T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

Doktora Tezi

DEMİR ÇELİK İŞLETMESİNDE SATIŞ MİKTARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE İNCELENMESİ: TÜRKİYE'DE BİR UYGULAMA

Zafer UYSAL

Zonguldak 2023

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

Doktora Tezi

DEMİR ÇELİK İŞLETMESİNDE SATIŞ MİKTARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE İNCELENMESİ: TÜRKİYE'DE BİR UYGULAMA

Hazırlayan
Zafer UYSAL

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mehmet PEKKAYA

Zonguldak 2023

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Hazırladığım Doktora Tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, yazımda enstitü yazım kılavuzuna uygun davranıldığını taahhüt ederim.

14/02/2023

Zafer UYSAL

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İşletme Anabilim Dalında 165382201007 numaralı Zafer UYSAL'ın hazırladığı "**Demir Çelik İşletmesinde Satış Miktarını Etkileyen Faktörlerin Yapay Sinir Ağları ile İncelenmesi: Türkiye'de Bir Uygulama**" başlıklı DOKTORA tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 16/01/2023 Pazartesi günü saat 13:30'da yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezinin onayına OY BİRLİĞİYLE / ~~OY ÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman DÜNDAR
Başkan

Prof. Dr. Mehmet PEKKAYA
(Tez Danışmanı)
Üye

Prof. Dr. Hakan ÇELİK
Üye

Prof. Dr. Alper AYTEKİN
Üye

Doç. Dr. Zafer ÖZTÜRK
Üye

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..... /..... / 2023

Prof. Dr. Ertuğrul YILDIRIM
Enstitü Müdürü

ÖZET

Kurum : ZBEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı

Tez Başlığı : Demir Çelik İşletmesinde Satış Miktarını Etkileyen Faktörlerin Yapay Sinir Ağları ile İncelenmesi: Türkiye'de Bir Uygulama

Tez Yazarı : Zafer UYSAL

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet PEKKAYA

Tez Türü, Yılı : Doktora Tezi, 2023

Sayfa Adedi : 103

İşletmeler için, ürettiği ürünlerin satış tahminini yapmak gelecekteki gelirlerinin ve üretim kararlarının öngörülmesi anlamına gelmektedir. Ürünün satışını etkileyen işletme dışı ve işletme içi kaynaklı faktörlerin saptanması ve bu faktörlerin etki miktarlarının değerlendirilmesi gelecekteki satışların öngörülmesinde önemli rol oynayabilmektedir. Çalışmanın amacı, demir çelik işletmesi için satış miktarına etki eden işletme dışı/içi kaynaklı faktörlerin Yapay Sinir Ağı (YSA) üzerinden modellenmesi ile bu faktörlerin etki şiddetlerinin değerlendirilmesi, sonuçların karar vericiler/araştırmacılara sunulmasıdır. Ayrıca YSA modeli ile elde edilen bulguların karşılaştırılması amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Bu nedenle, Türkiye'de faaliyet gösteren büyük bir demir çelik işletmesinin ürettiği beş ürüne ait aylık satış miktarı, fiyatı ve belirlenen altı makro iktisadi faktöre ait piyasa verileri kullanılmıştır.

Elde edilen bulgular ışığında ilgili demir çelik işletmesinde satış tahminini etkileyen faktörlerin değerlendirilmesinde YSA'nın yeterli açıklayıcılığa sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca her bir demir çelik ürününün kullanıldığı sektöre göre makro iktisadi değişkenlerin etki şiddetleri değişmektedir. Yapılan çalışmanın sonucuna göre, ilgili demir çelik işletmesinde üretilen ürünlerin genel olarak USD döviz kuru, faiz ve ürün fiyatından diğer değişkenlere göre daha fazla etkilendiği gözlenmiştir. Endüstriyel ürün olsa da türetilmiş etkisi nedeniyle nihai kullanıcıları kısa sürede etkileyen kimi ürünler için tüketici güven endeksinin de etkisinin olduğu sonucu çıkarılabilir. Çalışmanın son bir yıllık döneminde Covid-19 pandemisi yaşanmıştır. Pandemi dönemi verileri YSA test dönemine geldiğinden test performansını kısmen zayıflatsa da doğrusal olmayan yapıyı da modelleyebilen YSA'nın genel olarak başarılı sonuçlar verdiği kabul edilmiştir.

Anahtar Kelimler: Demir Çelik, Çelik Talebini Etkileyen Faktörler, Yapay Sinir Ağları

ABSTRACT

Institution	: ZBEU, Institute of Social Sciences, Department of Business Administration
Thesis Title	: Investigation of Factors Affecting Sales Quantity in Iron and Steel Plant with Artificial Neural Networks: An Application in Turkey
Thesis Author	: Zafer UYSAL
Thesis Advisor	: Prof. Dr. Mehmet PEKKAYA
Thesis Type and Year	: Phd.Thesis, 2023
Number of Pages	: 103

For an enterprise, estimating the sales of the products they produce means predicting their future income and production decisions. Determining the external and internal factors affecting the sales of the product and evaluating the impact of these factors can play an important role in predicting future sales. The aim of the study is to model the external/internal factors that affect the sales amount for the iron and steel plant through the Artificial Neural Network (ANN) and to evaluate the impact intensities of these factors, and to present the results to the decision makers/researchers. In addition, regression analysis was performed to compare the findings obtained with the ANN model. For this reason, monthly sales amount, price and market data of six determined macroeconomic factors of five products produced by a large iron and steel enterprise operating in Turkey were used.

In the light of the findings obtained, it has been concluded that ANN has sufficient explanatory power in the evaluation of the factors affecting the sales forecast in the relevant iron and steel enterprise. In addition, the effect intensities of macroeconomic variables vary according to the sector in which each iron and steel product is used. According to the results of the study, it has been observed that the products produced in the relevant iron and steel plant are generally more affected by the USD exchange rate, interest and product price than other variables. Although it is an industrial product, it can be concluded that the consumer confidence index also has an effect for some products that affect the end users in a short time due to its derived effect. In the last year of the study, the Covid-19 pandemic has occurred. Since the pandemic period data came to the ANN test period, it was accepted that ANN, which can also model the non-linear structure, gives successful results in general, although it partially weakens the test performance.

Keywords: Iron and Steel, Factors Affecting Steel Demand, Artificial Neural Networks

ÖN SÖZ

Tez çalışmamın başından sonuna kadar üzerimde çok büyük emekleri olan, bilgisi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, kıymetli görüşlerini benden esirgemeyen, çalışmaların planlanması ve analiz sürecindeki yardımlarından dolayı tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Mehmet PEKKAYA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖN SÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **ix**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **x**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xi**

GİRİŞ **1**

1. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ **4**

1.1. Demir Çelik Sektörü ile İlgili Genel Bilgiler 4

1.1.1. Çeliğin Tanımı 5

1.1.2. Çelik Üretim Yöntemleri 5

1.1.3. Demir Çelik Ürünleri 6

1.2. Dünya Demir Çelik Sektörü 8

1.2.1. Dünya Ham Çelik Üretimi 9

1.2.2. Dünya Demir Çelik Ticareti 11

1.3. Türkiye Demir Çelik Sektörü 14

1.3.1. Türkiye Ham Çelik Üretimi 15

1.3.2. Demir Çelik Sektörünün Türkiye Ekonomisindeki Yeri 17

1.3.3. Demir Çelik Sanayi Ürünleri ve Kullanım Alanları 19

2. DEMİR ÇELİK İŞLETMESİNDE SATIŞ TAHMİNİ ÜZERİNDE ETKİLİ FAKTÖRLER **22**

2.1. Literatür Taraması 22

2.2. Akademik Literatürde Kullanılan Değişkenler 30

2.2.1. Enflasyon 31

2.2.2. Gayri Safi Yurt İçi Hasıla 32

2.2.3. Faiz 33

2.2.4. Döviz Kuru 33

2.2.5. Tüketici Güven Endeksi 35

2.2.6. İmalat Sanayi Endeksi 35

3. MATERYAL VE METOT **37**

3.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı 37

3.2. Araştırmanın Kısıtları 38

3.3. Analizde Kullanılan Değişkenler 39

3.3.1. Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) 39

3.3.2. Gösterge Faiz Oranı 40
3.3.3. Döviz Kuru (USD/TL) 40
3.3.4. Tüketici Güven Endeksi 40
3.3.5. Satın Alma Müdürleri Endeksi (PMI) 40
3.3.6. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) 41
3.4. Analizde Kullanılan Yöntemler 41
3.4.1. Korelasyon Katsayısı ve Determinasyon Katsayısı 43
3.4.2. En Küçük Kareler Yöntemi ile Regresyon Analizi 44
3.4.3. Yapay Sinir Ağları 48
3.4.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı 48
3.4.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri 49
3.4.3.3. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları 51
3.4.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları 52
3.4.3.5. Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları 52
3.4.3.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı 53
3.4.3.7. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması 58
3.4.3.8. Yapay Sinir Ağlarının Temel Öğrenme Kuralları 60
3.4.3.9. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi 62
3.4.3.10. Yapay Sinir Ağları ile Alandaki Alternatif Yöntemler 64
4. BİR DEMİR ÇELİK İŞLETMESİNDE SATIŞA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ 67
4.1. Tanımlayıcı İstatistikler 67
4.2. Regresyon Bulguları 69
4.3. Yapay Sinir Ağı Sonuçları ve Bulgular 71
4.3.1. Modelin Tasarımı 71
4.3.2. Modelin Eğitimi ve Testi 75
4.3.3. Yapay Sinir Ağı Bulguları 86
4.4. Bulguların Değerlendirilmesi 88
SONUÇ 91
KAYNAKÇA 96
EKLER 102
Ek 1: Türkiye Çelik Haritası 102
ÖZ GEÇMİŞ 103

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Dünyada Çelik Üretiminin Yöntemlere Göre Dağılımı 6
Tablo 1.2: Dünyada Ham Çelik Üretimi.....10
Tablo 1.3: Dünya İhracatının Ürünlere Göre Dağılımı.....11
Tablo 1.4: Önemli İhracatçı Ülkeler.....12
Tablo 1.5: Önemli İthalatçı Ülkeler.....13
Tablo 1.6: Ülkelere Göre Çelik Kullanımı 13
Tablo 1.7: Yıllara Göre Türkiye Ham Çelik Üretimi ve Tüketimi.....17
Tablo 1.8: Yıllara Göre Türkiye Demir Çelik İhracatı ve İthalatı 18
Tablo 1.9: Türkiye'nin İhracatın İlk 20 Fasıl İçinde Demir Çelik ve Demir Çelik Hammaddesi Kullanan Sektörler (2021) 18
Tablo 2.1: Satışı veya Talebi Belirleyen Faktörler.....29
Tablo 3.1: Kullanılan Aylık Parametreler.....39
Tablo 3.2: YSA ve Geleneksel Talep Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması ...65
Tablo 4.1: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler 67
Tablo 4.2: Regresyon Modellerinin Değişken Katsayıları 70
Tablo 4.3: Regresyon Modellerinin Olasılık Değerleri 70
Tablo 4.4: Model 1 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri.....76
Tablo 4.5: Model 2 İçin Sinir Ağları Performans Değerleri.....77
Tablo 4.6: Model 3 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri.....80
Tablo 4.7: Model 4 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri.....82
Tablo 4.8: Model 5 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri.....84
Tablo 4.9: Modellerin Performansları Açısından İlişki Değerleri.....86
Tablo 4.10: Modellerin Hata Ölçüm Değerleri.....86
Tablo 4.11: Model Performansına Katkıda Bulunan Değişkenlerin Önem Sıralaması.....87
Tablo 4.12: Model Performansına Katkıda Bulunan Değişkenlerin Önem Sırası.88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Yıllara Göre Dünya Çelik Üretimi (Milyon Ton) 8
Şekil 1.2: Dünya Ekonomisindeki ve Çelik Üretimindeki Büyüme 9
Şekil 3.1: Regresyon Doğrusu 46
Şekil 3.2: Yapay Sinir Ağı Kara Kutu Yapısı.....54
Şekil 3.3: Yapay Sinir Ağları İşlem Süreci.....55
Şekil 3.4: Yapay Sinir Hücrelerinin Bileşenleri ve Matematiksel Yapısı 56
Şekil 3.5: İleri Beslemeli Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı.....59
Şekil 3.6: İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağı 60
Şekil 3.7: Yapay Sinir Ağı Öğrenme Eğrisi 63
Şekil 4.1: Uygulanan Modele İlişkin Adımlar İçin Akış Şeması 72
Şekil 4.2: Uygulanan Satış Tahmin Modeli Girdi ve Çıktıları 73
Şekil 4.3: Uygulanan Yapay Sinir Ağları Modelinin Mimarisi.....74
Şekil 4.4: Model 1 İçin Performans İnceleme Grafikleri.....76
Şekil 4.5: Model 1 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı.....77
Şekil 4.6: Model 2 İçin Performans İnceleme Grafikleri.....78
Şekil 4.7: Model 2 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı.....79
Şekil 4.8: Model 3 İçin Performans İnceleme Grafikleri.....80
Şekil 4.9: Model 3 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı.....81
Şekil 4.10: Model 4 İçin Performans İnceleme Grafikleri.....82
Şekil 4.11: Model 4 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı.....83
Şekil 4.12: Model 5 İçin Performans İnceleme Grafikleri.....84
Şekil 4.13: Model 5 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı.....85

KISALTMALAR LİSTESİ

AKÇT	: Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu
ANN	: Yapay Sinir Ağı
BOF	: Bazik Oksijen Fırını
EAO	: Elektrik Ark Ocaklı
ÇİB	: Çelik İhracatçıları Birliği
DTÖ	: Dünya Ticaret Örgütü
EKK	: En Küçük Kareler Yöntemi
GDP	: Milli Gelir (Gayrı Safi Yurtiçi Hasıla)
GSMH	: Gayrı Safi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayrı Safi Yurtiçi Hasıla
IISI	: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü
İSO	: İstanbul Sanayi Odası
LM	: Levenberg Marquardt Algoritması
MKE	: Makine Kimya Endüstrisi
PMI	: Satın Alma Müdürleri Endeksi
TCMB	: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TÇÜD	: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği
TGE	: Tüketici Güven Endeksi
TÜFE	: Tüketici Fiyat Endeksi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ÜFE	: Üretici Fiyat Endeksi
YSA	: Yapay Sinir Ağı

GİRİŞ

İşletmeler ürettikleri ürünleri satarak gelir elde eder ve faaliyetlerini sürdürürler. Gelecek dönemde ne kadar satış yapılabileceğini tahmin etmek, işletmelerin üretim ve diğer faaliyetlerini etkileyen sürekli bir gereklilik olarak görülür.

Yaşanan global krizler veya ülkelerin ekonomik durumundaki değişiklikler işletmelerin ürettiği ürünlere olan talebi etkileyebilmektedir. Ürünün satış miktarındaki olası değişikliklere neden olan makro ekonomik göstergelerin veya işletme içi ve dışı diğer faktörlerin belirlenmesi işletmelerin yapacağı satış tahminleri için önemli rol oynayabilmektedir.

İşletmeler için satış tahmini, gelecek olayların öngörülmesi anlamına gelmektedir. Bu öngörü yapılırken geçmiş verilerden istatistiksel yöntemler ve matematiksel modellerle analiz yapılarak veya sahadan bilgiler alınarak bir sonuca ulaşılabilmektedir. Bazen de yöneticilerin veya uzmanların deneyimlerinden elde ettiği çıkarımlarla sonuç elde edilebilir. Yapılan bir tahmin belli bir ürüne veya mal grubuna uygulanabilirken, başka bir ürün için doğru sonuç vermeyebilir. Her ürün türü için piyasa dinamikleri farklı işliyor, farklı parametrelerden etkileniyor olabilmektedir.

Demir çelik işletmeleri ürettiği ürünler ile otomotiv, beyaz eşya, makine sanayisi, ambalaj endüstrisi ve inşaat gibi birçok alt endüstri dallarına hammadde sağlamaktadır. Bu anlamda, demir çelik sektöründe yaşanan gelişmeler ve atılımların ilgili alt sektörlerin gelişimine de katkı sağlayacağı düşünülebilir. Demir çelik sektöründeki duraksama ve gerileme ise, diğer sektörlerle olan ilişkisi sebebiyle gösterge niteliği taşımaktadır. Başka bir deyişle ülkelerin çelik üretim ve tüketimi sanayileşmesiyle doğrudan ilgili olabilmektedir denilebilir.

Türkiye'de demir çelik sektörünün üretimi son yıllarda ülke büyümesinin üstünde bir artış yakalamıştır. Demir çelik sektörü ihracatta %9,9'luk direkt paya sahiptir. Bununla birlikte diğer ihracat kalemleri olan otomotiv, makine sanayi, beyaz eşya ve inşaat gibi demir çelik ürünlerini hammadde olarak kullanan endüstri dallarında da katkısı yüksektir. Etki ettiği diğer endüstri dalları da dikkate

alındığında ülke ihracatının %40'lık diliminde etkisi olduğu görülmektedir (ÇİB, 2022).

Türkiye'de 2021 yılı itibariyle 3 bazik oksijen fırınlı, 26 elektrik ark ocaklı (EAO) ve 11 indüksiyon ocaklı çelik fabrikası bulunmaktadır. Türkiye 2000 yılında dünya ham çelik üretimine göre 17. sırada iken, 2010 yılında 10.sırada yer almış ve 2021 yılına gelindiğinde son yirmi yılda üretimini yaklaşık üçe katlayarak dünyada 7., Avrupa'da ise 2. sıraya yükselmiştir. 2000 ila 2011 yılları arasında en hızlı büyüyen üç çelik üreticisi Çin, Hindistan ve Türkiye olmuştur. Türkiye'nin ham çelik üretimi 2000 yılından bu yana kayda değer bir artış göstermiş, 2000 yılında 14,3 milyon ton olan üretim 2021 yılında 40,4 milyon tona ulaşmıştır. 2021 yılında dünya toplam çelik üretimi, 2020 yılına göre %3,7 artmış ve 1,95 milyar ton seviyesine yükselmiştir. Türkiye çelik üretimi ise son bir yılda %12,7 oranında artış kaydetmiştir. Demir çelik sektörü ihracatta %9,9'luk direkt paya sahiptir (ÇİB, 2022). Bununla birlikte diğer ihracat kalemleri olan otomotiv, makine sanayi, beyaz eşya ve inşaat gibi demir çelik ürünlerini hammadde olarak kullanan endüstri dallarında da katkısı yüksektir. Gerek ihracata ve ekonomiye katkısı gerekse diğer sektörleri besleyen ana sektör olması nedeniyle demir çelik sektöründe gelecek dönem satışlarının tahmin edilmesinin önemli olacağı değerlendirilmiştir.

Satış tahminleri ile ilgili literatür incelendiğinde enerji sektörü, petrol, turizm, perakende ve konut sektörü gibi çok farklı sektörler için bilimsel çalışmalara rastlanmıştır. Yurtiçi ve yurtdışında yapılan çalışmalarda satışı etkileyen faktörler incelenmiştir. Metal veya demir çelik sektörüyle ilgili az sayıda ve özellikle Türkiye dışı uygulamalı çalışmalara rastlanmıştır. Türkiye'de demir çelik sektöründe veya ana metal sanayisinde satış tahmini ve satış tahminine etki eden faktörler üzerinde oldukça kısıtlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu durum çalışmamızın önemini artırmaktadır. Ayrıca yapay sinir ağları (YSA) yöntemi kullanılarak Türkiye demir çelik sektöründe satış tahminini etkileyen faktörlerin araştırılması açısından literatüre katkı sağlayacaktır.

Çalışmanın amacı, demir çelik işletmesi için satış miktarına etki eden işletme dışı/içi kaynaklı faktörlerin literatür dikkate alınarak saptanması, YSA üzerinden modellenmesi ve satışın üzerinde etkili faktörlerin etki şiddetlerinin değerlendirilmesidir. Ayrıca elde edilen bulgu ve sonuçların karar vericiler ile

araştırmacılara sunulmasıdır. Bu kapsamda, ilgili literatürden analizde dikkate alınacak değişkenler tespit edilmiştir. Türkiye'de yassı çelik üretiminde faaliyet gösteren bir firmanın ürettiği beş ürün grubundan en çok satılan birer ürün seçilmiştir. Bu ürün grupları; soğuk haddelenmiş ürünler, galvanizli ürünler, levha ürünleri, sıcak haddelenmiş ürünler ve kalay kaplı ürünlerdir. Bu ürünler için Ocak 2010-Mart 2021 dönemine ait satış miktarları verisi ile ortalama fiyat bilgileri kullanılmıştır.

Satışı etkileyen faktörlerin etkilerinin incelendiği analizde YSA modeli oluşturulmuştur. Ayrıca YSA modeli ile elde edilen bulguların karşılaştırılması amacıyla doğrusal en küçük kareler (EKK) yöntemi ile regresyon analizi de gerçekleştirilmiştir. Her iki analizden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Yapılan çalışma ile demir çelik işletmeleri için hangi değişkenlerin satış tahminine etkisinin olduğu ve bu analizde YSA yönteminin kullanılmasının ne kadar etkili olduğu sorularına cevap aranmıştır.

Birinci bölümde, dünyada ve Türkiye'de demir çelik sektörü üretim, piyasa büyükleri ve üretilen ürünler açısından değerlendirilmiş, ürün çeşitleri ve kullanım alanları incelenmiştir. İkinci bölümde demir çelik talebini etkileyen faktörler literatür temel alınarak araştırılmıştır. Literatürde satış tahminleri yapılan çalışmalar demir çelik sektörü ve diğer sektörler için araştırılmış ve kullanılan faktörler ayrıca açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, bu çalışmada kurgulanan modeldeki satış tahminini etkileyen faktörlerin isimleri, bu verilerin kapsadığı dönemler ile kaynakları ve model kısıtları açıklanmıştır. Ayrıca analizde kullanılan temel yöntem olan YSA ile karşılaştırma için kullanılan EKK hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, elde edilen verilerle EKK ve YSA ile model oluşturulup analizler yapılmış ve uygulama sonuçları raporlanmıştır. Ayrıca EKK modeli ile YSA modelinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.

1. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ

1.1. Demir Çelik Sektörü ile İlgili Genel Bilgiler

Demir çelik işletmeleri, sermaye ve teknolojinin yoğun olarak kullanıldığı, kalifiye işgücü ihtiyacı yüksek, ağır sanayi işletmeleridir. İşletmeler demir ve çeliği üç aşamadan oluşan çeşitli yöntemlerle üretmektedir. Demir cevherinin arıtılmasından veya hurda demirin eritilip saflaştırılmasından başlayarak çeliğin belirli kalıplarda döküldüğü birinci aşamada kütük ve slab gibi ara mamuller elde edilmektedir. İkinci aşamada sıcak ve soğuk haddeleme yöntemleriyle sac, levha, boru, çubuk, profil, tel, haline getirilmektedir. Üçüncü aşamada ise ısıl işlemler sonrasında çinko, kalay, krom gibi maddelerle kaplamaları yapılarak kaplamalı demir çelik ürünleri üretilmektedir.

Demir çelik sektörünün dünyadaki ekonomik gelişmelerle ve ülkelerin ekonomik gücüyle doğrudan ilişkili olduğu ifade edilir. Sektörün önemi birçok sanayi dalına girdi sağlamasından kaynaklanmaktadır. Ekonomik kalkınmanın göstergelerinden biri de demir çelik sanayisinin güçlü olması olarak kabul edilir. Global piyasada rekabetin gün geçtikçe zorlaşması ve hızla gelişen üretim teknolojileri sebebiyle demir çelik işletmeleri teknolojisini sürekli yenilemek zorunda kalabilmektedir. Yeni çelik alaşımları (kaliteleri) ve yeni ürünler geliştirme ihtiyacından dolayı araştırma geliştirme faaliyetlerinin önemli bir yer tuttuğu söylenebilir (Christmas, 2006).

Demir çelik şirketlerinin başlangıçta kamu şirketleri olarak kurulduğu gözlenmiştir. Bunda ilk kuruluş maliyetleri ile işletme giderlerinin yüksek olmasının payı olduğu söylenebilir. Ayrıca ülkelerin savunma sanayisi ve endüstrilerinin gelişimi için stratejik önemde olması da kamu tarafından kurulmasına neden olmaktadır. Ancak 2000'li yıllardan itibaren demir çelik ürünleri ticari bir ürün olarak algılanmaya başlanmış, özelleştirmelerle mevcut şirketlerin mülkiyet yapısı değişmiş ve özel sektör demir çelik üretimindeki payını arttırmaya başlamıştır. Global piyasalarda önceki yıllarda fazla kapasiteler nedeniyle, kâr marjı düşük olduğundan yatırımcılar tarafından cazip bir sektör olarak görülmezken, 2000'li yıllardan itibaren demir çelik ürünlerine yaşanan talep

artışı nedeniyle yatırımcıların önem verdiği sektörlerden biri halini almıştır (Akman, 2007).

Dünyada yaşanan gelişmelerle birlikte çelik endüstrisindeki işletmeler de değişim yaşamıştır. Standart ürünlerin üretildiği üretim odaklı anlayıştan, müşteri ihtiyaç ve taleplerine yönelik ürün geliştirerek müşteri odaklılığa, üretim miktarından ziyade karlılık ve katma değerli ürünlerin arttırılmasına doğru bir yönelim gözlenmiştir.

1.1.1. Çeliğin Tanımı

Çelik bir demir ve karbon alaşımıdır. İçeriğinde karbon (%2'den daha az) ve manganez ile birlikte az miktarda sülfür, fosfor, silikon ve oksijen içermektedir. Çeliğin özellikleri içeriğindeki karbon ve diğer elementlerin oranlarının ayarlanmasıyla farklılaştırılabilir. Çelik, sağlam ve esnek olması, doğada yüksek miktarda bulunması ve geri dönüştürülebilir olması nedeniyle önemli bir mühendislik malzemesidir (Callister, 1997).

Çelik, binlerce yıl boyunca insanlar tarafından üretilmekte ve kullanılmaktadır. Zaman içinde farklı yöntemlerle üretilen çelik değişik alanlarda kullanılabilmiştir. İlk bulunmasından günümüze kadar tarım ve savunma dahil birçok alanda insanlar için bir güç ve üstünlük kaynağı olmuştur. Demir ve çelik ürünlerinin aşağıdaki özellikleri nedeniyle insanlık için önemli bir ürün olduğu düşünülmektedir (Callister, 1997):

- Uzun ömürlülük
- Dayanıklılık
- Ekonomik olması
- Geri dönüştürülebilir, çevre dostu
- Temel sanayi girdisi
- Geniş kullanım alanı

1.1.2. Çelik Üretim Yöntemleri

Çeliğin üretimi temelde iki yöntemle yapılmaktadır. Birinci yöntemde elektrik ark ocaklarında (EAO) hurdanın ergitilip tekrar dökülmesi yoluyla, ikinci

yöntemde ise bazik oksijen fırınlarında (BOF) demir cevheri, kok ve kireç taşının ergitilmesi yoluyla çelik üretilmektedir.

Tablo 1.1: Dünyada Çelik Üretiminin Yöntemlere Göre Dağılımı

Ülke	Oksijen (%)	Elektrik (%)	Diğer (%)
AB-27	56,1	43,9	
Rusya	59	39	2
ABD	30,8	69,2	
Brezilya	75,2	23,6	1,2
Orta Doğu	6	94	
Çin	89,4	10,6	
Hindistan	44,8	55,2	
Japonya	74,7	25,3	
G.Kore	68,2	31,8	
Tayvan	60,5	39,5	
Türkiye	28,4	71,6	2,1
Dünya	70,8	28,9	0,3

Kaynak: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI), "World Steel in Figures 2022,"

Tablo 1.1'de dünya ham çelik üretiminin, çelik üretim yöntemlerine göre dağılım bilgisi verilmiştir. Dünyanın en büyük çelik üreticisi Çin, ham çelik üretiminin %89,4 gibi büyük bir oranını entegre tesislerde gerçekleştirirken, EAO tesislerde üretiminin %10,6'lık kısmını gerçekleştirmiştir. Asya ülkelerinin tümünde, entegre tesislerin payı EAO tesislere göre daha yüksektir. Avrupa Birliğinde çeliğin %56,1'i entegre tesislerde ve %43,9'u EAO tesislerde üretilmiştir. Türkiye'de ise bu oran %28,4 entegre tesislerde, %71,6 EAO tesislerde gerçekleşmiştir. Buna göre 2021 yılında dünyada üretilen ham çeliğin %70,8'i entegre tesislerde, %28,9'u EAO tesislerde ve %0,3'ü artık çok fazla kullanımı kalmayan açık ocak teknolojisi gibi diğer yöntemlerle üretilmiştir.

1.1.3. Demir Çelik Ürünleri

Demir- çelik işletmelerinde üretilen ürünleri yassı ürünler ve uzun ürünler şeklinde iki ana gruba ayırmak mümkündür. Uzun ürünler üretilirken yarı mamul olarak kütük, yassı ürünler üretilirken ise yarı mamul olarak slab kullanılır. Slab ve kütük yarı mamulleri sıvı haldeki çeliğin kalıplara sürekli olarak dökülüp katılaştırılması yöntemiyle üretilir. Farklı boyutlarda olabilen ve dikdörtgen kesite sahip şekildedirler.

Uzun çelik ürünleri aşağıdaki gibi dört grupta toplanabilir (İsdemir, 2022; Kardemir, 2022).

• Nervürlü inşaat çelikleri

• Köşebent ve profil çelikleri

• Otomotiv yan sanayisinde kullanılan krom alaşımlı çelikler, çivi ve tel çelikleri

• Demiryolu ray çelikleri

Yassı çelik ürünleri aşağıdaki gibi beş ana grupta incelenebilir (Erdemir, 2022a).;

• Belirli bir sıcaklıktaki slab yarı mamulünün sıcak olarak haddelenmesi sonucu elde edilen ve kalınlıkları 25 mm'den az olan yassı çelik ürünleri.

• Belirli bir sıcaklıktaki slab yarı mamulünün sıcak olarak haddelenmesi sonucu elde edilen ve kalınlıkları 6-200 mm aralığında değişen levha yassı çelik ürünleri.

• Sıcak haddelenmiş yassı çeliğin, soğuk haddelenmesi sonucu elde edilen ve kalınlıkları 0,20-2,00 mm aralığında değişen rulo veya sac şeklindeki yassı çelik ürünleri.

• Soğuk haddelenmiş yassı çeliğin sıcak daldırma yöntemi ile her iki yüzeyinin de çinko tabakasıyla kaplanması sonucu elde edilen galvanize yassı çelik ürünleri.

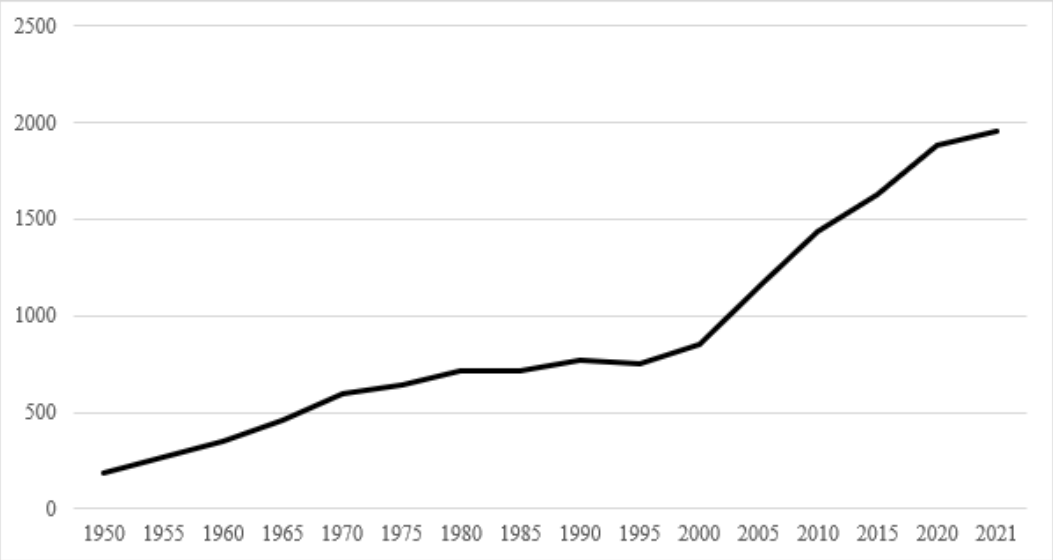
• Soğuk haddelenmiş yassı çeliğin elektroliz yöntemiyle krom veya kalay kaplanmasıyla elde edilen ve kalınlıkları 0,12-0,60 mm aralığında değişen rulo veya sac şeklindeki düşük karbonlu ve yumuşak yassı çelik ürünleri.

Çelik, uzun yıllar önce icat edilmiş bir malzeme olmasına rağmen, her geçen gün yeni çelik alaşımları geliştirilmekte ve buna bağlı olarak çeliğin kullanım alanları genişlemektedir. Örneğin otomobil üretiminde çok farklı çelik türleri kullanılmaktadır. Çelik ürünlerinin üstün özellikleri olmakla birlikte, kullanım alanlarına göre alüminyum, cam, plastik, ahşap gibi malzemeler ile rekabet halinde olduğu gözlenebilir.

1.2. Dünya Demir Çelik Sektörü

Dünyada 1800'lü yıllarda başlayan çelik üretimi, son yıllarda 1 milyar tonu aşan miktarlara ulaşmıştır. Dünyada çelik üretimi 1950 yılından 1970 yılına kadar hızlı bir artış göstermiş, sonrasında ise 2000'li yıllara kadar yavaş artan, dalgalı bir seyir izlemiştir.

Şekil 1.1: Yıllara Göre Dünya Çelik Üretimi (Milyon Ton)



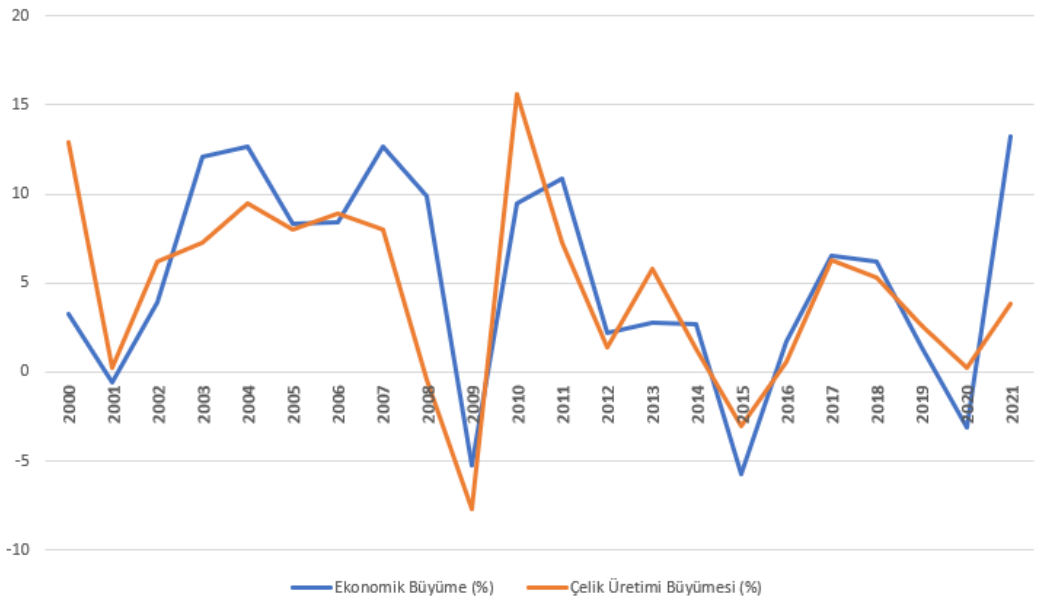
Kaynak: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI), "World Steel in Figures 2022"

Şekil 1.1'de 1950-2021 yılları arasındaki dünya çelik üretiminin grafiği gösterilmiştir. Dünya toplam çelik üretimi 1994 yılından itibaren artış trendine girmiştir. 2000 yılından sonra artış daha da hızlanmıştır. 2000 yılından sonra görülen bu hızlı artışta Çin Halk Cumhuriyeti'nin de etkisi olduğu görülmektedir. Dünya ham çelik üretimi 2000 yılında 847 milyon ton iken, tarihinde ilk olarak 2004 yılında 1 milyar ton seviyesini aşmıştır. 2021 yılında ise 1,950 milyar ton seviyesine ulaşmış ve son 15 yıl içinde yaklaşık olarak iki katına yükselmiştir. Çin, Hindistan, ABD, Japonya ve AB ülkeleri dünyada üretilen toplam çeliğin %75'ini üretmişlerdir (IISI, 2022).

Dünyada çelik üretim miktarının artmasının ülkelerin ekonomik büyümeleri ile ilişkili olduğu görülmüştür. Dünya ekonomisinin hızlı büyüdüğü dönemlerde çelik talebi de artmaktadır. 2000 yılından 2007 yılının sonuna kadar dünya gayri safi milli hasıla, yıllık ortalama %7,6 oranla büyüme göstermiştir. Aynı dönemde

dünya çelik üretiminin de artışı yıllık ortalama %7,6 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 1.2).

Şekil 1.2: Dünya Ekonomisindeki ve Çelik Üretimindeki Büyüme



Kaynak: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI), "World Steel in Figures 2022" ve MacroTrends, "World GDP 1960-2022" https://www.macrotrends.net/countries/WLD/world/gdp-gross-domestic-product (Erişim Tarihi: 28.09.2022).

Şekil 1.2'de 2000-2021 yılları arasında dünyanın ekonomik büyüme oranları ve çelik üretiminin artış oranları verilmiştir. Bu 20 yıllık dönemde dünyada çelik üretiminin büyük kısmını gerçekleştiren ülkelerde büyüme oranlarının yıllık ortalaması %6 seviyelerine kadar çıkmıştır. Dünya nüfusunun, yaklaşık 15 yılda bir, bir milyar kişi artması ve sanayileşme ile birlikte gelen refah seviyesinin yükselmesi çelik tüketimini arttıran sebeplerden biri olduğu söylenebilir. 2022 yılında dünya gayri safi milli hasılasının yaklaşık %70'ini oluşturan Çin, Hindistan, Japonya, ABD ve AB ülkeleri toplam çelik üretiminin de yaklaşık %75'ini gerçekleştirmektedirler (IISI, 2022).

Dünya çelik üretimi ve büyüme grafiklerine bakıldığında, dünyada ülkelerin ekonomik büyükleri ile çelik üretiminde ve tüketiminde benzer büyüklüklere ve paya sahip oldukları sonucu çıkarılabilmektedir.

1.2.1. Dünya Ham Çelik Üretimi

Dünyada 2021 yılında üretilen toplam 1 milyar 953 milyon tonluk ham çeliğin Çin %52,9'unu, Hindistan %6,1'ini ve %12,4'ünü diğer Asya ülkeleri

üretmiştir. Asya bölgesinde toplam ham çelik üretiminin %71,4'ü gerçekleştirilmiştir. Amerika kıtası ülkeleri toplam ham çeliğin %7,2'sini üretirken kalan, %10,4'ü Avrupa ülkelerinde üretilmiştir.

Tablo 1.2: Dünyada Ham Çelik Üretimi

Sıra	Ülke	2000 (Milyon Ton)	Pay (%)	Ülke	2010 (Milyon Ton)	Pay (%)	Ülke	2021 (Milyon Ton)	Pay (%)
1	Çin	127,2	15,0	Çin	626,7	44,3	Çin	1.032,8	52,9
2	Japonya	106,4	12,6	Japonya	109,6	7,8	Hindistan	118,2	6,1
3	ABD	101,8	12,0	ABD	80,5	5,7	Japonya	96,3	4,9
4	Rusya	59,1	7,0	Hindistan	68,3	4,8	ABD	85,8	4,4
5	Almanya	46,4	5,5	Rusya	66,9	4,7	Rusya	75,6	3,9
6	G.Kore	43,1	5,1	G.Kore	58,4	4,1	G.Kore	70,4	3,6
7	Ukrayna	31,8	3,8	Almanya	43,8	3,1	Türkiye	40,4	2,1
8	Brezilya	27,9	3,3	Ukrayna	33,4	2,4	Almanya	40,1	2,1
9	Hindistan	26,9	3,2	Brezilya	32,9	2,3	Brezilya	36,2	1,9
10	İtalya	26,8	3,2	Türkiye	29,1	2,1	İran	28,5	1,5
11	Fransa	21,0	2,5	İtalya	25,8	1,8	İtalya	24,4	1,2
12	Tayvan	16,8	2,0	Tayvan	19,8	1,4	Tayvan	23,2	1,2
13	Kanada	16,6	2,0	Meksika	16,7	1,2	Vietnam	23,0	1,2
14	İspanya	15,9	1,9	İspanya	16,3	1,2	Ukrayna	21,4	1,1
15	Meksika	15,6	1,8	Fransa	15,4	1,1	Meksika	18,5	0,9
16	İngiltere	15,2	1,8	Kanada	13,0	0,9	Endonezya	14,3	0,7
17	Türkiye	14,3	1,7	İran	12,0	0,8	İspanya	14,2	0,7
18	Belçika	11,6	1,4	İngiltere	9,7	0,7	Fransa	13,9	0,7
19	Polonya	10,5	1,2	Polonya	8,0	0,6	Kanada	13,0	0,7
20	G.Afrika	8,5	1,0	Belçika	8,0	0,6	Mısır	10,3	0,5
	Dünya	847,6	100,0		1.413,5	100,0	Dünya	1.953,3	100,0

Kaynak: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI) "World Steel in Figures 2022", "World Steel in Figures 2011", "World Steel in Figures 2001" kaynakları kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1.2'de dünyada ham çelik üretimin en yüksek olduğu ilk 20 ülkenin 2000, 2010 ve 2021 yıllarına ait üretim miktarları ve dünya toplam ham çelik üretimindeki payları verilmiştir. Türkiye, 2000 yılında toplam 14,3 milyon ton ham çelik üretimi ile dünyada 17.sırada iken, 2010 yılında 29,1 milyon ton üretimle 10. sıraya yükselmiştir. 2021 yılında ise 40,4 milyon ton ham çelik üretimi yaparak Avrupa'da 2., dünyada 7. sırada yer almıştır.

2021 yılında Çin, Hindistan ve Türkiye gibi ülkelerde çelik üretiminin arttığı gözlenmiştir. Bunun sebepleri arasında, gelişmekte olan ülkelerin sanayileşme ve altyapı yatırımlarını tamamlamak için çeliği talep etmesi gösterilebilir. Bununla birlikte, çelik üreticisi şirketlerin maliyet avantajları nedeniyle ucuz işçilik, hammadde kaynaklarına yakınlık ve pazara yakınlık gibi nedenlerle de üretimlerini bu tip ülkelerde gerçekleştirmesi sebepler arasında gösterilebilir. Bunda ayrıca, ağır

sanayi olan çelik üretimine çevreyi koruma baskılarının da etkisi olduğu düşünülebilir.

1.2.2. Dünya Demir Çelik Ticareti

1994 yılında Dünya Ticaret Örgütünün (DTÖ) kurulması ve çoğu ülkenin örgüte katılım göstermesiyle ülkeler arasında ticaret ve iş birliği imkanları artmıştır. Yapılan iş birlikleriyle uluslararası ticaretin önündeki engeller azalmaya başlamış, ülkeler arasındaki ticaret hacmi genişlemiş ve yabancı sermaye yatırımlarında gelişmeler kaydedilmiştir. Çelik sektörü de bu iş birlikleri ve serbestleşmeden faydalanmış ve sektördeki uluslararası ticaret canlanmıştır.

IISI 2021 yılı dünya çelik sektörü istatistiklerine göre, 2021 yılında dünya genelinde üretilen toplam demir çelik ürünlerinin %25,2'lik kısmı ihracata konu edilmiştir. Bu oran bir önceki yıl olan 2020 yılında %23,1 olmuştur (IISI, 2022). Dünya Ticaret Örgütü istatistiki verilerine göre ise, demir çelik ürünleri ihracatı dünya toplam ticari mallar ihracatının %2,1'i oranındadır. 2020 yılında 17,647 trilyon dolar olan toplam dünya ihracatının 365 milyar dolarlık kısmını demir çelik ürünlerinin ihracatı oluşturmuştur. 2015 yılından 2020 yılına kadar geçen beş yıllık süreçte, demir çelik ürünleri ihracatı toplam emtia ihracatı içinde %0,2'lik düşüş yaşamıştır (Tablo 1.3).

Tablo 1.3: Dünya İhracatının Ürünlere Göre Dağılımı

İhracat	**2015 (Milyar USD)**	**2020 (Milyar USD)**	**2015 (%)**	**2020 (%)**
Tarım Ürünleri	1.564	1.803	9,4	10,2
Petrol ve Doğal Kaynaklar	2.381	2.326	14,4	13,2
Ürünler	11.227	12.131	67,8	68,7
Demir Çelik	379	365	2,3	2,1
Kimyasallar	1.844	2.205	11,1	12,5
Makine ve Nakliye Gereçleri	5.678	6.146	34,3	34,8
Tekstil	289	328	1,7	1,9
Hazır Giyim	453	449	2,7	2,5
Diğer	2.584	2.637	15,6	14,9
Toplam	16.557	17.647		

Kaynak: Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ), "https://wto.org.tr" (Erişim Tarihi:29.09.2022)

Ancak demir çelik ürünleri, 2020 yılında toplam ihracatın %34,8'ini oluşturan makine ve nakliye gereçleri başta olmak üzere pek çok sektörün en önemli girdi malzemesi arasındadır. Diğer sektörlere olan etkisi de dikkate

alındığında, demir çelik sektörünün dünya emtia ticareti üzerindeki etkisinin, %2,1'den daha yüksek olduğu kabul edilebilir.

Tablo 1.4: Önemli İhracatçı Ülkeler

Sıra	Ülke	2000 İhracat (Milyon Ton)	Sıra	Ülke	2011 İhracat (Milyon Ton)	Sıra	Ülke	2021 İhracat (Milyon Ton)
1	Japonya	28,5	1	Çin	47,9	1	Çin	66,2
2	Rusya	27,5	2	Japonya	40,7	2	Japonya	33,8
3	Almanya	24,6	3	G.Kore	28,9	3	Rusya	32,6
4	Ukrayna	22,3	4	Almanya	26,4	4	G.Kore	26,8
5	Belçika	21,8	5	Ukrayna	26,0	5	Almanya	23,9
6	Fransa	17,5	6	Rusya	24,7	6	Türkiye	22,1
7	G.Kore	13,9	7	İtalya	17,2	7	Hindistan	20,4
8	İtalya	11,8	8	Türkiye	17,0	8	İtalya	17,2
9	Çin	10,8	9	Belçika	16,4	9	Ukrayna	15,7
10	Brezilya	9,6	10	Fransa	14,2	10	Belçika	15,5
11	Tayvan	8,3	11	ABD	13,3	11	Fransa	12,6
12	İngiltere	7,8	12	Brezilya	10,8	12	Brezilya	11,5
13	Türkiye	7,5	13	Tayvan	10,6	13	Vietnam	11,2
14	Hollanda	6,4	14	Hollanda	10,4	14	Tayvan	10,8
15	ABD	6,2	15	Hindistan	10,2	15	Hollanda	10,1

Kaynak: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI) "World Steel in Figures 2022", "World Steel in Figures 2011", "World Steel in Figures 2001" kaynakları kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

IISI tarafından hazırlanan Tablo 1.4'deki verilere göre, 2021 yılında dünyada en fazla çelik ihracatı yapan ülkeler sırasıyla Çin, Japonya, Rusya, G. Kore ve Avrupa Birliği olmuştur. Bu ülkelerin ihracatları toplamı, dünya toplam ihracatının yaklaşık yarısı oranındadır. 2021 yılında, Çin 66,2 milyon ton demir çelik ihracatı gerçekleştirerek dünyada en fazla demir çelik ihracatı yapan ülke olmuştur. Çin'i 33,8 milyon ton ile Japonya, 32,6 milyon ton ile Rusya, 26,8 milyon ton ile Güney Kore ve 23,9 milyon ton ile Almanya takip etmiştir. Çin 2000 ila 2010 yılları arasında ihracatını yaklaşık beş kat, 2021 yılına kadar ise yedi kat artırarak, dünya ihracatçı ülkeler sıralamasında 9. Sıradan birinci sıraya yükselmiştir. Türkiye'nin demir çelik ihracat miktarı 2000 yılından itibaren artmıştır. 2000 yılında 7,5 milyon ton olan ihracatını yaklaşık 2021 yılı itibariyle yaklaşık üç katına yükseltmiştir. 2021 yılında 22,1 milyon tonluk ihracat gerçekleştirmiş ve dünya sıralamasında Almanya'dan sonra 7. sırada yer almıştır.

Tablo 1.5: Önemli İthalatçı Ülkeler

Sıra	Ülke	2000 İthalat (Milyon Ton)	Sıra	Ülke	2011 İthalat (Milyon Ton)	Sıra	Ülke	2021 İthalat (Milyon Ton)
1	ABD	34,8	1	ABD	26,9	1	ABD	29,7
2	Çin	20,8	2	Almanya	24,9	2	Çin	27,8
3	Almanya	20,4	3	G.Kore	22,8	3	Almanya	23,3
4	Fransa	17,1	4	İtalya	17,5	4	İtalya	20,8
5	İtalya	16,7	5	Çin	16,3	5	Türkiye	16,2
6	Tayvan	13,0	6	Fransa	14,7	6	Tayland	15,7
7	Belçika	12,9	7	Belçika	13,3	7	Meksika	15,1
8	G.Kore	11,4	8	Tayland	12,5	8	G.Kore	14,1
9	İspanya	9,4	9	Türkiye	10,3	9	Polonya	13,7
10	Kanada	8,8	10	Vietnam	9,3	10	Belçika	13,7
11	Hong Kong	8,1	11	Kanada	9,2	11	Fransa	13,3
12	İngiltere	7,7	12	Endonezya	8,6	12	Vietnam	13,0
13	Türkiye	7,2	13	İspanya	8,5	13	Hollanda	10,5
14	Tayland	5,9	14	İran	8,4	14	Endonezya	10,2
15	Hollanda	5,9	15	Hollanda	8,3	15	İspanya	10,1

Kaynak: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI) "World Steel in Figures 2022", "World Steel in Figures 2011", "World Steel in Figures 2001" kaynakları kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1.5'de dünyanın önemli ithalatçı ülkeleri görülmektedir. Demir çelik ticaretinin ithalat kısmında ise, 2021 yılında dünyada en fazla çelik ithalatı yapan ülkeler sırasıyla ABD, Çin, Almanya, İtalya ve Türkiye olarak gerçekleşmiştir. ABD 29,7 milyon ton demir çelik ürünleri ithalatı yaparak ithalatçı ülkeler arasında birinci sırada yer alırken, ABD'yi, 27,8 milyon ton ile Çin, 23,3 milyon ton ile Almanya, 20,8 milyon ton ile İtalya ve 16,2 milyon ton ile Türkiye takip etmiştir. Türkiye 2000 yılında 7,2 milyon ton ithalat gerçekleştirirken 20 yılda iki kattan fazla artışla 16,2 milyon ton miktara ulaşmıştır. 2021 yılında dünya ithalatçı ülkeler arasında İtalya'nın hemen arkasında yer alan Türkiye, dünyada beşinci sırada yer almıştır.

Tablo 1.6: Ülkelere Göre Çelik Kullanımı

Sıra	Ülke	2021 Tüketim (%)
1	Çin	51,9
2	Diğer Asya	9,5
3	Avrupa Birliği (27)	8,3
4	Diğer Ülkeler	7,8
5	NAFTA	7,5
6	Hindistan	5,8
7	Rusya + Diğer (BDT)	3,2
8	Japonya	3,1
9	Diğer Avrupa	2,8

Kaynak: Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI), "World Steel in Figures 2022"

Tablo 1.6'da gösterilen çelik tüketiminin ülkeler ve bölgeler bazında dağılımına bakıldığında Çin'in tek başına tüketimi, tüm dünyadaki tüketimin yarısı kadar olduğu görülmektedir. Çin dışındaki Hindistan, Japonya ve Diğer Asya ülkelerini de topladığımızda, toplam çelik tüketiminin yaklaşık %75'inin Asya ülkelerinde olduğu görülebilir.

1.3. Türkiye Demir Çelik Sektörü

Türkiye'de demir çelik ürünleri, hurdaların elektrikli ark ocaklarında veya indüksiyon ocaklarında ergitildiği tesislerde veya demir cevherinin yüksek fırınlarda ergitildiği entegre tesislerde olmak üzere temelde iki yöntemle üretilmektedir. Demir çelik ürünlerinin, sanayinin ve kullanıcıların ihtiyaçlarına dönük farklı alaşım ve boyutlarda sayısız çeşidi ve kullanım alanı vardır. Teknolojideki gelişmeler ve araştırma geliştirme faaliyetleri ile çelik ürün çeşitliliği artmış ve sürekli artmaktadır. Çelik ürünleri genel olarak uzun ve yassı olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Sektör demir çelik ürünlerini kullanan otomotiv, beyaz eşya, makine sanayisi, ambalaj endüstrisi ve inşaat gibi birçok alt endüstri dallarına hammadde sağlamaktadır. Bu nedenle ülkelerin çelik üretim ve tüketimi sanayileşmesiyle doğrudan ilgilidir.

Türkiye'de, savunma sanayisine çelik üretmek amacıyla 1928 yılında Kırıkkale'de Makine Kimya Endüstrisi'nin (MKE) kurulmasıyla ilk demir çelik üretimi başlamıştır. Askeri amaçlarla kurulan MKE'den sonra 1939 yılında Karabük Demir Çelik Fabrikaları (Kardemir) Türkiye'nin ilk entegre demir çelik fabrikası olarak kurulmuştur. Kardemir uzun çelik ürünleri üretimi yaparken, oluşan yassı çelik ihtiyacını karşılamak üzere 1965 yılında Ereğli Demir Çelik Fabrikaları (Erdemir) kurularak yassı çelik üretimine başlamıştır. 2002 yılından itibaren Erdemir bünyesinde yer alan bir diğer entegre fabrika, İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İsdemir) da 1977 yılında kurulmuştur. Bu fabrikalar en temel hammadde olan demir cevherinden nihai ürün üretebilen entegre tesislerdir.

Entegre tesisler dışında 1960'lı yıllardan sonra özel sektöre ait elektrik ark ocaklı tesisler de kurulmuştur. Gerek kamu kuruluşları ve gerekse özel sektöre ait tesislerin faaliyetleri ile Türkiye 1980 yılında 4,2 milyon ton ham çelik üretim seviyesine ulaşmıştır. 2022 yılı itibariyle Türkiye'de 3 bazik oksijen fırınlı entegre tesis, 26 elektrik ark ocaklı (EAO) ve 11 indüksiyon ocaklı olmak üzere 40 çelik

fabrikası bulunmaktadır. Avrupa Birliği ile Türkiye arasında 1996 yılında imzalanan Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu (AKÇT) anlaşması ile Avrupa ülkelerine yapılan çelik ticaretindeki gümrük vergileri iki taraflı olarak kaldırılmıştır. İmzalanan anlaşma maddeleri uyarınca, Avrupa Birliği üyesi ülkelerle gümrük vergisi olmadan demir ve çelik ürünlerinin ticaretinin yapılması sağlanmıştır. Ayrıca, AKÇT anlaşması ile taraf devletler, çelik endüstrisine destek verememektedir (ÇİB, 2022).

1977 yılında bir kamu kuruluşu olarak kurulan İskenderun Demir Çelik Fabrikası uzun çelik ürünleri üretirken, 2002 yılında yassı ürün üretimine dönüştürülmesi amacıyla yine bir kamu kuruluşu olan Erdemir'e devredilmiştir. Erdemir, yılında yapılan ihale ile özelleştirilmiş ve iştirakleri ile birlikte ihaleyi kazanan Ordu Yardımlaşma Kurumu'na (OYAK) 2006 yılında devredilmiştir. Bu devir Türkiye demir çelik sektörünün üretilen ürünler ve sermaye yapısı olarak yeniden yapılanması açısından bir sönüm noktası olmuştur. Uzun üründen yassı ürün üretimine geçiş yapılarak yassı ürün üretimini arttırma hedeflenmiş ve dengesiz durum düzelerek ve ülkenin ekonomik çıkarlarına katkı sağlaması düşünülmüştür (Akman, 2007). Gelinen son durumda devlet çelik üretiminden çekilmiş ve Türkiye'de faaliyet gösteren çelik şirketlerinin tamamı özel sektöre ait olmuştur. Ülkemizin en gelişmiş sektörlerinden biri olan demir çelik sektörü, Türkiye ekonomisine sağladığı katkı açısından en büyük dördüncü sektör konumundadır (ÇİB, 2022).

1.3.1. Türkiye Ham Çelik Üretimi

Türkiye son yirmi yılda Çin ve Hindistan'ın ardından dünyada en hızlı büyüyen üçüncü çelik üreticisi ülke olmuştur. 2001 yılında dünyanın en büyük 10'uncu çelik üreticisi iken, 2021 yılında Almanya'yı geride bırakarak Avrupa'nın 2'inci, dünyanın 7'inci büyük çelik üreticisi konumuna yükselmiştir. Türkiye'nin toplam çelik üretimi son yirmi yılda büyük bir artış göstermiştir. 2001 yılında 15 milyon ton seviyesinde olan çelik üretimi 2021 yılının sonunda 40,4 milyon tona ulaşmıştır. 2021 yılında dünya genelinde çelik üretimi, 2020 yılına kıyasla %3,7 artmış ve 1,95 milyar tona yükselirken Türkiye çelik üretimi ise son bir yılda %12,7 oranında artış göstermiştir. Çelik endüstrisindeki büyümede güçlü iç tüketim etkili olmuştur. 2021 yılında Türkiye çelik tüketimi %13,2 artarak 33,4 milyon ton

seviyesine yükselmiştir. Bu artışın orta ve uzun vadede süreceği öngörülmektedir. Türkiye'nin konumu, ülke içindeki yüksek talep ve çelik kullanan alt sanayi dallarındaki hareketlilik ihracatı ve üretimi desteklemektedir (ÇİB, 2022).

1928 yılında elektrik ark ocaklı MKE tesisleri ve 1939 yılında entegre demir çelik fabrikası olarak kurulan Kardemir'in üretime başlaması ile gelişmeye başlayan Türkiye demir çelik sektörü 1990-1995 yılları arasında büyük kapasite artışı yaşamıştır. 1990 yılında 11,3 milyon ton ham çelik üretim kapasitesine sahip iken 1995 yılına kadar üretimini %75 oranında artırarak 19,8 milyon ton seviyesine kadar yükseltmiştir. Kapasite artışları genellikle özel sektör tarafından elektrik ark ocaklı tesislerin kurulması, ham çeliği satın alarak nihai ürün üreten fabrikaların açılması ile sağlanmıştır. Ayrıca birçok tesis modernizasyon ve kapasite artırım yatırımları ile mevcut kapasitelerinde artış gerçekleştirmiştir.

2021 yılı itibariyle Türkiye'de 3 bazik oksijen fırınlı, 26 elektrik ark ocaklı (EAO) ve 11 indüksiyon ocaklı çelik fabrikası bulunmaktadır. Türkiye'de kurulu demir çelik fabrikalarının coğrafi dağılımını gösteren Türkiye Demir Çelik haritası Ek 1'de verilmiştir. 2021 yılı itibariyle sektörde faaliyet gösteren başlıca firmalar şunlardır: Aba Demir Çelik, Aliağa Demir Çelik, Alter Demir Çelik, Asil Çelik, Aygünsan, Baştuğ Metalurji, Bilecik Demir Çelik, Cansın Metalurji, Ersan Metalurji, Çebitaş, Çemtaş, Çolakoğlu, Diler Demir Çelik, Ede, Ege Çelik, Ekinciler, Erdemir, Habaş, İçdaş, İlamet Metal, İsdemir, İzmir Demir Çelik, Kaptan Demir Çelik, Kardemir, Kılıçlar, Kırdemir, Koç Metalurji, Kroman Çelik, Mescier, MKEK, MMK, Özkan, Platinum, Sıddık Kardeşler, Sider, Sivas Demir Çelik, Yazıcı, Tosçelik, Yeşilyurt Demir Çelik (TÇÜD, 2022).

Demir çelik sektörü en önemli hammadde olarak demir cevheri ve hurda kullanmaktadır. Bu iki hammaddenin tedarik edilmesinde yerli kaynaklar yeterli olmamakta ve bunun sonucu olarak dışa bağımlılık gözlenmektedir. Ayrıca enerji maliyetlerinin yüksek olması da sektörde yer alan fabrikalar için dezavantaj oluşturmaktadır. Ancak gelişen sanayisi ve gerek özel sektör tarafından gerekse devlet tarafından yapılan alt yapı projeleri sebebiyle çelik talebi artmıştır. Bu talep artışı nedeniyle, ülke içinde hammaddenin yetersiz olması ve ülke dışı kaynaklara ihtiyaç duyulmasına rağmen sektör sürekli büyüme göstermiştir.

Tablo 1.7: Yıllara Göre Türkiye Ham Çelik Üretimi ve Tüketimi

Yıllar	Üretim (milyon ton)	Tüketim (milyon ton)
1950	0,1	0,3
1956	0,2	0,4
1960	0,3	0,5
1966	1,0	1,1
1970	1,5	1,5
1975	2,3	3,3
1980	2,8	3,2
1985	4,9	5,0
1990	9,3	8,3
1995	12,7	10,3
2000	14,3	13,1
2005	21,0	18,3
2010	29,1	23,6
2015	31,5	34,4
2020	35,8	29,5
2021	40,4	33,4

Kaynak: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD), "İstatistikler 2022"

Tablo 1.7'de Türkiye'nin ham çelik üretimi ve tüketimi 1950-2021 yılları itibariyle gösterilmiştir. 1960 yılında ise tüketilen ham çeliğin yarısını üreten Türkiye'de demir çeliğe dayanan sanayi sektörlerinin, inşaat sektörünün ve alt yapı yatırımlarının gelişmesiyle çelik talebi de sürekli artış göstermiştir. Erdemir'in 1965 yılında üretime başlamasına kadar tüketilen ham çeliğin yerli üretimle karşılanamadığı ve üretim-tüketim dengesizliği yaşandığı görülmektedir. 1965 yılından sonra bir miktar denge kurulsa da Erdemir'in kurulması ile birlikte yassı çeliği kullanan sektörlerde de önemli büyüme yaşanmış ve üretilen çelik miktarı ihtiyacı karşılamaz duruma gelmiştir. 1990'lı yıllardan sonra ham çelik üretim miktarı, tüketim miktarını geçmiştir.

1.3.2. Demir Çelik Sektörünün Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Türkiye'de artan sanayi üretimi ve ülke ekonomisinin büyümesine paralel olarak demir çelik sektörü de hızlı büyüyen sektörlerin başında gelmektedir. Demir çelik sektörünün diğer alt sektörleri de etkileyen lokomotif rolünün olmasının bunda etkisi büyüktür. Sektörün büyümesi ihracat rakamlarına yansımış, 2005 yılında 12 milyon ton seviyelerindeki ihracatını 2021 yılında 22 milyonu aşan seviyelere çıkarmıştır. (ÇİB, 2022). 2021 yılında demir çelik sektörü ihracatı 17,6 milyar USD parasal getiri sağlamış ve bu tutar Türkiye'nin bütün sektörlerdeki toplam ihracatın %7,9'unu oluşturmuştur (TB, 2022).

Tablo 1.8: Yıllara Göre Türkiye Demir Çelik İhracatı ve İthalatı

Yıllar	İhracat (Milyon Ton)	İthalat (Milyon Ton)
2011	18,1	11,9
2012	19,8	13,5
2013	18,4	16,2
2014	17,5	14,8
2015	16,1	20,6
2016	16,5	18,8
2017	17,7	17,7
2018	21,3	15,8
2019	21,2	14,3
2020	20,3	14,8
2021	23,9	17,8

Kaynak: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD), "İstatistikler 2022"

Çelik ihracatının ürün gruplarına göre dağılımına bakıldığında 2021 yılında toplam çelik ihracatının %51'lik kısmı uzun çeliklerden, %28'lik kısmı yassı çeliklerden, %9'luk kısmı boru imalatı ve %4'lük kısmı ise kütük, slab gibi yarı mamullerden oluşmuştur (ÇİB, 2022). Demir çelik sektörü yıllar itibariyle üretimini sürekli artırmış ve ihracat olarak da istikrarlı bir grafik sergilemiştir. Bu yönüyle demir çelik sektörü ülkenin dış ticaretine önemli ve düzenli katkı sağlamaktadır.

Tablo 1.9: Türkiye'nin İhracatın İlk 20 Fasıl İçinde Demir Çelik ve Demir Çelik Hammaddesi Kullanan Sektörler (2021)

Sıra	Fasıl	Fasıl Açıklaması	İhracat (Milyon USD)	2020-2021 Değişim (%)	Toplam İçindeki Oran (%)
1	87	Motorlu kara taşıtları, traktörler, bisikletler, motosikletler ve diğer kara taşıtları, bunların aksam, parça, aksesuarı	25.023	13,2	11,1
2	84	Kazanlar, makinalar, mekanik cihazlar ve aletler, nükleer reaktörler, bunların aksam ve parçaları	20.775	23,7	9,2
4	72	Demir ve çelik	17.063	93,8	7,6
5	85	Elektrikli makina ve cihazlar, ses kaydetme-verme, televizyon görüntü-ses kaydetme-verme cihazları aksam-parça-aksesuarı	12.011	29,1	5,3
8	73	Demir veya çelikten eşya	8.801	38,4	3,9
		Liste Toplamı	**83.672**	32	37,2
		Toplam İhracat	**225.215**	32,8	

Kaynak: Türkiye Cumhuriyet Ticaret Bakanlığı. Ekim 06, 2022 tarihinde https://ticaret.gov.tr/istatistikler/bakanlik-istatistikleri/dis-ticaret-istatistikleri/eylul-ayi-dis-ticaret-istatistik-tablolari adresinden alındı.

Demir çelik sektörü ihracatta %9,9'luk direkt paya sahiptir (ÇİB, 2022). Bununla birlikte diğer ihracat kalemleri (fasıl) olan otomotiv, makine sanayi, beyaz eşya ve inşaat gibi demir çelik ürünlerini hammadde olarak kullanan endüstri dallarında da katkısı yüksektir. Tablo 1.9'da gösterildiği gibi 2021 yılında demir çelik sektörü ihracatta 4. sırada yer almıştır ve bir önceki yıla göre, %93,8'lik artış göstermiştir. Bu artış %32,8'lik toplam ihracat artışının çok üzerindedir. 2021 yılı ihracatı ilk 20 fasıl incelendiğinde demir çelik sektörü ve demir çelik ürünlerini hammadde olarak kullanan dört sektörün daha listeye girdiği görülmektedir. Bu beş faslın toplam ihracattaki payı %37,2'dir.

2021 yılında gerçekleşen toplam 225 milyar USD ihracatın %37'lik kısmında demir çelik sektörü ve ürettiği ürünlerin katkısı olduğu görülmektedir. Bu beş faslın son bir yıldaki ihracat miktarındaki artış %32 olarak gerçekleşmiş ve Türkiye toplam ihracat artışına eşit oranda artış kaydedilmiştir. Dolayısıyla demir çelik sektörünü değerlendirirken sadece sektörün doğrudan sağladığı katkılara göre değil, diğer sektörlere olan etkisi de göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Bu şekilde demir çelik sektörünün Türkiye ekonomisinde çok daha önemli bir yere sahip olduğu görülecektir.

1.3.3. Demir Çelik Sanayi Ürünleri ve Kullanım Alanları

Türkiye demir çelik sanayisinde üretilen ürün çeşitleri incelendiğinde genellikle uzun çelikler ve yassı çelikler olarak iki ana gruba ayrılabilir. Ancak bunların dışında vasıflı çelikler (paslanmaz), borular, döküm ürünleri, dövme çelikler gibi alt gruplar da mevcuttur. Yaptığımız çalışmada demir cevherinin Bazik Oksijen Fırınında (BOF) ergitilmesiyle elde edilen veya ark ocaklı tesislerde hurdanın ergitilmesiyle üretilen uzun ve yassı çelik ürünleri ele alınacaktır. Bu ürünler aynı zamanda diğer alt çelik üretim kolları da dahil pek çok sanayi kuruluşuna hammadde sağlaması yönüyle de önemlidir. Türkiye'de 2021 yılında 26,8 milyon ton uzun nihai ürün, 14,6 milyon ton yassı nihai ürün üretilmiştir. Bu ürün karmasına göre yassı ürünlerin payı yaklaşık %35 ve uzun ürünlerin payı ise yaklaşık %65 olarak gerçekleşmiştir (Erdemir, 2022b). Türkiye demir çelik sektörü, yassı ve uzun nihai ürün üretimindeki dengesizlik nedeniyle uzun nihai üründe ihracata ve kısa nihai üründe ise ithalata bağımlıdır. Türkiye'deki yassı ürün üretiminin tüketimi karşılama

oranı 2021 yılında %83'de kalırken, aynı yıl uzun ürün üretiminin tüketimi karşılama oranı %183 olarak gerçekleşmiştir (Steel Data, 2022).

Türkiye'nin ham çelik üretimi ve tüketiminin Tablo 1.7'de verilen değerleri incelendiğinde, 2021 yılında Türkiye'de 40,4 milyon ton ham çelik üretimi gerçekleşirken, 33,4 milyon ton tüketim gerçekleşmiş olduğu görülebilir. Sadece bu rakamlar değerlendirildiğinde çelik tüketimi bakımından kendi kendine yeten bir ülke olarak görünen Türkiye'de, çelik tüketiminin alt ürünlere göre dağılımında dengesizlik olduğu görülmektedir. 2021 yılında uzun nihai ürünlerde ihtiyacın üzerinde bir üretim olup, ihracata dönük üretim yapılmışken aynı yıl yassı nihai ürünlerde ihtiyacın tamamı karşılanamamıştır. Türkiye demir çelik sektöründeki bu yapısal dengesizliğin giderilmesi amacıyla geçmişten bu yana birtakım önlemler alınmışsa da bu önlemler halen yeterli olmamıştır. 2002 yılında İsdemir özelleştirilmesi döneminde İsdemir'in yassı mamul üreten tesise dönüştürülmesi şartı konması ve çelik sektöründeki bazı şirketlerin de yassı nihai ürün üretimi yapmak amacıyla yatırımlar yapması bu önlemlerden sayılabilir.

Uzun nihai ürünler başta inşaat sektörünün ihtiyacı olan nervürlü ve düz inşaat çeliği olmak üzere, yapısal çelik sanayisinde kullanılan profil üretimi, otomobil lastiklerinin imalatında yer alan filmaşin (çelik tel) üretimi ve ray üretimi ile demiryollarına, inşaat sektörüne, profil sanayisi, otomotiv ve otomotiv yan sanayisine hammadde ve yarı mamul temin etmektedir. Bunların dışında alet, edevat, çivi ve civata üretiminde kullanılan paslanmaz çelikler de uzun ürün kategorisinde değerlendirilebilir.

Yassı çelik nihai ürünleri inşaat, savunma, boru, otomotiv, beyaz eşya, enerji, tarım aletleri, gemi üretimi, ısı ve basınçlı kap ekipmanları, gıda ve ambalaj malzemeleri, büro malzemeleri, dayanıklı ev aletleri gibi çok sayıda sektörün hammadde ihtiyacını karşılamaktadır. Türkiye'de yassı ürün üretimi yapan tek entegre tesis Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları (Erdemir) iken 2002 yılında özelleştirilerek Erdemir Grubu'na devri gerçekleştirilen İskenderun Demir Çelik Fabrikaları da (İsdemir) yassı ürün ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla yassı ürün üretimine başlamıştır.

Yassı çelik ürünleri çok sayıda sanayi dalı için temel girdi malzemesi sağlamaktadır. Aşağıda yassı çelik ürünleri beş ana grupta toplanarak, her gruptaki ürün türlerinin kullanım alanları açıklanmıştır (Erdemir, 2022c):

- **Kalın Levhalar:** Genel yapı çelikleri, inşaat ve iş makinaları, savunma sanayi, otomotiv endüstrisi, depolama tankı ve konteyner imalatı, gemi imalatı, tarım aletleri ve çeşitli boru imalatında kullanılırlar.

- **Sıcak Haddelenmiş Rulo ve Saclar:** Genel yapı çelikleri, inşaat ve iş makinaları, jant ve şasi parçaları, kara ve demiryolu araçları, depolama tankı ve konteyner imalatı, gemi, ısı ve basınçlı kap ekipmanları, tarım aletleri, boru ve yüksek basınçlı LPG tüpleri imalatında kullanılırlar.

- **Soğuk Haddelenmiş Rulo ve Saclar:** Otomotiv ve yan sanayisinde, dayanıklı ev aletleri sektöründe, mutfak eşyaları, emaye kaplamaya uygun çelikler, radyatör ve havalandırma ekipmanları imalatında kullanılırlar.

- **Galvanizli Rulo ve Saclar:** Otomotiv sektöründe korozyon direnci gereksinimi olan otomotiv iç ve dış parçalarında, inşaat sektöründe çatı, kapı, fens, profil imalatında, beyaz eşya iş ve dış malzemelerinin imalatında kullanılırlar.

- **Kalay/Krom Kaplı Rulo ve Saclar:** Metal ambalaj sanayisinden, endüstriyel yağ ve boya gibi kimyasal madde içeren kutuların imalatında, konserve, salça, yağ, peynir, meşrubat ve kavanoz kapakları, aerosol kutularının, dekoratif kutuların, oyuncak ve kırtasiye gereçleri gibi birçok endüstriyel ürünün imalatında kullanılırlar.

Demir çelik sektöründe üretilen yassı çelik ürün türleri incelendiğinde beş ana grupta toplanmış olduğu görülebilir. Bu gruplardan her birinin farklı endüstriyel kuruluşlara ve farklı iş kollarına yönelik ürünler ürettiği görülebilmektedir. Yapılan çalışmanın uygulama aşamasında bu beş ürün grubunu temsil eden beş ürün seçilmesi uygun görülmüştür. Bu şekilde sektörün her bir endüstri dalına etkisinin görülebileceği değerlendirilmiştir.

2. DEMİR ÇELİK İŞLETMESİNDE SATIŞ TAHMİNİ ÜZERİNDE ETKİLİ FAKTÖRLER

2.1. Literatür Taraması

Demir çelik sektörü inşaat, otomotiv, gemi, konteynır, uçak, ambalaj malzemeleri, ısı gereçleri, makine ve tarım aletleri gibi sanayi üretimindeki endüstriyel müşterilere hammadde sağlayan bir sektördür (TB, 2018). Dünya'da ve Türkiye'de demir çelik sektöründe satış tahmini, tüketim tahmini ve satış tahminini etkileyen faktörlerle ilgili literatür incelediğinde özellikle uluslararası kaynaklarda çalışmalara rastlanmıştır.

Ülkelerin ekonomik kalkınması ile çelik tüketiminin ilişkili olduğu ve bu iki faktörün ülke sanayisinin gelişiminin bir göstergesi olarak kabul edilebileceği ifade edilmektedir (Huh, 2011). Evans (1996), İngiltere çelik talebinin, çeliğin kullanım yoğunluğuna ve makro ekonomik faaliyetlerdeki seviye değişimine duyarlı olduğunu öne sürmüştür.

1999 yılında İngiltere çelik sektöründe yaptığı çalışmada Abbott (1999) İngiltere'nin çelik tüketiminin 1989-1992 yılları arasında düşüşe geçerken, çelik üretiminin arttığını gözlemlemiş ve İngiliz çelik üreticilerinin karşı karşıya olduğu en büyük sorunlardan birinin kapasite fazlası sorunu olduğunu ifade etmiştir. British Steel Plc, İngiltere pazarının %58,3'ünü tedarik eden en büyük üreticidir. British Steel'in verileri, çelik ürünleri talebinde kademeli bir düşüş olduğunu işaret ederken, üretimin arttığını göstermiştir. Bu akut sorun, kısmen büyük üreticilerin talebi doğru tahmin edememesinin bir sonucu olarak ortaya çıkan aşırı iyimser yatırım programlarına bağlanabilir. Abbott (1999) İngiltere'nin çelik talebinin gelecekteki eğilimini tahmin etmek ve belki de aşırı kapasite sorunları olan üreticilere yardımcı olmak için kullanılabilecek bir model geliştirmiştir. Geliştirilen modelde ekonomik aktivitelerin çelik talebini etkilediği görüşünü savunmuş ve çelik tüketimini etkileyen ekonomik faktörlerden milli gelir, döviz kuru, çelik fiyatı ve imalat sanayisinin durumu değişkenlerini dikkate alan vektörel regresyon çalışması gerçekleştirmiştir. Diğer değişkenler beklenilen şekilde davranış gösterirken, fiyat değişkenindeki değişimin talebi etkilemesinin çok az olduğu belirlenmiştir. Bunda fiyatın talep üzerindeki etkisinin çelik sektörü ürünlerinde esnek olmayışından kaynaklandığı sonucuna

bağlanmıştır. Çalışılan modelin çelik sektörü firmalarının kısa dönemli tahmin belirlemede etkili olduğu ve akut kapasite fazlalıklarına öngörü sunabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Evans (2014) İngiltere çelik sektöründe yaptığı tahmin parametrelerini belirleme çalışmasında, ekonomik aktivitelerde çelik tüketiminin ve çeliğin sanayide kullanım yoğunluğunun talebi etkilediğini belirlemiştir. Yapılan bu çalışmada hem geçmişte hem de günümüzde araştırmacılar için oldukça popüler bir konu olan istatistiksel zaman serisi modelleri, nedensel ekonometrik modeller kullanmak yerine gri sistem teorisi olarak bilinen nispeten yeni bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşım veriler aracılığıyla genellikle doğrusal olmayan bir trendi uydurmak ve tahminleri bu trendin bir ekstrapolasyonuna dayandırmak için bir prosedürdür. Grey Verhulst Modeli kullanılarak yapılan çalışma İngiltere çelik kullanım yoğunluğunun talebe etkisi incelendiğinde, 1-4 dönemlik kısa vade için doğru ve mantıklı sonuçlar üretebildiği gösterilmiştir. Bu tür çalışmaların daha sonra uzun vadeli çelik talep eğilimlerini tahmin etmek için kullanılabileceği öngörülmüştür.

Crompton (2000) Japonya çelik tüketiminde gelecek eğilimlerini araştırdığı çalışmasında ülke nüfusunu, milli geliri ve çelik bağlantılı sektörlerin talebini değişkenler olarak kullanmış ve kullanım yoğunluğu modeli ile Japonya çelik sektörünün geleceği ile ilgili tahmin çalışması yapmıştır. 1997-2005 döneminde Japonya'da ham çelik tüketimini modellemek için kullanım yoğunluğu modelini kullanmıştır. Çelik tüketen makine, elektrikli makine ve teçhizat, nakliye teçhizatı, diğer imalat, inşaat ve fabrikasyon metal ürünleri gibi alt sektörlerde üretimin çelik yoğunluğundaki değişiklikler, bu sektörlerin büyüklüğündeki değişiklikler ve milli gelir büyüme oranı değişkenler olarak kullanılmıştır. Modelin, kullanım yoğunluğunun ani değişkenlik göstermediği varsayımında, büyümenin etkisine göre tüketimin değişimini gösterebildiği sonucu görülmüştür. 1990-1997 yılları arasında da tüketimdeki azalışın çelik yoğunluğundaki keskin düşüşün sonucu olduğu ve buna milli gelir büyümesinin yavaşlamasının da katkıda bulunan bir faktör olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, çelik yoğunluğundaki azalmalar tipik olarak yeni teknolojilerin, malzeme ikamesinin ve yerli üretimin bileşimindeki değişikliklerin sonucudur ve bunların tümünün tersine çevrilmesi olası olmayan faktörler olduğu değerlendirilmiştir. 1997'den 2005'e kadar olan çelik tüketim verileri, çelik tüketen altı farklı alt

sektörlerden elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, Japonya'da ham çelik tüketiminin 1997-2002 yılları arasında azalacağını göstermiştir. Tüketimdeki en büyük düşüşün olacağı yılın milli gelirdeki negatif büyüme nedeniyle 1998'de gerçekleşeceği öngörülmüştür.

Barska (2014) Polonya demir çelik sektöründe iş ortamı endeksine göre talep tahmin çalışması yapmıştır. Demir çelik sektörü üretimi, esas olarak diğer endüstrilere hizmet etmeye adanmıştır. Bu durum, talep tahmini uygulamasını tüketim mallarından farklı kılar ve genel anlayış olarak talep dalgalanmalarının genel ekonomik sağlamlıktan etkilendiğini söyler. Bir girdi değişkeni olarak bir iş ortamı göstergesi ekleyerek tahminin doğruluğunu iyileştirmek için bir girişimde bulunulmuştur. SARIMA modelinde, yapılan tahmin tamamen geçmiş değerlere dayanmaktadır. Bu nedenle mevsimsel etkiler dışında talep oynaklığının açıklamasını sağlamamaktadır. Bunu ele almak için SARIMAX yaklaşımı tanıtılmış ve iş ortamı göstergesi, bir girdi değişkeni olarak modele eklenmiştir. Yapılan çalışmada SARIMAX modeli kullanılmış, ekonomik iş ortamı endeksi ve milli gelir değişkenler olarak kabul edilmiştir. Çalışmanın amacı, Polonya'daki demir-çelik endüstrisi için talep tahminine, iş ortamı endeksi parametresi eklenerek tahminin iyileştirilip iyileştirilemeyeceğinin araştırılmasıdır. Demir çelik sektöründeki kilit oyunculardan biri olan bir işletme, temsilci olarak belirlenmiş ve bu işletme verileri üzerinden çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda iş ortamı göstergesinin gelecekteki talep seviyelerinin iyi bir tahmincisi olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. SARIMAX'ın tahmin doğruluğu, SARIMA ile karşılaştırıldığında daha gelişmiş olduğu gözlenmiştir. İş ortamı endeksi göstergesi, şirketlerin dış ortamındaki genel ekonomik koşulları kontrol eder, bu nedenle sadece geçmiş değerlere dayalı tahmin değil, gelecek hakkında bilgi veren bir bileşen olarak modele eklenmiştir. Metalurji, mühendislik ve çelik endüstrisi ürünlerine yönelik talebi tahmin etmede doğru ve geçerli bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Bu bir iş ortamı göstergesi olduğu için sübjektif bir değerlendirme sunabilir, ancak girişimcilerin fikirlerinin eyleme dönüştürüleceği varsayılmıştır.

Crompton & Wu (2010) Çin çelik sektöründe tüketim tahmini çalışması yapmışlardır. Çalışmada Bayesian Vektörel Otoregresyon modeli çalışılmış ve milli gelir, kişi başı milli gelir ve çeliğin sanayide kullanım yoğunluğu modelde değişkenler olarak kullanılmıştır. Bayesian Vektörel Otoregresyon modelinin kısıtlanmamış

Vektörel Otoregresyon modellerine göre bir avantajı, modelleyicinin modeldeki değişkenler arasındaki ilişki hakkındaki önsezi ve uzmanlığını tahmin sürecine dahil edebilmesidir. Bu da kısıtlanmamış modellere göre aşırı sayıda parametre olmasını önler ve sahte korelasyonları kaldırarak modelin tahmin performansını iyileştirir. Çin, benzer ekonomik gelişmişlik seviyesindeki diğer ülkelerden temel olarak farklıdır, çünkü geleneksel çelik ürünleri tüketicisi olan ikincil sektör, hali hazırda yerli üretimin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu durum, Çin'in çelik tüketiminde gelecekte oluşacak bir artışın büyük oranda milli gelir artışı kaynaklı olacağı düşünülebilir. Çelik tüketiminin milli gelir büyümesine duyarlılığını test etmek için düşük, orta ve yüksek milli gelir büyüme oranı senaryoları altında tahminler yapılmıştır. Tahminler, 1980'lerin ortasından bu yana çelik tüketimindeki güçlü büyümenin devam etmesi gerektiğini ve 2001'den 2010'a kadar milli gelir büyümesi varsayılarak çelik tüketimindeki artışın önümüzdeki on yılda nasıl devam edeceğini tahmin etmeye yönelik bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmanın sonucunda, çelik tüketimindeki büyümenin, tahmin döneminde %7 milli gelir büyümesi varsayılarak, çelik tüketimindeki artışın önümüzdeki on yılda devam edeceği öngörülmüştür.

Huh (2011) tarafından Kore çelik sektöründe ekonomik büyümenin çelik tüketime etkisinin kısa ve uzun vadeli incelendiği bir çalışma yapılmıştır. Vektörel hata düzeltme ve vektörel otoregresyon modellerini kullanarak Kore'de 1975 ve 2008 yılları arasında çelik tüketimi ile Kore kişi başı milli gelirinin artışı arasındaki uzun vadeli ve kısa vadeli ilişkiler incelenmiştir. Çalışmada milli gelir ve kişi başı milli gelir model değişkenleri olarak kabul edilmiştir. 1975-2008 yılları arasındaki milli gelir ve büyüme verileri model girdileri olarak kullanılmıştır. İlgili yıllarda çalışmada ülke milli geliri ile çelik tüketimi arasında bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, Kore'de toplam çelik tüketiminin ve GSYİH üzerinde ve ters yönlü olarak da GSYİH'dan toplam çelik tüketimine uzanan uzun vadeli bir denge ilişkisine sahip olduğu görülmektedir. Gelirdeki büyümenin, çelik tüketimini teşvik ettiği belirlenmiştir. Bu gerçekler, Kore'de çeşitli dayanıklı tüketim mallarının üretimi ve Kore altyapı iyileştirmeleri ile desteklenen hızlı bir ekonomik büyümeye sahip olması ve bu gelişmelerin her ikisinde de temel girdi olarak çelik kullanılması nedeniyle oldukça açık hale gelmiştir. Ayrıca bu çalışma, imalatta yassı ürün tüketimi ile GSYİH arasında her iki yönde de uzun vadeli bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermiştir. Bu bulguya göre, çelik ve çelik tüketen endüstrilerin Kore'de sanayileşme

sırasında karşılıklı ilişkilerinin büyümeye katkıda bulunduğu söylenebilir. Uzun dönem çelik tüketimine ilişkin tahminler için bu ilişkinin devam edeceği öngörülmüştür. Bu çalışma, yassı çelik tüketimi ile bu ürünün kullanıldığı alt sektörleri içeren imalat sanayisinin büyümesi arasında uzun vadeli bir ilişki olduğunu test etmiş ve onaylamıştır.

Azadeh vd. (2013) yapay sinir ağları, bulanık doğrusal regresyon ve geleneksel doğrusal regresyon yaklaşımlarımın entegrasyonundan elde edilen modeli kullanarak, demir çelik sektöründe talep tahmin çalışması yapmıştır. Çalışma, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çelik tüketimi tahminini optimize edebilmek amacını taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki belirli ortam ve buna karşın gelişmekte olan ülkelerdeki belirsizlik ortamlarını birlikte karşılayabilecek bir yaklaşım geliştirmek üzerine odaklanılmıştır. Gelişmiş bir ülke olarak ABD'de ve gelişmekte olan ülkelerin bir temsilcisi olarak İran'da elde edilen veriler ile çalışılmıştır. Verilerin hangi yılları kapsadığı belirtilmezken, ABD için 236 dönemlik ve İran için 41 dönemlik veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada geçmiş üretim verileri, milli gelir, enflasyon, milli gelir büyüme oranı ve yapılan bina sayısı verileri değişken olarak kabul edilmiştir. Seçilen değişkenler ile çelik tüketim fonksiyonu arasındaki belirsizlik, potansiyel karmaşıklık ve doğrusallık ilişkisini yakalama amacıyla iki ülke verileri için ayrı ayrı yapay sinir ağları, bulanık doğrusal regresyon ve geleneksel doğrusal regresyon yöntemleri uygulanmıştır. ANOVA ve MAPE bulgularından elde edilen sonuçlar, ABD'deki çelik tüketim fonksiyonunun doğrusal olmadığını ve karmaşık doğasıyla ilgili olarak yapay sinir ağı modelinin diğer iki modele göre önemli üstünlüğünü göstermiştir. Bununla birlikte, İran'da çelik tüketimi tahmini için bulanık doğrusal regresyon modelinin diğer modellere göre üstünlüğünün, İran'ın istikrarsız ekonomik durumu nedeniyle olabileceğine atıfta bulunulmuştur.

Sonuç olarak, tercih edilen bir yaklaşım olarak üç modelin entegre yaklaşımının gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çelik tüketimi tahmini için iyi bir alternatif olabileceği sonuna ulaşılmıştır. Kullanılan yapay sinir ağı yönteminin, verilerdeki tutarsızlık ve sapmaların yanı sıra, çok boyutluluk ve doğrusal olmayan sonuçlara karşı dayanıklı olduğu görülmüştür.

Ecemiş (2018) Türkiye paslanmaz çelik sektöründeki bir firmanın satış analizi ve satış tahmini çalışmasını veri madenciliği ve model ağaç yöntemini kullanarak

yapmıştır. Model ağaç yöntemi, veri setindeki bilgi keşfini grafiksel olarak ve if-else kurallarıyla sunabilen, lineer regresyon fonksiyonlarıyla sayısal değerleri tahmin eden bir karar ağacı türüdür. Model ağaç yönteminde, belirlenen değişkenlerin tahmin edilmesi için ağaç algoritması kullanılması önerilmiştir. Bu çalışmada veri madenciliği süreci izlenerek model ağacı yöntemiyle, makine ve metal sektörlerine ait toplam satışı tahmin edici modeller oluşturulmuştur. Firmanın 2008-2017 yılları arasını kapsayan on yıllık toplam satış miktarları aylık bazda ve makine ve metal sektörlerine göre kırılarak elde edilmiştir. Paslanmaz Çelik talebini etkileyen nikel, krom, demir gibi ana hammadde fiyatları, döviz kuru (USD/TRY), üretici fiyat endeksi (ÜFE), sanayi üretim endeksi bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Çalışmada, makine ve metal sektörlerine ilişkin sektörel satışlara ve toplam satışa ait ayrı ayrı tahmin edici doğrusal modeller oluşturulmuştur. Her sektöre ait model için, standart sapma düşürücü değer (SDR) hesaplanmış ve bu değerin en büyük olduğu değişkenlerin etkisinin yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Buna göre makine sektörü için SDR değeri en yüksek değişkenler üretici fiyat endeksi (ÜFE) ve döviz kuru olarak tespit edilmiştir. Metal sektörü için en etkili değişken döviz kuru, toplam satışlar için krom fiyatı ve döviz kuru olarak belirlenmiştir. Bu değişkenler kök değişken olarak kabul edilip, ağaç yapısı oluşturulmak suretiyle model tamamlanmıştır.

Talep tahminleriyle ilgili literatür incelendiğinde demir çelik sektörü dışında, enerji sektörü başta olmak üzere, konut, turizm ve petrol gibi farklı sektörler için de talep tahminleri yapılmıştır. Tahminler yapılırken, Hareketli Ortalama, Basit Üstel Düzleştirme, Trend Analizi, Regresyon, ARIMA, Yapay Sinir Ağları gibi farklı yöntemler kullanılmıştır.

Enerji sektörüyle ilgili olarak, 2014 yılında rüzgâr enerjisi üretimi için rüzgâr gücü tahmini yapılmış (Silva, 2014; Mangalova & Agafonov 2014), elektrik tüketiminin kısa ve uzun vadeli tahminleri ile elektrik fiyatlandırmasına yönelik tahminlerle ilgi çalışmalar yapılmıştır (Zachariadis & Kouvaritakis, 2003; Cárdenas vd. 2012; Weron, 2014; Xie & Hong, 2016).

Oğcu vd. (2012) elektrik tüketim tahmini yaptığı çalışmada Vektör regresyon destekli Yapay Sinir Ağlarını modelini kullanmıştır. Modelde nüfus büyüme hızını değişken kabul etmiş ve bu değişkene göre ülke elektrik tüketimi değişimine ilişkin tahmin yapmıştır. Psiloglou vd (2009) Atina ve Londra şehirlerindeki elektrik tüketim

talebini Trend Analizi ve Mevsimsellik Analizi modelleriyle tahmin etmiştir. Tahmin yöntemlerinde değişkenler olarak milli gelir, demografik yapı, hava sıcaklığı faktörlerini kullanmıştır.

Azlina vd (2013), gelişmekte olan ülkelerde enerji talebini etkileyen faktörleri incelediği çalışmasında milli gelir, fiyat, ekonomik yapı, CO2 emisyonu gibi değişkenler kullanmış ve Dinamik Panel Analizi modeli ile faktörlerin etkilerini araştırmıştır.

Enerji sektörü haricinde, Chang vd (2005) Genetik Algoritma ve Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları modelleriyle, baskılı devre kartları konusunda satış tahmin çalışması yapmıştır. Çalışmada milli gelir, tüketici fiyat endeksi ve imalat ürün endeksi değişkenlerini model değişkenleri olarak kullanmıştır. Efendigil vd. (2009) beyaz eşya tedarik zinciri talep tahmini çalışmasında bulanık mantık ve yapay sinir ağları modelini kullanmıştır. Modeli, ürün fiyatı, ürün kalitesi ve promosyonlar değişkenleri üzerinden incelemiştir.

Koochakpour & Tarokh (2016) yaptığı çalışmada İran'daki bir işletmenin satış bütçesini tahmin etmek için uygun bir yöntem bulmanın farklı ve özgün bir yolunu araştırmıştır. Bu amaçla geri yayılım sinir ağı ve parçacık sürüsü optimizasyonu modelleri ile kullanarak yaptığı çalışmada milli gelir, döviz kuru, enflasyon ve geçmiş satış verilerini değişkenler olarak kullanmıştır. Belirlenen değişkenlere ait 2008 ile 2013 yıllarını kapsayan yıllık ve sezonluk veriler kullanılmıştır.

Hicham & Bouhorma (2012) ambalaj satış tahmini çalışmasında Delphi ve Yapay Sinir Ağları modellerini kullanarak satışlar üzerine etki eden faktörlerin belirlenmesi ve satışlara olan etkisi üzerine çalışmıştır. Satış tahminini İmalat tüketici endeksi, rekabet endeksi ve geçmiş satış verileri değişkenleri üzerinden yapmıştır. Akyurt (2015) Yapay Sinir Ağları ve geçmiş satış verileri ile otomotiv sektörü için talep tahmini yapmıştır.

Solak (2013) tarafından Türkiye'nin 2012-2020 yılları arası petrol talebinin tahmini için ARIMA yöntemi kullanılmıştır. Turanlı & Güneren (2003), turizm sektörü için yaptığı çalışmada Regresyon, Sabit Büyüme Modeli ve Trend Analizini birlikte kullanmış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Soysal ve Ömürgönülşen (2010), 2000-2007 yılları arasında Türkiye'ye gelen turist sayıları verisini kullanarak 2008 yılının ilk altı ayı için talep tahminini zaman serileri yöntemini kullanarak yapmışlardır

Srinivasan (1998) yapay sinir ağları ile entegre edilmiş ekonometrik model ile ekonomik parametrelerin tahminlere etkisini Zaman Serileri ile karşılaştırmalı incelemiştir. Yapay zekâ ve bilgisayar destekli çalışmaların Yapay Sinir Ağları ile entegre çalışması ile geleneksel yöntemlere göre daha iyi tahmin sonuçları elde edilmiştir (Chow & Leung, 1996; Law & Au, 1999; Tawfiq & Ibrahim, 1999).

Tablo 2.1: Satışı veya Talebi Belirleyen Faktörler

Araştırmacı	Konu	Değişkenler	Yöntem
Abbott, 1999	İngiltere çelik talebi	Milli gelir, faiz oranı, çelik fiyatı, çelik bağlantılı sektör talebi	Vektörel Regresyon
Crompton, 2000	Japon çelik tüketiminde gelecek eğilimleri	Milli gelir, nüfus, çelik bağlantılı sektör talebi	Kullanım Yoğunluğu Modeli
Chang vd., 2005	Baskılı devre kartları satış tahmini	Milli gelir, tüketici fiyat endeksi, imalat ürün endeksi	Genetik Algoritma, Geri Beslemeli YSA
Psiloglou vd., 2009	Atina/Londra'da elektrik talebi	Milli gelir, demografik yapı, hava sıcaklığı	Trend Analizi, Mevsimsellik Analizi
Efendigil vd., 2009	Beyaz eşya tedarik zinciri talep tahmini	Ürün fiyatı, ürün kalitesi, promosyonlar	Bulanık mantık ve YSA
Crompton & Wu, 2010	Çin çelik sektöründe tüketim tahmini	Milli gelir, kişi başı milli gelir, kullanım yoğunluğu	Bayesian Vektörel Otoregresyon
Kwang-Sook Huh, 2011	Kore'de çelik tüketimi ve uzun-kısa vade ekonomik gelişme	Milli gelir, kişi başı milli gelir	Vektörel Otoregresyon
Hicham & Bouhorma, 2012	Ambalaj satış tahmini	İmalat tüketici endeksi, rekabet endeksi, geçmiş satış verileri	Delphi ve YSA
Oğcu vd., 2012	Elektrik tüketim tahmini	Nüfus büyüme hızı	Vektör regresyon destekli YSA
Azadeh vd., 2013	Demir Çelik sektöründe talep tahmini	Milli gelir, milli gelir büyüme oranı, enflasyon, çelik üretim verileri	Bulanık Mantık, YSA
Azlina vd., 2013	Gelişmekte olan ülkelerde enerji talebini etkileyen faktörler	Milli gelir, fiyat, ekonomik yapı, CO2 emisyonu	Dinamik panel analizi
Barska, 2014	Demir çelik endüstrisinde iş ortamı endeksine göre talep tahmini	Milli gelir	ARIMA, SARIMA
Evans, 2014	Tahmin parametrelerini belirleme yaklaşımı: UK Çelik kullanım yoğunluğu uygulaması	Kullanım yoğunluğu	Grey Verhulst Modeli
Akyurt, 2015	Otomotiv talep tahmini	Geçmiş satış verileri	YSA
Koochakpour & Tarokh, 2016	Bir işletmenin satış tahmini	Milli gelir, döviz kuru, enflasyon, geçmiş satış verileri	Bulanık mantık revizyonlu YSA
Ecemiş, 2018	Paslanmaz Çelik satış tahmini	Hammadde fiyatları, USD/TRY, ÜFE, sanayi üretim endeksi	Veri Madenciliği, Model Ağaç Yöntemi

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2.1'de talep tahmini, satış tahmini ve satış tahminini etkileyen faktörler temelinde literatürde bulunan çalışmalar listelenmiştir. Bu çalışma demir çelik sektöründe yapılacağı için, öncelikle demir çelik sektörüyle ilgili çalışmalar

incelenmiş ancak diğer sektörlerde yapılan çalışmalara da yer verilmiştir. Literatürde yer alan araştırmalarda satış tahminini etkileyen faktörler olarak genellikle enflasyon, döviz kuru, milli gelir, faiz oranı, imalat sanayi endeksi, sektörün geçmiş üretim veya satış bilgileri ve ürünlerin fiyatları olduğu görülebilir.

Tablo 2.1'de görüldüğü gibi satış tahmini çalışmaları yapılırken trend analizi, mevsimsellik analizi, regresyon, vektörel oto regresyon, ARIMA, yapay sinir ağları gibi farklı tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlerin yanı sıra, satış tahmininde kullanılan değişkenler de önem arz edecektir. Sadece geçmiş satış ve üretim verileri ile yapılacak tahmin çalışmalarının ekonomik değişimleri tahmine yansıtmaktan uzak olduğu düşünülebilir. Yaşanan global krizler veya ülkelerin ekonomik durumundaki değişiklikler işletmelerin ürettiği ürünlere olan talebi etkileyebilmektedir. Ürünün satış miktarındaki olası değişikliklere neden olan makro ekonomik göstergelerin veya işletme içi ve dışı diğer faktörlerin belirlenmesi işletmelerin yapacağı satış tahminleri için önemli rol oynayabilmektedir.

Literatür taramasında satış tahmini ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmuş olsa da bu çalışmalar ağırlık olarak enerji, turizm, perakende, konut ve petrol ile ilgili sektörlerde yapılmıştır. Türkiye'de metal veya demir çelik sektörüyle ilgili az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalarda işletmelerin ürün satış miktarındaki değişikliklere neden olan makro ekonomik göstergelerin veya işletme içi ve dışı diğer faktörler üzerinde durulmuştur.

2.2. Akademik Literatürde Kullanılan Değişkenler

Literatür taramasında elde edilen çalışmalarda, satış tahminine etki eden faktörler incelendiğinde, ürünlere ait satış miktarları ve ürünlerin dönemsel piyasa fiyatları ile birlikte talebi etkilediği düşünülen genel ekonomik görünümün etkilerini yansıtan bazı değişkenlerin kullanıldığı görülmüştür. Literatür taraması yapılırken sadece demir çelik sektörüyle ilgili çalışmalar değil, satış tahmini ile ilgili yapılan diğer sektörlere dönük çalışmalar da araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, tahmin çalışmalarında kullanılan değişkenler enflasyon, ülke milli geliri, piyasa faiz oranları, döviz kuru, tüketici güven endeksi ve imalat sanayi endeksi olarak sıralanabilir (Tablo 2.1). Bu değişkenlerin literatürde kullanım biçimleri farklı isimler altında olabilmektedir. İmalat tüketici endeksi, çelik

bağlantılı sektör talebi, çeliğin alt sektörlerde kullanım yoğunluğu gibi farklı kullanımlar genel olarak imalat sanayi endeksi içinde düşünülmüştür.

2.2.1. Enflasyon

Enflasyon, fiyatlar genel seviyesinin sürekli olarak artmasıdır. Tüketici fiyat endeksleri, üretici fiyat endeksleri ve özel kapsamlı TÜFE göstergeleri gibi çeşitli endeksler aracılığı ile ölçülmektedir (TCMB, 2022). Enflasyon üretici ve tüketici fiyat endeksi olarak ayrı ayrı ölçülmekte ve yayınlanmaktadır. Tüketici fiyat endeksi (TÜFE), tüketiciler tarafından satın alınan mal ve hizmetlerin fiyatlarındaki değişimleri ölçen endekstir. Üretici fiyat endeksi (ÜFE) ise, ekonomide üretim sürecinde girdi olarak kullanılan malzemelerin fiyatlarındaki değişimleri toptancı seviyesinde ölçen endekstir. Buna göre ÜFE, tarım, balıkçılık, madencilik, imalat sanayi ve enerji sektöründeki ürünlerin fiyatlarındaki değişimleri ölçmektedir (TCMB, 2022).

Enflasyon oranı bilgisi, talebi etkileyen ekonomik faktörlerin belirlenmesi için yapılan akademik çalışmalarda sıkça kullanılmıştır. (Chang vd., 2005) baskılı devre kartı satış tahmininde enflasyon verilerini, milli gelir ve imalat endeksi ile birlikte, (Koochakpour & Tarokh, 2016) ise enflasyon verilerini döviz kuru, milli gelir ile birlikte kullanmıştır.

Satış tahminine etkisi olduğu düşünülen ekonomik faktörlerden enflasyon oranı (Chang vd., 2005; Azadeh vd., 2013; Koochakpour & Tarokh, 2016; Ecemiş, 2018) tarafından yapılan çalışmalarda da kullanılmıştır. (Chang vd., 2005) yaptığı baskılı devre kartları satış tahmini çalışmasında tüketici fiyat endeksini kullanmış, diğer çalışmalarda ise enflasyon verisi olarak genellikle aylık üretici fiyat endeksi verileri kullanılmıştır.

(Azadeh vd., 2013; Ecemiş, 2018) demir çelik sektöründe yaptıkları çalışmalarda, enflasyon verilerinden üretici fiyat endeksini kullanmıştır. Çalışma sonucunda makine alt sektöründe enflasyonun kritik önemde olduğu görülürken, metal alt sektöründe ise hammadde fiyatının daha etkili olduğu görülmüş. Enflasyon verisinin hammadde fiyatına dolaylı etkisi olsa da enflasyon değişiminin talebe direk etkisinin zayıf olduğu görülmüştür.

Enflasyon verisinin talebe etkisinin bazı çalışmalarda zayıf olduğu görülse de birçok çalışmada enflasyon verisi parametre olarak kullanılmıştır. Türkiye demir çelik sektöründe enflasyon verisinin talebe etkisinin olup olmayacağı tartışılabilir. Enflasyon genel olarak fiyatların yükselmesini ifade etmesi nedeniyle, fiyatlar yükseldiğinde talep düşer şeklinde yorumlanabilir. İktisat biliminin temel teorisine göre böyle düşünülebilse de Türkiye'de enflasyonun yükselme trendine girdiği son yıllarda özellikle ihracat kaynaklı talep artmış ve iç piyasadaki azalışı dengelemiştir (ÇİB, 2022). Bir başka şekilde bakıldığında ise, demir çelik sektörünün diğer sanayi kuruluşlarına hammadde sağlayan bir sektör olduğu düşünüldüğünde, fiyatlardaki artış beklentisi, üretici firmaları hammadde stoğu yapmaya ve talepte dönemsel olarak artma etkisine sebep olabilmektedir. Buna göre enflasyon verisi iki yönlü de talebe etki edebilir diye düşünülebilir.

2.2.2. Gayri Safi Yurt İçi Hasıla

Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ülke sınırları içerisinde üretilen tüm mal ve hizmetlerin toplam değerini ölçen göstergedir. GSYİH verisi hem ülke vatandaşları hem de yabancılar tarafından ülke içinde gerçekleştirilen toplam üretimi ifade etmektedir. Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) ise ülke vatandaşlarının o ülkenin sınırları içinde veya dışında yaptığı toplam üretimi ifade eder.

Literatür taramasında, satış tahmini ile ilgili çalışmaların neredeyse tamamında milli gelirin bir parametre olarak kullanıldığı ve genel olarak ülke içindeki geliri dikkate almak için GSYİH'nın kullanıldığı görülmüştür. (Abbott, 1999; Kwang-Sook Huh, 2011; Azadeh vd., 2013; Barska, 2014), demir çelik sektöründe farklı ülkelerde yapılan tahmin çalışmalarında milli geliri parametre olarak kullanmışlardır. Milli gelirin tahmin sonucuna genel olarak olumlu etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Buradan, milli gelirdeki bir artışın demir çelik sektöründe talebe olumlu etkisinin olduğunu genel olarak söyleyebiliriz. (Crompton, 2000) 2000 yılında Japon çelik sektöründe yaptığı çalışmada milli geliri nüfus parametresi ile birlikte kullanmış, (Crompton & Wu, 2010) 2010 yılında Çin çelik sektöründe yaptığı çalışmada ise sadece milli gelire ve kullanım yoğunluğuna göre çelik talebinin etkilenmesini incelemiştir. Nüfus ve milli gelirin artması ile çelik talebi de artma eğilime girmekle birlikte, çeliğin sanayide kullanım durumuna göre bu artışın miktarında azalma olabildiği görülmüştür.

Çelik dışındaki sektörlerde de milli gelirin talep tahminlerinde kullanıldığı çalışmalara ulaşılmıştır. (Chang vd. 2005) baskılı devre kartları satış tahmin çalışmasında (Psiloglou vd., 2009) elektrik talebi belirlenmesinde milli geliri parametre olarak kullanmışlardır. Ancak elektrik gibi nihai tüketiciye dönük enerji talebinde (Oğcu vd., 2012) çalışmasında olduğu gibi sadece nüfus büyüme hızı ile talep tahmini yapılan çalışmalar da gözlenmiştir.

Milli gelir artışı ülkedeki üretim ve tüketim imkanlarını artıran bir etkiye sahiptir. Milli gelirin artması, genel olarak ülke vatandaşlarının tüketim talebinin artmasına neden olacaktır. Bu artış ilgili ürünlerin üretilmesine ve dolaylı olarak bu ürünlerin üretiminde kullanılan hammaddenin de daha çok talep edilmesine neden olacaktır. Demir çelik sektörü otomotiv, ambalaj, inşaat gibi çok sayıda sektöre hammadde sağladığı için ülke milli gelir artışından etkileneceği düşünülebilir.

2.2.3. Faiz

Faiz, üretim faktörlerinden sermayenin elde ettiği getiri olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifade ile paranın kullanım bedelidir (TCMB, 2022). Faiz göstergesi, ticari kararların alınmasına etki edebilen genel ekonomik bir göstergedir. Satış tahmini ile ilgili yapılan çalışmalar incelenirken, faizin de parametre olarak kullanıldığı çalışmalara rastlanmıştır (Abbott. 1999). İngiltere çelik sektöründe satış tahmin çalışmasında faiz oranını değişken olarak kullanmıştır.

Faiz oranının talebi etkileyen faktörler olarak kullanıldığı sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılmıştır. Faiz oranının demir çelik sektörü özelinde talep üzerinde direkt etkisinden ziyade genel ekonomik atmosferin bir göstergesi olması nedeniyle kullanılmıştır (Abbott, 1999). Faizlerin yüksek olduğu durumlarda sermayenin faiz kazancına yönelmesiyle yatırımlar düşüş eğilimine girmekte ve bu durum hammadde arzının orta ve uzun vadede azalmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte faizin neden olduğu finansal maliyetler, ürün ve hammadde maliyetlerinde ve dolayısıyla nihai ürün fiyatlarında etkili olabilmektedir.

2.2.4. Döviz Kuru

Döviz kuru, ulusal bir paranın, diğer bir ulusal para cinsinden ifadesidir (TCMB, 2022). Sadece dış ticaret işlemlerinde değil, yurt içindeki üretim

maliyetleri, fiyatlar ve satın alma kararlarında etkili olabilen ekonomik bir göstergedir. Satış tahmin çalışmalarında döviz kurunun parametre olarak kullanıldığı çalışmalar görülmüştür. (Koochakpour & Tarokh, 2016) İran'da bir işletmede yaptığı satış tahmin çalışmasında, (Ecemiş, 2018) Türkiye paslanmaz çelik sektöründe yaptığı satış tahmin çalışmasında döviz kurunu (USD) bir parametre olarak kullanmıştır. Çalışma sonucunda döviz kurunun, iki alt sektörde ve toplam satış değerlerinin tahmininde etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Demir çelik sektöründeki işletmelerin hem ürettiği nihai ürünler hem de kullandığı hammadde, makine, ekipman ve teknoloji gibi girdilerin dünya genelinde ticareti olmakta ve bu ticaret genellikle USD ile yapılmaktadır. Dolayısıyla döviz kurlarında ve özellikle USD kurundaki değişimler üreticilerin maliyetlerini ve karlılıklarını etkilemektedir. Bunun sonucu olarak üreticiler satış fiyatlarını güncellemekte ve bu değişim satışlarında etkiye neden olabilmektedir.

Kurdaki değişimler sadece iç pazarda maliyet ve fiyat açısından etkili olmamakta bununla birlikte ihracatçıların gelirlerini ve ithalatçıların maliyetlerini de doğrudan etkilemektedir. Türkiye'de demir çelik sektörü tüm alt ürün türlerinde ihracat ve ithalata bağımlı bir sektördür. Kurdaki artışlar ihracat için teşvik edici, ithalatı ise azaltıcı etkiye sahip olabilmektedir. Sektörün dünya genelinde olan ticaretinde kur etkisi, rekabet avantajı sağlayabileceği gibi dezavantajlı bir durum da oluşturabilir. Türk Lirasının değer kaybı ihracat fiyatları ve rekabet gücü üzerinde olumlu etki yapabilmekte ve kâr marjına olumlu katkı sağlamaktadır. Türk Lirasının değer kazanması ise tersi bir durum oluşturmakta ve Türkiye'yi diğer ihraç eden ülkeler için cazip bir duruma getirmektedir. Bu durum, yerli üreticilerin rekabet gücünü azaltmaktadır. Döviz kurlarından etkilenen yurtdışı fiyatları firmaların, sektörün ve ülke ekonomisinin rekabet edebilirliği açısından önem taşımaktadır. Diğer yandan, kurlardaki değişimler sonucu TL cinsinden fiyatlarda gözlenen dalgalanmalar, talebin ve yatırım kararlarının ertelenmesine neden olabilmektedir.

Kurdaki değişimin sektörün üretim maliyetine etkisi yurt içinden tedarik edilen girdiler ve yurt dışından tedarik edilen girdiler için ayrı ayrı incelenebilir. Kurda yaşanan düşüş demir cevheri ve kömür gibi çoğunluğu yurt dışından tedarik edilen girdilerin maliyetinde azalmaya neden olacaktır. Kurdaki yükselme ise

işçilik ve elektrik gibi yurt içinden sağlanan girdiler açısından olumlu etki yapmaktadır. Ancak bu etkinin önemli bir avantajı yoktur. Çünkü yurt içinden temin edilen girdi fiyatları da hızla uluslararası fiyatlara uyum sağlamaktadır (Akman, 2007). Demir çelik sektörü özelinde bakıldığında sektörün ihracatında yaşanan dalgalanmalarda döviz kurlarının etkisinin sınırlı olduğu görüşü de söylenebilir.

2.2.5. Tüketici Güven Endeksi

Tüketici Güven Endeksi tüketicilerin ekonominin mevcut durumuyla ilgili değerlendirmeleri ve gelecek dönemle ilgili beklentilerini ölçmeyi amaçlayan bir göstergedir. Tüketicilerin yakın gelecekteki harcama ve tasarruf eğilimlerini ölçmeyi hedefler (TÜİK, 2020). Aylık olarak uygulanan Tüketici Eğilim Anketi ile hesaplanır. Türkiye İstatistik Kurumu ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası iş birliği ile gerçekleştirilir, cinsiyet ve yaşa göre farklı kategorilere uygulanır.

Tüketici güven endeksinin literatürde, satış tahmin çalışmalarında kısıtlı sayıda kullanıldığı gözlenmiştir. (Hicham & Bouhorma, 2012) ambalaj ürünü satış tahmini yaptığı çalışmada imalat tüketici endeksi adıyla, geçmiş satış verileri ile birlikte kullanmıştır. Çelik sektörü ile ilgili makalelerde rastlanmamıştır.

Tüketici güven endeksi genel olarak, son kullanıcının tüketim eğilimlerini ölçen bir gösterge niteliği taşımaktadır. Demir çelik sektörü ürettiği ürünleri son kullanıcılara değil endüstriyel kuruluşlara sağladığı için demir çelik sektörünün ürünlerine olan talebi direkt etkileyeceği düşünülmeyebilir. Ancak demir çelik sektöründe üretilen birçok ürün, otomotiv, ambalaj gibi tüketim malzemeleri üreten birçok sanayi dalına hammadde sağladığı için türetilmiş talep etkisine sahip olabilir. Bu etkilenme belli bir gecikme süreci ile gerçekleşebilecektir.

2.2.6. İmalat Sanayi Endeksi

Demir çelik sektörü başka endüstri dallarına girdi sağladığı için yapılan çalışmalarda imalat sanayi endeksi veya çelik bağlantılı sektörlerin imalat endeksi gibi değişkenler sıklıkla kullanılmıştır (Abbott, 1999; Crompton, 2000; Chang vd., 2005; Crompton & Wu, 2010; Hicham & Bouhorma, 2012; Ecemiş, 2018). (Abbott, 1999) çelik sektöründe yaptığı tahmin çalışmasında çelik bağlantılı sektörlerin imalat sanayi endeksini döviz kuru ve GDP ile birlikte kullanmıştır. İmalat sanayisi

çelik sektörünün çıktılarını yoğunlukla kullandığı için, sanayi endeksindeki büyüme ya da küçülmenin, çelik sektörüne de doğru yönlü bir etki oluşturduğu gözlenmiştir. Çeliğin alt sektörlerdeki kullanım yoğunluğuna göre bu etkinin sonuçları değişmekle birlikte doğru yönlü bir etkinin olduğu sonucu açıktır. (Crompton & Wu, 2010) Çin çelik sektöründe yaptığı uzun dönemli tahmin çalışmasında milli gelir artışının, seçilen dönemdeki etkisinin yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ancak çeliğin sanayide kullanım yoğunluğunda oluşacak değişimlerin uzun dönemli tahminlerde etkisinin olacağını belirtmiştir. (Ecemiş, 2018) Türkiye paslanmaz çelik sektöründeki çalışmasında ise sanayi endeksinin etkisinin sınırlı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bazı dönemlerde ülkenin ekonomik ve politik durumuna göre piyasalarda dalgalanmalar olabilmekte ve satışları etkileyebilmektedir. Yaşanan global krizler veya ülkelerin ekonomik durumundaki değişiklikler işletmelerin ürettiği ürünlere olan talebi etkileyebilmektedir. İşletme dışında gelişen ekonomik iklim değişikliklerinde ürüne olan talebi etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin etki miktarlarının değerlendirilmesi işletmelerin ürün satışlarını tahmin etmesinde önemli rol oynayacaktır.

Türkiye'de demir çelik sektörünün üretimi son yıllarda ülke büyümesinin üstünde bir artış yakalamıştır. Demir çelik sektörü ihracatta %9,9'luk direkt paya sahiptir. Bununla birlikte diğer ihracat kalemleri olan otomotiv, makine sanayi, beyaz eşya ve inşaat gibi demir çelik ürünlerini hammadde olarak kullanan endüstri dallarında da katkısı yüksektir. Etki ettiği diğer endüstri dalları da dikkate alındığında ülke ihracatının yaklaşık %40'lık diliminde etkisi olduğu görülmektedir (ÇİB, 2022). Gerek ihracata ve ekonomiye katkısı gerekse diğer sektörlere girdi sağlayan ana sektör olması nedeniyle demir çelik piyasasında gelecek dönemlerdeki talepleri tahmin etmenin önemli olduğu görülebilmektedir.

Satış tahminleri ile ilgili literatür incelendiğinde enerji, turizm, perakende, konut ve petrol gibi farklı sektörler için yapılmış bilimsel çalışmalara rastlanmıştır. Yurtiçi ve yurtdışında yapılan çalışmalarda satışı etkileyen faktörler incelenmiştir. Metal veya demir çelik sektörüyle ilgili az sayıda ve özellikle uluslararası çalışmalara rastlanmıştır. Türkiye'de demir çelik ve hatta metal ana sanayi sektöründe yapılmış satış tahmin çalışmaları ve satış tahminine etki eden faktörlerin araştırılması oldukça azdır. Bu durum çalışmamızın önemini arttırmaktadır. Ayrıca yapay sinir ağları ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak Türkiye demir çelik sektöründe satış tahminini etkileyen faktörlerin araştırılması açısından literatüre katkı sağlayacaktır.

Uygulamanın amacı, literatürden elde edilen değişkenler dikkate alınarak bir demir çelik işletmesinin satış miktarına etki eden faktörlerin YSA ile

değerlendirilmesidir. Ayrıca, yöntemin sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla en küçük kareler yöntemi ile regresyon analizi yapılarak faktörlerin talep tahminlerine etkilerinin incelenmesi ve elde edilecek sonuçların YSA sonuçlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmesi planlanmıştır.

Bu nedenle, Türkiye'de yassı çelik üretiminde faaliyet gösteren büyük bir demir çelik işletmesinin ürettiği beş ana ürün grubundan en çok satılan birer ürün seçilmiştir. Bu ürün grupları; soğuk haddelenmiş ürünler (ürün 1), galvanizli ürünler (ürün 2), levha ürünleri (ürün 3), sıcak haddelenmiş ürünler (ürün 4) ve kalay kaplı ürünler (ürün 5)'dir. Çalışmada ürün 1 için model 1, ürün 2 için model 2 vb. beş ürün için beş model kurulmuştur. Bu beş ürüne ait aylık satış miktarları verisi ile aylık ortalama fiyat bilgileri işletmeden elde edilmiştir.

Bunun dışında, belirlenen altı makro iktisadi değişken için Ocak 2010-Mart 2021 dönemine ait veriler piyasadan elde edilmiştir. YSA tahmin modelinde verilerin yaklaşık %70'i tahmin (estimate) ile eğitim amaçlı, %30'u ise değerlendirme ve test amaçlı kullanılmıştır. YSA yönteminde 9 değişkenli bir gizli katmanlı ve 50 adet gizli katman nöron sayısı kullanılarak algoritma çalıştırılmıştır. Algoritmanın 250 kez çalıştırılması ile elde edilen sonuçların ortalaması kullanılmıştır. Eksik veriler algoritma çalıştırılmadan önce en yakın komşuluk ara değer doldurma yöntemiyle tamamlanmıştır.

3.2. Araştırmanın Kısıtları

Araştırmanın uygulaması Türkiye'de ve yassı çelik üretimi yapan bir işletmede yapılmıştır. Yassı çelik haricinde farklı ürünler üreten işletmelerde veya Türkiye dışındaki farklı ülkelerdeki işletmeler için analizde elde edilen sonuçlar farklılaşabilir. Bunun genellemesi araştırılmalıdır.

Diğer bir kısıt verilerden kaynaklanmaktadır. Özellikle dış faktörlerle ilgili veriler alınırken, analiz için belirlenen Ocak 2010- Mart 2021 döneminin tamamına ait veriler elde edilememiştir. Örneğin PMI verisine Mart 2015 sonrası, TGE verisine ise Ocak 2012'den itibaren ulaşılmıştır. Milli gelir verisi ise üç aylık dönemler halinde yayınlanmış, bu çalışmadaki aylık veriler doğrudan elde edilememiştir. Bunların dışında çalışma döneminin son aylarında pandemi dönemi yaşanmış ve farklı yapıdaki piyasa koşullarında gerçekleştiği bu dönem verilerin

test dönemine ait olduğu için YSA test sonuçları için beklenenden fazla tahmin hatası içerebilir.

3.3. Analizde Kullanılan Değişkenler

Tablo 2.1'de listelenen literatür taramasında karşılaşılan çalışmalar ışığında, satış tahminini etkilediği düşünülen ekonomik değişkenlerden altı tanesinin bağımsız değişkenler olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Bu değişkenler, üretici fiyat endeksi (ÜFE), faiz oranı, döviz kuru (USD), tüketici güven endeksi (TGE), satın alma müdürleri endeksi (PMI) ve gayri safi yurtiçi hasıla (GDP)'dır (Tablo 3.1). Ayrıca aylık ortalama fiyat bilgisi de bağımsız değişken olarak kullanılacak ve bağımlı değişken olarak satış miktarı tahmin edilecektir.

Tablo 3.1: Kullanılan Aylık Parametreler

Değişkenler	Açıklama ve değişkenin kullanım dayanağı olan bazı kaynaklar	Başlangıç	Veri Kaynağı
Q	Q1, Q2 Q3, Q4, Q5 ürün aylık satış miktarı, (Bin Ton)	Ocak 2010	İlgili işletme
P	P1, P2 P3, P4, P5 ürün aylık ortalama fiyat (USD/kg)	Ocak 2010	İlgili işletme
ÜFE	Üretici fiyat endeksi (%)	Ocak 2010	TCMB, 2020
Faiz	TCMB gösterge faizi (%)	Ocak 2010	TCMB, 2020
USD	Amerikan Doları (USD/TL) kuru, Foreks satış	Ocak 2010	TCMB, 2020
TGE	Tüketici Güven Endeksi	Ocak 2012	TÜİK, 2020
PMI	Satınalma Müdürleri Endeksi	Nisan 2015	İSO, 2020
GDP	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)	Ocak 2010	TÜİK, 2020

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.3.1. Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE)

Türkiye'nin yıllar itibariyle aylık üretici fiyat endeksi değerleri, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankasının (TCMB) kamuya açık veri kaynağı olan web sitesinden temin edilmiştir. Değerler, çalışma dönemi olan Ocak 2010 yılından itibaren aylık olarak yaklaşık 11 yıllık veriyi kapsayacak şekilde elde edilmiştir.

Çalışmada tüketici fiyat endeksi yerine, üretici fiyat endeksi kullanılmıştır. Demir çelik sektöründe çalışma yapılan işletme endüstriyel ürünler üreten ve endüstriyel tesislere ürün ve hammadde satışı yapan bir işletmedir. Ürünleri satın alan ve kullanan müşteriler de sanayide üretici durumunda olan firmalardır. Bu nedenle nihai tüketiciyi hedefleyen tüketici fiyat endeksi yerine üretici fiyat endeksi kullanılmasının daha doğru olacağı değerlendirilmiştir.

3.3.2. Gösterge Faiz Oranı

Türkiye'nin aylar itibariyle faiz değerindeki değişimleri, TCMB kamuya açık veri kaynağı olan web sitesinden temin edilmiştir. Veriler, çalışma dönemi olan Ocak 2010 yılından itibaren aylık olarak piyasada geçerli faiz oranlarının yaklaşık 11 yıllık dönemi kapsayacak şekilde elde edilmiştir.

3.3.3. Döviz Kuru (USD/TL)

Döviz kuru, sadece dış ticaret işlemlerinde değil, yurt içindeki üretim maliyetleri, fiyatlar ve satın alma kararlarında etkili olabilen genel ekonomik bir göstergedir. Çalışmada döviz kuru olarak Amerikan Doları (USD)'nın her ayın son işgünü itibariyle TCMB'nın satış değerleri dikkate alınmıştır. Bu değerler, Türkiye TCMB kamuya açık veri kaynağı olan web sitesinden temin edilmiştir. Veriler, çalışma dönemi olan Ocak 2010 yılından itibaren aylık olarak yaklaşık 11 yıllık dönemi kapsayacak şekilde elde edilmiştir.

3.3.4. Tüketici Güven Endeksi

Tüketici Güven Endeksi tüketicilerin ekonominin mevcut durumuyla ilgili değerlendirmeleri ve gelecek dönemle ilgili beklentilerini ölçmeyi amaçlayan bir göstergedir. Tüketicilerin yakın gelecekteki harcama ve tasarruf eğilimlerini ölçmeyi hedeflemektedir (TÜİK, 2020).

Tüketici Güven Endeksi aylık dönemler olarak hesaplanmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) web sitesindeki açık veri kaynaklarından Ocak 2012 yılından itibaren, veriler aylık olarak elde edilmiştir.

3.3.5. Satın Alma Müdürleri Endeksi (PMI)

Satın Alma Müdürleri Endeksleri (Purchasing Managers' Indices- PMI), ülkenin ekonomik atmosferinin ölçülmesi konusunda ekonomi çevreleri tarafından takip edilen göstergelerden biridir. Sadece Türkiye'de değil yurt dışında da hesaplanan ve takip edilen bir göstergedir. PMI Endeksleri, konu edilen ekonominin ya da sektörün büyüklüğünü değil yönünü göstermektedir. Bu anlamda eğilim göstergesi niteliği taşımaktadır (İSO, 2020). PMI verisi ilgili ay içinde diğer ekonomik göstergeler içinde ilk açıklanan gösterge olması nedeniyle öncü gösterge

niteliğindedir. Türkiye İmalat PMI endeksi 2015 yılı Nisan ayından itibaren İstanbul Sanayi Odası tarafından açıklanmaktadır.

Literatür taramasında, sanayi endeksi veya imalat sanayi endeksi verisi satış tahmini yapılan çalışmalarda parametre olarak sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada imalat sanayisinin gidişatını göstermesi için PMI değerleri kullanılmıştır. PMI değerleri, İstanbul Sanayi Odasının yayınladığı raporlardan aylık veriler olarak alınmıştır. Ancak çalışma döneminin başlangıcı olan Ocak 2010 ila Mart 2015 arasında PMI değeri elde edilememiştir. Bu döneme ait veriler sıfır kabul edilmeyip, modelin çalışmasını etkilememesi için model tarafından doldurulmuştur.

3.3.6. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)

Gayri Safi Yurtiçi Hasıla yıllık ve üç aylık dönemler olarak hesaplanmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) web sitesindeki açık veri kaynaklarından Ocak 2010 yılından itibaren, üç aylık dönemler itibariyle Türkiye milli gelirine ait veriler elde edilmiştir.

Literatür taramasında, satış tahmini ile ilgili çalışmaların neredeyse tamamında milli gelirin bir parametre olarak kullanıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmada aylık dönemler kullanıldığı için, üç aylık dönemlerde elde edilen milli gelir verisinin dönemsel olarak uyarlanması gerekliliği oluşmuştur. Bunun için lineer interpolasyon yöntemi ile üç aylık verilerin aylık verilere indirgenmesi sağlanmış ve aylık veriler doldurulmuştur.

3.4. Analizde Kullanılan Yöntemler

İşletmeler için satış tahmini, gelecek olayların öngörülmesi anlamına gelmektedir. Bu öngörü yapılırken geçmiş verilerden istatistiksel yöntemler ve matematiksel modellerle analiz yapılarak veya sahadan bilgiler alınarak bir sonuca ulaşılabilmektedir. Bazen de yöneticilerin veya uzmanların deneyimlerinden elde edilen çıkarımlarla sonuç elde edilebilir. İşletmelerin ürettikleri farklı ürünler için, farklı tahmin metotlarının kullanılması gerekebilmektedir. Piyasalardaki değişime göre ve her bir ürüne göre uygulanan farklı tahmin metotları tercih edilebilmektedir. Yapılan bir tahmin belli bir ürüne veya mal grubuna uygulanabilirken, başka bir ürün için doğru sonuç vermeyebilir. Her ürün türü için piyasa dinamikleri farklı

işliyor, farklı parametrelerden etkileniyor olabilir. Uygulamada, ekonomik göstergelere dayanan tahmin metodu, uzman görüşü toplama metodu, istatistiksel metotlarla yapılan talep tahmini gibi talep tahmin metotları yaygın olarak kullanılmaktadır.

İstatistiksel yöntemler geçmişte gerçekleşen talep verilerini ve talebi etkileyen faktörleri, ekonomik göstergelerle olan ilişkilerine göre analiz ederek tahmin yapmaya çalışır. İstatistikî yöntemlerle geçmiş olaylar incelenerek gelecekle ilgili tahminler ve projeksiyonlar yapılabilir. Regresyon yöntemi, Korelâsyon katsayısı yöntemi, Zaman serileri analizi yöntemi, Hareketli ortalamalar yöntemi gibi yöntemler talep tahmin çalışmalarında yaygın olarak kullanılan istatistiksel yöntemlerden bazılarıdır (Tekin, 2009).

Satış tahmini çalışmalarında kullanılabilecek çok sayıda model bulunmaktadır. Bu modeller sayısal tahmin modelleri ve sayısal olmayan tahmin modelleri olarak iki grupta toplanabilir. Sayısal modeller ile tahmin yaparken geçmişe ait gerçekleşen veriler kullanılır. Geçmişe ilişkin yeterli veri bulunmaması durumunda, ilgili alanda uzmanlık ve bilgi sahibi kişilerin uzmanlığından yararlanılarak alınacak görüşler doğrultusunda tahmin yapılabilir. Geçmişe ait gerçekleşen satış verilerinin kullanıldığı yöntemler az maliyetle ve kolay uygulanabilir yöntemler olabilir ancak genel ekonomik göstergeleri ve kriz dönemlerini tahmine yansıtmaktan uzak kalabilmektedir. Bu nedenle dönemsel etkilerin dikkate alındığı zaman serileri analizi ve işletme dışı ekonomik faktörlerin etkilerinin araştırıldığı farklı ekonometrik modeller de kullanılmaktadır.

Sayısal modeller, geçmişe ilişkin doğru ve yeterli miktarda veri toplanmasını gerektirir. Ne kadar kapsamlı bir model kullanılırsa kullanılsın, doğruluk derecesi düşük ve yetersiz sayıdaki veriler ile iyi sonuçlar almak mümkün olamayacaktır. Tahmin yöntemi seçimi yapılırken yeterli verinin olup olmaması sürece kısıtlama getirmektedir. Sayısal tahmin yöntemlerinde kullanılan bazı yöntemlerin diğer yöntemlerden iyi sonuç verdiği görülebilir. Ancak genelleme yapmak her zaman doğru olmayabilir. Farklı yapıya sahip tahmin çalışmalarında, farklı yöntemler ele alınması gerekebilir (Üreten, 2005).

3.4.1. Korelasyon Katsayısı ve Determinasyon Katsayısı

Regresyon kavramının anlaşılabilmesi ve regresyon sonuçlarının yorumlanabilmesi için öncelikle korelasyonun anlaşılmasında yarar vardır. Ayrıca regresyon uyum iyiliği göstergelerinden birisi çoklu korelasyon katsayısının karesi olan determinasyon katsayısı ve YSA'nın uyum iyiliği göstergelerinden biri de çoklu korelasyon katsayısıdır. Bu açıdan bu bölüm korelasyon kavramına ayrılmıştır.

Korelasyon katsayısı (r, basit korelasyon katsayısı olarak da isimlendirilir) iki değişken arasındaki ilişkinin değerini gösterir ve -1 ile +1 arasında değer alır. Buradaki y ve x değerleri beraber artıyor veya beraber azalıyorsa korelasyon katsayısı pozitif; x arttığında y düşüyorsa korelasyon katsayısı negatif bir değer alacaktır. İki değişken arasında herhangi bir ilişki olmaması durumunda ise korelasyon katsayısı sıfır veya sıfıra yakın bir değer alır. Bu durumda, korelasyon katsayısı sıfıra yaklaştığı ölçüde ilişki zayıflayacak iken +1'e yakınlaştığı ölçüde ilişki kuvvetli pozitif (aynı yönlü), -1'e yakınlaştığı ölçüde ise ilişki kuvvetli negatif (zıt yönlü) olarak ifade edilebilir. Korelasyon katsayısının işareti veya yönü, daima regresyondaki değişkene ait β katsayısının işaretiyle aynıdır. İki değişkenli regresyon modelinde, regresyon doğrusunun eğimi negatif ise, korelasyon katsayısının işareti de negatif olacaktır (Üreten, 2005).

Korelasyon katsayısı -1 ila +1 aralığında değer alır ve katsayı değerinin sıfıra yaklaşması durumunda düşük korelasyon, bire yaklaşması durumunda ise yüksek korelasyon olduğunu belirtmektedir. Korelasyon katsayısının 0,40-0,70 aralığında olması durumunda normal korelasyon olduğu şeklinde, 0,70-0,90 aralığında ise yüksek korelasyondan olduğu şeklinde yorumlanabilir. 0,90'ın üstündeki değerler ise çok yüksek korelasyon göstergesi olarak yorumlanacaktır (Tekin, 2009, s. 242).

Basit korelasyon katsayısı herhangi iki değişken arasındaki ilişki düzeyini gösterirken, çoklu korelasyon katsayısı bağımsız değişkenlerin toplu olarak bağımlı değişken ile arasındaki ilişki düzeyini göstermektedir. Çoklu korelasyon katsayısı genelde regresyon analizlerinde hesaplanır ve değerlendirilir. Çoklu korelasyon katsayısının karesi (R^2), regresyonda determinasyon katsayısı veya çoklu belirlilik katsayısı olarak isimlendirilir. Determinasyon katsayısı, bağımsız değişkenlerin varyansındaki (değişimlerinin) bağımlı değişkenin varyansını (değişkenliğini)

açıklama yüzdesi olarak da ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle regresyon modeli ile açıklanan varyansın toplam varyansa bölünmesiyle elde edilir. Bu açıdan regresyon modeline dahil edilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni ne ölçüde açıkladığının göstergesi niteliğindedir. Böylece oluşturulan regresyon modelinin uyum iyiliği göstergesi olarak determinasyon katsayısına bakılabilmektedir (Monks, 1996, s. 47; Üreten, 2005, s. 137).

3.4.2. En Küçük Kareler Yöntemi ile Regresyon Analizi

Regresyon, bir bağımlı değişken ile bir veya daha çok bağımsız değişken arasındaki ilişkinin matematiksel bir fonksiyon olarak yazılmasıdır. Bu fonksiyona regresyon denklemi denir. Regresyon denklemi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ilişkiyi kuran parametre değerleri tahmin edilir. Bağımlı değişkenle ilişkili olan bağımsız değişken katsayılarının tahmin edilmesi, hangi değişkenlerin sonuç üzerinde önem kazandığının belirlenmesine yardımcı olacaktır. Başka bir deyişle bir değişkene ait gözlem sonuçları ile diğer değişkenin alabileceği değerlerin ne kadar doğrulukla tahmin edilebileceğini ve gözlenen farklılıkların ne dereceye kadar belirleyici olabileceğinin anlaşılmasına yardım edecektir.

Bununla birlikte, değişkenler arasındaki ilişkinin şekli, yönü ve derecesi saptanabilmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin şekli, nasıl bir matematiksel fonksiyona uyduğunu, yönü ise iki değişkenin aynı yönde mi zıt yönde mi etkileşimde olduğunu belirler. İlişkinin derecesi ise bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetini göstermektedir.

Regresyon denklemi, bağımsız değişkenlerdeki bir birim değişim durumunda, bağımlı değişkendeki değişim değerini gösterir. Korelasyon ise, iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ifade eden, oluşan fonksiyonun uygunluğunu ölçen bir kavramdır. Başka bir ifadeyle, fonksiyonun ilişkiyi ne ölçüde karşıladığını gösterir. İlişki ne kadar güçlü ise, yapılacak tahminlerin doğruluğunun derecesinin de artması beklenir (Üreten, 2005).

Regresyon analizi yapılırken, geçmiş veriler kullanılarak dönemsel olarak değişen fonksiyonlar geliştirilebilir. Yeterli düzeyde açıklayıcı ve istatistiksel olarak anlamlı bir regresyon katsayısı olması durumunda güvenilir tahminler yapılabilir. Aksi durumda yapılacak tahminlerde hata fazla olacaktır. Elde edilen

geçmiş veriler sürekli ve düzenli ise tahminin doğruluğu da yüksek olacaktır (Ballot, 1986, s. 165).

Regresyon tekniğinde değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamak ve ilişki şiddetini açıklamak için regresyon modeli kullanılır. Regresyon modelleri iki veya daha çok değişken içerebilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler içeren bir regresyon modeli eşitlik (3.1) gibi gösterilebilir,

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \ldots + \varepsilon \quad (3.1)$$

Burada;

Y: Bağımlı değişken veya açıklanan değişkendir.

X: Bağımsız veya açıklayan değişkenlerdir. Bir veya birden çok olabilir.

α: Sabit olup X, 0 değerini aldığında Y'nin aldığı değerdir.

β: Regresyon katsayısıdır. X, 1 birim değiştiğinde Y'de meydana gelecek değişim miktarını gösterir.

ε: Hata terimi olarak nitelenir. Ortalaması sıfır, varyansı 2 olan normal dağılım gösterdiği varsayılır (Ural, 2005).

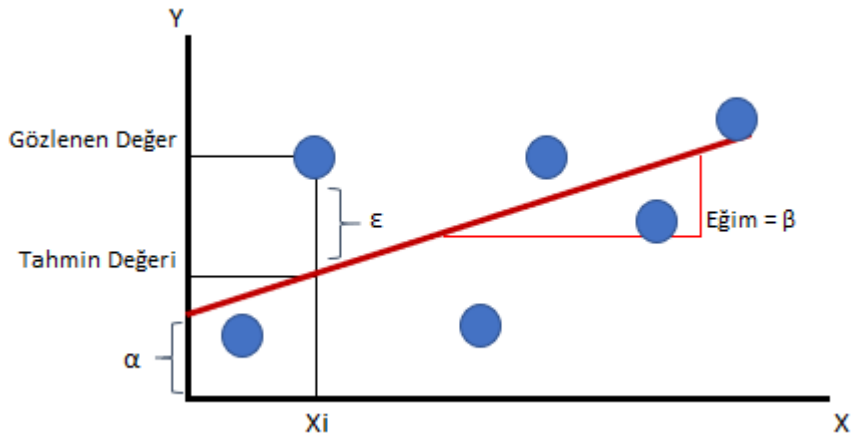
Regresyon ve korelasyon ile tahmin yapma arasında yakın bir ilişki vardır. Regresyon bilinen bağımsız değişkenlerden yararlanıp bilinmeyen durumların (bağımlı değişken) tahmin edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bağımsız değişkenler birden çok olduğunda, korelasyon katsayısı (R) ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki derecesi hesaplanabilir. Çoklu korelasyon katsayısının karesine determinasyon katsayısı (R^2) denir ve regresyonun değişkenleri arasındaki ilişkisinin yorumlanması açısından daha çok tercih edilir (Ural, 2005).

Basit doğrusal regresyon (tek bağımsız değişken olması durumunda), iki değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu kabul edildiğinde, fonksiyon 3.2'deki eşitlikle gösterilebilir.

$$Y=\alpha + \beta X + \varepsilon \quad (3.2)$$

Bağımsız değişken olan X değeri yerine konulur ve buna karşılık gelen Y tahmin değeri bulunur. Yukarıdaki denklemde yer alan α, β katsayı değerlerinin bulunmasında En Küçük Kareler yöntemi (EKK) kullanılmaktadır. EKK yönteminde kullanılan matematiksel ifade grafiksel olarak aşağıdaki Şekil 3.1'de olduğu gibi gösterilebilir.

Şekil 3.1: Regresyon Doğrusu



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

EKK yönteminde doğru üzerindeki bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenlerden gelen gerçek değerler arasındaki farkın kareleri toplamını minimum yapacak şekilde, en uygun doğru fonksiyonu belirlenmeye çalışılır.

Bu çalışmada, bağımlı değişken aylık ürün satış miktarı olan Qi olmak üzere, dokuz bağımsız değişken yer almaktadır. Bağımsız değişkenler, aynı dönemdeki ürün satış fiyatı, fiyattaki aylık değişim, satış miktarının bir aylık gecikme değerleri ve altı adet (*ÜFE, Faiz, USD, TGE, PMI, GDP*) makro iktisadi değişkenlerdir. Ürün satış miktarını belirleyen değişkenler ve etki düzeyleri model (3.3)'de sunulan regresyon modeli üzerinden analiz edilip değerlendirilmiştir.

$$Qj = c + Pj + \dot{U}FE + Faiz + USD + TGE + PMI + GDP + Qj(t\text{-}1) + \Delta Pj \qquad (3.3)$$

Bu regresyon modeli beş ürün grubu için tekrarlanarak (j = 1, 2, 3, 4, 5), genel sonuca ulaşılması planlanmıştır.

Veri serilerinin tamamı ayrı ayrı birim kök açısından test edilmiştir. Testlerde Augmented Dickey-Fuller testi ile Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin testi

kullanılmış ve hemen hepsinde birim kök sorunu olduğu tespit edilmiştir. Birim kök etkilerini azaltmak ve daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için, verilerin sürekli getirileri hesaplanmış ve hesaplanan bu seriler üzerinde çalışma ilerletilmiştir. Sürekli getiri hesaplamasında formül (3.4)'de gösterildiği şekilde değişkenin t dönemdeki değeri ile (t-1) dönemdeki değeri oranlanmış ve sonucun doğal logaritması alınmıştır (Pekkaya, 2011, s. 85).

$$\text{Sürekli getiri} = \ln (P_t / P_{(t-1)}) \tag{3.4}$$

EKK yöntemiyle gerçekleştirilen regresyonlarda, Q_j (Q_1, Q_2 Q_3, Q_4, Q_5) ürününe ait aylık satış ortalamaları, ilgili ürünlerinin piyasa fiyatı olan P_j (P_1, P_2 P_3, P_4, P_5) ve makro iktisadi değişkenler sınıfına ait olan *ÜFE*, *Faiz*, *USD*, *TGE*, *PMI* ve *GDP* değişkenleri üzerinden modellenmeye çalışılmıştır. EKK'da ayrıca veriler aylık olması nedeniyle mevsimsel etki araştırılmış, faiz ve *GDP*'de mevsim etki gözlenmemiş, diğer seriler toplamsal yapıda mevsimsel düzeltmeleri yapılarak modelde kullanılmıştır.

Modellemelerde, istatistiksel anlamlılığı 0,10 anlamlılıkta olmayan değişkenler en zayıftan başlanarak modelden sırayla çıkarılmış (backword yaklaşımı) ve anlamlı katsayılara sahip bir modele ulaşılmaya çalışılmıştır (Dökmen vd., 2019). Elde edilen nihai model EKK yönteminin varsayımlarına göre incelenmiştir. EKK yönteminin özellikle hata serisinin normal dağılması, otokorelasyon olmaması, bağımsız değişkenlerde çoklu doğrusal bağlantı ile değişen varyans olmaması varsayımları aranmıştır.

Bu varsayımlar ilgili literatürde yaygın olarak kullanılan sırasıyla Varyans Sişirme faktörü (VIF, VIF değerinin 5'ten az olması), Jarque-Bera (JB, H0: Hata serisi normal dağılma uyar) testi, Breusch-Godfrey LM otokorelasyon (BG, H0: Hata serisinde otokorelasyon yoktur) testi ve Breusch-Pagan-Godfrey değişen varyans (BPG, H0: Hata serisinde değişen varyans yoktur) testi üzerinden incelenmiştir. Varsayımların sağlanmaması durumunda, regresyon göstergeleri veya anlamlılıklar olduğundan farklı hesaplanan istatistiklere sahip olması riskini içerdiği bilinmektedir. Bu durumda, katsayılarda değişime neden olmasa da daha doğru göstergeler ürettiği kabul edilen, özellikle değişen varyans durumuna uyumlu standart hatayı dikkate alan robust regresyon yaklaşımlarından Hinkley yaklaşımı

(Hayes ve Cai, 2007), Huber-White veya White-Hinkley HC1 olarak bilinen yaklaşım tercih edilebilmektedir. Çoklu doğrusal bağlantı sorunu haricinde, değişen diğer üç önemli varsayım ihlalinde, bu çalışmada Huber-White yaklaşımıyla robust regresyonlar gerçekleştirilmiştir.

3.4.3. Yapay Sinir Ağları

3.4.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı

Yapay sinir ağları (YSA), insan sinir sisteminin çalışma prensibinden esinlenerek, insanlardaki sinir hücresinin benzetimini yaparak geliştirilmiş, birbirine bilgi gönderen, bilgi alan, öğrenme, öğrendiklerini hafızasında saklama gibi insana ait bazı özellikleri taklit ederek öğrenen bir sistemdir. Problemlerin çözümü için kullanılan nöronlar (yapay sinir hücreleri) ağ şeklinde birbiriyle ilişki içindedir ve kısa zamanda sonuçlar üretebilmektedir (Tekin, 2009, s. 229). Yapay sinir ağları, öğrenerek yeni bilgiler üretebilme ve bilgiler arasında bağıntı keşfedebilme gibi insan beynine ait yetenekleri gerçekleştirmek amacıyla oluşturulan bilgisayar temelli sistemlerdir (Öztemel, 2006, s. 29).

YSA, yöneylem araştırmasının sahasına giren modelleme, tahmin, sınıflandırma gibi birçok alandaki problemlerin çözümünde kullanılabilen bir yöntemdir. Yöntem, regresyon modelinde oluğu gibi birçok bağımsız değişkenin etkilediği bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen bir fonksiyon belirleme aracıdır. Ancak regresyon, doğrusal fonksiyon belirleyebilen bir yöntem iken YSA ile doğrusal olmayan fonksiyonlar da belirlenebilmesi nedeniyle karmaşık verilerin modellenmesinde daha uygun sonuçlar üretebilmektedir. YSA yöntemi ayrıca istatistiksel yöntemlerde olduğu gibi istatistiksel dağılımlarla ve verilerin özellikleri ile ilgili varsayım yapmamaktadır (Ermiş, 2005).

İnsan beyni ve sinir hücrelerinin çalışma prensibiyle ilgili 1900'lü yılların başından itibaren çalışmalar yapılmaya başlansa da mühendislik değeri taşıyan çalışmaların ve ilk hesaplama modellerinin, 1940'ların başında Culloch ve Pitts'in, 1943 yılında yayınlanan makaleleriyle başladığı kabul edilebilir. 1954 yılında Farley ve Clark tarafından yapılan çalışmada bir ağ içerisinde uyarılara adapte olabilen ve tepki verebilen bir model oluşturulmuştur. 1963 yılında ise ilk oluşturulan ilkel modellerin eksiklikleri fark edilmiş, başarılı sonuçların elde

edilmesi 1970'li ve 1980'li yıllarda termodinamikteki yapıların doğrusal olmayan fonksiyonlarla geliştirilmesinde sinir ağı yapılarının kullanılmasına kadar gecikmiştir. YSA'nın yaygın olarak kullanılmaya başlanması ve tanınırlığının artması 1985 yılından sonra artmıştır (Ataseven, 2007; Öztemel, 2006, s. 37).

3.4.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

YSA istenilen sonuçları üretecek şekilde kullanılabilmeleri için öncelikle eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gereklidir. Mevcut örnek veriler YSA'ya tek tek gönderilir. Ağ çalışma prensibi dahilinde örnek verilerle sonuçlar arasında ilişkiler kurar. Kurulan bu ilişkiler ile ağın öğrenmesi sağlanmış olur. Olaylar hakkında elde edilen örnek veriler iki set halinde ayrılır. Bu setlerden çoğunluğu (genellikle %70-80 arası) ağı eğitmek için, kalan kısım ise ağın performansını doğrulamak ve test etmek amaçlı kullanılır. Ağ öncelikle bir eğitim veri seti ile eğitilmelidir. Eğitim veri setindeki örneklere doğru cevaplar vermeye başladığında ağı eğitme işi tamamlanmış kabul edilir. Daha sonra ağa ikinci veri seti gönderilerek ağın verdiği cevaplar kontrol edilir ve ağın performansı ölçülür. Eğer ağ hiç görmediği ikinci veri seti olan test verilerine kabul edilebilir doğrulukta cevaplar veriyor ise o zaman ağın performansı doğrulanmış olur ve ağ kullanıma başlanır.

YSA'nın özellikleri ağ modeline ve kullanılan algoritmaya göre değişebilmekle birlikte, aşağıdaki gibi genel özellikleri sıralamak mümkündür (Haykin, 1999, s. 26; Öztemel, 2006, s. 31-33; Yurtoğlu, 2005, s. 36):

Paralellik: YSA'nın gerçekleştirdiği işlemler, bütün yapıya yayılmış, paralel çalışan yapılardır. Bu şekilde problemleri çok daha hızlı çözebilmektedirler.

Doğrusal Olmama: YSA'da kullanılan nöronlar doğrusal sonuçlar veren işlem elemanları değildir. Doğrusal olmama özelliği ağa da yansımaktadır. Doğrusal olmaması nedeniyle YSA doğrusal olmayan daha karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilmektedir.

Öğrenme: YSA insan sinir hücrelerinin çalışma prensibini temel alarak öğrenmeyi sağlamaktadır. Yapay sinir ağları öğrenme sürecinde kendisine verilen verilerle olayların sonucu arasında ilişki kurarak öğrenme işlemini gerçekleştirir. Sonrasında önüne çıkan benzer olaylar için benzer kararlar vermeye çalışırlar. Bu

özelliği de yapay sinir ağlarının karmaşık olaylara çözüm üretmesinde geleneksel yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır.

Bilginin Saklanması: YSA'da bilgi, nöronların birbirleri ile bağlantı ağırlıkları ile gösterilir. Tek bir bağlantının bir anlamı olmayacağı için öğrenilen bilgi ağın bütünü ile karakterize edilir. Tüm ağa dağıtılmış bir bellek oluşturulur. Geleneksel hesaplama yöntemlerinde bilgi programa gömülü veya bir veri tabanında olurken yapay sinir ağında ağa dağıtılmış durumdadır.

Hata Toleransı: YSA birden fazla nöronun kendi aralarında farklı şekillerde bağlantılar kurması ile oluşmuştur. Bağlantı yapısı paralel dağılmış şekildedir ve paralel yapısı sebebiyle, ağın sahip olduğu bilgi tüm ağa yayılmıştır. Bu nedenle bazı nöronların ve nöronlar arasındaki bağlantıların etkisini kaybetmesi ağın doğru sonucu üretmesini etkilemeyecektir. Oysa diğer yöntemlerde işlemler genellikle merkezi bir işlemcide yapılmaktadır. Bu nedenlerle yapay sinir ağlarının hata ayıklama yetenekleri son derece yüksektir.

Genelleme: YSA olayla ilgili gerçekleşmiş örnek veriler kullanılarak ilgili olay hakkında eğitilir ve böylece ağa genelleme yapabilme yeteneği kazandırılır. Bu şekilde bilinen örnekler kullanılarak daha önce hiç karşılaşılmamış durumlar için genelleme yapabilir hale gelirler. Bu sayede eksik veya hatalı verilerle çalışabilir ve sonuçlar üretebilirler. YSA hatalı ve eksik veriler hakkında genelleme yaparak karar verebildikleri için iyi bir örüntü tanımlayıcı ve sınıflandırıcı olarak tanımlanabilirler.

Uyarlanabilirlik: YSA, çalışılan problemdeki değişimlere göre bağlantı ağırlıklarını ayarlayabilmektedir. Ağırlıkların yeniden ayarlanabilir olması bir problemi çözmek için eğitilmiş yapay sinir ağının, başka bir problemi çözmek için veya problemdeki değişikliklere göre uyarlanabilmesi ve yeniden eğitilebilmesi mümkün olmaktadır.

Eksik Verilerle Çalışma: YSA, elde ettiği öğrenme ve genelleme yeteneği sayesinde eksik verilerle çalışabilmekte ve veri eksiği olmasına rağmen sonuç üretebilmektedirler. Ancak eksik olan verinin önem derecesine göre YSA'nın çalışma performansında düşüş yaşanabilir. YSA hangi bilginin daha önemli olduğunu da eğitilmesi sırasında öğrenebilmektedir.

3.4.3.3. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları

YSA ile farklı alanlarda çalışmalar yapıldığı ve başarılı sonuçların alındığı bilinmektedir. Ağların eğitilmesinde kullanılan verilerin elde edilmesi gün geçtikçe kolaylaşmakta ve gerçek veriler kullanılabilmektedir. Eskiden yapılan çalışmalar genelde laboratuvar ortamında ve benzetim yoluyla elde edilen verilerle yapılırken artık günlük hayatın içinden gerçek verilerle yapılır hale gelmiştir. YSA yöntemi akademik araştırmalar, endüstriyel ve teknolojik alandaki uygulamalar, finansal uygulamalar, askeri ve savunma sanayisine dönük uygulamalar için, Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma yöntemleri ile birlikte kullanılmaktadır. Cep telefonlarından günlük hayatta sıklıkla kullanılan çeşitli aletlere kadar çeşitli alanlarda, yapay sinir ağları uygulamaları mevcuttur (Öztemel, 2006, s. 203-204).

YSA uygulaması sonucunda yaptığı fonksiyonlar genel olarak aşağıda listelenmiştir (Eldon, 1994, s. 5; Elmas, 2003, s. 29):

Tahmin: Yapay sinir ağları, girdi olarak kullandığı verilerinden öğrenerek yeni gelecek olan verilere karşılık gelebilecek çıktı değerlerini tahmin etmektedir.

Sınıflandırma: YSA, girilen verileri belirlenen kriterlere göre sınıflandırmakta veya kategorilere ayırmaktadır.

Veri İlişkilendirme: YSA, elde ettiği öğrenme ve genelleme yeteneği ile eksik verileri tamamlayabilmekte hatalı verilerin de hatalı olduğunu belirleyebilmektedir.

Veri Filtreleme: YSA, çok sayıdaki veri içerinden istenen amaca uygun verileri süzerek filtreleme fonksiyonu yapabilmektedir.

Tanıma ve Eşleştirme: YSA, veriler içindeki örüntülerin tanınmasını sağlayabilmektedir. Belirsiz ve karmaşık bilgilerin işlenerek eşleştirilmesi ve tanınmasını mümkün kılar.

Teşhis: YSA, sistemin problemlerinin belirlenmesi ve açığa çıkarılması fonksiyonlarını yerine getirebilmektedir.

Yorumlama: YSA, öğrenme yeteneğini elde ettikten sonra bilgileri kullanarak yeni olayların yorumlanmasını sağlayabilmektedir.

3.4.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları

YSA yönteminin, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında birtakım üstün özellikleri ve avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ermiş, 2005; Çelik, 2008, s. 26):

- Hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modeller kurulabilmektedir. Bu şekilde daha karmaşık sebep sonuç ilişkilerine çözüm sunabilmektedir.
- Örnek veri setleri ile ağın öğrenme yeteneği kazandırılabilir ve önceden görülmemiş yeni örnekler için genelleme yapılabilir.
- Problemde yaşanacak değişimlere karşın yeni veri setleri ile tekrar öğrenme sağlanarak ağ yeni probleme uyarlanabilir.
- Geleneksel yöntem ve yazılımlarla çözülemeyen birçok probleme çözüm getirebilir, eksik ve belirsiz verilerle işlem yapabilir.
- Öğrendiği bilgileri ağırlıklar yardımıyla paralel dağılmış yapısında tuttuğu için esnek bir yapısı vardır. Bu esneklik ağın bir kısmında yaşanacak olası zararlara karşı modelin çalışmasını sağlayacaktır.
- YSA, veri girdilerine göre kendi ilişki ağını kurarlar. Geleneksel modellerde olduğu gibi denklem içermezler. Modelin içindeki algoritma tam olarak analiz edilemeyip kara kutu gibi işlem görse de analizlerde kullanım kolaylığı sağlamaktadır.
- Çok sayıda bilgisayar algoritmaları ve yazılımları geliştirilmiştir. Bunlar hazır paket yazılımlar olarak kullanılabilir.

3.4.3.5. Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları

Yapay sinir ağları çok sayıda avantajlara ve üstün özelliklere sahip olmanın yanında bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajları aşağıdaki gibi açıklamak mümkündür (Öztemel, 2006, s. 34-35).

- YSA çalışma prensibi nedeniyle paralel işlemciler üzerinde çalışması gerekmektedir. Ağların hızlı ve gerçek zamanlı verilerle çalışabilmesi

bilgisayar donanımının gücüne bağlıdır. Dolayısıyla donanım bağımlı olmaları önemli bir sorun teşkil edebilir.

- YSA ile her tür problem çözülecek şeklinde kesin bir çıkarım yapılamaz. Çünkü bir probleme uygun bir ağ oluşturulamaz ise problemin çözümü bulunamayabilir veya düşük performanslı sonuçlar elde edilebilir.

- YSA sadece normalize edilmiş sayısal veriler ile çalışabilmektedir. Modele veriler sunulmadan önce sayısallaştırılıp normalize edilmesi gerekmektedir. Ancak bazı durumlarda elde edilen veriler buna izin vermeyebilir. Bu durum, yapay sinir ağlarının birçok olayda kullanılamamasının önemli sebeplerinden birisi olarak sayılabilir.

- Ağın yeterince eğitildiğine ilişkin karar vermek için geliştirilmiş bir yöntem yoktur. İstatistiksel hataların belli bir değerin altına indirilmesi eğitimin sonlanması için yeterli görülmektedir.

- YSA davranışı ve üretilen çözümün neden ve nasıl üretildiğine ilişkin net bilgi olmamaktadır. Bu durum üretilen sonuçlara kuşkuyla bakılmasına neden olabilmektedir.

- Bir YSA'nın eğitilmesi için çok fazla veriye ve denemeye gerek duyulur. Bu da öğrenme süresini uzatmakta ve örnek veri ihtiyacını artırmaktadır. Bundan dolayı sınırlı zaman diliminde ve az sayıda veri ile yapılan çalışmaların sonuçları yeterince güvenilir olmayabilir.

3.4.3.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

YSA insan beyninin çalışma prensibinden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Biyolojik sinir ağları insan beyninde bulunan çok sayıda sinir hücresinin birleşiminden meydana gelmiştir. Duyu organları vasıtasıyla dışarıdan veya organlardan gelen uyarılar (veriler) sinir sistemi vasıtasıyla beyine taşınır ve beyinde oluşan kararlar tekrar sinir sistemi vasıtasıyla organlara uyarılar olarak gönderilir. Biyolojik sinir ağlarında öğrenme, nöron adı verilen sinir hücreleri arasındaki sinaptik bağlantılar aracılığıyla olmaktadır. İnsan beyni doğduğu andan sonra devamlı bir öğrenme ve gelişim süreci içine girer. Bu gelişim nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların artmasıyla meydana gelmektedir. Nöronlar

arasındaki sinaptik bağlantılar arttıkça, beyinin işlem yeteneği artar ve daha detaylı ve karmaşık işlemler yapabilir (Öztemel, 2006, s. 46).

YSA, biyolojik sinir ağları yapısında olduğu gibi hiyerarşik bir şekilde birbirine bağlanmış çok sayıda nörondan (işlemci elemanı) oluşan bir yapıdır. Dışarıdan girilen verilerle öğrenen ve buna göre çıktılar üretebilen bir Kara Kutu olarak benzetilebilir. Bu kara kutu yapısı, öğrenme işlemini gerçekleştirmek için sadece örnek verilere ihtiyaç duyar. Çok sayıda gerçek verilerle bir sonuç üretecek şekilde öğrenen bir fonksiyonu temsil etmektedir. Ancak YSA'nın öğrenme sürecindeki algoritmasını ifade eden bir matematiksel fonksiyon karşılığı yoktur. YSA çalışma prensibine göre, ağa dışarıdan veri girişi sağlandığında, insan beyninde olduğu gibi bu girdiler yapay nöronlarda matematiksel olarak işlenir ve çıktılar üretilir. Eğitimin ilk evrelerinde üretilen çıktı değerleri doğruluktan uzaktır ancak öğrenme süreci yeni verilerle devam ettikçe yapay sinir ağındaki nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıkları ayarlanarak doğru sonuçlar elde edilmeye başlanır ve bu şekilde öğrenme tamamlanır.

YSA, geçmişe ait gerçekleşmiş örnek verilerle deneyim kazanarak öğrenme işlemini gerçekleştirmektedir. Bunun için kullanılan örnek verilerin, ağın öğrenmesi istenen bilgileri ve olaylar arasındaki ilişkiyi doğru temsil etmesi gerekmektedir. Verilerin çok sayıda olması, ilişkileri temsil kabiliyeti, ağın kullandığı öğrenme kuralları ve problemin ağa sunuluş biçimi ağın sonuç performansında etkili olacaktır (Toktaş ve Aktürk, 2004, s. 7). Şekil 3.2'de örnek veri girişleri ile sonuç üretebilen ve kara kutu benzetimi yapılabilen bir yapay sinir ağı modeli verilmiştir.

Şekil 3.2: Yapay Sinir Ağı Kara Kutu Yapısı



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, bir yapay sinir ağı genel olarak girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Bu katmanlar aşağıdaki gibi açıklanabilir (Adıyaman, 2007, s. 8):

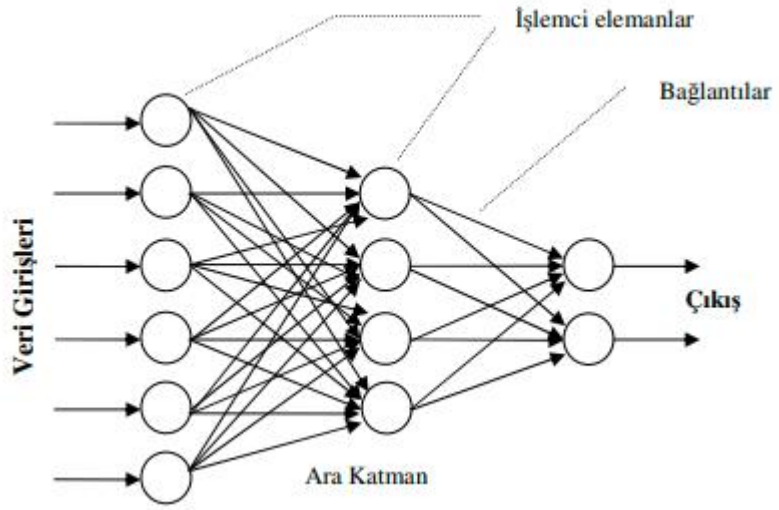
Girdi Katmanı: Girdi katmanı yapay sinir ağının başlangıç katmanıdır. En az bir tane girdi nöronundan (işlem elemanı) oluşmaktadır. Girilen veriler giriş katmanında herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın giriş değerleri ile ara katmanlara iletilir.

Ara Katmanlar: Girdilerin belirli işlemlerden geçirildiği bölümdür. Gizli katman olarak adlandırılır. Seçilen ağın yapısına göre ara katmanların yapısı, adedi ve fonksiyonu farklı olabilir. Ara katman, birden fazla katmandan ya da tek bir katmandan oluşabilir. Girdi katmanından gelen verilerin doğrusal olmayan biçimde yorumlanarak çıktı katmanına sonuçları gönderen bölümdür.

Çıktı Katmanı: Ara katmandan gelen yorumlanmış bilgileri dış ortama aktaran yapay sinir hücrelerinin olduğu bölümdür.

Şekil 3.3'de YSA'nın genel olarak işlem süreci gösterilmiştir. Ağa, örnek veri girişleri yapıldıktan sonra işlemci elemanlar ve bağlantı elemanları aracılığıyla süreç ara katmandan çıkışa doğru ilerlemektedir.

Şekil 3.3: Yapay Sinir Ağları İşlem Süreci



Kaynak: E. Öztemel, (2006). *Yapay Sinir Ağları* (2. Baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık, s. 30.

Bir YSA hücresi giriş verileri, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışlar olmak üzere beş temel elemandan oluşur. Dış ortamdan, diğer nöronlardan veya kendinden alınan veriler yani girişler ağırlıklar aracılığıyla nörona gelir ve bu ağırlıklar yardımıyla toplama fonksiyonu kullanılarak net giriş hesaplanır. Net giriş, verinin ilk giriş hali ile ağırlıkların çarpılıp toplanması ile elde

edilen değerlerdir. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur ve işlem süresince net çıkış değerlerini hesaplar. Hesaplanan nihai değer nöron çıkışını verir (Yüksek, 2007, s. 15).

Şekil 3.4'de, yapay sinir hücrelerinin bileşenleri ve matematiksel fonksiyonları gösterilmiştir. Buna göre;

Xi: Giriş verileri

Wi: Kazanç ağırlıkları

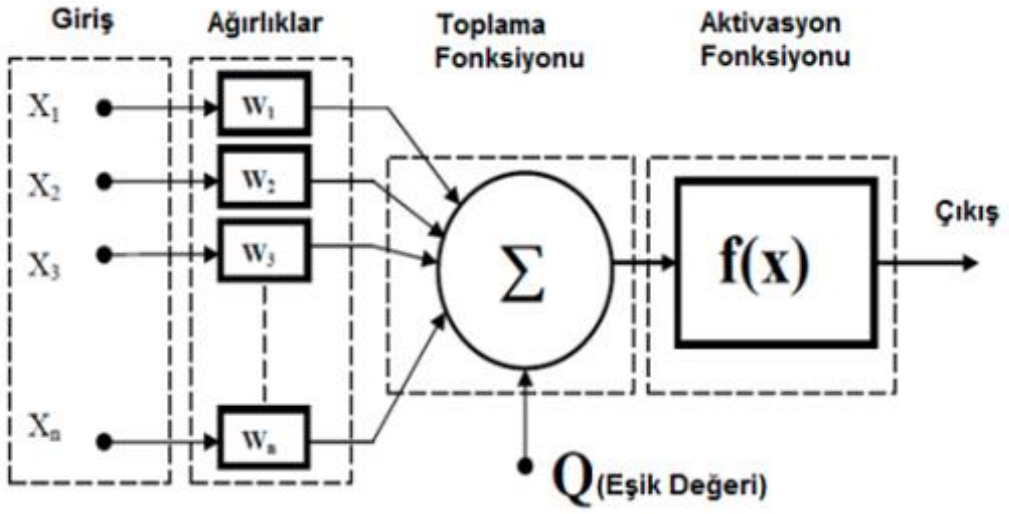
∑: Toplama fonksiyonu

Q: Eşik değeri

f(x): Aktivasyon fonksiyonu

Olarak ifade edilmiştir.

Şekil 3.4: Yapay Sinir Hücrelerinin Bileşenleri ve Matematiksel Yapısı



Kaynak: G. A. Yüksek, (2007). *Hava Kirliliği Tahmini YSA Çoklu Regresyon*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, s. 19.

Bir yapay sinir hücresinin temel beş bileşeni olan girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıkışlar ile ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir. Buna göre;

Girişler: Yapay sinir hücresine gelen verilerdir. Bu veriler dışarıdan, nöronun kendinden veya başka nöronlardan gelebilir. Yapay sinir ağlarının dış

dünya ile ilişkisi olan iki elemanından biridir. Veriler üzerinde değişim yapmadan sadece veriyi iletirler. Bir nöronun sınırsız sayıda girişi olabilir ancak tek bir çıkışı olmalıdır (Anderson & McNeill, 1992, s. 22).

Ağırlıklar: Gelen veriler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar ile çarpılarak hücreye girerler. Ağırlıklar giriş verilerinin nörona girerken değerini belirlemeye yarayan matematiksel katsayısılardır. Tüm nöronlar için veri girişleri olurken değişik ağırlıklar belirlenir. Bu ağırlıklar hücreye gelen verilerin hücre üzerindeki etkisini belirler. Yapay sinir ağları, öğrenme yeteneğini ağırlıkların belirlenmesi ve değiştirilmesi ile elde etmektedir (Adıyaman, 2007). Ağırlıklar başlangıçta genellikle (-1 ile +1) aralığında rastgele seçilir ve algoritma içinde değiştirilerek optimum değeri bulunur.

Toplama Fonksiyonu: Bir yapay sinir ağı hücresine gelen ilk verileri genellikle giriş verilerinin ağırlıklarla çarpımlarını toplayarak hesaplayan bir fonksiyondur. Bu şekilde hücreye gelen net girdiler hesaplanmış olur. Toplama fonksiyonu olarak genellikle ağırlıklı toplama fonksiyonu kullanılsa da farklı fonksiyonları da vardır (Öztemel, 2006).

Matematiksel olarak her bir girdinin (x_1, x_2 …x_n) kendine ait ağırlıklarla (w_1, w_2 …w_n) çarpılarak sonuçların toplanmasından elde edilmektedir.

Net Toplam = $\sum x_i w_i$

Aktivasyon Fonksiyonu: Toplama fonksiyonunun sonucunda elde edilen net girdiyi algoritmik bir süreçle çıktıya dönüştürür. Doğrusal fonksiyonlarda çıktılarla girdiler arasında doğru orantılı bir ilişki olmaktadır. Bu nedenle aktivasyon fonksiyonu olarak doğrusal olmayan fonksiyonlar tercih edilmektedir. Bu şekilde daha karmaşık ve farklı problemlere çözüm üretilebilmektedir. Aktivasyon fonksiyonunda çıktıyı hesaplamak için kullanılan değişik formüller ve fonksiyonlar vardır. Aktivasyon fonksiyonunda, ağdaki nöronlar farklı fonksiyonları kullanabilir. En çok kullanılan fonksiyonlar hiperbolik tanjant ve sigmoid fonksiyonlarıdır. Çok tercih edilmese de doğrusal fonksiyonlar da kullanılabilmektedir. Sigmoid fonksiyonu ise çok katmanlı algılayıcı modellerde sıkça kullanılmaktadır (Öztemel, 2006; Adıyaman, 2007).

Çıkışlar: Aktivasyon fonksiyonundan alınan çıktı değeridir. Çıkış işlevi,

$Y = f(vi)$

Sonucunu nihai çıktı olarak dış dünyaya, nörona bağlı diğer nöronlara veya kendisine tekrar gönderebilir (Öztemel, 2006; Adıyaman, 2007; Çelik, 2008).

3.4.3.7. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

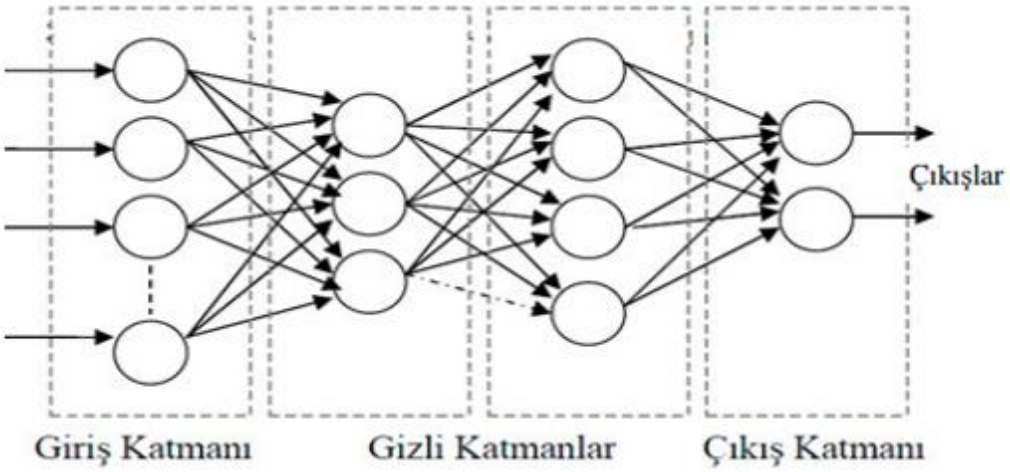
YSA, işlem birimleri olan yapay sinir hücrelerinin (nöron) çeşitli şekillerde birbirleri ile bağlantı kurmaları ile oluşur. Bir hücrenin çıkışı diğer bir hücreye ya da kendine bağlantı kurabilir. Hücrelerin birbirleri ile kurduğu bağlantı şekillerine, kullandığı fonksiyon tiplerine ve öğrenme kurallarına göre çeşitli modeller geliştirilmiştir. Tipik olarak bir YSA'da giriş katmanı, çıkış katmanı ve bunların arasında bulunan en az bir tane gizli katman olmalıdır. Gizli katman sayısı birden fazla da olabilir (Kartalopoulos, 1996, s. 49).

YSA yapılarına göre ileri beslemeli (feed forward), geri beslemeli (feed back) veya ileri beslemeli geri yayılmalı (feed forward, back propagation) ağlar olarak sınıflandırılabilir.

İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları: İleri beslemeli (feed forward) ağlarda, bilgiler girdi katmanından çıktı katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilmektedir. İşlemci elemanlar arasında aynı katman içinde bağlantılar bulunmaz, bağlantılar bir katmandan diğerine olacak şekilde kurulmuştur. Çok Katmanlı Algılayıcılar (MLP) ve Sayısallaştırılmış Öğrenme Vektörü (LVQ) ağları ileri beslemeli ağlara örnek olarak gösterilebilir (Saygılı, 2008, s. 45).

Şekil 3.5'de birden fazla girişi olan, iki gizli katmanlı ve iki adet çıkışa sahip ileri beslemeli çok katmanlı bir yapay sinir ağının, veri girişlerinin yapıldığı giriş katmanı, aktivasyon fonksiyonunun işletildiği gizli katmanları ve sonuç verilerinin dış dünyaya gönderildiği çıkış katmanı bölümler halinde gösterilmiştir.

Şekil 3.5: İleri Beslemeli Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı



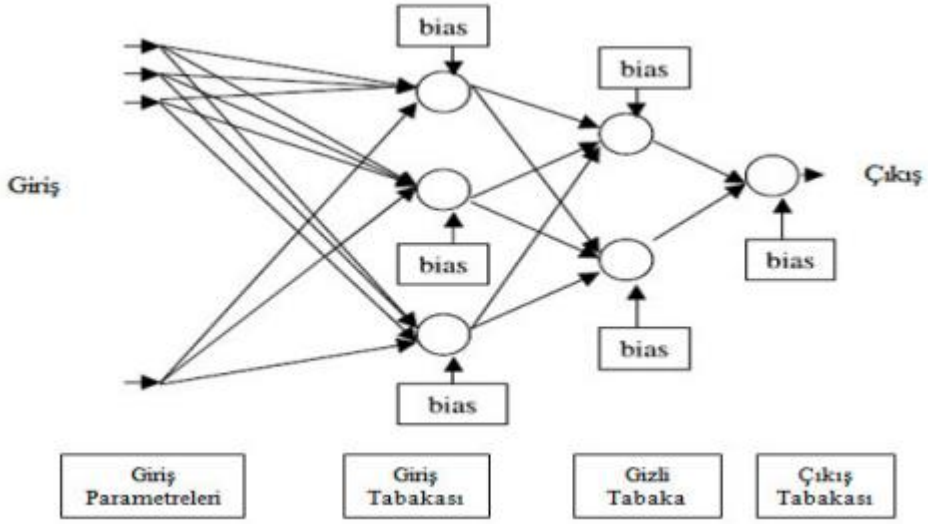
Kaynak: G. A. Yüksek, (2007). *Hava Kirliliği Tahmini YSA Çoklu Regresyon*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas., s. 25.

Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları: Geri beslemeli YSA'da, en az bir tane yapay sinir ağı hücresinin çıktısı, kendisine ya da aynı katmandaki diğer bir hücreye girdi olarak verilmektedir. Yapılan bu geri besleme işlemi, bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır. Geri besleme işlemi aynı katman içindeki hücreler arasında olabileceği gibi çok katmanlı yapılarda farklı katmanlar arasında da olabilmektedir. Bu geri beslemeli yapısı sayesinde bir YSA, öğrenmesini geliştirebilir ve doğrusal olmayan durumlarda başarılı sonuçlar gösterebilir. Bu şekilde elde ettiği dinamik hafızaları nedeniyle tahmin çalışmalarında daha iyi sonuçlar verirler (Saygılı, 2008, s. 46).

İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Sinir Ağları: YSA çalışmalarında çok tercih edilen modellerden biri ileri beslemeli geri yayılmalı ağlardır (feed forward back propagation). Çok katmanlı ileri beslemeli ağlarda, yapay sinir hücreleri katmanlar halinde yapılandırılmıştır ve sadece bitişik katmanlardaki hücreler arasında bağlantılar kurulabilir. İleri beslemeli geri yayılmalı ağlarda ise bilgi yayılımı için böyle bir sınır yoktur. Öğrenme aşamasında hatalar geriye doğru yayılarak öğrenme gerçekleştirilir ve probleme çözüm aranır (Rao & Srinivas, 2003, s. 94).

Şekil 3.6'da ileri beslemeli, geri yayılmalı bir yapay sinir ağı modelinin, hataların geriye doğru yayılarak öğrenilmesi ve bu geri besleme vasıtasıyla karşılaştığı hatalardan öğrenerek, problemlere çözümler üretebilmesi şekillendirilmiştir.

Şekil 3.6: İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağı



Kaynak: P.S. Rajpal, K.S. Shishodia & G.S. Sekhon (2006). *An Artificial Neural Network for Modeling Reliability, Availability and Maintainability of a Repairable System*. Reliability Engineering and System Safety, 91, s.810.

3.4.3.8. Yapay Sinir Ağlarının Temel Öğrenme Kuralları

YSA geçmiş veri örneklerini kullanarak öğrenme yeteneği elde edebilmektedir. Öğrenme işlemi, bir olayla ilgili gerçekleşmiş veriler kullanılarak, olayın girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkilerden yararlanılarak hücreler arasındaki bağlantı ağırlıklarının belirlenmesidir. Bu ağırlıklar, YSA'nın verileri işleyebilmesi için gereken bilgilerdir (Rao & Srinivas, 2003, s. 17).

YSA, klasik yazılımlar gibi belirli bir algoritma yürüterek çalışmazlar. YSA'nın öğrenmesi çocukların öğrenme sürecine benzetilebilir. Sıcak bir maddeye dokunarak eli yanan çocuk, sıcak bir maddeye dokunmaması gerektiğini deneyerek öğrenmiş olur. Çok sayıda deneme yaparak zaman içinde daha az sıcak olan bir maddeye dokunabileceğini de öğrenir. Yani çocuklar sıcaklık bilgisini deneyimleyerek öğrenmiştir. Yapay sinir hücresi de benzer şekilde davranarak çok sayıdaki örnek veri seti üzerinden girdi ve çıktı değerleri arasındaki ağırlık katsayılarını ayarlamak suretiyle eğitilirler (Çelik, 2008, s. 45).

Sinir ağlarında öğrenme süreci karmaşık ve çok parametreli, bir süreçtir. Matematiksel olarak ifade edilmesi zor bir işlemdir. Farklı problemlerin çözümü için geliştirilen farklı ağların eğitilmesinde farklı öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmalardan dört tanesi temel nitelikte olup diğerleri bunlardan türetilen kurallardır. Bu kurallar; Hebb, Hopfield, Delta ve Kohonen

öğrenme kurallarıdır. Hebb kuralı ilk geliştirilen ve sonradan geliştirleb kurallara temek oluşturan en eski kuraldır (Anderson & McNeill, 1992, s. 29). Bu temel dört kuralla ilgili açıklamalar aşağıdaki gibidir:

Hebb Kuralı: İlk olarak Donald Hebb tarafından 1949 yılında geliştirilmiştir. Kurala göre; arasında bağlantı bulunan iki nöron arasındaki sinaptik ağırlıkların ikisi de aynı yönlü ise, başka bir ifadeyle matematiksel işaretleri aynı iki nöron arasındaki bağ güçlendirilmelidir. Matematiksel işaretler farklı ise bağın zayıflatılması gerekir (Çelik, 2008, s. 48).

Hopfield Kuralı: Hebb kuralından farklı olarak Hopfield kuralında bağlantı ağırlıklarının değerinin ve ne kadar azaltılıp artırılması gerektiğinin belirlenebilmesidir. Hem girdi hem beklenen çıktı aktifse, bağlantı ağırlığı öğrenme oranı kadar arttırılmaktadır. Ters yönlü ise bağlantı ağırlığı öğrenme oranı kadar azaltılmalıdır. Öğrenme katsayısı kullanıcı tarafından atanan genel olarak 0-1 arasında pozitif ve sabit bir sayıdır (Anderson & McNeill, 1992, s. 29)

Delta Kuralı: Delta Kuralı Hebb Kuralından geliştirilmiştir. Bu kural En Küçük Kareler Öğrenme Kuralı (Least Mean Square, LMS) olarak da bilinmektedir. Widrow ve Hoff tarafından geliştirilmiştir. Günümüzde yaygın kullanılan öğrenme kurallarından biridir. Kuralın çalışma prensibi, sinir ağının beklenen çıktısı ile gerçek çıktı arasındaki farkı en aza indirecek şekilde, sinir ağlarının nöronları arasındaki bağlantı ağırlıklarının sürekli değiştirilmesine dayanır. Beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farkı (delta) en aza indiren ağırlıklar kabul edilir (Saygılı, 2008, s. 47).

Delta kuralının düzgün çalışması için veri setinde yer alan verilerin rastgele dağılmış olması gereklidir. Eğitim veri setinin düzgün dağılmış olması durumunda yapay sinir ağının öğrenmesini güçleşecek ve doğru sonuca ulaşılamayacaktır (Anderson & McNeill, 1992, s. 30).

Kohonen Kuralı: Kohonen kuralı Teuvo Kohonen (1982) tarafından, geliştirilmiştir. Yapay sinir hücreleri bağlantı ağırlıklarını güncellemek için diğer hücrelerle yarışırlar. En büyük çıktıyı elde eden yapay sinir hücresi kazanır ve bu hücrenin çıktı üretmesine ve üretilen bu çıktıya göre komşu hücrelerin de bağlantı ağırlıklarını değiştirmesine izin verilir. Kazanan hücre girdi deseniyle en iyi eşleşen

hücre olarak tanımlanır. Eğitim sürecinde komşu hücre sayısı değişebilir (Anderson & McNeill, 1992, s. 30).

3.4.3.9. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

YSA'nın eğitim ve test sürecinde kullanılan veriler, çalışma alanını kapsayıcı özellikte olmalıdır. Yapay sinir ağları eğitildiği kapsam kadar güvenilir sonuçlar üretebilecektir. Ne kadar çok ve kapsayıcı veri ile eğitilebilirse o kadar düzgün çalışacak ve doğru sonuçlar üretecektir. Verilerin büyük bölümü eğitim için kullanılmalı, küçük bir bölümü ise ağın eğitildiğinin test edilmesi için kullanılmalıdır. Test başarısız olursa, test için kullanılan veri seti de eğitim veri setine aktarılarak, eğitim ve test işlemlerinin kabul edilebilir bir performans seviyesine ulaşması sağlanır (Efendigil, 2008, s. 44-46).

YSA'nın veriler arasındaki ilişkiyi öğrenmesi, örnek veriler yardımıyla ağ ağırlık değerlerinin belirlenmesi olarak tanımlanır. En iyi ağırlık kümesini bulmakta kullanılan farklı öğrenme algoritmaları ileri sürülmüştür. Giriş değeri ile istenen çıkış değeri arasındaki fark hata değeri olarak ele alınır ve istenen değere geldiğinde ağırlıklar sabitlenir ve eğitim işlemi bitirilir. Delta kuralı, en küçük karelerin ortalaması (least mean square), çok katmanlı perceptron, ADALINE, hebbian öğrenme gibi örnek algoritmalar kullanılabilmektedir (Elmas, 2003, s. 96).

Levenberg Marquardt (LM) algoritması YSA ile birlikte ileri beslemeli geriye yayılmalı algoritmalar arasında yer almaktadır (Ham ve Kostanic, 2001). LM az parametre ile çalışması, birinci dereceden kısmi türevler ile işletilen ve hızlı yakınsama ile sonuca ulaşabilen avantajlı bir algoritmadır (Okkan vd., 2018).

YSA'nın eğitim süreci aşağıdaki adımlarla ilerlemelidir (Rajpal vd., 2006, s. 812):

- Sistemin ihtiyacı olan girdi parametreleri ve sistem performansını güvenilirlik, kullanılabilirlik gibi kriterler açısından ölçebilecek çıktı parametreleri tanımlanmalıdır.

- Girdi ve çıktı değerlerinden çok sayıda veri seti hazırlanmalıdır. Veri setlerinin bir kısmı eğitim bir kısmı doğrulama ve test için kullanılmak üzere ayrılmalıdır.

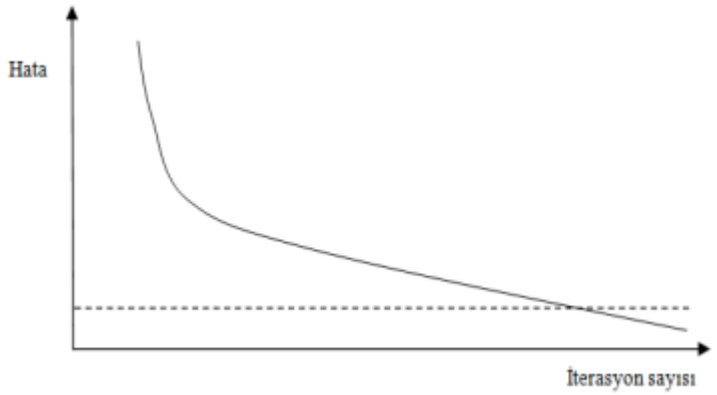
- Gizli katman ve gizli nöron sayısının belirlenmesi sağlanmalıdır. Burada optimum sayıya ulaşmak için azdan başlayarak katman ve nöronlar artırılarak deneme yapılabilir ve optimum değerlere ulaşılabilir.

- Modellenen ve eğitilen sinir ağı farklı koşullardaki davranışlarını belirlemek için eldeki verilerle simüle edilmelidir.

- Optimal bir sonuç elde edilene kadar bu aşamalar tekrar edilmelidir.

Şekil 3.7'de bir yapay sinir ağının eğitilmesine ilişkin, iterasyon sayısı ve hata düzeyini gösteren grafik gösterilmiştir. Buna göre yapılan iterasyon sayısı arttıkça hata düzeyi azalmaktadır.

Şekil 3.7: Yapay Sinir Ağı Öğrenme Eğrisi



Kaynak: E. Öztemel, (2006). *Yapay Sinir Ağları* (2. Baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık, s. 84.

Belli bir iterasyon sayısını geçtikten sonra artık hata miktarı önemli bir değişim göstermez duruma gelmektedir. Bu nokta optimum iterasyon sayısının olduğu noktadır. Burada artık öğrenmenin durduğu ve en iyi sonuca ulaşıldığı kabul edilebilir.

Öğrenme sonrasında ağın başarısının performans ölçümünde hata testleri kullanılmaktadır. Sinir ağının etkinliğini ölçmemizi sağlayan bu testler, gerçekleşen değer ile tahmin edilen değer arasındaki farkı ölçmektedir. En sık kullanılan hata ölçüleri ortalama mutlak sapma ve hata kareleri ortalamalarıdır.

Ortalama mutlak sapma aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{Ortalama mutlak sapma} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |Gerçekleşen\ talep - tahmini\ talep|}{n} \tag{3.5}$$

Ortalama mutlak hata yerine hataların kareleri alınarak, değer sıfıra yaklaştırılır ve daha hassas hasa ölçümü de yapılabilir. Hata kareleri ortalaması aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{Hata Kareleri Ortalaması} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Gerçekleşen\ talep - Tahmini\ talep)^2}{N} \tag{3.6}$$

YSA modellerinde performans değerlendirmesinde korelasyon katsayısı (R) ve hata kareleri ortalaması (MSE) gibi göstergeler kullanılmaktadır (Despotovic vd., 2015; Karasu vd., 2018). R değeri modelin doğruluk ve ilişki düzeyine karar vermek için kullanılırken MSE ise hata ölçüsü olması nedeniyle izlenmektedir. R değeri yüksek olduğunda tahmin ilişkisinin iyi olduğunu, MSE değeri düşük olduğunda ise ölçülen hatanın düşük olduğunu göstermektedir (Wang & Xu, 2004; Despotovic vd., 2015; Çınaroğlu, 2017).

Kullanılan YSA yazılımından alınan sonuçlarda korelasyon katsayısı (R) ve MSE hata değerleri elde edilmiştir. R değeri ile bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişki incelenecek, MSE değerleri ise hata ölçümleri hakkında bilgi verecektir. MSE değerinin düşüklüğü ve yüksekliği model içinde bağıl olarak değerlendirilmektedir.

3.4.3.10. Yapay Sinir Ağları ile Alandaki Alternatif Yöntemler

YSA, yöneylem araştırmasının alanına giren modelleme ve tahmin gibi birçok alandaki problemlerin çözümünde kullanılabilen bir yöntemdir. Yöntem, diğer istatistiksel yöntemlerde olduğu gibi istatistiksel dağılımlarla ve verilerin özellikleri ile ilgili varsayımlar yapmamaktadır. Bunun yanında doğrusal ve doğrusal olmayan fonksiyonlar uygulanabilmesi nedeniyle karmaşık verilerin modellenmesinde, sadece doğrusal fonksiyon uygulayan diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar üretebilmektedir. YSA'nın diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında en önemli özelliği örneklerden öğrenme yeteneğidir denilebilir. Bunun dışında

genelleme yapabilmesi, paralel işlem yapma özelliği, eksik verilerle çalışabilmesi, hazır paket programlarının bulunması ile analiz ve tasarım kolaylığı sağlaması gibi diğer üstün özellikleri sayılabilir (Ermiş, 2005).

YSA yöntemi diğer istatistiki yöntemlerle birçok çalışmada karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Giriş veri sayısı arttıkça YSA yönteminin daha tutarlı sonuçlar ürettiği ve özellikle sabit olmayan, kesikli veri serilerinin olduğu durumlarda, diğer yöntemlere göre oldukça güvenilir sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir (Kellova, 2008, s. 35-38).

Tablo 3.2: YSA ve Geleneksel Talep Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması

	Geleneksel Yöntemler	**Yapay Sinir Ağları**
Öğrenme süresi	-	Uzun
Cevap verme süresi	Uzun	Kısa
Öncelikli bilgi	Gerekli	Yalnızca örnekler yeterli
Kaynak	Uzman kişi görüşü	Örnekler
Bilgi temsili	Zor	Kolay
Rastgele seçilmiş problem	Zor	Kolay
Performans	Uygun	İyi
Bilgi işleme	Açık	Kapalı

Kaynak: İ. Toktaş & N. Aktürk (2004). Makine Tasarım İşleminde Kullanılan Yapay Zekâ Teknikleri ve Uygulama Alanları. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2004 (2), 20.

Tablo 3.2'de YSA ile geleneksel tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. Buna göre, geleneksel yöntemlerde öğrenme yeteneği yokken, YSA ile örnek veri sayısının çokluğuyla doğru orantılı olarak öğrenme sağlanabilmektedir. Öğrenme süresi uzun olmakla birlikte, sonrasında probleme cevap verme süresi çok kısalmaktadır. Ayrıca geleneksel yöntemlerde uzman görüşüne ihtiyaç olurken, YSA sadece geçmiş örnek verileri kullanarak işlem yapabilmekte dışarıdan müdahaleye gerek kalmamaktadır. YSA'nın öğrenme yeteneği ile genelleştirme sağlanmakta ve bilginin temsili ve rastgele seçilen probleme cevap verebilmesi kolaylaşmaktadır.

Demir çelik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerdeki karar vericilerle yapılan yüz yüze görüşmelerde pratikte birkaç satış tahmin yaklaşımının kullanıldığı gözlenmiştir. Bu yaklaşımlar, geçmiş verilerden mevsimsel dalgalanmalar dikkate alınarak ortalama değerlerin kullanılması, son birkaç yılın ortalamalarının alınması veya ürün kategorileri bazında organize edilmiş satış temsilcilerinin piyasa ile ilgili öngörülerinin toplanmasıdır. Bu yöntemler pratik ve kısa sürede sonuç alınabilen yöntemlerdir. Ancak piyasadaki ekonomik

değişimlerin tahmine yansıması kısıtlı olabilmektedir. Ayrıca bu yöntemler sadece satış tahmini odaklı olup ürün fiyatındaki değişimlerin ve makro ekonomik değişkenlerin satış miktarında etkili olup olmadığına dair çıkarım yapmaya olanak sağlamamaktadır.

Türkiye'de demir çelik sektöründe YSA ile yapılan çalışmanın çok fazla olmaması bu yöntemle yapılacak tahmin çalışmalarına ışık tutacak olması nedeni ile bu yöntem tercih edilmiştir. Ayrıca, YSA'nın belirtilen üstün özellikleri, verilerle ilgili varsayım yapmaması, doğrusal olmayan fonksiyonlar üretebilmesi ve kullanım kolaylığı ile hazır paket programlarının olması yapılan bu çalışmada YSA'nın kullanılmasında etkili olmuştur. Ancak daha kapsamlı, modifiye etmeye imkân veren ve güncel algoritmalar kullanabilmek için Matlab gibi kodlama ile geliştirme yapılabilen programlar üzerinden YSA modelleri de çalıştırılabilmektedir. Bu çalışmada hibrit algoritmaları kullanmaya imkân verdiği için Matlab programı üzerinden kodlama temelinde YSA modeli çalıştırılmıştır.

4. BİR DEMİR ÇELİK İŞLETMESİNDE SATIŞA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Bu bölümde, bir demir çelik işletmesinin satışlarına etki eden faktörlerin belirlenmesi ve yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı ile değerlendirilmesine ilişkin elde edilen verilerle bir uygulama çalışması yapılacaktır. Ayrıca YSA yaklaşımı sonuçları ile karşılaştırma yapabilmek için en küçük kareler yöntemi ile regresyon model tahmini yapılmaktadır. İlk olarak, verilere ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler rapor edilmiştir. Bu çalışmada, satışa etki eden faktörlerin belirlenmesine yardım edecek modeli oluşturmak için Tablo 3.1'de verilen değişkenler kullanılmıştır. Tablo 3.1'deki değişken kısaltmaları dikkate alınarak tüm değişkenler için elde edilen verilere ait maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Burada t mevcut değer ve t-1 bir önceki değerdir. Ek olarak, ΔP_i değişkeni, Δ operatörlü P_i zaman serisi için birim zaman başına değişim miktarını temsil eder.

Tablo 4.1: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Değişim katsayısı
$Q_1(t)$	24,13	104,74	71,55	13,23	18,49
$Q_2(t)$	7,09	60,36	26,09	9,14	35,04
$Q_3(t)$	6,69	54,54	24,30	9,93	40,87
$Q_4(t)$	61,26	423,80	240,10	61,79	25,74
$Q_5(t)$	2,88	28,27	17,18	4,29	24,95
$P_1(t)$	0,26	0,94	0,61	0,17	28,14
$P_2(t)$	0,30	1,02	0,69	0,18	26,35
$P_3(t)$	0,31	0,90	0,57	0,15	25,68
$P_4(t)$	0,13	0,82	0,48	0,16	33,36
$P_5(t)$	0,33	1,38	0,91	0,30	32,47
ÜFE(t)	1,70	46,15	11,62	8,91	76,68
FAİZ(t)	4,50	24,00	9,50	5,41	56,95
USD(t)	1,44	8,34	3,39	1,89	55,75
TGE(t)	76,89	97,43	88,58	4,97	5,61
PMI(t)	33,40	56,90	49,61	2,77	5,58
GDP(t)	152268,00	235838,00	195259,96	16882,85	8,65
$\Delta P_1(t)$	-28,08	42,94	-0,22	8,18	3718,18
$\Delta P_2(t)$	-29,48	23,95	-0,50	6,10	1220,00
$\Delta P_3(t)$	-19,04	25,70	-0,34	6,83	2008,82
$\Delta P_4(t)$	-40,48	64,42	0,69	15,31	2218,84
$\Delta P_5(t)$	-52,42	90,02	-0,11	11,20	10181,82

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.1'de görüldüğü üzere, ürünlerden en fazla satış Q4 ürününde (%63,3) ve sonrasında Q1 ürününde (%18,9) olmakta, Q5 ürününde (%4,5) ise en düşük satışlar gerçekleşmiştir. Q4 ürününün satış ortalaması diğer dört ürün satış ortalama toplamının yaklaşık iki katı (%72,6 daha fazla) kadar olduğu gözlenmiştir. Bu durumda genel sonuçlar açısından elde edilen modellerde, büyük ölçüde Q4 ve kısmen Q1 modellerinin daha önemli veya bu modellerden elde edilen sonuçların daha ağırlıklı dikkate alınmasında yarar vardır. Q1 ürünündeki değişim katsayısının (birim ortalamadaki değişkenlik) en düşük seyretmesi ve yüksek ortalaması bağlamında diğerlerine göre daha tutarlı (ortalamaya yakın) satışlar gerçekleşmesi, bu ürünün piyasadaki talebinin daha düzenli (aylık satışlardaki değişkenliği az) olduğunu göstermektedir. Q1 ürünü soğuk haddelenmiş ürünleri temsil etmekte ve genellikle beyaz eşya ve otomotiv sektörlerine hammadde sağlamaktadır. Katma değeri daha yüksek ve üretim süreci orta uzunluktadır. Q4 ürünü ise katma değeri daha düşük olan ve üretim sürecinin kısa olduğu sıcak haddelenmiş ürünleri temsil etmektedir. Q3 ürün türü ise kalın levha ürünlerini temsil etmekte ve değişim katsayısı en yüksek olan ürün olarak görülmektedir. Q5 ise beş ürün türü içerisinde en uzun üretim sürecine ve en yüksek katma değere sahip ürünlerdir. Ürün fiyatları incelendiğinde, işlem süreci daha uzun olması nedeniyle P5 ürün fiyatının en yüksek, P4'ün ise en düşük olduğu (P5 ürünü P4'den %88,9 daha pahalı) olduğu görülmektedir.

Analiz yapılan dönem içerisinde ÜFE, FAİZ ve USD değişkenlerinin değerlerinde büyük değişimler olduğu gözlenmektedir. ÜFE en az 1,7 değerini görmüşken dönem içinde en yüksek 46,15 değerini görmüş ve yaklaşık 27 kat yükseğine çıkmıştır. Ortalama değeri olan 11,62, minimum değerinin yaklaşık yedi katıdır. FAİZ değişkeni en düşük ile en yüksek arasında yaklaşık 5 kat artmış ve ortalama değeri 9,5 olarak gerçekleşmiştir. USD değeri ise genel olarak artış göstermekle birlikte en yüksek ve en düşük değerleri arasında yaklaşık 6 kata ulaşan bir fark oluşmuştur. Bu üç değişken ülkenin makro iktisadi göstergeleri arasında yer alan değişkenlerdir. Buradan ülkenin ekonomik atmosferinin değişkenlik gösterdiği sonucu elde edilebilir.

Makro iktisadi göstergeler dışında imalat sanayisi ve tüketici beklentilerini gösteren PMI ve TGE değişkenlerinde ise çok fazla yükselme gözlenmemiştir. TGE

en düşük 76,89 ve en yüksek 97,43 değerini görmüş ve 88,58 ortalama gerçekleştirmiştir. PMI ise en düşük 33,40 ve en yüksek 56,90 değerlerini görmüş ve ortalaması 49,61 olmuştur. Her iki değişken de iki katından daha az şekilde artmıştır. PMI ve TGE değişkenleri çalışma yapılan dönem içinde en düşük değişim katsayısına sahip makro iktisadi değişkenler olmuştur.

GDP değişkeni de aynı dönemde çok fazla yükselme göstermemiş ve değişim katsayısı olarak da düşük kalmıştır. Dönem içindeki en düşük ve en yüksek değeri arasındaki artış %55 seviyesinde gerçekleşmiştir.

4.2. Regresyon Bulguları

Demir çelik satışlarını etkileyen değişkenleri belirlemek için YSA alternatif bir istatistiksel yaklaşım olarak doğrusal en küçük kareler (EKK) yöntemi kullanılmış ve bu şekilde elde edilen sonuçların YSA ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmasına olanak sağlayabileceği düşünülmüştür. YSA ile yapılan çalışmada kullanılan aynı makroekonomik değişkenler kullanılarak beş ürün için ayrı ayrı beş regresyon modeli oluşturulmuştur.

Modellerde, bireysel katsayıların anlamlılıkları (t testleri) ve modelin genel anlamlılığı (F istatistiği) incelenmiş ve katsayı anlamlılığı 0,10 anlamlılığa gelene kadar anlamsız katsayılar modelden çıkarılarak nihai modeller elde edilmiş, ancak yorumlamadaki sıkıntılardan dolayı burada raporlanmamıştır. Burada sadece tüm değişkenlerin modele dâhil edildiği regresyon sonuçları raporlanmış ve yorumlanmıştır. Ayrıca hataların normal dağılımı, çoklu doğrusal bağlantı, otokorelasyon ve değişen varyans temelindeki regresyon varsayımlarının test sonuçları incelenmiştir. İlk modele ait elde edilen katsayılar Tablo 4.2'de rapor edilmiştir.

Tablo 4.2: Regresyon Modellerinin Değişken Katsayıları

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Sabit	-0.0146	0.0109	0.0295	0.0048	-0.0187
Pi	-0.3313	-0.3342	-0.2685	0.1096	**-1.0057**
ÜFE	-0.0569	0.1062	0.1621	*-0.0727*	0.0515
FAIZ	0.1974	-0.1011	0.0889	0.1612	0.0912
USD	0.6864	-0.5642	-1.4303	-0.1260	0.7342
TGE	1.2644	0.3939	1.0396	1.3086	**-2.2287**
PMI	**-0.6693**	-0.1184	**-0.8663**	-0.4311	*-0.5308*
GDP	1.5885	0.4023	-0.0479	-0.4457	**1.7129**
Qi-1	**-0.4657**	**-0.3380**	**-0.5054**	**-0.3902**	**-0.4536**
ΔPi	0.1106	-0.1993	0.4668	-0.0095	**0.6370**
R^2	0.2411	0.1591	0.2929	0.1945	0.2661
F testi p değeri	0.0002	0.0179	0.0000	0.0030	0.0000

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Modellerde otokorelasyon problemi vardır, HAC yaklaşımı kullanılmıştır. Kalın katsayılar istatistiksel olarak 0,05'te ve italik katsayılar 0,10'da anlamlıdır.

Modellerde, regresyon modelleri için gereken EKK varsayımlarından özellikle hataların normal dağılımı ve otokorelasyon olmaması sağlanmamaktadır. Yani, 0,05 anlamlılık Jarque-Bera testine göre artık serilerin normal dağılımının sağlanmadığına ve Breusch-Godfrey Seri Korelasyon LM Testi kullanılarak hepsinde otokorelasyon sorunu olduğuna karar verilmiştir. Bu durumda, güvenilir olarak testlerin olasılık değerleri veya değişen varyans ile otokorelasyon tutarlı kovaryans tahmin edicileri elde etmek için model göstergeleri ve t istatistikleri için HAC yaklaşımı dikkate alınmıştır.

Tablo 4.3: Regresyon Modellerinin Olasılık Değerleri

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Sabit	0.265	0.463	0.408	0.755	0.288
Pi	0.452	0.548	0.677	0.632	**0.001**
ÜFE	0.337	0.161	0.186	*0.069*	0.442
FAIZ	0.156	0.415	0.662	0.370	0.400
USD	0.150	0.168	0.153	0.796	0.199
TGE	0.168	0.539	0.513	0.151	**0.026**
PMI	**0.026**	0.751	**0.045**	0.285	*0.093*
GDP	0.117	0.604	0.974	0.379	**0.005**
Qi-1	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
ΔPi	0.682	0.568	0.233	0.919	**0.000**
R^2	0.2411	0.1591	0.2929	0.1945	0.2661
F testi p değeri	0.0002	0.0179	0.0000	0.0030	0.0000

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Modellerde otokorelasyon problemi vardır, HAC yaklaşımı kullanılmış ve elde edilen p değerleri verilmiştir. Kalın katsayılar istatistiksel olarak 0,05'te ve italik katsayılar 0,10'da anlamlıdır.

Beş farklı ürün satışlarını modelleyen regresyon analizlerine ait katsayıların olasılık değerlerini gösteren sonuçlar Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Tablo 4.2 ve

Tablo 4.3'deki EKK sonuçlarına göre, PMI ve özellikle gecikmeli ortalama ürün satış miktarları, mevcut ortalama ürün satış miktarları üzerinde zıt yönlü etkilere sahiptir. Son modelde ayrıca ürün fiyatı ve fiyat değişimi de ortalama ürün satış miktarlarını etkilemektedir. Ancak, F istatistikleri oldukça tatmin edici olsa da bağımlı değişken olan bir aylık ortalama ürün satış miktarını tahmin etmede modellerin R^2'ye göre tahmin gücü yaklaşık %25'tir. Bu çalışmada ele alınan değişkenler/veriler ile EKK üzerinden güçlü bir model oluşturmanın tartışılabilir olduğu görülebilmektedir.

Ayrıca Model 5 haricinde diğer tüm modellerde, iktisat teorisindeki fiyatın ürün talebinin temel belirleyicisi olduğu şeklindeki iktisat biliminin temel teorisinin desteklenmemesi de dikkat çekici bulunmuştur. Bu durum, demir çelik ürünleri talebinin fiyata duyarlılığının zayıf olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir.

Türkiye'de enflasyonun yükselme trendine girdiği son yıllarda özellikle ihracat kaynaklı talep artmış ve iç piyasadaki azalışı dengelemiştir (ÇİB, 2022). Demir çelik sektörü diğer sanayi kuruluşlarına hammadde sağlayan bir sektör olduğu düşünüldüğünde, fiyatlardaki artış beklentisi, üretici firmaları hammadde stoğu yapmaya, talepte dönemsel olarak artma etkisine sebep olduğu ve fiyattan kısa vadede etkilenmediği düşünülebilir.

4.3. Yapay Sinir Ağı Sonuçları ve Bulgular

4.3.1. Modelin Tasarımı

Yapay sinir ağlarıyla yapılan satış tahmin modelinin uygulama sürecinde yapılacak işlemler, aşağıda Şekil 4.1'de görüldüğü gibi bir akış şeması ile özetlenmiştir.

Şekil 4.1: Uygulanan Modele İlişkin Adımlar İçin Akış Şeması



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

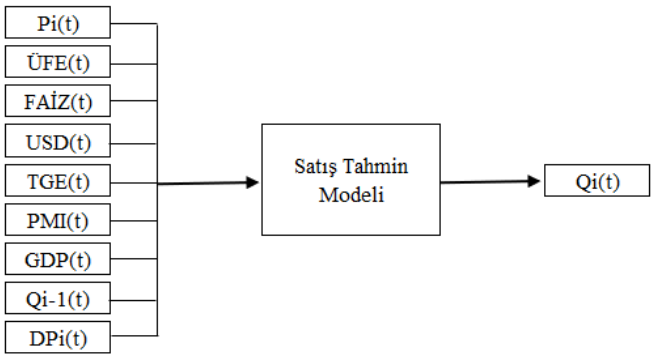
Yapay sinir ağı modelinin uygulaması, ürünle ilgili geçmiş on yıllık satış miktarı ve ortalama fiyat verileri ile, literatür taraması ile tespit edilen bağımsız değişkenlerle (makro iktisadi değişkenler) ilgili veri toplanması ile başlamıştır. Süreç verilerin düzenlenmesi, kayıp ve eksik verilerin doldurulması ile devam etmiş ve veri seti hazırlanmıştır. Daha sonra, çalışmada kullanılan yapay sinir ağları modeli tanıtılmış ve bir yapay sinir ağı modeli tasarlanmıştır. Model tasarımı, öğrenme ve test aşamaları ile devam etmiş ve yapay sinir ağları modelinin tahmin gücünü (performansını) tespit etmek amacıyla hata analizleri yapılmıştır. Nihai olarak modelden elde edilen sonuçların yorumlaması yapılmıştır.

Uygulamada kullanılan yapay sinir ağı modeli, üçünde bölümde anlatılan ve yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan ileri beslemeli geri yayılmalı bir ağdır. Bu ağın tahmin çalışmalarında çok kullanılan modellerden biri olması ve hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modellerdeki tahmin başarısı nedeniyle tercih edilmiştir. YSA ile birden fazla dönemi içeren tahminler yapılırken, tüm dönemlerin aynı anda tahmin edildiği direkt yöntem ve tek tek dönemlerin iterasyonlarla yapıldığı iteratif yöntem olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, yapay sinir ağları ile modelleme yapılırken iteratif yöntem benimsenmiştir.

Tasarlanan modelde, Matlab 2020b versiyonunda yer alan yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Beş farklı ürün için beş farklı model oluşturulmuştur.

Satış tahmin modelinin girdi ve çıktılarının gösterimi Şekil 4.2'de verilmiştir. Oluşturulan bu beş model için 1 bağımlı değişken ve 9 bağımsız değişken kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak, aylık çelik talep miktarı (Q_i) alınmıştır. Bağımsız değişkenler olarak ise, üretici enflasyonunun göstergesi olan üretici fiyat endeksi (ÜFE), piyasa gösterge faizi (FAİZ), Amerikan doları ay sonu kur bilgileri (USD), tüketici güven endeksi (TGE), satın alma müdürleri endeksi (PMI), gayri safi yurtiçi hasıla (GDP) verileri alınmıştır. Ayrıca, aylık ortalama ürün fiyatları (Pi), P_i değerinin değişimi (ΔP_i) ve Q_i değerinin bir ay gecikmeli değeri de (Q_{i-1}) beş ürün için tasarlanan beş modele bağımsız değişkenler olarak eklenmiştir. Son olarak, model çıktısında bağımlı değişken olarak belirlenen Q_i değerinin tahmini kullanılır.

Şekil 4.2: Uygulanan Satış Tahmin Modeli Girdi ve Çıktıları



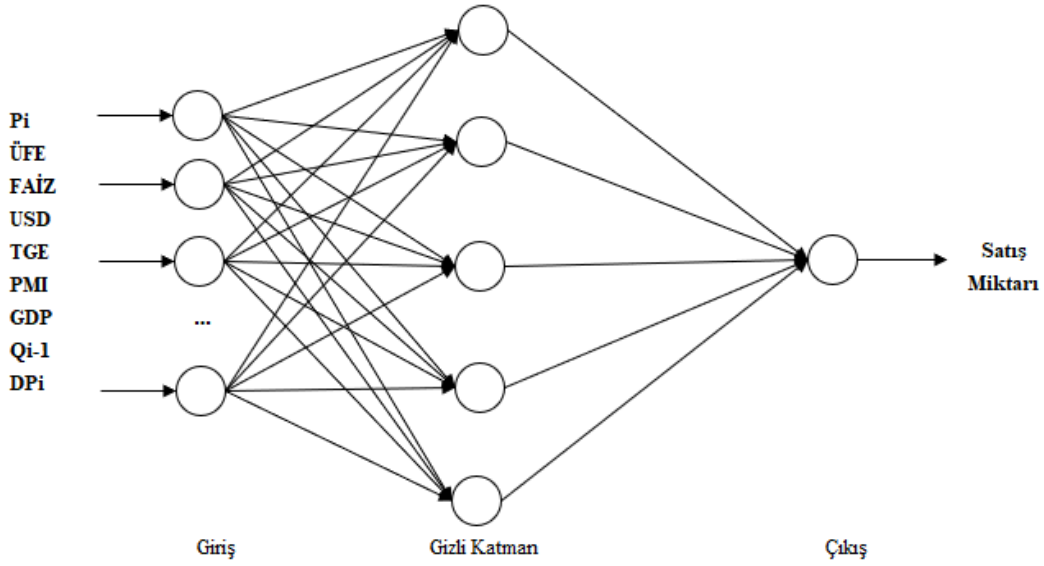
Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Derin öğrenme ve veri madenciliği algoritmalarında olduğu gibi eksik veriler modelin yanlış sonuçlar üretmesine neden olabilmektedir. YSA modelinin çalıştırılmasında da eksiksiz verilerin olması gerektiğinden modelin eğitim aşamasından önce eksik veriler Matlab içinde yer alan K-Nearest Neighbors (KNN) yaklaşımı ile doldurulmuştur. KNN (k-en yakın komşu) algoritması YSA'da sıklıkla kullanılan kümeleme ve eksik verileri doldurma yöntemidir. Bu yöntemle yapılan veri doldurma işlemleri %80'in üstünde başarı gösterebilmektedir (Metin, 2021; Daberdaku, 2020). Eksik olan veri kendisine en yakın k adet veriden, yakınlığına göre ağırlıklandırılarak yeni veriler oluşturulmaktadır. Bu çalışmadan kullanılan PMI ve GDP değişkenlerine ait verilerdeki eksik kısımlar bu yöntemle doldurulmuştur.

Yapay sinir ağlarında çalışma yapılırken, verilerin aynı ölçeğe getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle elde edilen gerçek veri setleri, modele girilmeden önce normalleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Tüm veriler 0-1 aralığında veriler haline getirilerek normalleştirilmiştir. Model kurulumundan önce program tarafından min-max normalleştirme işlemi ile yapılarak model girişinde kullanılan verilerin tamamı aynı sayı kümesine getirilmiştir.

Çalışmada oluşturulan yapay sinir ağı modelinin, 9 adet girdi ve 1 adet çıktı değişkeni vardır. Model, tek gizli katmanlı, ileri beslemeli, geri yayılmalı bir yapay sinir ağı modelidir. Girdi katmanında, ağa sunulan 9 bağımsız değişkene ait dokuz adet girdi nöronu, çıktı katmanında ise 1 bağımlı değişkene ait bir adet çıktı nöronu bulunmaktadır. 1 adet gizli ara katman içermektedir. Ara katmandaki gizli nöron sayısı ise toplam 50 adettir. Bu sayı belirlenirken çeşitli nöron sayıları ile denemeler yapılmış, sonuçta daha yüksek açıklayıcılığa sahip olan ve program tarafından optimize edilen bu sayıya karar verilmiştir. Geliştirilen yapay sinir ağında iteratif tahmin yöntemi benimsendiğinden çıktı nöron sayısı birdir. İteratif yaklaşım benimsenerek geliştirilen yapay sinir ağları modeli aşağıda Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

Şekil 4.3: Uygulanan Yapay Sinir Ağları Modelinin Mimarisi



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.3'de verilen yapay sinir ağı modeli, gizli katman nöron sayısı belirlenirken yazılım algoritmasının deneme yanılma yöntemi ile önerdiği optimum

nöron sayısı benimsenmiştir. Her bir model için eğitim algoritması Levenberg-Marquardt (LM) olarak seçilmiştir. LM, ağın eğitilmesinde en az hata sonuçlarını veren ilişkinin esas alınmasıyla ağın eğitilmesini sağlayan bir algoritmadır. YSA'nın eğitiminde sağlamış olduğu hız ve kararlılık nedeni ile tercih edilmektedir. Buradan hareketle yapay sinir ağı modeli doğrulama kümesinde, en iyi sonucu veren (en düşük hata kareler toplamını veren) ağ seçilmiştir. Satış tahmin modeli için %70 Eğitim, %15 doğrulama, %15 test verileri (95-20-20 örnek) kullanılmıştır. Modelde nöronların birleştirme fonksiyonu olarak ağırlıklarla çarpılmış toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonları olarak ise hiperbolik tanjant seçilmiştir. Performans değerleri için Ortalama Hata Kareleri (MSE) ve Pearson Korelasyon Katsayısı (R) kullanılmıştır.

4.3.2. Modelin Eğitimi ve Testi

Modelin oluşturulması ve verilerin normalleştirilmesinden sonra, modelin eğitim ve test sürecine geçilmiştir. Bu aşamada, çalışmada ele alınan 5 model için ayrı ayrı, 9 bağımsız ve bir bağımlı değişkenle eğitim ve test süreci yapılmıştır. Satış tahmin modelinde verilerin eğitim için %70'i, doğrulama için %15'i, test için de %15'i (95-20-20 örnek) kullanılmıştır. Mart 2020-Mart 2021 arasını kapsayan pandemi dönemine ait veriler de çalışma dönemi içinde yer almaktadır. Bu dönemdeki veriler çoğunlukla test sürecinde kullanılmıştır.

Yapay sinir ağının eğitimi için Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Eğitim başlangıcında, varsayılan başlangıç değerleri, momentum değerleri ve ağırlık değerleri kullanılmıştır. Eğitim süresince 250 iterasyon gerçekleştirilmiş ve optimum öğrenme düzeyine ulaşılmıştır. Eğitim esnasında yapılan her iterasyondan sonra öğrenim oranı ve momentum değerleri değiştirilmektedir. Modelin eğitilmesi, eldeki veri seti ile yapılan iterasyonlarla Ortalama Hata Kareleri (MSE) fonksiyonunu minimize edecek şekilde ağırlık katsayılarının bulunması şeklinde gerçekleşmiştir. Program çalıştırılmaya başladıktan sonra yapılan 250 iterasyonda çıkan en iyi sonuca göre, yapay sinir ağının eğitim, doğrulama ve test aşamalarındaki performans değerleri gösterilmiştir. Programın çalıştırılması benzer iterasyonlar üzerinden yapılırken bu iterasyonlar beş model için ayrı ayrı uygulanmış ve sonuçları raporlanmıştır.

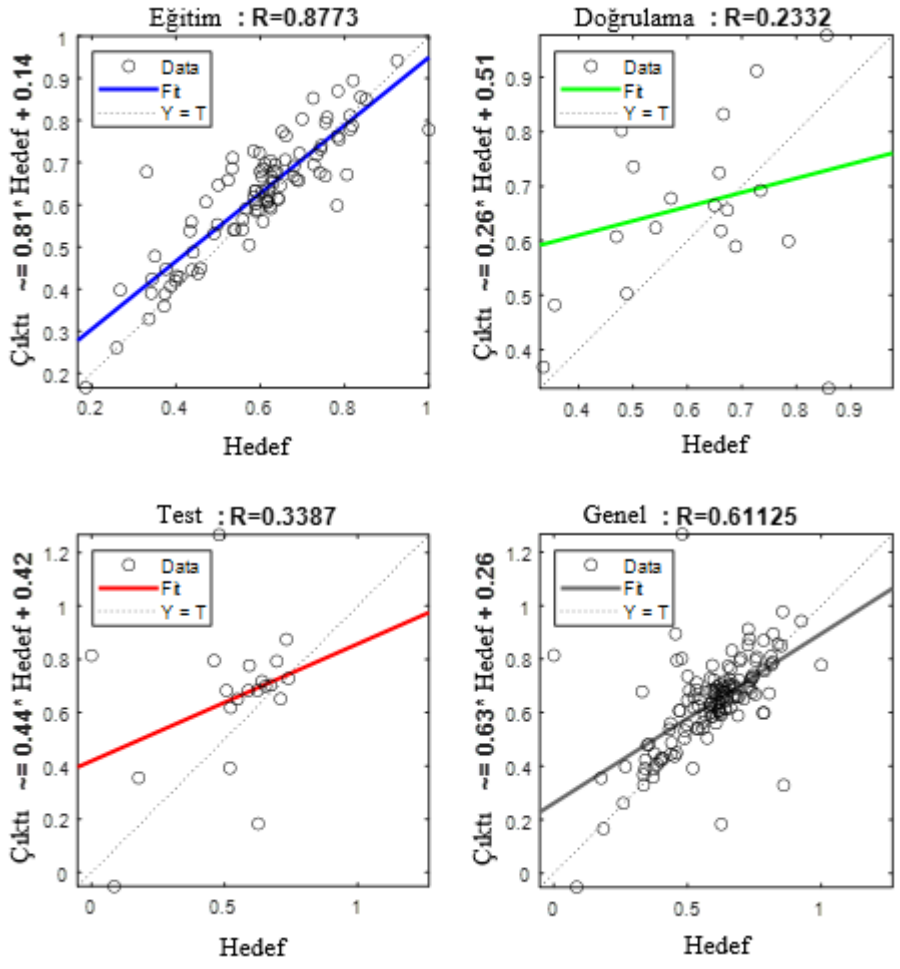
Model 1 için eğitim, doğrulama ve test veri setine ait performans değerleri MSE ve R değeri olarak Tablo 4.4'de verilmiştir. Ayrıca Model 1 için eğitim, doğrulama ve test verilerinin performans inceleme grafikleri Şekil 4.4'de, hata dağılımları Şekil 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Model 1 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri

Sonuçlar	Örnekler	MSE	R
Eğitim	95	0.6363	0.8773
Doğrulama	20	0.4096	0.2332
Test	20	0.8992	0.3387

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.4: Model 1 İçin Performans İnceleme Grafikleri

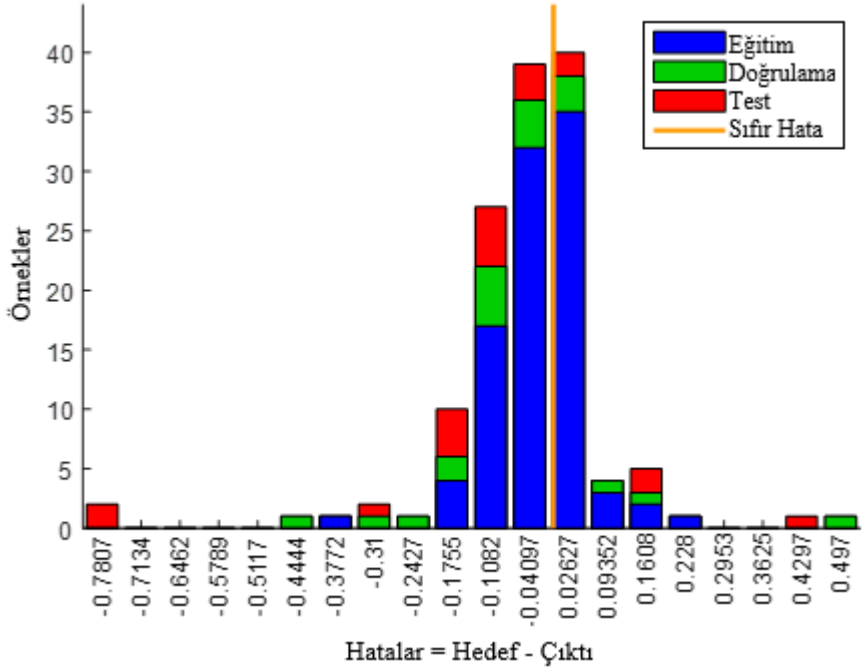


Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.4 ve Şekil 4.4'e göre Model 1'in eğitim veri setine ait performans değeri %87,7 olarak yüksek bir düzeyde gerçekleşmiştir. Ancak doğrulama ve test

veri setlerindeki başarısı daha düşük olmuş (%23,3 ve %33,9) ve genel performansa yansımıştır. Genel performansı %61,1 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4.5: Model 1 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.5'de eğitim, doğrulama ve test aşamalarında Model 1'in tahmin hatalarına ait dağılım grafiği sunulmuştur. Görsel olarak ortalama etrafında hataların yığıldığı ve dağılımın basık/sağa eğik görünüme sahip olduğu fark edilebilir. Tablo 4.4 ve Şekil 4.5'e göre hata değerleri birlikte incelenirse eğitim veri setinde 0,64 iken test veri setinde daha yükselmiş ve 0,90 seviyesine çıkmıştır.

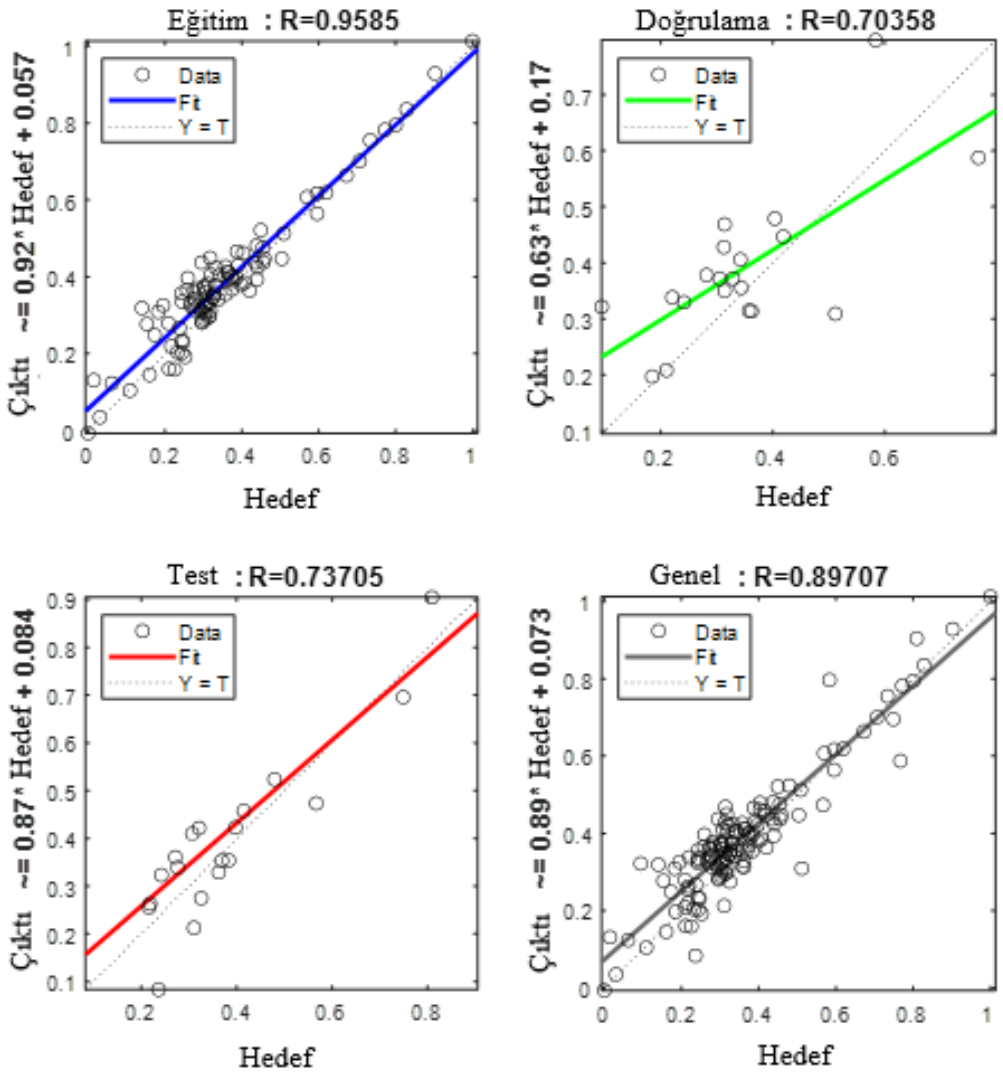
Model 2 için eğitim, doğrulama ve test veri setine ait performans değerleri MSE ve R değeri olarak Tablo 4.5'de verilmiştir. Ayrıca Model 2 için eğitim, doğrulama ve test verilerinin performans inceleme grafikleri Şekil 4.6'da, hata dağılımları Şekil 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.5: Model 2 İçin Sinir Ağları Performans Değerleri

Sonuçlar	Örnekler	MSE	R
Eğitim	95	0.3478	0.9585
Doğrulama	20	0.1308	0.7036
Test	20	0.1795	0.7370

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

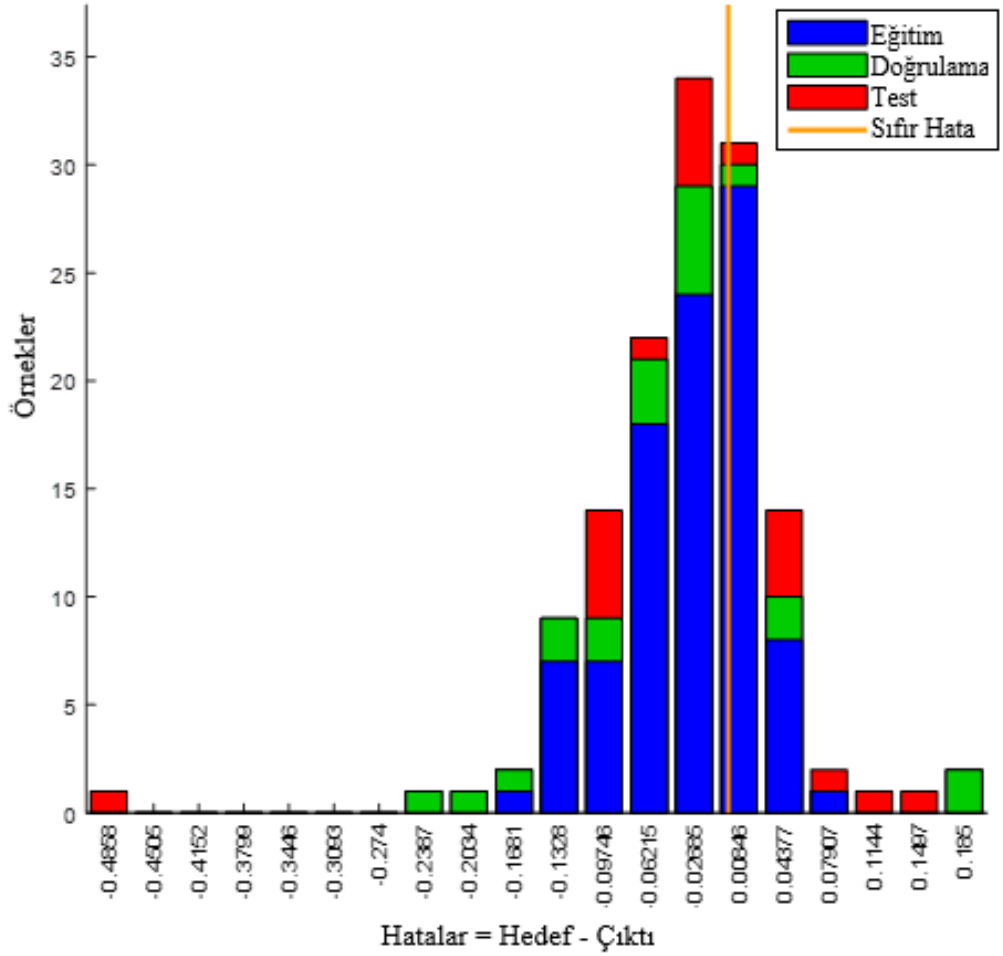
Şekil 4.6: Model 2 İçin Performans İnceleme Grafikleri



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.5 ve Şekil 4.6'ye göre Model 2'in eğitim veri setine ait performans değeri %95,9 olarak yüksek bir düzeyde gerçekleşmiştir. Aynı şekilde doğrulama ve test veri setlerindeki başarısı da %70'in üstünde çıkmış ve genel performansı %89,7 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4.7: Model 2 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.7'de eğitim, doğrulama ve test aşamalarında Model 2'in tahmin hatalarına ait dağılım grafiği sunulmuştur. Görsel olarak tahmin hatalarının normal dağılıma oldukça uyumlu olduğu görülebilir. Ancak normal dağılımı bozan yapıda, özellikle test aşamasında bir adet aşırı derecede negatif sapmaya sahip uç değer gözlenebilmektedir. İlgili test döneminin pandemi dönemine gelmesi, bir ay için satışlardaki aşırı değişim ilgili ay için uç bir sapma değer verdiği şeklinde yorumlanmıştır. Tablo 4.5 ve Şekil 4.7'e göre hata değerleri birlikte incelenirse eğitim veri setinde 0,35 düzeyinde iken test ve doğrulama veri setlerinde 0,20'nin altına düşmüştür.

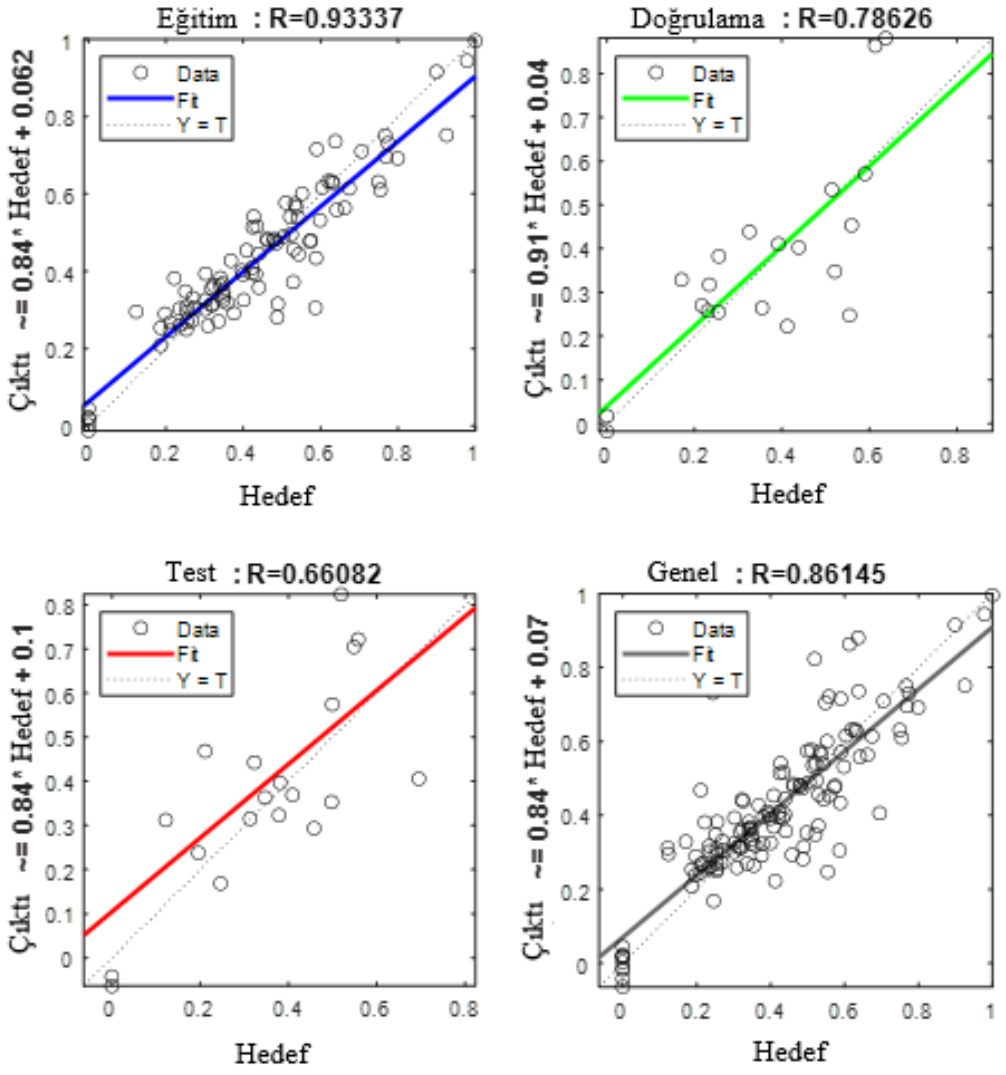
Model 3 için eğitim, doğrulama ve test veri setine ait performans değerleri MSE ve R değeri olarak Tablo 4.6'da verilmiştir. Ayrıca Model 3 için eğitim, doğrulama ve test verilerinin performans inceleme grafikleri Şekil 4.8'de, hata dağılımları Şekil 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.6: Model 3 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri

Sonuçlar	Örnekler	MSE	R
Eğitim	95	0.5912	0.9333
Doğrulama	20	0.1846	0.7862
Test	20	0.3270	0.6608

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

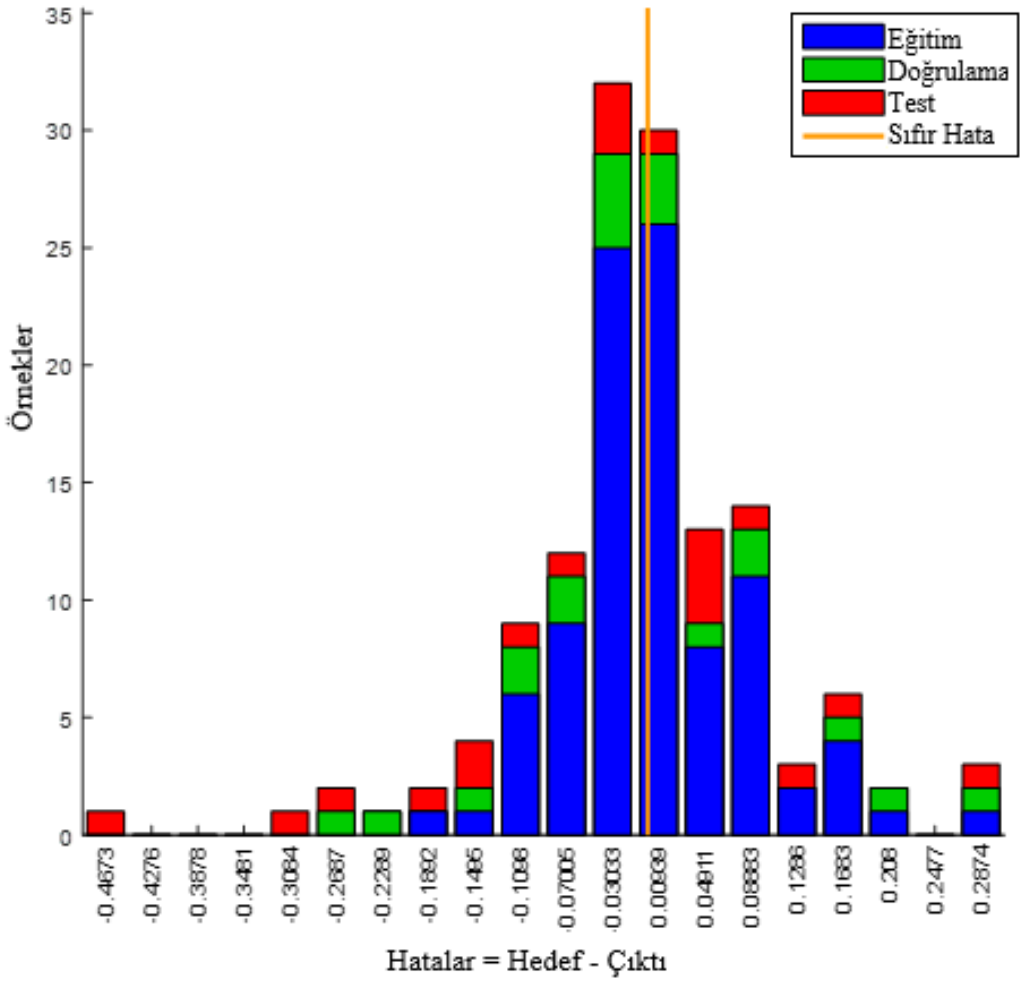
Şekil 4.8: Model 3 İçin Performans İnceleme Grafikleri



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.6 ve Şekil 4.8'e göre Model 3'ün eğitim veri setine ait performans değeri %93,3 olarak yüksek bir düzeyde gerçekleşmiştir. Aynı şekilde test ve doğrulama veri setlerindeki başarısı da %70'ler seviyesinde olmuş ve genel performansı %86,1 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4.9: Model 3 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.9'da eğitim, doğrulama ve test aşamalarında Model 3'ün tahmin hatalarına ait dağılım grafiği sunulmuştur. Görsel olarak tahmin hatalarının normal dağılıma oldukça uyumlu olduğu görülebilir. Ancak normal dağılımı bozan yapıda, test aşamasında bir adet aşırı derecede negatif sapmaya sahip uç değer ve her aşamada görülen pozitif sapmalara ait birer uç değer gözlenebilmektedir. Tablo 4.6 ve Şekil 4.9'a göre hata değerleri birlikte incelenirse eğitim veri setinde 0,59 düzeyinde iken doğrulama veri setinde 0,18 olmuş ve test veri setinde 0,32 olarak gerçekleşmiştir.

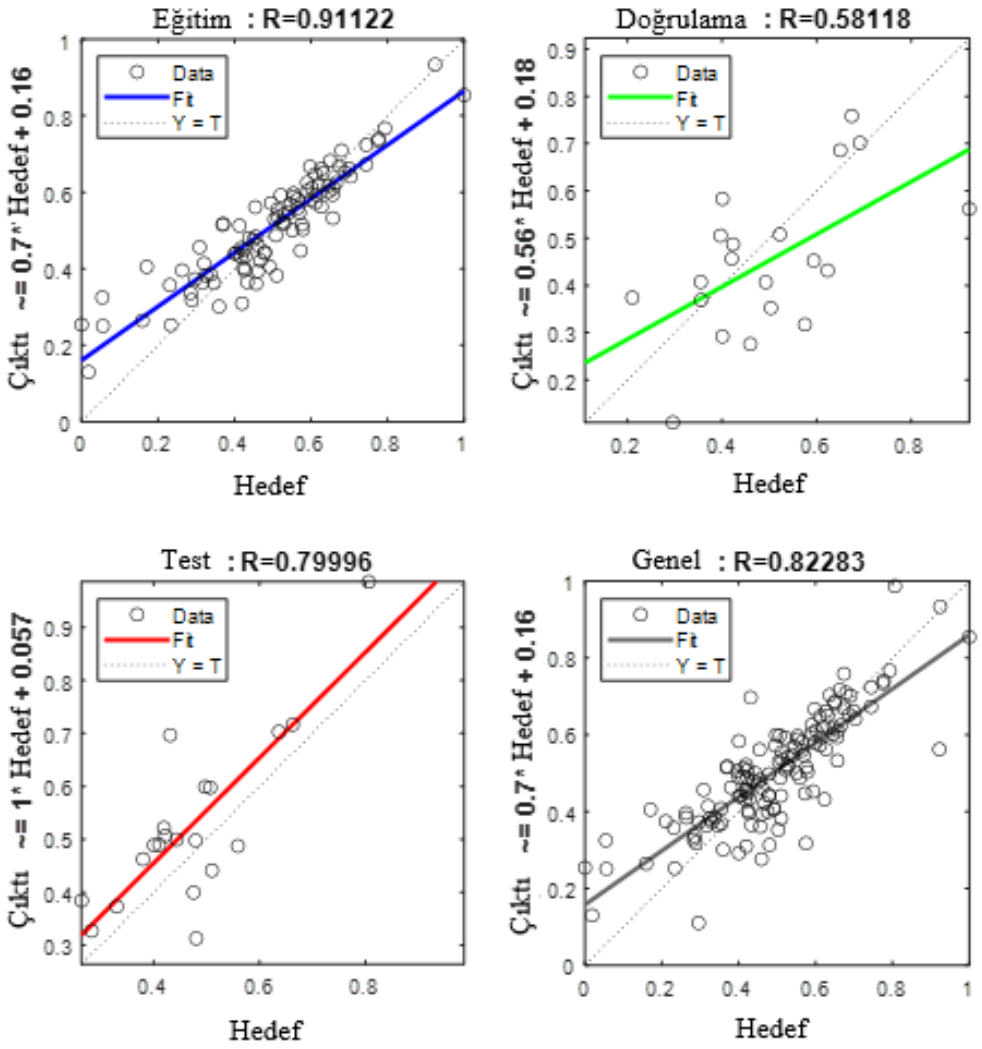
Model 4 için eğitim, doğrulama ve test veri setine ait performans değerleri MSE ve R değeri olarak Tablo 4.7'de verilmiştir. Ayrıca Model 4 için eğitim, doğrulama ve test verilerinin performans inceleme grafikleri Şekil 4.10'da hata dağılımları Şekil 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.7: Model 4 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri

Sonuçlar	Örnekler	MSE	R
Eğitim	95	0.6317	0.9112
Doğrulama	20	0.2263	0.5812
Test	20	0.1166	0.7999

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

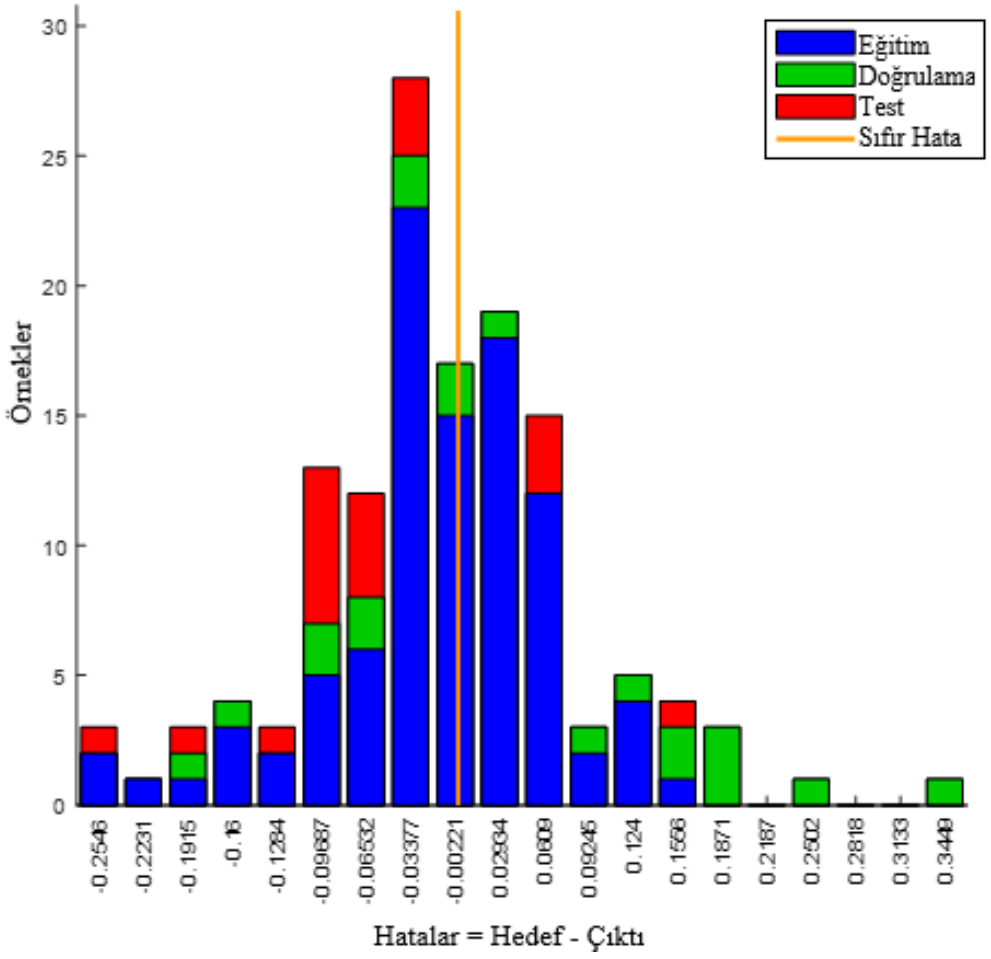
Şekil 4.10: Model 4 İçin Performans İnceleme Grafikleri



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.7 ve Şekil 4.10'e göre Model 4'ün eğitim veri setine ait performans değeri %91,1 gibi çok yüksek bir düzeyde gerçekleşmiştir. Aynı şekilde test veri setindeki başarısı da %80 olmuştur. Genel performansı %82,3 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4.11: Model 4 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.11'de eğitim, doğrulama ve test aşamalarında Model 4'ün tahmin hatalarına ait dağılım grafiği sunulmuştur. Görsel olarak tahmin hatalarının normal dağılıma oldukça uyumlu olduğu görülebilir. Ancak normal dağılımı bozan yapıda, özellikle doğrulama aşamasında birkaç adet aşırı derecede pozitif sapmaya sahip uç değer gözlenebilmektedir. Tablo 4.7 ve Şekil 4.11'e göre hata değerleri birlikte incelenirse eğitim veri setinde 0,63 iken doğrulama veri setlerinde 0,23 ve test veri setinde 0,12 olmuştur.

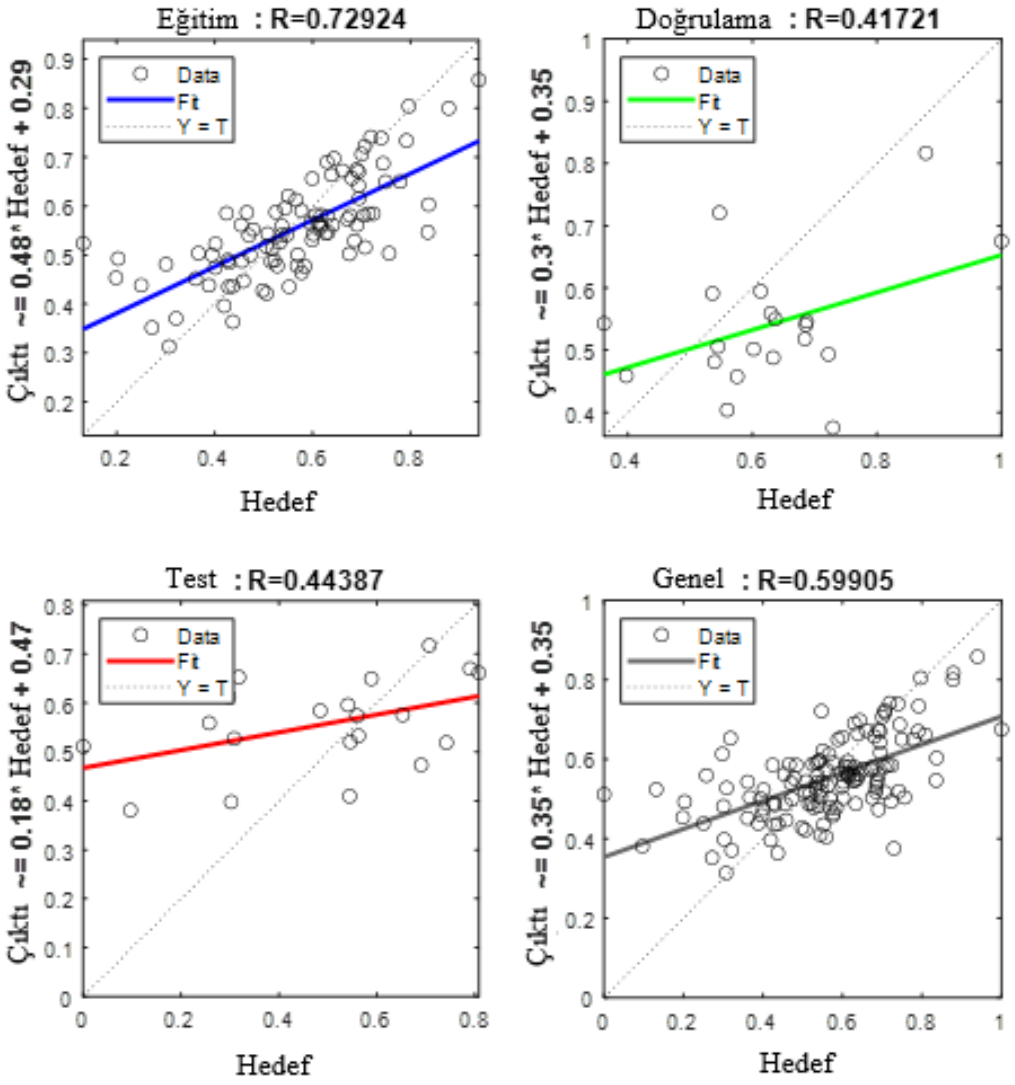
Model 5 için eğitim, doğrulama ve test veri setine ait performans değerleri MSE ve R değeri olarak Tablo 4.8'de verilmiştir. Ayrıca Model 5 için eğitim, doğrulama ve test verilerinin performans inceleme grafikleri Şekil 4.12'de, hata dağılımları Şekil 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.8: Model 5 İçin Yapay Sinir Ağı Performans Değerleri

Sonuçlar	Örnekler	MSE	R
Eğitim	95	0.1150	0.7292
Doğrulama	20	0.2562	0.4172
Test	20	0.4387	0.4438

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

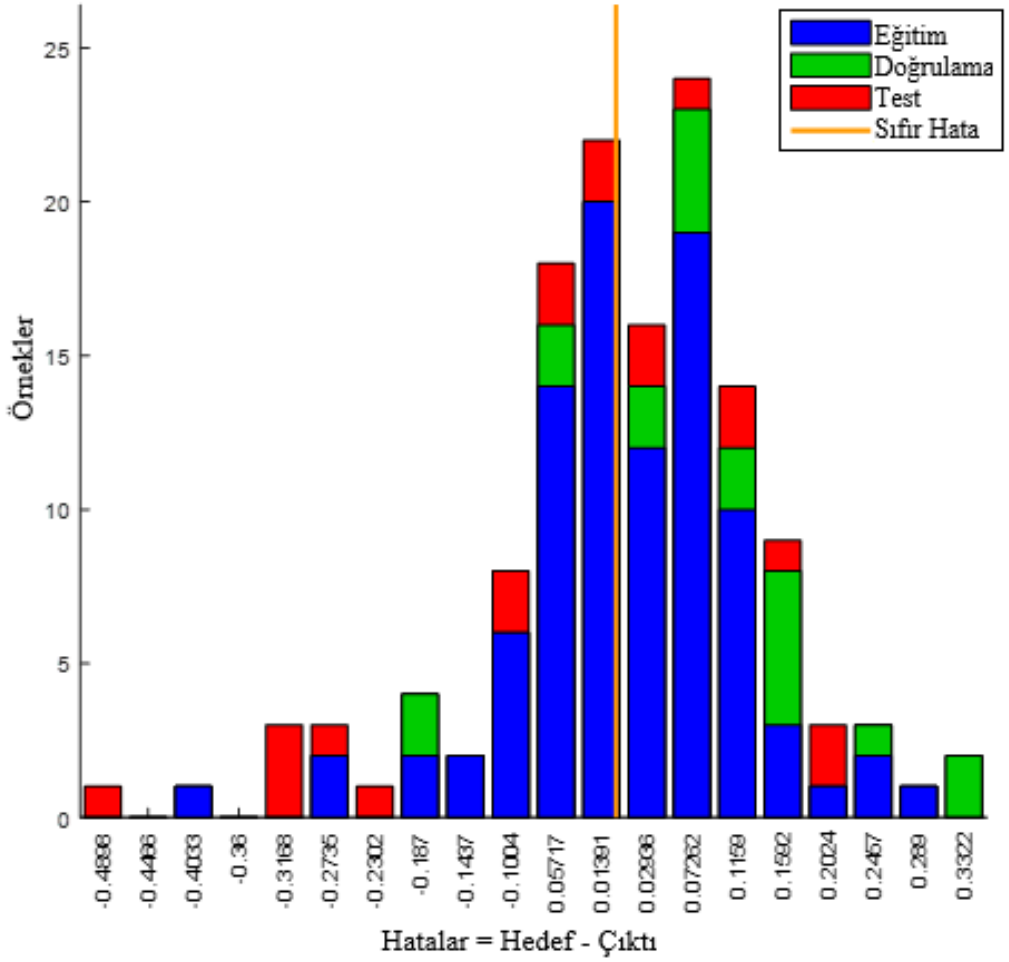
Şekil 4.12: Model 5 İçin Performans İnceleme Grafikleri



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.8 ve Şekil 4.12'ye göre Model 5'in eğitim veri setine ait performans değeri %72,9 olarak iyi bir düzeyde gerçekleşmiştir. Ancak doğrulama ve test veri setlerindeki başarısı daha düşük olmuş (%41,7 ve %44,4) ve genel performansa yansımıştır. Genel performansı %59,9 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4.13: Model 5 İçin Tahmin Hatalarının Dağılımı



Kaynak: Bu şekil yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.13'de eğitim, doğrulama ve test aşamalarında Model 5'in tahmin hatalarına ait dağılım grafiği sunulmuştur. Görsel olarak tahmin hatalarının normal dağılıma oldukça uyumlu olduğu görülebilir. Ancak normal dağılımı bozan yapıda, özellikle eğitim ve doğrulama aşamasında birkaç adet aşırı derecede negatif sapmaya sahip uç değer gözlenebilmektedir. Tablo 4.8 ve Şekil 4.13'e göre hata değerleri birlikte incelenirse eğitim veri setinde 0,12 iken doğrulama veri setinde 0,26 ve test veri setinde daha yükselerek 0,44 seviyesini görmüştür. Eğitim veri setinde daha düşük hata düzeyleri olurken test veri setinde hata düzeyi artmıştır. Model 5'de test veri setinin hata düzeyinin artması pandemi döneminin Model 5'in temsil ettiği üründe daha etkili olduğu sonucunu gösterebilir.

4.3.3. Yapay Sinir Ağı Bulguları

Tablo 4.9'daki beş modele ait test verileri sonuçları karşılaştırıldığında Model 2, 3 ve 4'ün performanslarının Model 1 ve 5'e göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Model 2, 3 ve 4'ün genel performansı %80'in üzerinde çıkmıştır. Model 1 ve 5'in genel performansı %60 civarında kalmıştır.

Tablo 4.9: Modellerin Performansları Açısından İlişki Değerleri

	Eğitim	Doğrulama	Test	Genel
Model 1	0.8773	0.2332	0.3387	0.6112
Model 2	0.9585	0.7036	0.7370	0.8971
Model 3	0.9333	0.7862	0.6608	0.8614
Model 4	0.9112	0.5812	0.7999	0.8228
Model 5	0.7292	0.4172	0.4438	0.5990

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Tablodaki ilişki değerleri Pearson Korelasyon katsayılarıdır.

Bu durumda, Q1 ile Q5'in modellenmesinde eğitim yönünden tatminkâr sonuçlar elde edilmesi söz konusu iken, doğrulama ve test aşamalarında model beklenen başarıları sağlayamamıştır. Bu iki modelin genel başarısı kabul edilebilir düzeyde iken diğer üç modele göre zayıf kalmıştır. Model 2, 3 ve 4'ün eğitim, doğrulama ve test aşamaları oldukça başarılı geçmesi ve genel başarı düzeylerinin %80'in üzerinde, hatta Model 2 ile 3'ün %90'na yakın olması, bu model bulgularının genel olarak yüksek derecede kabul edilebilirliğinin göstergesi niteliğindedir.

Tablo 4.10: Modellerin Hata Ölçüm Değerleri

	Eğitim	Doğrulama	Test
Model 1	0.6363	0.4096	0.8992
Model 2	0.3478	0.1308	0.1795
Model 3	0.5912	0.1846	0.3270
Model 4	0.6317	0.2263	0.1166
Model 5	0.1150	0.2562	0.4387

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Tablodaki hata ölçümleri MSE değerleridir.

Tablo 4.10'da beş model için hata ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Buna göre Model 2 ve 4'ün test aşamasındaki MSE hata düzeylerinin 0,10 değerine yaklaştığı ve diğer modellere göre daha iyi seviyede olduğu görülebilir. Model 3 ve Model 5 daha yüksek hata seviyelerinde ölçülmüştür. Ancak Model 1'in hata ölçüm düzeyi diğerlerine göre çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum R değerleri ile ulaşılan anlamlılıklarla paralel sonuç vermiştir. Yapılan analizde, tasarlanan

modeller değişkenlerin satış miktarına etkisini ve karşılıklı ilişkiyi incelendiği için R değerlerine göre değerlendirme yapılacaktır. Ancak bu modellerle satış tahmin çalışması yapılması durumunda Model 1'in hata ölçümü yüksek olduğu için satış tahmininde yeterli başarı elde edilemeyebilir.

PCA yöntemi ile model girdilerinde uygulanan değişkenlerin önem sıralaması her model için ayrı ayrı incelenmiştir. Tablo 4.11'de olduğu gibi her bir model için değişkenlerin modellerindeki önem sırası verilmiştir. Ayrıca Tablo 4.12'de özelliklerin tüm modeller için önem değerleri toplu olarak gösterilmiştir. Model 1 için en önemli değişken TGE iken en önemsiz değişken FAİZ olarak gözlenmiştir. Model 2 için en önemli değişken USD ve en az önemli olan ÜFE'dir. Model 3'e bakıldığında, FAİZ en önemli değişken iken, GDP en önemsiz değişkendir. Model 4 için USD en önemli değişken ve ΔP4 en önemsiz değişkendir. Son olarak Model 5 için P5 en önemli değişken iken, ΔP5 en az önemli değişkendir.

Tablo 4.11: Model Performansına Katkıda Bulunan Değişkenlerin Önem Sıralaması

	Model 1		**Model 2**		**Model 3**		**Model 4**		**Model 5**	
Sıra	Değişken	Değer	Değişken	Değer	Değişken	Değer	Değişken	Değer	Değişken	Değer
1	TGE	2,96	USD	46,49	FAİZ	35,30	USD	27,34	P_5	4,44
2	Q_1(t-1)	2,03	P_2	37,08	USD	30,77	P_4	25,60	FAİZ	3,95
3	P_1	1,86	Q_2(t-1)	27,10	Q_3(t-1)	17,78	PMI	22,68	USD	3,85
4	GDP	1,29	TGE	19,34	TGE	12,55	FAİZ	21,97	Q_5(t-1)	2,95
5	ΔP_1	1,19	FAİZ	18,21	P_3	12,22	Q_4(t-1)	13,79	ÜFE	1,77
6	PMI	0,92	PMI	15,46	PMI	8,83	TGE	11,60	PMI	1,51
7	USD	0,26	ΔP_2	3,54	ÜFE	5,80	ÜFE	6,40	GDP	0,50
8	ÜFE	0,23	GDP	1,93	ΔP_3	1,92	GDP	2,23	TGE	0,41
9	FAİZ	0,10	ÜFE	0,69	GDP	0,04	ΔP_4	2,09	ΔP_5	0,18

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.11'de YSA ile kurulan modellerdeki değişkenlerin modeldeki önemine ait değerler yer almaktadır. Değişkenlere ait bu değerler mutlak skor olmasından ziyade her model için ayrı ayrı dikkate alınmakta ve bir değişkenin modeldeki diğer değişkenlere göre bağıl önemini temsil etmektedir. Örneğin model 1'de TGE değişkeni 2,96 değeri ile ilgili modelde en yüksek skor ile en yüksek öneme sahip değişken olduğunu göstermektedir. Model 1'de TGE'den sonra Q1(t-1) ve P1 değişkenleri oldukça önemli olmaktadır. Bu modelde FAİZ değişkeni en düşük öneme sahipken ÜFE ve USD değişkenleri de oldukça düşük öneme sahip olduğu görülmüştür. Model 1'de elde edilen bu değerleri diğer modellerdeki değişken değerleriyle doğrudan karşılaştırmak uygun olmayacaktır. Böyle bir

karşılaştırma için değişken değerlerinin her bir modelin içerisinde ayrı ayrı normalize edilmesi suretiyle modeller arası karşılaştırma mümkün olabilir.

Tablo 4.12: Model Performansına Katkıda Bulunan Değişkenlerin Önem Sırası

	P_i	ÜFE	FAİZ	USD	TGE	PMI	GDP	$Q_i(t-1)$	ΔP_i
Model 1	1,86	0,23	0,10	0,26	2,96	0,92	1,29	2,03	1,19
Model 2	37,08	0,69	18,21	46,49	19,34	15,46	1,93	27,10	3,54
Model 3	12,22	5,80	35,30	30,77	12,55	8,83	0,04	17,78	1,92
Model 4	25,60	6,40	21,97	27,34	11,60	22,68	2,23	13,79	2,09
Model 5	4,44	1,77	3,95	3,85	0,41	1,51	0,50	2,95	0,18

Kaynak: Bu tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4.11 ve Tablo 4.12 incelendiğinde her modelde iki veya üç değişkenin yüksek etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. USD değişkeni Model 1 dışındaki tüm modellerin önem sıralamasında ilk üç sırada yer alırken yalnızca Model 1 için düşük etki düzeyinde kaldığı gözlenmiştir. Ürün fiyatı ve FAİZ değişkenleri de benzer şekilde önem sıralamasında ilk üçün içinde olduğu görülebilir. FAİZ değişkeni Model 3'de en etkili değişken olurken Model 1'de ise en az etkili olduğu görülmüştür. Model 1 diğer modellere göre farklılık göstererek TGE değişkeninden etkilenmiş gözükmektedir. TGE değişkeni diğer modellerde ilk üç sırada yer alamazken, Model 1 için en etkili değişken olmuştur.

4.4. Bulguların Değerlendirilmesi

Çalışmanın temel amacı, çalışmaya konu demir çelik işletmesinin Ocak 2010–Mart 2021 dönemine ait satış miktarlarındaki farklılıklarının analizi, satış miktarına etkili faktörlerin modellenmesi ve yorumlanmasıdır. Bu amaç için YSA ile model oluşturulmuş ve bulgular elde edilmiştir. YSA modelinin sonuçlarını karşılaştırmak için ayrıca regresyon modelleri de kurularak buna ait bulgular da elde edilmiştir.

EKK ile regresyon modellerine göre, satın alma müdürleri endeksi (PMI) ve gecikmeli ürün satış miktarlarının (Q_{t-1}), mevcut ortalama ürün satış miktarı üzerinde etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu iki değişkenin, satış miktarı üzerinde ters yönlü bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu etki ürün fiyatının etkisinden daha fazla olmakla birlikte modellere göre etkileme şiddetleri değişmektedir. Model 5'de ise ürün fiyatı (P_i) ve fiyat değişimi (ΔP_i) ortalama ürün satış miktarlarını etkilemektedir. Modellerin F istatistikleri oldukça tatmin edici

sonuç vermiş olsa da bağımlı değişken olan aylık ortalama ürün satış miktarını R^2'ye göre tahmin gücü yaklaşık %25 olarak gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada yapılan EKK ile regresyon modellerinin açıklayıcılık performanslarının düşük olması (en fazla %29,3 olması), nihai modellerde istatistiksel olarak az sayıda değişken kalması sonuçlara temkinli yaklaşılması gerektiği düşüncesine neden olmuştur. Bu değişkenler/veriler ile EKK üzerinden ne kadar güçlü bir model oluşturulabileceği tartışılabilir. Regresyon modelinin sadece doğrusal ilişkileri modellediği unutulmamalıdır. Bu nedenle, bu çalışmada, doğrusal olmayan yapıları da modelleyebilen YSA modelinin temel model olarak analizde kullanılmasının isabetli karar olacağı değerlendirilmiştir.

YSA ile tasarlanan model tahmin çalışmalarında sıklıkla kullanılan ileri beslemeli geri yayılmalı bir ağ olarak tasarlanmıştır. Bu yöntem hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modellerdeki tahmin başarısı nedeniyle tercih edilmiştir. Modele ait genel performans sonuçlarından elde edilen bulgulara bakıldığında, beş ürün tahmini için oluşturulan beş modelden üçüne ait açıklayıcılık performanslarının (R değerlerinin karesi alındığında) tamamının %65'in üstünde gerçekleştiği görülmüştür. Model 2, 3 ve 4 için %65'in üstünde bir performansla kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu değerlere göre özellikle regresyon sonuçları ile karşılaştırıldığında doğrusal olmayan modelde YSA yönteminin daha başarılı olduğu düşünülebilir.

Çalışmada kullanılan verilerin son bir yılına ait dönem (Mart 2020- Mart 2021) pandemi dönemine denk gelmiştir. Test sürecinde kullanılan verilerin büyük çoğunluğu bu döneme ait verilerdir. Bazı modellerde (özellikle Model 5) test başarısının modelin genel performansına göre düşük çıkmasında test dönemi verilerinin pandemi dönemine ait olmasının etkisi olduğu düşünülmüştür. Test sonuç grafikleri incelendiğinde eğitim ve doğrulama süreçlerindeki açıklayıcılık performansları test sürecinde düşüş göstermiş ancak toplam model performansı açısından incelendiğinde yüksek kabul edilebilirlik düzeyine ulaştığı görülmüştür.

Yapay sinir ağı modelinin bulguları ele alındığında, USD, FAİZ, Tüketici Güven Endeksi (TGE) ve Fiyat (P) verilerinin farklı modellerde önemli etkisinin olduğu görülmüştür. Model 1 için en etkili değişken TGE iken FAİZ en etkisiz

değişkendir. USD, Model 2 ve 4 için en etkili değişken olurken, ÜFE Model 2 için ΔP4 ise Model 4 için en etkisiz değişken olmuştur. Model 3'de, FAİZ en etkili değişken iken, GDP en etkisiz değişkendir. Son olarak Model 5 için P_5 en etkili değişken iken, ΔP_5 en az etkili değişkendir.

SONUÇ

İşletmeler için, ürettiği ürünlerin satış tahminini yapmak gelecekteki gelirlerinin ve üretim kararlarının öngörülmesi anlamına gelmektedir. Zaman zaman ülkenin ekonomik ve politik durumuna göre piyasalarda ekonomik dalgalanmalar olabilmekte ve bu durum işletmenin satışlarını etkileyebilmektedir. Ürünün satışını etkileyen işletme dışı ve işletme içi kaynaklı faktörlerin değerlendirilmesi işletmenin geleceğini öngörebilmede önemli rol oynamaktadır. Yapılan çalışma ile demir çelik işletmeleri için hangi değişkenlerin satış tahminine etkisinin olduğu ve bu değişkenlerin etki miktarlarının analizinde YSA yönteminin kullanılmasının ne kadar etkili olduğu sorularına cevap aranmıştır.

Bu kapsamda, ilgili literatürden analizde dikkate alınacak değişkenler tespit edilmiştir. Türkiye'de yassı çelik sektöründe faaliyet gösteren bir demir çelik işletmesinin ürettiği beş ürün grubundan en çok satılan birer ürün seçilmiş ve Ocak 2010-Mart 2021 dönemine ait aylık satış miktarları verisi ile ürünlere ait aylık ortalama fiyat bilgileri kullanılmıştır. Bu bilgilerle birlikte, aynı döneme ait belirlenen makro iktisadi altı değişkene (ÜFE, Faiz, USD, TGE, PMI ve GDP) ait veriler analizde kullanılmak üzere temin edilmiştir. YSA ile tasarlanan model, YSA modelleri arasında tahmin çalışmalarında başarılı sonuçlar veren ileri beslemeli geri yayılmalı bir ağ modeli olarak seçilmiştir. Bu yöntem tahmin çalışmalarında çok kullanılan hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modellerdeki tahmin başarısı yüksek olan bir model olması nedeniyle tercih edilmiştir. Ayrıca YSA modeli ile elde edilen bulguların karşılaştırılması amacıyla doğrusal en küçük kareler yöntemi ile regresyon analizi de gerçekleştirilmiştir. Her iki analizden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışmada her biri farklı sektörlere yönelik beş ürün seçilmiş ve her ürün için bir regresyon bir de YSA modeli satış miktarını (bağımlı değişken) belirleme temelinde oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara göre regresyon modelinin açıklayıcılık performansları düşük (%30'dan daha düşük) bulunmuştur. YSA ile tasarlanan modele ait genel performans sonuçlarından elde edilen bulgularda (R değerlerinin karesi alındığında) beş modelin üçünde açıklayıcılık performanslarının %65'in üstünde gerçekleştiği görülmüştür. Model 2, 3 ve 4'ün %65'in üstünde kabul edilebilirlik performansına sahip olduğu gözlenirken diğer iki modelde

%40'ın biraz altında gerçekleştiği kabul edilmiştir. Bu değerlere göre doğrusal olmayan modelde YSA yönteminin regresyon sonuçları ile karşılaştırıldığında daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgularda satış miktarının etkilendiği değişkenlerin her model için farklı olduğu gözlenmiştir. Örneğin, TGE Model 1 için en etkili değişken iken diğer ürünler için dördüncü ve daha geri sıralarda yer almıştır. Benzer şekilde USD döviz kuru Model 2 ve 4'de en etkili faktör olurken Model 1'de yedinci sırada etkili olduğu gözlenmiştir. Her model farklı bir ürün için tasarlanmış ve her ürün farklı sektöre hitap ettiği için etkilendiği değişkenlerin farklı olması anlamlı bulunmuştur.

USD döviz kuru Model 2 ve 4'de en etkili değişken olmuşken Model 3'de ikinci sırada, Model 5'de üçüncü ve Model 1'de yedinci sırada etkili olduğu gözlenmiştir. Model 1 dışında diğer modellerde incelenen ürünlerin USD döviz kurundan etkilendiği sonucuna ulaşılabilir. Özellikle Model 2 ve 4'ün temsil ettiği ürünlerin satış miktarlarının döviz kurundan çok etkilendiği görülebilir. Bu sonuç literatürde yer alan İran (Koochakpour & Tarokh, 2016) ve Türkiye (Ecemiş, 2018) ile ilgili yapılan çalışmalardaki sonuçlarla paralellik göstermiştir. (Ecemiş, 2018) Türkiye paslanmaz çelik sektöründe yaptığı satış tahmin çalışmasında döviz kurunun (USD) iki alt sektörde ve toplam satış miktarlarının tahmininde etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır. Demir çelik sektöründeki işletmelerin ürettiği ürünler ve kullandığı hammaddeler global çapta ticaret konusu olmakta ve ticaret genellikle USD ile yapılmaktadır. USD kurundaki değişimler üreticilerin maliyet, kârlılık ve fiyatlarına etki ederek sonuçta satış miktarında etkiye neden olabilmektedir. Ayrıca, kurlardaki değişimler sonucu TL cinsinden fiyatlarda gözlenen dalgalanmalar, talebin ve yatırım kararlarının ertelenmesine neden olabilmektedir.

Tüketici Güven Endeksi (TGE) Model 1'de temsil edilen ürün için en etkili değişken olarak bulunmuştur. Diğer ürünler için dördüncü ve daha geride etkili olan TGE tek bir ürün için etkili olmuştur. TGE'nin literatürde kısıtlı sayıda çalışmada kullanıldığı gözlenmiştir. Demir çelik sektörüyle ilgili çalışmalarda rastlanmamıştır. Genellikle son kullanıcının tüketim eğilimini göstermesi nedeniyle endüstriyel ürünlerde etkisinin sınırlı olması normal görülebilir. Model 1'in temsil ettiği ürün beyaz eşya ve otomotiv sektörüne hitap eden bir ürün olması nedeniyle

etkili çıktığı düşünülebilir. Literatürde (Hicham & Bouhorma, 2012) tarafında yapılan çalışmada da TGE'nin ambalaj satış tahmini için etkili bulunması bu çalışmanın sonucuyla benzerlik göstermiştir.

Faiz değişkeni Model 3'de en etkili değişken, Model 5'de ise ikinci etkili değişken olarak bulunmuş ve her iki modeli temsil eden ürün için USD ile yakın etki göstermiştir. Faiz değişkeni (Abbott. 1999) tarafından İngiltere çelik sektöründe yapılan satış tahmin çalışmasında da kullanılmıştır. Sektörde talep üzerinde direkt etkisinden ziyade genel ekonomik ortamın göstergesi olduğu ve dolaylı etkisi olduğu belirtilmiştir. Faizlerin yüksek olduğu durumlarda sermayenin faiz kazancına yönelmesiyle yatırımlar düşüş eğilimine girmekte ve bu durum hammadde maliyetlerinde ve dolayısıyla nihai ürün fiyatlarında etkili olabilmektedir. Model 3'ü temsil eden ürün gemi sanayisi gibi yatırım gerektiren sektörlere hitap eden ürün olması nedeniyle, uzun vadede piyasa faizinden etkilenmesi düşünülebilir.

Ürün fiyatı değişkeni Model 5'de en etkili, Model 2 ve 4'de ikinci sırada etkili ve Model 1'de ise üçüncü sırada etkili değişken olmuştur. Fiyatın iktisat biliminin temel teorisine göre satış miktarı üzerinde etkisi olması normaldir. Ancak bu çalışmada Model 5 dışında en etkili değişken olamamıştır. Türkiye'de enflasyonun yükselme trendine girdiği son yıllarda özellikle ihracat kaynaklı talep artmış ve iç piyasadaki azalışı dengelemiştir (ÇİB, 2022). Bir başka şekilde bakıldığında ise, demir çelik sektörü diğer sanayi kuruluşlarına hammadde sağlayan bir sektör olduğu düşünüldüğünde, fiyatlardaki artış beklentisi, üretici firmaları hammadde stoğu yapmaya ve talepte dönemsel olarak artma etkisine sebep olduğu düşünülebilir. Ürünün hitap ettiği sektöre göre rekabetin daha az olduğu, sektörde farklı rakiplerin olduğu ve daha az katma değerli ürünlerde etkili olduğu görülmüştür.

Bu değişkenler dışında PMI, GDP ve ÜFE değişkenlerinin etkilerinin az olduğu gözlenmiştir. Regresyon modelinde PMI ve önceki dönem satış miktarı (Qi) etkili olarak bulunmuşsa da YSA ile yapılan çalışmada bu iki değişkenin sınırlı düzeyde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sadece önceki dönem veya gecikmeli satış miktarı (Qi) Model 1 için ikinci sırada etkili, PMI değişkeni de Model 4 için üçüncü sırada etkili olmuştur. Özellikle GDP ve PMI karşılığı olarak düşünülen

imalat endeksi değişkenleri literatürde sıkça kullanılmış ve etkili olduğu sonuçları bulunmuştur. Ancak bu çalışmada özellikle demir çelik sektöründe etkisinin sınırlı olduğu gözlenmiştir. Yapılan çalışmanın uygulaması Türkiye'de yassı çelik üreten bir işletme üzerinde yapılmıştır. Yassı çelik haricinde farklı ürünler üreten işletmelerde veya Türkiye dışındaki farklı ülkelerdeki işletmelerde farklı sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca çalışmanın son dönemlerinde pandemi yaşanmıştır. Pandemi dönemi verileri YSA test dönemine geldiğinden test performansını kısmen zayıflatsa da doğrusal olmayan yapıyı da modelleyebilen YSA'nın genel olarak başarılı sonuçlar verdiği kabul edilmiştir.

Türkiye'de demir çelik sektöründe ve ana metal sanayisinde satış tahmini veya satış tahminine etki eden faktörlerin araştırılması için yapılmış az sayıda bilimsel araştırma olması bu çalışmanın önemini arttırmaktadır. Ayrıca YSA yöntemi kullanılarak Türkiye demir çelik sektöründe satış tahminini etkileyen faktörlerin araştırılması açısından literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Elde edilen bulgular ışığında Türkiye demir çelik işletmelerinde satış tahmin uygulamasında ve satış tahminini etkileyen faktörlerin etkilerinin ölçülmesinde yapay sinir ağı yönteminin oldukça başarılı açıklayıcılığa sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu faktörlerin etkilerinin her ürün için farklı olduğu görülmüştür. Bu etkinin değerlendirilmesinde ürünlerin hitap ettiği sektörlere, üretim sürecinin uzunluğuna ve rakiplerin olmasına göre değiştiği söylenebilir. Yöneticilerin ve araştırmacıların yapacağı tahmin çalışmalarında bu noktayı göz önünde bulundurmaları faydalı olacaktır. Beş ürün üzerinde yapılan çalışmanın sonucuna göre, Türkiye'de demir çelik işletmelerinde üretilen ürünlerin genel olarak USD döviz kuru, faiz ve fiyattan etkilendiği bulgularına ulaşılmıştır. Endüstriyel ürün olsa da türetilmiş etkisi nedeniyle nihai kullanıcıları kısa sürede etkileyen ürünler için TGE'nin de etkisinin olduğu sonucu çıkarılmıştır. Başlıca etkiyi yapan bu değişkenler dışında PMI ve önceki dönemlerdeki satış miktarı değişkenlerinin de kısmen etkili olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle ürünün kullanıldığı imalat sektöründeki ekonomik canlılığın demir çelik sektöründeki ürünlerin satış miktarına etkisinin olduğu sonucu çıkarılabilir. Modellerde kullanılan her bir ürün farklı imalat sektörlerine hitap etmesi nedeniyle, etkilendiği imalat sektörünün yapısına göre farklı değişkenlerden etkilendiği gözlenmiştir.

Bu çalışma Türkiye'de yassı çelik üreticisi bir firmadan elde edilen verilerle yapılmıştır. Demir çelik sektörünün farklı alt sektörlerinde veya yeterli veri elde edilebilmesi durumunda farklı ülkelerle karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir. Ayrıca çalışma dönemi olarak pandeminin etkilerinin azaldığı bir dönem seçilerek yeni araştırmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

Abbott A.J., Lawler K.A. & Armistead C. (1999). The UK demand for steel, *Applied Economics*, 31(11), 1299-1302.

Adıyaman, F. (2007). *Talep Tahmininde YSA.* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akman, E. (2007). *Dünya'da ve Türkiye'de Demir Çelik Sektörü ve Türk Demir Çelik Sektörünün Rekabet Gücü.* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak: Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Akyurt, İ.Z. (2015). Talep tahmininin yapay sinir ağlarıyla modellenmesi: Yerli Otomobil Örneği. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 23, 147-157.

Anderson, D. & McNeill, G. (1992). Artificial Neural Network Technology: A Dacs State of the Art Report, August, 1992.

Ataseven, B. (2007). *Satış öngörü modellemesi olarak YSA'nın kullanımı: PETKİM'de Uygulanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Manisa: Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Azadeh A., Neshat N., Mardan E., & Saberi M. (2013). Optimization Of Steel Demand Forecasting With Complex and Uncertain Economic Inputs By An Integrated Neural Network–Fuzzy Mathematical Programming Approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65, 833-841.

Azlina A.B., Nik H.N.M., & Ismail R. (2013). Factors Affecting Energy Demand in Developing Countries: A Dynamic Panel Analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3(4), 1-6.

Ballot, M. (1986). *Decision Making Model in Production & Operations Management*. Florida: Robert E. Krieger Publishing Company, s. 165.

Barska, M. (2014). Demand Forecast with Business Climate Index For A Steel and Iron Industry Representative. *Quantitative Methods In Economic*, 15(2), 27-36.

Callister, W. (1997). *Materials Science and Engineering*. New York: John&Wiley, s. 349.

Cardenas, J. J., Romeral, L., Garcia, A., & Andrade, F. (2012). Load Forecasting Framework Of Electricity Consumptions For An Intelligent Energy Management System in the User-Side, *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5557-5565

Chang, P., Wang Y.-W., & Tsai, C.-Y. (2005). Evolving Neural Network for Printed Circuit Board Sales Forecasting. *Expert Systems with Applications*, 29(1), 83-92.

Chow, T. W. S. & Leung, C. T. (1996). Nonlinear Autoregressive Integrated Neural Network Model for Short-Term Load Forecasting (s. 500–506), *IEE Proceeding Online no. 19960600*.

Crompton, P. (2000). Future Trends in Japanese Steel Consumption. *Resources Policy*, 26, 103-114.

Crompton P. & Wu Y. (2010). Bayesian Vector Autoregression Forecasts of Chinese Steel Consumption. *Journal of Chinese Economics and Business Studies*, 1(2), 205-219.

Çelik, B. (2008). *YSA Metodolojisi ile Zaman Serisi Analizi: Teori ve Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çınaroğlu, S. (2017). Sağlık Harcamasının Tahmininde Makine Öğrenmesi Regresyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22(2), 179-200.

ÇİB (2022). Çelik İhracatçıları Birliği Web Sayfasından İstatistikler. Ekim 05, 2022 tarihinde https://www.cib.org.tr/tr/istatistikler.html adresinden alındı.

Daverdaku, S., Tavazzi, E., & Camillp, D.B. (2020). A Combined Interpolation and Weighted K-Nearest Neighbours Approach for the Imputation of Longitudinal ICU Laboratory Data. *J Healthc Inform Res.*, 4(2), 174-188.

Despotovic, M., Nedic, V., Despotovic, D. ve Cvetanovic, S. (2015). Review and Statistical Analysis of Different Global Solar Radiation Sunshine Models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1869-1880.

Dökmen, G., Pekkaya, M. & Saymaz, N. (2019). Sigara Bağımlılığı ve Devletin Sigara Tüketimi ile Mücadele Yöntemleri Arasındaki İlişki. *Maliye Dergisi*, 176, 599-623.

Ecemiş, O. (2018). Model Ağaç Yöntemiyle Satış Tahmini: Paslanmaz Çelik Sektöründe Bir Uygulama. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(84), 336-350.

Efendigil, T. (2008). *Müşteri Odaklı Sistemler için YSA ve Bulanık Çıkarım Tabanlı Karar Destek Sistemi Yaklaşımı*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Efendigil, T., Önüt, S., & Kahraman, C. (2009). A Decision Support System for Demand Forecasting with Artificial Neural Networks and Neuro-Fuzzy Models: A Comparative Analysis. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6697-6707.

Eldon, Y.L. (1994). Artificial Neural Networks and Their Business Applications. *Information & Management*, 27(5), 303-313.

Elmas, Ç. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Erdemir (2022a). Erdemir Ürünler. Ağustos 18, 2022 tarihinde https://erdemir.com.tr/kurumsal/urun-ve-hizmetler/urunler/ adresinden alındı.

Erdemir (2022b). Erdemir, Yatırımcı İlişkileri Rapor ve Sunumları 2021. Ekim 10, 2022 tarihinde https://www.oyakmadenmetalurji.com.tr/Sites/1/upload/files/Erdemir_12A_2021-4932.pdf adresinden alındı.

Erdemir (2022c). Erdemir, Yassı Ürün Kataloğu 2021. Aralık 09, 2022 tarihinde https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/Yassi_Urun_Katalogu_2021_-_TR-4874.pdf adresinden alındı.

Ermiş, M. (2005). *Lojistik Sistemlerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, Gerçeklenmesi ve Kontrolü*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Evans, M. (1996). Modelling Steel Demand in the UK. *Ironmaking and Steelmaking*, 23, 17–24.

Evans, M. (2014). An Alternative Approach to Estimating the Parameters of a Generalised Grey Verhulst Model: An Application to Steel Intensity of Use in the UK. *Expert Systems with Applications*, 41, 1236–1244.

Ham, F. ve Kostanic, I., (2001). Principles of Neurocomputing for Science and Engineering, Macgraw-Hill. USA.

Hayes, A.F., & Cai, L. (2007). Using Heteroskedasticit Consistent Standard Error Estimators in OLS Regression: An Introduction and Software Implementation. *Behavior Research Methods*, 39(4), 709-722.

Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall*. New Jersey, 2. Edition, USA 1999.

Hicham, A., & Bouhorma, M. (2012). Hybrid Intelligent System For Sale Forecasting Using Delphi and Adaptive Fuzzy Back-Propagation Neural Networks. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 3(11), 122-130.

Huh K.S. (2011). Steel Consumption and Economic Growth in Korea: Long-Term and Short-Term Evidence. *Resources Policy*, 36, 107-113.

İsdemir (2022). İsdemir Ürünler. Ağustos 18, 2022 tarihinde https://www.isdemir.com.tr/kurumsal/urun-ve-hizmetler/urunler/ adresinden alındı.

İSO (2020). İstanbul Sanayi Odası, Ekim 02, 2020 tarihinde, https://www.iso.org.tr/projeler/iso-turkiye-imalat-pmi/ adresinden alındı.

Karasu, S., Hacıoğlu, R. & Altan, A. (2018). Prediction of Bitcoin Prices with Machine Learning Methods using Time Series Data, *26th Signal Processing and Communications Applications Conference 2-5 Mayıs 2018*.

Kardemir (2022). Kardemir Ürünler. Ağustos 18, 2022 tarihinde https://www.kardemir.com/urunler adresinden alındı.

Kartalopoulos, S.V. (1996). *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic. Basic Consepts and Applications*. New York: IEEE Press.

Kellova, A (2008). *Statistical Approach to Short-Term Electricity Forecasting, Dissertation*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Prague: Charles Universitiy.

Kimoto, T. & Asakawa, K. (1990). Stock Market Prediction System With Modular Neural Network. *1990 IJCNN International Joint Conference on Neural Networks* içinde (s. 1–6) 17-21 Haziran 1990.

Koochakpour K, & Tarokh M.J. (2016). Sales Budget Forecasting and Revision by Adaptive Network Fuzzy Base Inference System and Optimization Methods. *Journal of Computer & Robotics*, 9(1), 25-38.

Law, R. & Au, N. (1999). A Neural Network Model to Forecast Japanese Demand for Travel to Hong Kong. *Tourism Management*, 20, 89–97.

Luxh, J. T., Riis, J. O., & Stensballe, B. (1996). A Hybrid Econometricneural Network Modeling Approach For Sales Forecasting. *The International Journal of Production Economics*, 43, 175–192.

Mangalova, E. & Agafonov, E. (2014). Wind Power Forecasting Using The K-Nearest Neighbors Algorithm. *International Journal of Forecasting*, 30(2), 402-406.

Metin, S. (2021). OECD Endüstriyel Üretim Verilerinde Bulunan Kayıp Verilerin kNN Yöntemi ile Tahmini. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(4), 955-967.

Monks, J. G. (1996). *İşlemler Yönetimi Teori ve Problemler*. (Sevinç Üreten Çev.) Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Oğcu G., Demirel O.F., & Zaim S. (2012). Forecasting Electricity Consumption with Neural Networks and Support Vector Regression. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 58, 1576-1585.

Okkan U., Serbeş Z.A., & Gedik N. (2018). MATLAB ile Levenberg-Marquardt algoritması tabanlı YSA uygulaması: Aylık yağış-akış modellemesi. *DÜMF Mühendislik Dergisi,* 9(1), 351-362.

Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları* (2. baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Pekkaya, M. (2011). *ARFIMA ve FIGARCH Yöntemlerinin Markowitz Ortalama Varyans Portföy Optimizasyonunda Kullanılması: İMKB-30 Endeks Hisseleri Üzerine Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Zonguldak: Bülent Ecevit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Psiloglou B.E., Giannakopoulos C., Majithia S., & Petrakis M. (2009). Factors Affecting Electricity Demand in Athens, Greece and London, UK: A Comparative Assessment. *Energy,* 34(11), 1855-1863.

Rajpal, P.S., Shishodia, K.S. & Sekhon, G.S. (2006). An Artificial Neural Network for Modeling Reliability, Availability and Maintainability of a Repairable System. *Reliability Engineering and System Safety*, 91, 809-819.

Rao, Ananda M & Srinivas, J (2003). *Neural Networks Algorithms and Applications*. Pangbourne England: Alpha Science International Ltd.

Saygılı, Y. S. (2008). *İstatistiksel Yöntemlerle Yapay Sinir Ağları Uygulamalarının Karşılaştırılması: Millî Savunma Bakanlığı Bütçesinin Öngörülmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü.

Silva, L. (2014). "A Feature Engineering Approach to Wind Power Forecasting: GEFCom 2012. *International Journal of Forecasting,* 30(2), 395-401.

Solak, A. O. (2013). Türkiye'nin Toplam Petrol Talebi ve Ulaştırma Sektörü Petrol Talebinin Arıma Modeli ile Tahmin Edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 18(3), 131-142.

Soysal, M. & Ömürgönülşen, M. (2010). Türk Turizm Sektöründe Talep Tahmini Üzerine Bir Uygulama. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 21(1), 128-136.

Srinivasan, D. (1998). Evolving Artificial Neural Networks For Short Term Load Forecasting. *Neural Computing,* 23, 265–276.

Steel Data (2022). 2021'de Dünya Çelik Üretimi. Ekim 10, 2022 tarihinde https://www.steel-data.com/post/155/2021de-dunya-celik-uretimi-37-artisla adresinden alındı.

Tawfiq, A. S. & Ibrahim, E. A. (1999). Artificial Neural Networks as Applied to Long-Term Demand Forecasting. *Artificial Intelligence in Engineering*, 13, 189–197.

TB (2018). Ticaret Bakanlığı, Demir-Çelik, Demir-Çelikten Eşya Sektör Raporu. Ekim 02, 2020 tarihinde https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Demi_Celik_Demir_Celikten_Esya.pdf adresinden alındı.

TB (2022). Türkiye Cumhuriyet Ticaret Bakanlığı. Ekim 06, 2022 tarihinde https://ticaret.gov.tr/istatistikler/bakanlik-istatistikleri/dis-ticaret-istatistikleri/eylul-ayi-dis-ticaret-istatistik-tablolari adresinden alındı.

TCMB (2020). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, Ekim 02, 2020 tarihinde https://www.tcmb.gov.tr/ adresinden alındı.

TCMB (2022). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Web Arşiv. Mart 04, 2022 tarihinde https://web.archive.org/web/20110803192956 /http://www.tcmb.gov.tr/yeni/gen_sek/sozluk.htm#enflasyon adresinden alındı.

TÇÜD (2022). Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, Çelik Haritası. Ekim 05, 2022 tarihinde https://celik.org.tr/harita/ adresinden alındı.

Tekin, M. (2009). *Üretim Yönetimi Cilt 1* (6. baskı). Konya: Günay Ofset, s. 236.

Toktaş, İ. & Aktürk, N. (2004). Makine Tasarım İşleminde Kullanılan Yapay Zeka Teknikleri ve Uygulama Alanları. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2004(2), 7-20.

Turanlı, M. & Güneren, E. (2003). Turizm Sektöründe Talep Tahmin Modellemesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi*, 3(2), 1-13.

TÜİK (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. Ekim 02, 2020 tarihinde https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/dashboard/4985/ adresinden alındı.

Uluslararası Demir Çelik Enstitüsü (IISI) (2022); World Steel in Figures 2022, Ağustos 18, 2022 tarihinde https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2022/ adresinden alındı.

Ural, A. (2005). *Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS ile Veri Analizi*. İstanbul: Detay Yayıncılık, s. 31-42

Üreten, S. (2005). *Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri* (5. baskı). Ankara: Gazi Kitabevi, s. 126-137.

Wang, W. & Xu, Z. (2004). A Heuristic Training for Support Vector Regression. *Neurocomputing*, 61, 259-275.

Weron, R. (2014). Electricity Price Forecasting: A Review of the State of the Art with a Look into the Future. *International Journal of Forecasting*, 30(4), 1030-1081.

Xie, J. & Hong, T. (2016). Probabilistic Electric Load Forecasting: An Integrated Solution with Forecast Combination and Residual Simulation. *International Journal of Forecasting*, 32(3), 1012-1016.

Yurtoğlu, H. (2005). *Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği*, DPT Yayınları, (DPT-2683), 2005.

Yüksek, A. G. (2007). *Hava Kirliliği Tahmini YSA Çoklu Regresyon*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Zachariadis, T. & Kouvaritakis, N. (2003). Long-Term Outlook of Energy Use and CO_2 Emissions from Transport in Central and Eastern Europe. *Energy Policy*, 31(8), 759-773.

EKLER

Ek 1: Türkiye Çelik Haritası



Kaynak: TÇÜD (2022). Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, Çelik Haritası. Ekim 05, 2022 tarihinde https://celik.org.tr/harita/ adresinden alındı.

ÖZ GEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Zafer UYSAL

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Aldığı Sertifikalar :

Uzmanlık Alanı :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Endüstri Mühendisliği	İstanbul Teknik Üniversitesi	2000
Y. Lisans	İşletme	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	2015

Görevler :

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Mühendis	Özel Sektör Şirketleri	2006- devam ediyor

Eserler :

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

A1. Pandemi Döneminde Demir Çelik İşletmelerinde Satış Değerlendirmesi ve Satış Modellemesi, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi.* Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (p*roceedings*) basılan bildiriler:

B1. Pandemi Döneminde Demir Çelik İşletmelerinde Satış Değerlendirmesi ve Satış Modellemesi, *7. Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Kongresi (ICAFR2020).*

C. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümler:

C1. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar:

C1.1. ……...……

C2. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplardaki bölümler:

C2.1……

D. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

D1.……..……

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

E1. ……..……

F. Sanat ve tasarım etkinlikleri:

F1……..

G. Diğer yayınlar: *(Yukarıdaki maddelerde yer alan başlıklardaki kategorilere girmeyen ve belirtilmek istenen tüm eserler bu maddenin altında belirtilecektir.)*

G1……