Belirlenen uzaklıklardan oranlar hesaplanarak yeni güne sipariş kaydı oluşturulur. Güncel yılda cumartesi gününe girilmiş olan bir siparişin pazartesi gününe uzaklığı 5, perşembe gününe olan uzaklığı 2 olarak kabul edilir. Cumartesi günü için sipariş oluşturmak için hafta günlerinin oranlanması işleminde;

$$Uzaklık = |OluşturulacakSiparişGünü - VarOlanSiparişGünü| \quad (14)$$

$$Uzaklık(Pazartesi, Cumartesi) = |1 - 6|$$

$$Uzaklık(Pazartesi, Cumartesi) = 5$$

$$Uzaklık(Perşembe, Cumartesi) = |4 - 6|$$

$$Uzaklık(Perşembe, Cumartesi) = 2$$

$$Toplam Uzaklık Miktarı = 7$$

Sipariş dağılımında kullanılacak yüzdesel oranı bulmak için;

$$DağıtımOranı = \frac{Toplam Uzaklık Miktarı - Hesaplanan Uzaklık}{Toplam Uzaklık Miktarı} \quad (15)$$

Pazartesi gününe sipariş dağılımında kullanılacak yüzdesel oran:

$$DağıtımOranı(Pazartesi) = \frac{7 - 5}{7}$$

$$DağıtımOranı(Pazartesi) = 0,28$$

Perşembe gününe sipariş dağılımında kullanılacak yüzdesel oran:

$$DağıtımOranı(Perşembe) = \frac{7 - 2}{7}$$

$$DağıtımOranı(Perşembe) = 0,72$$

$$YansıtılacakMiktar(Pazartesi) = 300 * 0,28$$

$$YansıtılacakMiktar(Pazartesi) = 84$$

$$YansıtılacakMiktar(Perşembe) = 400 * 0,72$$

$$YansıtılacakMiktar(Perşembe) = 288$$

Pazartesi ve perşembe gününe atanmış siparişlerden dağıtım oranı ile elde edilen miktar cumartesi gününe yansıtıldığında 2020 yılı düzenlenmiş haftalık sipariş Tablo 6.11.'de görüldüğü gibi olacaktır.

**Tablo 6.11.** Gün Sayısının Fazla Olması-2020 Yılı Sipariş Düzenleme-2

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar |
|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|
| 216 KG    | X    | X        | 112 KG   | X    | 372 KG    | X     |

## 7. KANATLI CANLI ÜRETİM FİRMASINDA MÜŞTERİ ÜRÜN BAZLI SİPARİŞLERİN TAHMİNLENMESİ

Tahminleme işlemleri bir müşterinin 2013-2021 yılları arası vermiş olduğu siparişler üzerinden LSTM ve Prophet modelleri kullanılarak sağlanacaktır. Tahminleme işlemleri gerçekleştirilirken 3 farklı işlenmiş veri ile eğitim sağlanıp sonuçlar belirtilecektir;

- Tekrarlı ve/veya iptal edilen siparişlerin elemine edilen veriler ile eğitim ve tahminleme.
- Müşteri büyüme katsayısı işlemleri uygulanarak eğitim ve tahminleme.
- Müşteri sipariş günleri değişimlerinin geçmiş verilerde düzenlenmesi ile eğitim ve tahminleme.

Eğitimde kullanılacak veri setlerinden örnekler Tablo 7.1.'de görülmektedir.

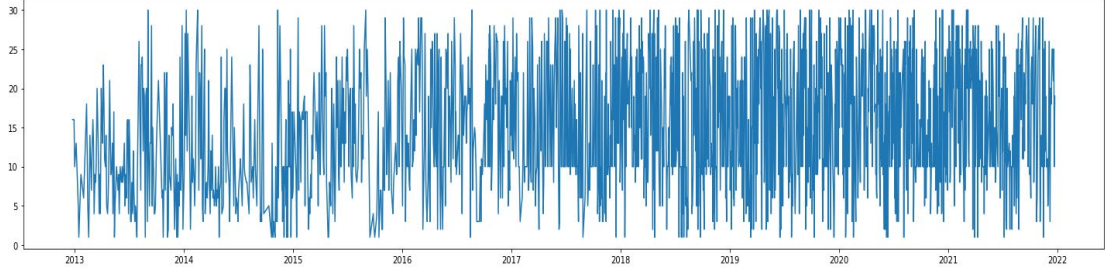
**Tablo 7.1. Veri Seti Örneği**

| Sipariş Tarihi | Miktar | Ay | Hafta | Hafta Gün |
|----------------|--------|----|-------|-----------|
| 2021.12.20     | 10     | 12 | 52    | Pazartesi |
| 2021.12.21     | 0      | 12 | 52    | Salı      |
| 2021.12.22     | 19     | 12 | 52    | Çarşamba  |
| 2021.12.23     | 0      | 12 | 52    | Perşembe  |
| 2021.12.24     | 23     | 12 | 52    | Cuma      |

### 7.1. LSTM Algoritması Kullanılarak Tahminlemelerin Sağlanması

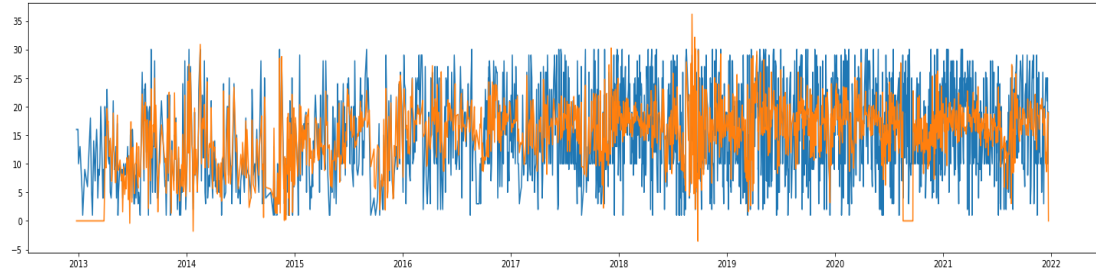
Bir önceki bölümde yer alan verilerin hazırlanması işlemleri ile müşteriye ait sipariş verilerinden tekrarlı siparişler temizlenmiştir. Veri setlerinin %80'i eğitim, %20'si test amaçlı kullanılmıştır. LSTM modeli tarafında eğitim işlemleri için her sipariş günü ilgili sipariş tarihinden önceki son 15 güne geriye dönük bakılarak tahminlemeler sağlanmıştır. Model eğitimi 128 gizli düğüm kullanılarak hesaplanmıştır. Model eğitimde kullanılan devir sayısı farklı denemeler yapılarak optimum rakam 35 olarak belirlenmiştir. Eğitim sonucu elde edilen verilerin doğruluğu ortalama karekök sapması değeri ile belirlenecektir.

LSTM modeli ile eğitim gerçekleştirilecek ilk veri seti tekrarlı siparişler temizlenerek elde edilen veriler ile sağlanmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken veri setinde siparişi girişi olmayan kayıtlar eğitim ve tahminlemeye dahil edilmemiştir. Tahminleme gerçekleştirilecek veri setinin grafik görünümü Şekil 7.1.'de görülmektedir.



**Şekil 7.1.** Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti Grafiği

Yapılan eğitim ve test işlemlerinde ortalama karekök sapma değerleri eğitim verileri için 19,11, test verileri için 24,30 olarak ölçülmüştür. Yapılan tahminlemelerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 7.2.'de, son 14 güne ait yapılan tahminlemeler ve bağlı hataları Tablo 7.2.'de görülmektedir.



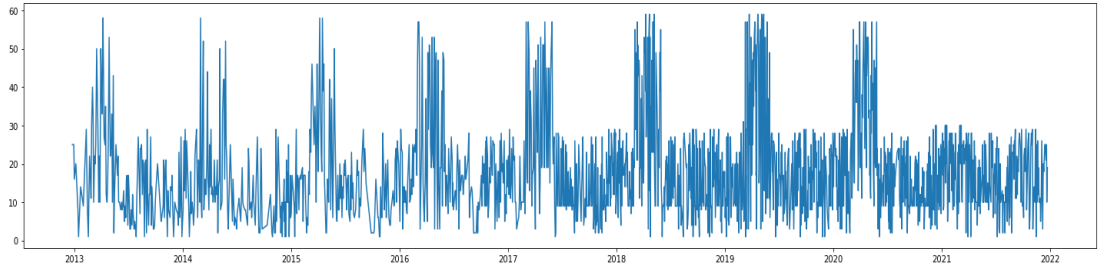
**Şekil 7.2.** Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti LSTM Tahminlemesi Grafiği

**Tablo 7.2.** Tekrarlı Siparişleri Temizleme Veri Seti Son 14 gün Tahmin Değerleri

| Sipariş Tarihi | Ay | Hafta | Hafta Gün | Miktar | Tahmin   | Bağlı Hata (%) |
|----------------|----|-------|-----------|--------|----------|----------------|
| 22.11.2021     | 11 | 48    | Pazartesi | 54     | 38.01    | 29.610         |
| 24.11.2021     | 11 | 48    | Çarşamba  | 75     | 38.50    | 48.665         |
| 26.11.2021     | 11 | 48    | Cuma      | 10     | 42.66547 | 326.65         |
| 28.11.2021     | 11 | 48    | Pazar     | 60     | 40.78    | 32.03          |
| 29.11.2021     | 11 | 49    | Pazartesi | 40     | 42.78    | 6.97           |

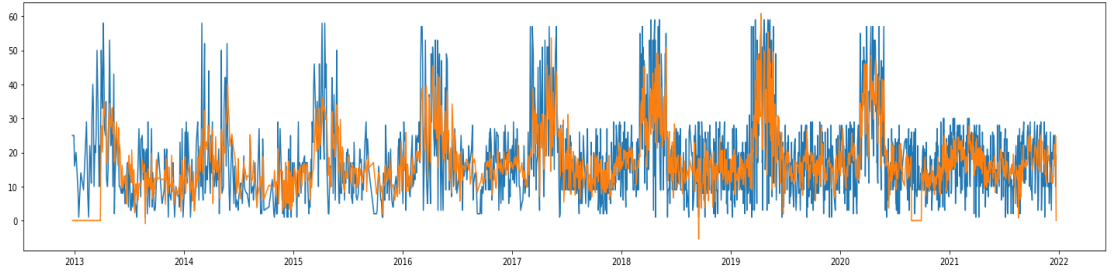
|            |    |    |           |    |       |        |
|------------|----|----|-----------|----|-------|--------|
| 01.12.2021 | 12 | 49 | Çarşamba  | 57 | 37.25 | 34.64  |
| 03.12.2021 | 12 | 49 | Cuma      | 26 | 36.23 | 39.37  |
| 05.12.2021 | 12 | 49 | Pazar     | 10 | 38.55 | 285.56 |
| 06.12.2021 | 12 | 50 | Pazartesi | 40 | 43.72 | 9.31   |
| 08.12.2021 | 12 | 50 | Çarşamba  | 45 | 33.31 | 25.95  |
| 10.12.2021 | 12 | 50 | Cuma      | 18 | 36.46 | 102.55 |
| 12.12.2021 | 12 | 50 | Pazar     | 44 | 32.50 | 26.11  |
| 13.12.2021 | 12 | 51 | Pazartesi | 25 | 38.91 | 55.66  |
| 15.12.2021 | 12 | 51 | Çarşamba  | 40 | 31.62 | 20.93  |

Bir diğer tahminleme işlemi veri setinde bulunan tekrarlı siparişlerin temizlenmesi ve sipariş verilerinin dönemsel olarak oranlanması ve düzenlenmesi çalışmalarıyla beraber elde edilen veriler ile sağlanmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken veri setinde sipariş girişi olmayan kayıtlar eğitim ve tahminlemeye dahil edilmemiştir. Tahminleme gerçekleştirilecek veri setinin grafik görünümü gösterimi Şekil 7.3.'te görülmektedir.



**Şekil 7.3.** Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Grafiği

Yapılan eğitim ve test işlemlerinde ortalama karekök sapma değerleri eğitim verileri için 9,02, test verileri için 8,39 olarak ölçülmüştür. Yapılan tahminlemelerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 7.4.'te, son 14 güne ait yapılan tahminlemeler ve bağlı hataları Tablo 7.3'te görülmektedir.

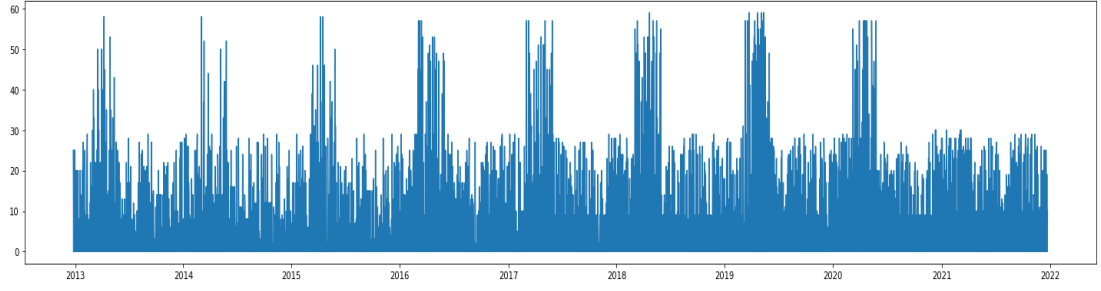


**Şekil 7.4.** Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti LSTM Tahminlemesi Grafiği

**Tablo 7.3** Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Son 14 Gün Tahmini Değerleri

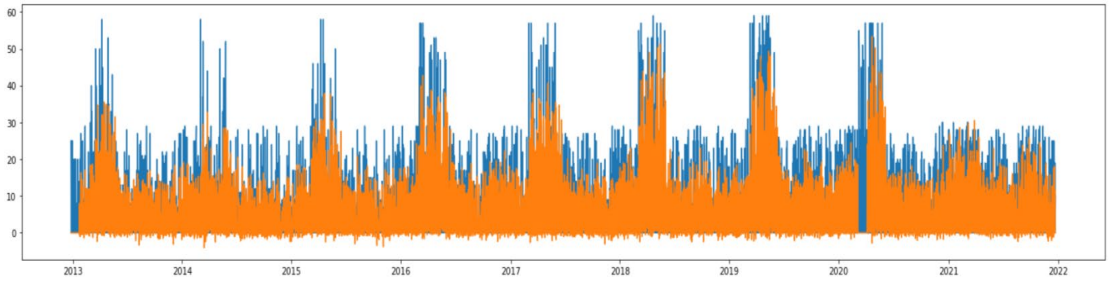
| Sipariş Tarihi | Ay | Hafta | Hafta Gün | Miktar | Tahmin | Bağıl Hata (%) |
|----------------|----|-------|-----------|--------|--------|----------------|
| 28.11.2021     | 11 | 48    | Pazar     | 11     | 11.95  | 8.6698         |
| 29.11.2021     | 11 | 49    | Pazartesi | 5      | 6.04   | 20.92          |
| 01.12.2021     | 12 | 49    | Çarşamba  | 10     | 13.74  | 37.45          |
| 03.12.2021     | 12 | 49    | Cuma      | 26     | 20.15  | 22.46          |
| 05.12.2021     | 12 | 49    | Pazar     | 10     | 12.04  | 20.45          |
| 06.12.2021     | 12 | 50    | Pazartesi | 3      | 3.790  | 26.34          |
| 08.12.2021     | 12 | 50    | Çarşamba  | 20     | 16.85  | 15.72          |
| 10.12.2021     | 12 | 50    | Cuma      | 18     | 15.82  | 12.10          |
| 12.12.2021     | 12 | 50    | Pazar     | 23     | 19.20  | 16.48          |
| 13.12.2021     | 12 | 51    | Pazartesi | 25     | 22.01  | 11.95          |
| 15.12.2021     | 12 | 51    | Çarşamba  | 25     | 20.98  | 16.0           |
| 17.12.2021     | 12 | 51    | Cuma      | 21     | 22.81  | 8.62           |
| 19.12.2021     | 12 | 51    | Pazar     | 25     | 20.09  | 19.60          |
| 20.12.2021     | 12 | 52    | Pazartesi | 10     | 11.14  | 11.48          |

Son tahminleme işlemi veri setinde bulunan tekrarlı siparişlerin temizlenmesi, sipariş verilerinin dönemsel olarak oranlanması düzenlenmesi çalışmaları ve müşteriye ait sipariş hafta günlerinin geçmiş senelerde düzenlenmesi ile edilen veriler ile sağlanmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken veri setinde siparişi girişi olmayan kayıtlar sabit günlerden oluştuğu için eğitim ve tahminlemeye dahil edilmiştir. Tahminleme gerçekleştirilecek veri setinin grafik görünümü Şekil 7.5.'te görülmektedir.



**Şekil 7.5.** Hafta-Gün Düzenlenmesi Veri Seti Grafiği

Yapılan eğitim ve test işlemlerinde ortalama karekök sapma değerleri eğitim verileri için 6,86, test verileri için 7,07 olarak ölçülmüştür. Yapılan tahminlemelerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 7.6.'da, son 14 güne ait yapılan tahminlemeler ve bağlı hataları Tablo 7.4.'te görülmektedir.



**Şekil 7.6.** Hafta-Gün Düzenlenmesi LSTM Tahminleme Grafiği

**Tablo 7.4.** Hafta-Gün Düzenlenmesi Son 14 Gün Tahmini Değerleri

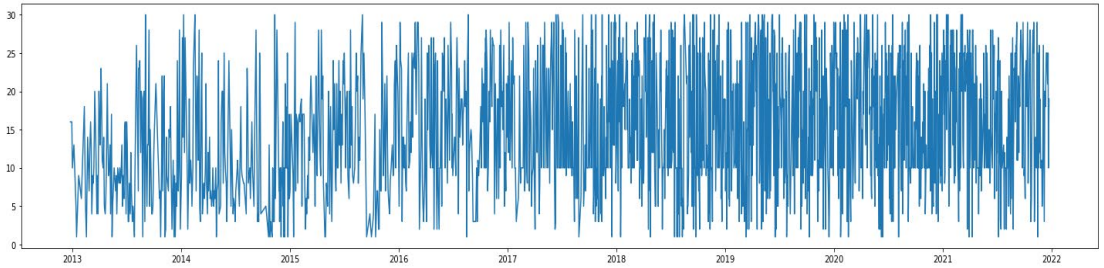
| Sipariş Tarihi | Ay | Hafta | Hafta<br>Gün | Miktar | Tahmin | Bağıl Hata<br>(%) |
|----------------|----|-------|--------------|--------|--------|-------------------|
| 29.11.2021     | 11 | 49    | Pazartesi    | 5      | 7.96   | 59.36             |
| 01.12.2021     | 12 | 49    | Çarşamba     | 10     | 10.91  | 9.16              |
| 03.12.2021     | 12 | 49    | Cuma         | 26     | 25.60  | 1.51              |
| 05.12.2021     | 12 | 49    | Pazar        | 10     | 11.72  | 17.24             |
| 06.12.2021     | 12 | 50    | Pazartesi    | 3      | 3.51   | 17.06             |
| 08.12.2021     | 12 | 50    | Çarşamba     | 20     | 18.08  | 9.58              |
| 10.12.2021     | 12 | 50    | Cuma         | 18     | 15.55  | 13.55             |
| 12.12.2021     | 12 | 50    | Pazar        | 23     | 22.84  | 0.66              |
| 13.12.2021     | 12 | 51    | Pazartesi    | 25     | 19.84  | 20.62             |
| 15.12.2021     | 12 | 51    | Çarşamba     | 25     | 27.33  | 9.35              |
| 17.12.2021     | 12 | 51    | Cuma         | 21     | 21.42  | 2.04              |

|            |    |    |           |    |       |       |
|------------|----|----|-----------|----|-------|-------|
| 19.12.2021 | 12 | 51 | Pazar     | 25 | 22.14 | 11.42 |
| 20.12.2021 | 12 | 52 | Pazartesi | 10 | 13.97 | 39.74 |
| 22.12.2021 | 12 | 52 | Çarşamba  | 19 | 20.99 | 10.52 |

## 7.2. Facebook Prophet Algoritması Kullanılarak Tahminlemelerin Sağlanması

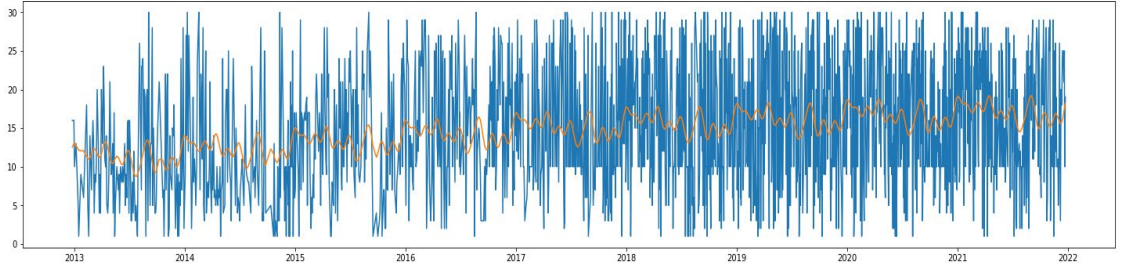
Bir önceki bölümde yer alan verilerin hazırlanması işlemleri ile müşteriye ait sipariş verilerinden tekrarlı siparişler temizlenmiştir. Veri setlerinin %80'i eğitim, %20'si test amaçlı kullanılmıştır. Eğitim sonucu elde edilen verilerin doğruluğu ortalama karekök sapması değeri ile belirlenmiştir. Prophet tarafında tatil günlerinin belirlenebilmesi işlemi tekrarlı sipariş verilerinin silindiği ve verilerin dönemselsel olarak oranlanıp düzenlendiği veri setlerinde kullanılmamış olup müşteri sipariş günlerinin geçmiş yıllara uyarlandığı veri setinde kullanılması sağlanmıştır.

Prophet modeli ile eğitim gerçekleştirilecek ilk veri seti tekrarlı siparişler temizlenerek elde edilen veriler ile sağlanmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken veri setinde siparişi girişi olmayan kayıtlar eğitim ve tahminlemeye dahil edilmemiştir. Tahminleme gerçekleştirilecek veri setinin grafik görünümü Şekil 7.7.'de görülmektedir.



**Şekil 7.7.** Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti Grafiği

Yapılan eğitim ve test işlemlerinde ortalama karekök sapma değerleri eğitim verileri için 13,11, test verileri için 13,98 olarak ölçülmüştür. Yapılan tahminlemelerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 7.8.'de, son 14 güne ait yapılan tahminlemeler ve bağıl hataları Tablo 7.5.'te görülmektedir.

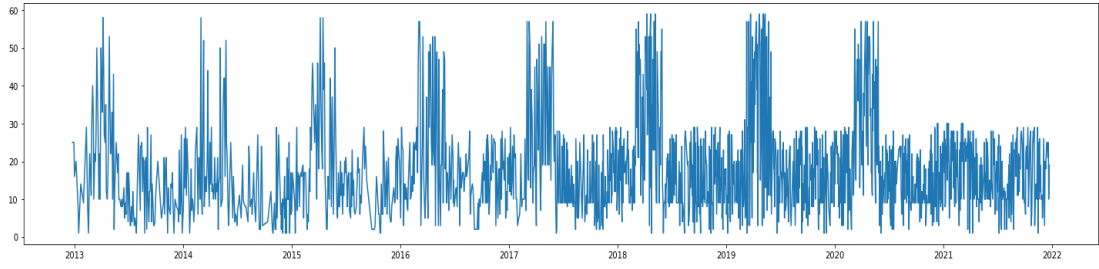


**Şekil 7.8.** Tekrarlı Siparişleri Temizlenen Veri Seti Prophet Tahminlemesi Grafiği

**Tablo 7.5.** Tekrarlı Siparişleri Temizleme Veri Seti Son 14 gün Tahmin Değerleri

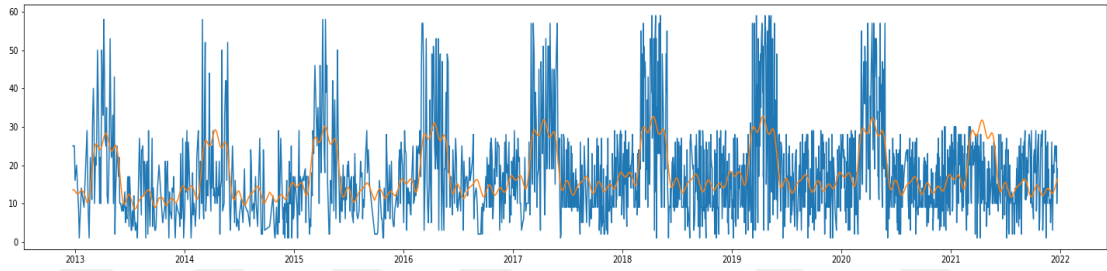
| Sipariş Tarihi | Ay | Hafta | Hafta Gün | Miktar | Tahmin | Bağıl Hata (%) |
|----------------|----|-------|-----------|--------|--------|----------------|
| 29.11.2021     | 11 | 49    | Pazartesi | 5      | 16.20  | 224.19         |
| 01.12.2021     | 12 | 49    | Çarşamba  | 10     | 15.97  | 59.74          |
| 03.12.2021     | 12 | 49    | Cuma      | 26     | 15.77  | 39.32          |
| 05.12.2021     | 12 | 49    | Pazar     | 10     | 15.64  | 56.42          |
| 06.12.2021     | 12 | 50    | Pazartesi | 3      | 15.60  | 420.33         |
| 08.12.2021     | 12 | 50    | Çarşamba  | 20     | 15.62  | 21.88          |
| 10.12.2021     | 12 | 50    | Cuma      | 18     | 15.74  | 12.50          |
| 12.12.2021     | 12 | 50    | Pazar     | 23     | 15.98  | 30.48          |
| 13.12.2021     | 12 | 51    | Pazartesi | 25     | 16.14  | 35.40          |
| 15.12.2021     | 12 | 51    | Çarşamba  | 25     | 16.53  | 33.85          |
| 17.12.2021     | 12 | 51    | Cuma      | 21     | 16.99  | 19.0           |
| 19.12.2021     | 12 | 51    | Pazar     | 25     | 17.48  | 30.05          |
| 20.12.2021     | 12 | 52    | Pazartesi | 10     | 17.73  | 77.37          |
| 22.12.2021     | 12 | 52    | Çarşamba  | 19     | 18.22  | 4.075          |

Bir diğer tahminleme işlemi veri setinde bulunan tekrarlı siparişlerin temizlenmesi ve sipariş verilerinin dönemsel olarak oranlanması ve düzenlenmesi çalışmalarıyla beraber elde edilen veriler ile sağlanmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken veri setinde siparişi girişi olmayan kayıtlar eğitim ve tahminlemeye dahil edilmemiştir. Tahminleme gerçekleştirilecek veri setinin grafik görünümü Şekil 7.9.'da görülmektedir.



**Şekil 7.9.** Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Grafiği

Yapılan eğitim ve test işlemlerinde ortalama karekök sapma değerleri eğitim verileri için 11,07, test verileri için 12,39 olarak ölçülmüştür. Yapılan tahminlemelerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 7.10.'da, son 14 güne ait yapılan tahminlemeler ve bağıl hataları Tablo 7.6.'da görülmektedir.



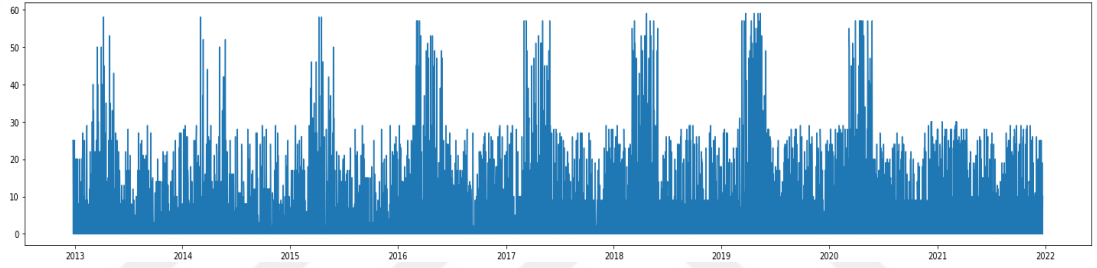
**Şekil 7.10.** Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Prophet Tahminlemesi Grafiği

**Tablo 7.6.** Dönemsel Olarak Oranlanan Veri Seti Son 14 Gün Tahmini Değerleri

| Sipariş Tarihi | Ay | Hafta | Hafta Gün | Miktar | Tahmin | Bağıl Hata (%) |
|----------------|----|-------|-----------|--------|--------|----------------|
| 29.11.2021     | 11 | 49    | Pazartesi | 5      | 13.04  | 160.92         |
| 01.12.2021     | 12 | 49    | Çarşamba  | 10     | 12.82  | 28.23          |
| 03.12.2021     | 12 | 49    | Cuma      | 26     | 12.68  | 51.22          |
| 05.12.2021     | 12 | 49    | Pazar     | 10     | 12.65  | 26.55          |
| 06.12.2021     | 12 | 50    | Pazartesi | 3      | 12.69  | 323.09         |
| 08.12.2021     | 12 | 50    | Çarşamba  | 20     | 12.87  | 35.62          |
| 10.12.2021     | 12 | 50    | Cuma      | 18     | 13.19  | 26.66          |
| 12.12.2021     | 12 | 50    | Pazar     | 23     | 13.64  | 40.66          |
| 13.12.2021     | 12 | 51    | Pazartesi | 25     | 13.90  | 44.36          |
| 15.12.2021     | 12 | 51    | Çarşamba  | 25     | 14.47  | 42.09          |
| 17.12.2021     | 12 | 51    | Cuma      | 21     | 15.07  | 28.23          |
| 19.12.2021     | 12 | 51    | Pazar     | 25     | 15.63  | 37.44          |

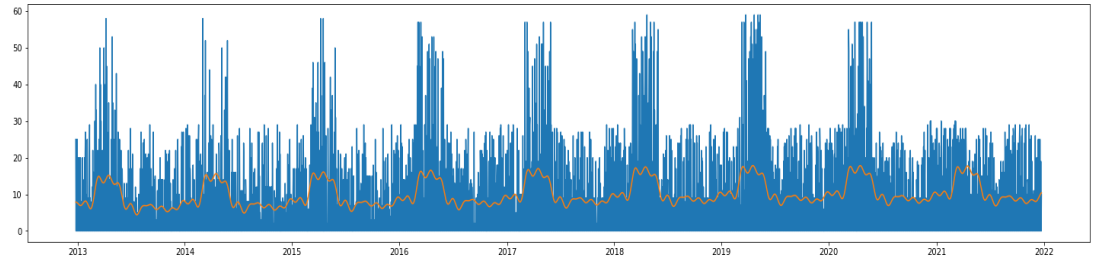
|            |    |    |           |    |       |       |
|------------|----|----|-----------|----|-------|-------|
| 20.12.2021 | 12 | 52 | Pazartesi | 10 | 15.89 | 58.99 |
| 22.12.2021 | 12 | 52 | Çarşamba  | 19 | 16.34 | 13.96 |

Son tahminleme işlemi veri setinde bulunan tekrarlı siparişlerin temizlenmesi, sipariş verilerinin dönemsel olarak oranlanması düzenlenmesi çalışmaları ve müşteriye ait sipariş hafta günlerinin geçmiş senelerde düzenlenmesi ile edilen veriler üzerinden sağlanmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken veri setinde siparişi girişi olmayan kayıtlar sabit günlerden oluştuğu için eğitim ve tahminlemeye dahil edilmiş ve Prophet modelinde müşterinin sipariş veremeyeceği hafta günleri tatil gün olarak belirlenmiştir. Tahminleme gerçekleştirilecek veri setinin grafik görünümü Şekil 7.11.'de görülmektedir.



**Şekil 7.11.** Hafta-Gün Düzenlenmesi Veri Seti Grafiği

Yapılan eğitim ve test işlemlerinde ortalama karekök sapma değerleri eğitim verileri için 9,08, test verileri için 10,96 olarak ölçülmüştür. Yapılan tahminlemelerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 7.12.'de son 14 güne ait yapılan tahminlemeler ve bağlı hataları Tablo 7.7.'de görülmektedir.



**Şekil 7.12.** Hafta-Gün Düzenlenmesi Prophet Tahminleme Grafiği

**Tablo 7.7.** Hafta-Gün Düzenlenmesi Son 14 Gün Tahmini Değerleri

| Sipariş Tarihi | Ay | Hafta | Hafta Gün | Miktar | Tahmin | Bağlı Hata (%) |
|----------------|----|-------|-----------|--------|--------|----------------|
|----------------|----|-------|-----------|--------|--------|----------------|

|            |    |    |           |    |       |        |
|------------|----|----|-----------|----|-------|--------|
| 29.11.2021 | 11 | 49 | Pazartesi | 5  | 14.30 | 186.11 |
| 01.12.2021 | 12 | 49 | Çarşamba  | 10 | 13.98 | 39.81  |
| 03.12.2021 | 12 | 49 | Cuma      | 26 | 13.76 | 47.05  |
| 05.12.2021 | 12 | 49 | Pazar     | 10 | 13.70 | 37.02  |
| 06.12.2021 | 12 | 50 | Pazartesi | 3  | 13.73 | 357.98 |
| 08.12.2021 | 12 | 50 | Çarşamba  | 20 | 13.95 | 30.20  |
| 10.12.2021 | 12 | 50 | Cuma      | 18 | 14.37 | 20.16  |
| 12.12.2021 | 12 | 50 | Pazar     | 23 | 14.94 | 35.01  |
| 13.12.2021 | 12 | 51 | Pazartesi | 25 | 15.28 | 38.87  |
| 15.12.2021 | 12 | 51 | Çarşamba  | 25 | 16.01 | 35.94  |
| 17.12.2021 | 12 | 51 | Cuma      | 21 | 16.77 | 20.12  |
| 19.12.2021 | 12 | 51 | Pazar     | 25 | 17.48 | 30.05  |
| 20.12.2021 | 12 | 52 | Pazartesi | 10 | 17.80 | 78.06  |
| 22.12.2021 | 12 | 52 | Çarşamba  | 19 | 18.33 | 3.51   |

### 7.3. Yapılan Tahminlemelerin Bulguları ve Sonuçları

Bir müşteriye ait 2013-2021 yılları arasında vermiş olduğu sipariş verileri farklı işlemlerden geçirilerek 3 adet veri seti elde edilmiştir. Bu veri setleri ile LSTM ve Prophet modelleri tarafında eğitim ve test işlemleri sağlanmış ve ortalama karekök sapma değerleri ile birlikte tahmin grafikleri ve son 14 güne ait tahminlemeler paylaşılmıştır.

Üç veri setinde de yapılan eğitimler ezberci bir eğitim olmamış ve test değerleri ve eğitim verilerine ait tahminlemelerde yakın ortalama karekök sapma değerleri elde edilmiştir. Yapılan eğitimler ve testler sonucu olarak en iyi tahminlemeler tekrarlı verilerin temizlenmesi, siparişlerin son dönem verilerine göre oranlanması ve güncel müşteri hafta günlerinin düzenlenmesi gerçekleştirilen veri setinde sağlanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar yapılan veri düzenlenmesi işlemlerinin doğruluğunu destekler niteliktedir.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde kanatlı canlı mamul üreten tesislerin ham madde ihtiyacının karşılanması ve müşterilerden gelen sipariş taleplerinin karşılanmasında yaşanan zorluklar ve optimizasyon çalışmaları anlatılmıştır. Firmaya ait geçmiş sipariş verilerine bakarak günlük sipariş tahminlemelerinde bulunulup müşteri sipariş taleplerini stokta en az ürün kalacak ve en optimum düzeyde karşılamak amaçlanmıştır.

Literatür incelemesi yapıldığında, müşteri sipariş tahminlemesi için birçok farklı araştırma olduğu ancak kanatlı canlı mamul üreten firmalar için yetersiz olduğu görülmüştür. Kanatlı canlı mamul üretimi tesislerinin sipariş karşılaması ile ilgili detaylı araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalarla birlikte müşteri sipariş taleplerinin tahminlenebilmesi için firmaya ait 9 yıllık (2013-2021 yılları arası) sipariş verileri toplanmış, müşteri ve ürün bazında bu veriler gruplanarak veri setleri oluşturulmuştur.

Oluşturulan veri setlerinde tekrarlı siparişlerin elemine edilmesi, dönemsel olarak geçmiş siparişlerin oranlanması ve müşterinin son yıl verebileceği sipariş hafta günleri baz alınarak geçmiş siparişlerde hafta gün bazından düzenlemeler için ön işlemler uygulanmıştır.

Elde edilen üç farklı veri seti LSTM ve Facebook Prophet modelleri ile eğitilip, test işlemleri sağlanmış ve her veri seti için ortalama karekök sapma değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlarda veri setine uygulanan ön işlemlerin tahmini başarılı yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

LSTM model eğitiminde tüm ön işlemlerin uygulaması durumunda 7,07 ortalama karekök sapma değeri elde edilirken, Facebook Prophet modelinde bu değer 10,96 olarak hesaplanmıştır. Kullanılan veri seti doğrultusunda LSTM modelinin Facebook Prophet modeline göre daha başarılı sonuç elde edildiği gözlemlenmiştir.

Geliştirilen bu model ön işleme alınmış müşteri ürün bazlı veriler ile eğitilip servis haline getirilmiştir. Oluşturulan bu servis, ilgili günlerde sipariş hakkı olan müşteriler bazında sorgulanıp günlük müşteri sipariş taleplerinin tahmin edilmesinde kolaylık sağlayacaktır. Yapılan bu tahminler yardımı ile firma ileriye yönelik stok ve

Üretim planlamasını yapabilecek ve stoktan en az kalacak ürünle optimum düzeyde müşteri sipariş taleplerini karılayabilecektir.

Yapılan alıma firmaya ait müşteri sipariş talepleri ile sağlanmıştır. Sipariş taleplerinin firmanın ürün fiyat geçişlerinde değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Gelecekte, firmanın ürün fiyat geçişleri de baz alınarak tahminlerin doğruya daha yakın sonuçlar elde edilebileceği çalışmalar yapılabilir.



## 9. SÖZLÜK

| Terim                 | Açıklama                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amonyak Yanığı        | Kanatlı canlıların dışkılarından kaynaklı temizlenmemesi ve hijyen yetersizliği sebebi ile oluşan yanıklardır.                                                                                                        |
| Artan Et Miktarı      | Ham madde ile siparişlerin karşılanması durumunda sipariş harici elde kalan ürün miktarı                                                                                                                              |
| Bitirme Yemi          | Tarım bakanlığı tarafından zorunlu kılınan ve kanatlı canlıların kesimden önce 3 gün yemesi gereken yem türüdür.                                                                                                      |
| Dengeli Sipariş       | Bir müşterinin talep ettiği siparişlerin toplam bütününe bakıldığında artan et miktarının en az düzeyde olması durumudur                                                                                              |
| Dengesiz Sipariş      | Bir müşterinin talep ettiği siparişlerin toplam bütününe bakıldığında artan et miktarının çok fazla olması durumunda karşılaşılan sipariş türüdür.                                                                    |
| Kesinti İşlemleri     | Dengesiz oluşan siparişin dengeli bir sipariş haline getirmek amaçlı yapılan siparişe ait ürün miktarlarından yüzdesel düşürme işlemleridir.                                                                          |
| LSTM                  | Açılımı Long Short Term Memory (Uzun Kısa Süreli Bellek) olan derin öğrenme alanında kullanılan yapay bir tekrarlayan sinir ağı (Recurrent Neural Network – RNN) mimarisidir.                                         |
| Müşteri Sadakat Puanı | Firmaya ait bir müşterinin yapmış olduğu sipariş, sipariş miktarları, kullanım sıklığı, geri ödeme zamanı gibi bilgileri kullanarak hesaplanan firma tarafındaki müşterinin puanıdır. Müşteri sadakat puanının yüksek |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | olması talep edilen siparişlerden minimum düzeyde kesinti işlemleri uygulanacağı anlamına gelmektedir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| OCA     | Kümes içerisinde bulunan tüm canlıların ortalama canlı ağırlık bilgisidir. Bu bilgi ilk olarak veterinerlerin kümes içerisinde belirli miktarlarda canlı alıp bu canlıların ağırlıklarının ortalaması alınarak hesaplanır. Daha sonrasında canlıları kesime getiren aracın kesimden önce canlılar ile tartılıp daha sonrasında boş olarak tartılıp toplam canlı ağırlık bilgisi bulunur. Bu bilgi irsaliye adedine bölünerek gerçek ortalama canlı ağırlık bilgisi elde edilir |
| Prophet | Facebook tarafından zaman serisi temelli bir tahminleme modelidir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| RNN     | Açılımı Yinelene Sinir Ağı (Recurrent Neural Network – RNN) olan, düğümler arasındaki bağlantıların geçici bir dizi boyunca yönlendirilmiş bir grafik oluşturduğu bir yapay sinir ağı sınıfıdır.                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## KAYNAKLAR

- [1] Holimchayachotikul, P., Murino, T., Payongyam, P., Sopadang, A., Savino, M., Elpidio, R., Application of Artificial Neural Network For Demand Forecasting In Supply Chain of Thai Frozen Chicken Products Export Industry, in *12th The International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation*, Morocco, 2010.
- [2] Lima, F., Chang J., Sales Demand Forecasting in a Textile Factory Using Artificial Neural Network, *POMS 21st Annual Conference*, Washington D.C, USA, 2015.
- [3] Mahbub, N., Paul, S., Azeem, A., A Neural Approach to Product Demand Forecasting, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 15(1): 1-18, 2013.
- [4] Saha, C., Lam, S., Boldrin, W., Demand Forecasting for Server Manufacturing Using Neural Networks, *IIE Annual Conference & Expo 2014*, Montréal, 2014.
- [5] Kochak, A., Sharma, S., Demand Forecasting Using Neural Network for Supply Chain Management, *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 4(1), 2015.
- [6] Slimani, I., El Farissi, I., Achchab, S., Artificial Neural Networks For Demand Forecasting: Application Using Moroccan Supermarket Data, *15th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*, Morocco, 2015.
- [7] Tereshchenko, A., Demand forecasting in the context of production planning system, 2018.
- [8] Balakrishnan, L., Raja, P., Kalathiappan, V., Sales Demand Forecasting Using LSTM, *Sales Demand Forecasting Using LSTM Network*, 2020, pp. 125-132.

- [9] Zhoul, L., Chenl, M., Ni, Q., A Hybrid Prophet-LSTM Model For Prediction of Air Quality Index, *2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, Canberra, ACT, Australia, 2020.
- [10] Polyzos, S., Samitas, A., Spyridou, A. E., Tourism demand and the COVID-19 pandemic: an LSTM approach, *Tourism Recreation Research*, 46(2): 175-187, 2020.
- [11] Battineni, G., Chintalapudi, N., Amenta , F., Forecasting of COVID-19 epidemic size in four high hitting nations (USA, Brazil, India and Russia) by Fb-Prophet machine learning model, *Applied Computing and Informatics*, 6:1-10, 2020.
- [12] Toharudin, T., Pontoh, R. S., Caraka, R. E., Employing Long Short-Term Memory and Facebook Prophet Model in Air Temperature Forecasting, *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, pp. 1-24, 2021.
- [13] Meng, J., Yang, X., Yang, C., Liu, Y., Comparative Analysis of Prophet and LSTM Model, *Journal of Physics: Conference Series*, 1910(1): 12-59, 2021.
- [14] Daraghmeh, M., Agarwal, A., Manzano, R., Zaman, M., Time Series Forecasting using Facebook Prophet for Cloud Resource Management, 09 07 2021. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9473607>.
- [15] Soloviev, V., Titov, N., Smirnova, E., Coking Coal Railway Transportation Forecasting Using Ensembles of ElasticNet, LightGBM, and Facebook Prophet, *Springer International Publishing*, 12566: 181-190, 2020.
- [16] Ubaid, A., Hussain, F., Saqib, M., Container Shipment Demand Forecasting in the Australian Shipping Industry: A Case Study of Asia–Oceania Trade Lane, *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(9), 2021.
- [17] Wang, C., Chien , C., Trappey, A. J. C., On the Application of ARIMA and LSTM to Predict Order Demand Based on Short Lead Time and On-Time Delivery Requirements, *Processes*, 9(7), 2021.

- [18] Chandriah, K.K., Naraganahalli , R. V., RNN / LSTM with modified Adam optimizer in deep learning approach for automobile spare parts demand forecasting, *Multimedia Tools and Applications*, 80(17): 26145-26159, 2021.
- [19] Torres, J.F., Martínez-Álvarez, F., Troncoso, A., A Deep LSTM Network For The Spanish Electricity Consumption Forecasting, *Neural Computing and Applications*, 2022.
- [20] Savitri, F. F., Siregar, R.F., Harianto, F.Y., Napitupulu, H., Forecasting Inflation in Indonesia using Long Short Term Memory, *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data Analytics*, 2021.
- [21] Ediz, Ç., Turan, A. H., Çok Değişkenli Üretim Planlama Kararlarında Bilişim Teknolojisi Uygulamaları, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi* , Prof. Dr. Talha Ustasüleyman Özel Sayısı, cilt Prof. Dr. Talha Ustasüleyman Özel Sayısı, pp. 19-30, 2020.
- [22] Hanbay, K., Yuvarlak örgü makineleri için görüntü işleme tabanlı kumaş hatası tespit sistemi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2016.
- [23] Davis, R., King, J., An Overview of Production Systems, National Technical Information Service, Stanford, 1975.
- [24] Serman, J. B., deFeliciob, F. P. E., Chapter 2 Analysis of multistage production systems, *Logistics of Production and Inventory*, Elsevier, pp. 59-131, 1993.
- [25] Çelik, S., Özmelioglu, K., Karaali, A., Özdemir, V., Etlik Piliç Yetiştiriciliği Nasıl Yapılır? Etlik Piliç Yetiştirirken Nelere Dikkat Edilmeli?, 2021.
- [26] Onat, A., Alevli, B., Kolay, M., Etlik Tavuk (Broiler) Yetiştiriciliği, 2016.
- [27] Çelik, S., Özmelioglu, K., Karaali, A., Özdemir, V., Etlik Piliç Yetiştiriciliği, 2007.
- [28] Harvey, S. N., Structural time series models, *Handbook of Statistics*, North Holland, pp. 261-302, 1993.

- [29] Little, T. D., The Oxford handbook of quantitative methods in psychology: Vol. 2: statistical analysis, *Oxford University Press*, 2013.
- [30] Dorffner, G., Neural Networks for Time Series Processing, *Neural Network World*, 6: 447-468, 1996.
- [31] Hochreiter, S., Long Short-term Memory, *Neural computation*, 9: 35-80, 1997.
- [32] Yong, Y., Xiaosheng, S., Changhua, Hu., Jianxun Z., A Review of Recurrent Neural Networks: LSTM Cells and Network Architectures, *Neural Computation*, 31(7): 1235-1270, 2019.
- [33] Letham, B., Taylor, S. J., Prophet: Forecasting at Scale, 2017.
- [34] Güteryüz, D., Özden, E., The Prediction of Brent Crude Oil Trend Using LSTM and Facebook Prophet, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, pp. 1-9, 2020.
- [35] Hyndman, R. J., Measuring Forecast Accuracy. In: Business Forecasting: Practical Problems and Solutions, *John Wiley & Sons*, Hoboken, 177-183, 2014.
- [36] Rob J., Hyndman, Anne B., Another Look At Measures of Forecast Accuracy, *International Journal of Forecasting*, 22(4): 679-688, 2006.