

İhracat Tutarı Tahminlerinin R ile Modellenmesi ve Model Performanslarının Karşılaştırılması *

(Araştırma Makalesi)

Modelling of Export Amount Estimates with R and Comparison of Model Performances

Doi: 10.29023/alanyaakademik.1507145

Şengül CAN¹, Mustafa GERŞİL²

¹ Öğr. Gör. Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, sengul.can@cbu.edu.tr, Orcid No: 0000-0003-4022-0393

² Prof. Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, mustafa.gersil@cbu.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-5638-5411

ÖZET

Anahtar Kelimeler:
İhracat, Veri Tahmini,
Tahmin Performansı

Makale geliş tarihi:
29.06.2024

Kabul tarihi:
13.11.2024

İşletmelerin karar alma ve strateji belirleme süreçleri için gelecek tahminleri oldukça önemlidir. Veri tahmini kesinlik içermediği için karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle doğruya en yakın değeri tahmin etmek stratejik karar almak için kritik öneme sahiptir. Karar alma sürecine etki eden değişkenlerin belirlenmesi, belirlenen değişkenlerin etkisinin gerçeğe en yakın değerinde ölçülmesi başarılı bir tahmin süreciyle gerçekleşmektedir. Başarılı tahmin sürecinde tercih edilen model oldukça belirleyicidir. Bu çalışma ile, stratejik karar almak için önemli bir veri olan ihracat verisi tahmin edilmiştir. Öncelikle ihracatı etkileyen faktörler belirlenmiştir. Tahmin işlemi için veri ambarı oluşturulmuştur. R programında yapay sinir ağı, regresyon ve zaman serisi analizi teknikleriyle tahmin modelleri oluşturulmuştur. İstatistiksel hata terimleri kullanılarak oluşturulan modellerin performansları karşılaştırılmıştır. En başarılı performansı gösteren tekniğin yapay sinir ağı olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

Keywords:
Export, Data
Prediction, Prediction
Performance

Future forecasting is very important for business decision-making and strategy determination processes. Data forecasting is a complex process as it lacks precision. Therefore, estimating the closest value to the truth is critical for strategic decision making. Determining the variables that affect the decision-making process and measuring the effect of the determined variables in the closest value to the truth is performed through a successful forecasting process. The model preferred in the successful forecasting process is quite decisive. In this study, export data, which is an important data for strategic decision making, was estimated. First of all, the factors affecting exports was identified. A data warehouse was created for the forecasting process. Forecasting models were created with artificial neural network, regression and time series analysis techniques in R program. The performances of the models using statistical error terms were compared. It was detected that the artificial neural network was the most successful technique.

* Bu makale, yazar Şengül CAN'ın Mustafa GERŞİL danışmanlığında gerçekleştirilen "R Programlama Dilinde Tahmin Edici Veri Madenciliği Algoritmalarının Modellenmesi ve Performanslarının Karşılaştırılması" başlıklı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Geçmiş çağlardan günümüze kadar ticaret, insanlığın varlığını sürdürebilmesi için kullanılmıştır. İnsanlık tarihinde gerçekleştirilen ticari faaliyetler hem tarihin şekillenmesine hem de yeni yaşam biçimlerinin oluşmasına katkı sağlamıştır. 1500'li yıllardan itibaren ticari faaliyetler ülkelerarası bir boyuta dönüşmüştür (Emeksiz Dünder, 2021, s. 5). Ekonominin küreselleşmesiyle uluslararası ticaretin de önemi artmış ve Türkiye'de 2000 yılından itibaren ihracat kapasitesi artmıştır (Deliçay, 2015). İhracatın makroekonomik bir göstere olması geleceğe yönelik ekonomik stratejilerin belirlenmesinde bir etkidir. Bu sebeple ihracat verisi kullanılarak gerçekleştirilecek olan tahminlerin hızlı ve doğruluğunun yüksek olması, makroekonomik strateji belirlemede oldukça önemlidir. İhracat verisiyle ilgili tahminler büyüme, gelişme ve kalkınma gibi ulusal stratejilerin belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir (Turaç, 2020, s. 1).

Başarılı bir tahmin süreci; doğru stratejik kararlar alabilmek, karar sürecinde etkili olan doğru değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerin etkisinin gerçeğe en yakın değerde ölçülebilmesi adımlarıyla gerçekleştirilmektedir. Başarı oranı yüksek, hızlı ve doğruya en yakın tahmini yapabilmek için gereken model seçimi performans üzerinde de belirleyicidir. Tahmin ve modelleme çalışmaları için kullanılan pek çok ekonometrik ve istatistik yöntem bulunmakla birlikte son yıllarda yapay sinir ağı yöntemi sıklıkla tercih edilmektedir. İnsan beyninde bulunan sinir ağlarıyla benzer yapıda olmaları, düzensiz yapıdaki verileri kullanarak bilgi çıkarımı ve genelleme yapabilmeleri gibi nitelikleriyle diğer analiz tekniklerinden ayrılan yapay sinir ağları doğrusal ve doğrusal olmayan problem çözümlerinde kolaylık sağlamaktadır. Yapay sinir ağları; öngörü, sınıflama, en iyileme, örüntü tanımlama gibi pek çok alanda tercih edilen bir tekniktir (Özçalıcı ve Ayrıçay, 2016; Vural, 2008).

Yapılan literatür araştırmasında veri tahmini için klasik istatistik tekniklerden Regresyon Analizi ve Zaman Serisi analizinin pek çok çalışmada tercih edildiği görülmüştür. Daha güncel bir teknik olan Yapay Sinir Ağı tekniği ile klasik istatistik tahmin teknikleri olan Regresyon Analizi ve Zaman Serisi analizinin ihracat verisi tahmininde aynı anda bir kıyaslamaya tabi tutulduğu görülmüştür. Yine literatür araştırmasına göre yapılan analizlerde genellikle paket programlar (weka, spss, matlab vb.) kullanıldığı görülmüştür. R programlama ile tahmin performanslarının karşılaştırıldığı çalışmalara rastlanmamıştır. Bu bağlamda bu çalışma ile; ülke ekonomilerinin stratejik karar almalarında önemli bir yeri olan ihracat verisini tahmin etmek için farklı tahmin teknikleri karşılaştırılarak hata payı en düşük ve en doğru tahmin yöntemi belirlenmiştir. Bu amaçla ihracata etkisi olduğu düşünülen değişkenler literatür taraması ile belirlenmiştir. Belirlenen değişkenler ile veri ambarı oluşturulmuştur. Elde edilen veri ambarı kullanılarak R programlama diliyle yapay sinir ağı algoritması geliştirilmiş ve ihracat değeri tahmin edilmiştir. Sonraki adımda klasik istatistik tekniklerinden zaman serisi ve regresyon metotlarıyla yapay sinir ağı metodu karşılaştırılmıştır. Tahmin modeli geliştirilen her üç teknik birbiriyle karşılaştırılmış ve en başarılı tahmini yapan teknik belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Sınıflandırma, modelleme ve veri tahmini gibi pek çok alanda yapay sinir ağı tekniği kullanılmaktadır. Karmaşık sistemlerin modellenmesi, parametre tahmini gibi konularda sıklıkla tercih edilmektedir. Bu alanda literatür incelendiğinde birçok çalışma yapıldığı ve yapay sinir ağının karşılaştırmaya tabi tutulduğu farklı teknikler olduğu görülmektedir.

Avşar ve Ecemiş (2023) çalışmasında, Türkiye ithalat ve ihracat verilerini tahmin etmek için Lineer Regresyon, Çok Katmanlı Algılayıcı Regresör, Gauss Süreç Regresörü, Radyal Tabanlı Funksiyon Regresörü ve Destek Vektör Regresyonu yöntemlerini karşılaştırdıkları; Destek Vektör Regresyonu tekniğinin ihracat tahmininde en başarılı sonucu veren ithalat tahmininde ise en zayıf sonucu vermiştir. Gökçe ve Evren (2022) çalışmasında, Türkiye'nin ihracat modelini oluşturmak için çoklu bağlantılı ve Ridge, Liu, Zaman Serisi kestiricisiyle model oluşturmuş ve Liu Kestiricisiyle oluşturulan modelin diğer modellere göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Gür ve Eşidir (2024) çalışmasında, Türkiye'nin aylık alabalık ihracatının tahmin edilmesi amacıyla Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı ve ARIMA yöntemleri karşılaştırılmış, araştırma sonucunda her iki yöntemde başarılı sonuçlar vermiştir. Khosravi vd. (2018) çalışmasında, rüzgâr türbinlerinde rüzgârın hızı, yönü ve çıkış gücünün tahmini için Yapay Sinir Ağı, Destek Vektör Makinesi ve Anfis yöntemlerini karşılaştırmış ve Destek Vektör Makinesi tekniğinin en başarılı sonucu verdiği görülmüştür. Sözgen (2009) çalışmasında, ihale teklif tahmini için Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağı ve Bulanık Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırmış ve Resregyon Analiziyle Yapay Sinir Ağının benzer başarı oranı gösterdiği, Bulanık Yapay Sinir Ağı tekniğinin ise daha düşük bir başarı oranına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Doğan (2012) çalışmasında, talep tahmini için Yapay Sinir Ağı, ARIMA ve Anfis tekniklerini karşılaştırmış ve ARIMA tekniğinin daha başarılı sonuç vermiştir. Zhang vd. (2018) çalışmasında, baraj rezervuarlarını verimli biçimde işletilebilmek için Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağı, Destek Vektör Makinesi ve Uzun Kısa Süreli Bellek Yapay Sinir Ağı tekniğini kullanarak farklı işletim senaryolarında bu tekniklerin performansını gözlemlemiştir. Araştırma sonucunda Geri Yayılımlı ve Destek Vektör Makinesi algoritmalarının rezervuar çalışma kurallarının öğrenilmesi aşamasında başarılı, Uzun Kısa Süreli Bellek Sinir

Ağının ise düşük bellek tüketimini ve hızlı çalışma açısından daha başarılı olmuştur. Gür, Eşidir ve Kaldırmacı (2024) çalışmasında, Türkiye'nin aylık binek otomobil ihtiyacını tahmin etmek için Yapay Sinir Ağı algoritmalarından Çok Katmanlı Algılayıcı ve Radyal Tabanlı Fonksiyonu kullanmış ve araştırma sonucunda Çok Katmanlı Algılayıcı daha başarılı tahmin sonuçları vermiştir.

Co ve Boosarawongse (2007) çalışmasında Zaman Serisi ve Yapay Sinir Ağı teknikleriyle Tayland pirinç ihracatı tahmin edilmiştir. Veri setinin dinamik doğrusal olmayan eğilimi ve mevsimselliğini Yapay Sinir Ağı tekniği zaman serisine göre nispeten daha başarılı olmuştur. Polat (2009) çalışmasında Türkiye toplam ithalat ve ihracat rakamlarını Yapay Sinir Ağı ve Box-Jenkins teknikleriyle tahmin edilmiştir. Araştırma kapsamında veri setinde 1990-2007 yılları arasındaki verilerle veri seti oluşturulmuştur. 1990-2006 yılları arasındaki veri setini kullanarak 2006 yılının tahmin edildiği örneklem içi bir model ve 2007 yılının tahmin edildiği örneklem dışı bir model geliştirerek performans karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre örneklem içi modelde Yapay Sinir Ağı tekniğinin, örneklem dışı modelde ise Box-Jenkins tekniğinin daha başarılı tahminleme yaptığı sonucu elde edilmiştir. Subaşı ve Erdem (2021) çalışmasında, nanoakışkanların özgül ısı tahmininde Yapay Sinir Ağı ve Klasik Korelasyon tekniklerini karşılaştırılmış ve Yapay Sinir Ağı tekniği Klasik Korelasyona göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Çelik ve Köleoğlu (2022) çalışmasında Türkiye'de korunga üretim miktarının tahminlenmesinde Yapay Sinir Ağı ve Trend Analizi karşılaştırması yapılmış, Yapay Sinir Ağı tekniği daha başarılı tahmin sonuçları vermiştir. Han vd. (2022) çalışmasında, otomobil satışlarının tahmininde Yapay Sinir Ağı ve Holt Winters yöntemleri karşılaştırılmış ve Yapay Sinir Ağı tekniği daha başarılı sonuçlar vermiştir. Özmen-Akyol (2022) çalışmasında meme kanseri tipi tahmini için Yapay Sinir Ağı ve Lojistik Regresyon modellerini karşılaştırarak Yapay Sinir Ağı tekniğinin daha başarılı olduğu sonucunu elde etmiştir. Şahin ve Yalçınkaya (2021) çalışmasında, polimer maddenin aşınmasını etkileyen faktörlerin belirlenmesi için Yapay Sinir Ağı, Taguchi yaklaşımı ve Regresyon Analizi teknikleri karşılaştırmış Taguchi yöntemi daha başarılı sonuçlar vermiştir. Özkan, Sarer-Yürekli ve Suner (2021) çalışmasında diyabet tanısının tahminlenmesi için Basit Bayes, Bayes Ağları, Rastgele Orman, Karar Ağaçları, Destek Vektör Makinaları, K-en Yakın Komşu, Yapay Sinir Ağı ve Çokterimli Lojistik Regresyon yöntemlerini karşılaştırmışlardır, elde edilen sonuçlara göre Rasgele Orman Algoritması daha başarılı tahminleme yapmıştır. Tabar, Başara ve Şişman (2021) çalışmasında, konut değerlendirme tahmini için Regresyon ve Yapay sinir ağı tekniklerini karşılaştırarak Yapay Sinir Ağı tekniğinin daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ünvan ve Ergenç (2022) çalışmasında, BIST 100 endeks tahmininde Regresyon ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırarak, Yapay Sinir Ağı tekniğinin daha başarılı olduğu görülmüştür. Cansız, Erginer ve Doğru (2021) çalışmasında, trafik kazası sayılarının tahmininde Regresyon ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırarak Yapay Sinir Ağı tekniğinin Regresyon yönteminden daha iyi olduğu sonucunu elde edilmiştir. Solmaz, Tiren ve Özkaya (2021) çalışmasında kalp hastalıklarının tespitinde Destek Vektör Makineleri, Yapay Sinir Ağları ve K-en Yakın Komşu tekniklerini karşılaştırıp Yapay Sinir Ağı tekniğinin daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çoban ve Demir (2021) çalışmasında gıda firması için talep tahmininde Destek Vektör Regresyonu ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırdıklarında Yapay Sinir Ağı'nın performansının daha başarılı olduğu sonucu elde edilmiştir. Kayakuş ve Terzioğlu (2021) çalışmasında varlık değeri tahmini için Regresyon ve Yapay Sinir Ağı tekniklerinin karşılaştırılmış ve Yapay Sinir Ağı daha başarılı bulunmuştur. Gündoğdu (2021) çalışmasında egzersiz öncesi ve sonrası durumun sınıflandırılması için Destek Vektör Makineleri ve Yapay Sinir Ağı teknikleri karşılaştırılmış ve Yapay Sinir Ağı tekniği daha başarılı bulunmuştur. Yörübulut vd. (2020) çalışmasında beton basınç dayanıklılığı tahmininde Yapay Sinir Ağı ve Regresyon Analizi tekniklerini karşılaştırdıklarında her iki tekniğin de yakın sonuçlar verdiği sonucu elde edilmiştir. Sönmez ve Zengin (2019) çalışmasında gıda talebinin tahmini için Regresyon ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırmış ve Yapay SinirAğı tekniği daha başarılı olmuştur. Can ve Gersil (2018) çalışmasında pamuk fiyatlarının tahmininde Zaman Serisi ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırdıklarında Yapay Sinir Ağı yöntemi daha başarılı sonuçlar vermiştir. Keskin (2020) çalışmasında yağış miktarı tahmininde Yapay Sinir Ağı, Regresyon ve Zaman Serisi tekniklerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağı'nın daha başarılı olduğu sonucu elde edilmiştir. Aditian, Kubota ve Shinohara (2018) çalışmasında heyelan duyarlılık değerlendirmesi için Lojistik Regresyon ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağı tekniği daha başarılı olmuştur. Zhang vd. (2020) çalışmasında, tasarım başarısının tespitine yönelik Genetik Algoritma, Yapay Sinir Ağı, Çok Değişkenli Regresyon analizi ve Bulanık Mantık Denetleyicisi performansları karşılaştırılmış ve Genetik Algoritma daha başarılı olmuştur. Hassanipour vd. (2019) çalışmasında travma hastalarında sonuç tahmini için Yapay Sinir Ağı ve Regresyon modellerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağı daha başarılı olmuştur. Hosseinzadeh vd. (2020) çalışmalarında besin gerikazanımı oranlarının tahmininde Yapay Sinir Ağı ve Regresyon Yöntemlerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağı'nın daha başarılı olduğu sonucu elde edilmiştir. Shams vd. (2020) CO konsantrasyonunu tahmin etmek için Yapay Sinir Ağı ve Regresyon tekniklerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağı'nın daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kavuncuoğlu vd. (2018) çalışmasında antimikrobiyal aktivite tahmini için Yapay Sinir Ağı ve Regresyon Tekniklerini karşılaştırdıklarında Yapay Sinir Ağı daha başarılı olmuştur. Nhu vd. (2020) heyelan haritası oluşturulmasında Lojistik Model Ağacı, Lojistik Regresyon, Basit Bayes Ağacı, Yapay Sinir Ağı ve Destek Vektör Makine algoritmalarını karşılaştırarak; Lojistik Model Ağacı daha başarılı olmuştur. Mohammadi vd. (2021) çalışmasında

Covid-19 enfekte kişilerin sınıflandırılması için Lojistik Regresyon ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırarak bu tekniklerden benzer sonuçlar elde edilmiştir. Polykretis ve Chalkias (2018) çalışmasında heyelan duyarlılığının değerlendirilmesi için Lojistik Regresyon ve Yapay Sinir Ağı teknikleri karşılaştırıldığında Lojistik Regresyon yöntemini daha başarılı bulunmuştur. Abrougui vd. (2019) çalışmasında toprak işleme sistemlerinin etkisinin tahmini için Yapay Sinir Ağı ve Lojistik Regresyon tekniklerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağını başarılı bulmuştur. Al-Bayati (2019) çalışmasında duygu analizi için Basit Bayes, Maksimum Entropi ve Destek Vektör Makinesi tekniklerini karşılaştırdığında Destek Vektör Makinelerini daha başarılı bulmuştur. Karaçor (2017) çalışmasında mali piyasa verisinin tahmini için Yapay Sinir Ağı ve Destek Vektör Makineleri tekniklerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağının daha başarılı olduğu görülmüştür. Yasin (2013) çalışmasında elektrik talep tahmini için Yapay Sinir Ağı ve Destek Vektör Makineleri tekniklerini karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağı daha başarılı bulunmuştur. Almahmud (2019) çalışmasında malzeme satış tahmini için Zaman Serisi ve Yapay Sinir Ağlarını karşılaştırmış ve Yapay Sinir Ağı daha başarılı bulunmuştur. Aşıkil (2012) çalışmasında maliyet tahmini için Regresyon, Vaka Bazlı Çözümleme ve Yapay Sinir Ağı tekniklerini karşılaştırmış ve Vaka Çözümlemesinin daha başarılı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Literatür taraması incelendiğinde Yapay Sinir Ağı tekniğinin veri tahmini için sıklıkla tercih edilen bir teknik olduğu görülmüştür. Yine literatürde klasik istatistik teknikler olan Regresyon Analizi ve Zaman Serisi analizi ile veri tahmini yapıldığı sıklıkla görülmektedir. Ancak ihracat verisi tahmininde Yapay Sinir Ağı tekniğinin veri tahmini için tercih edilen diğer yöntemler olan Regresyon ve Zaman Serisi teknikleriyle birlikte performans ölçümüne tabi tutulduğuna rastlanmamıştır. Ayrıca analiz aracı olarak genellikle paket programlar tercih edildiği, bu tahmin tekniklerin R yazılım programında bir kıyaslamaya tabi tutulduğu görülmemiştir. Çalışmanın bu yönünün performans karşılaştırması açısından literatüre katkı sağlaması hedeflenmektedir.

3. MATERYAL METOT

3.1. Veri Setinin Oluşturulması

İşletmelerin ihracat performansını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin ölçülmesinde kullanılan tekniklerin belirlenmesi pek çok alanda ilgi konusu olmaktadır. İhracat performansı kavramının tanımı ve ölçülmesiyle ilgili görüş ayrılıkları bulunmaktadır (Aaby ve Slater, 1989, s. 7; Zou ve Stan, 1998, s. 333).

İhracat performansının; işletmenin gerçekleştirdiği ihracat işleminin sonucu, işletmenin global olarak gerçekleştirdiği satışların sonucu ya da işletmenin küresel pazardaki başarı seviyesi gibi farklı tanımları bulunmaktadır. İhracat performansını değerleyen ölçütlerin genel ve özel olarak farklı değerlendirildiği görülmektedir. Genel niteliklerin; ihracat satış ve karlılık oranlarıyla bu oranlardaki değişim ölçütlerinden meydana geldiği görülmektedir. Özel niteliklerin; pazarın genişlemesi, rekabet stratejilerindeki değişim, ürüne yönelik farkındalığın artması gibi stratejik niteliklerin beraberinde memnuniyet oranı, ürünün başarısı gibi bireysel davranış ölçütlerinden meydana geldiği görülmektedir. İşletmelerdeki yapısal yetersizlikler, finansal tablolarda oluşan belirsizlikler, paylaşılan ekonomik verilerin eksikliği ya da farklı muhasebeleştirme tekniklerinin kullanılması genel ölçütleri kullanırken olumsuzluğa neden olmaktadır bu nedenle özel ölçütler tercih edilmektedir (Akay, 2021, s. 37).

Bu çalışma ile Türkiye ihracat tutarı veri tahmini için Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası ve Borsa İstanbul web sayfalarında yayınlanan istatistik verileri incelenerek veri ambarı oluşturulmuştur.

Oluşturulan veri ambarı için Türkiye ihracat rakamları üzerine etki ettiği düşünülen değişkenler ve ihracat endeks verisi kullanılmıştır. Türkiye İhracat tutarına etkisi olduğu düşünülen değişkenlere literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. Yapılan literatür incelemesinde ihracat verisi üzerine etkili olan iç ve dış faktörler olduğu; bu nedenle hem yerel hem de global ekonomik gelişmelerin ihracata etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir. Aaby ve Slater (1989) çalışmasında ihracatı etkileyen faktörlerin; teknoloji kullanımı, kalite politikası, pazarlama potansiyeli ve devlet teşvikleri olarak belirlenmiştir. Zou ve Stan (1998) çalışmasında, ihracatı etkileyen faktörlerin ihraç ürünündeki yeterlilikler, firmanın global yeterlilikleri, teknoloji kullanımı ve yerel ekonomik faktörler olarak belirlenmiştir. Yücel (2006) çalışmasında, teknoloji kullanımı ve global pazar koşullarının ihracata etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bayır (2006) çalışmasında, döviz alış kuru, üretim endeksi, sını kapama ve verimlilik endekslerinin ihracata istatistiksel olarak anlamlı katkısı olduğu sonucunu elde etmiştir. Sousa, Martinez-Lopez ve Coelho (2008) çalışmasında ihracat performansına etkisi olan faktörlerin pazarlama politikaları, ürünün global yeterlilikleri, yurt dışı pazarlarındaki ekonomik hareketler ve yerel ihracat faaliyetleri olduğu belirlenmiştir. Hultman, Robson ve Katsikeas (2009) çalışmasında ürünün piyasa beklentisine olan yeterlilikleri, teknolojik yeterlilikler ve ihracata yönelik tüm verilerin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Düzgün ve Taşçı (2014) çalışmasında döviz kuru, ihracat endeksi, enflasyon ve GSYİH ihracata etkisi olan faktörler olarak belirlenmiştir. Saygılıoğlu Erdoğan (2016) çalışmasında ihracat endeksi, tüketim malı ithalatı ve döviz kuru ihracatı etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir. Durgun ve Çapık (2018) çalışmasında arge ve teknolojik ürünlerin ihracata olumlu katkı sağladığı sonucu elde edilmiştir. Tipi (2019)

çalışmasında yerel üretim maliyetleri ve teknolojik anlamda yenilikçi ürünlerin ihracata etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Literatürde ihracata en fazla etkisi olduğu düşünülen değişkenler; üretim endeksi, sınai kapanış değeri, dolar alış değeri, teknoloji endeksi ve ihracat endeksi olarak belirlenmiştir. Üretim endeksi; üretim etkinliklerinde yıllar içerisinde gözlenen değişimin karşılaştırmalı biçimde izlendiği değerdir (Cesur ve Kozhan, 2020, s. 170 ve Koç, Şenel ve Kaya, 2017, s. 2). Sınai kapanış değeri; kapanış seansındaki sanayi üretim değerinin hesaplanıp tek fiyat üzerinden işlem yapılmasına olanak tanıyan değerdir. Teknoloji endeksi; teknolojinin getiri kapanış ve fiyat değeri kullanılarak hesaplandığı değerdir (Borsa İstanbul, 2020). İhracat endeksi; birim ihracat değerinde yaşanan değişimi göstermektedir. TÜİK tarafından ihracata konu olan tüm ürünler kullanılarak gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra birim değerler bütünleştirilerek endeks bilgisine ulaşılmaktadır (Öztemiz, 2021, s. 51).

Literatür taraması sonucu belirlenen bağımsız değişkenler üretim endeksi (*uret_endeks*), sınai kapanış değeri (*sınai_kap*), dolar alış değeri (*usd_al*), teknoloji endeksi (*tekn_endeks*), ihracat endeksi (*ihr_endeks*) aylık değerleri olarak belirlenmiştir. İhracat tutarı verisi ise hedef değişken olarak belirlenmiştir. Bu değişkenlerle kurulan regresyon denklemi ise;

$$ihracattutar = b_0 + b_1 * uret_endeks + b_2 * usd_al + b_3 * tekn_endeks + b_4 * ihr_endeks$$

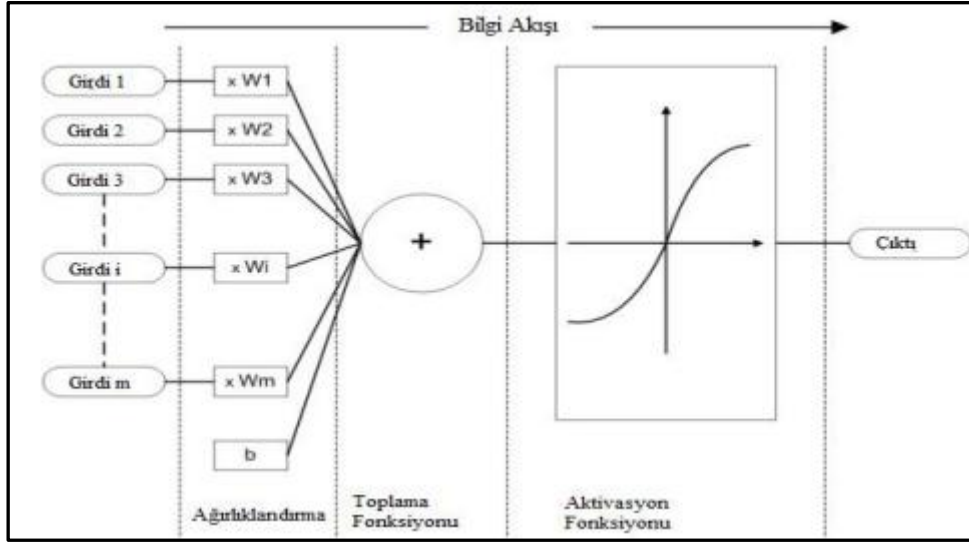
Çalışma için 2005:01 ve 2019:12 dönemleri arasındaki veriler kullanılarak veri seti oluşturulmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası ve Borsa İstanbul gibi farklı kaynaklardan birleştirilerek elde edilen veri setinde tüm veriler için ortak alınabilecek başlangıç yılı 2005 olması nedeniyle 2005:01-2019:12 aralığındaki aylık veriler ile veri ambarı oluşturulmuştur. Veri seti içerisinde eksik ve uç değer olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda uç değer görülmemiştir. Az sayıdaki eksik veriler yerine ortalama koyma tekniğiyle tamamlanmıştır. Yerine ortalama koyma tekniği; kayıp veri içeren veri setinde diğer değerlerin ortalamasının alınarak verinin doldurulmasına imkân sunmaktadır (Sezgin ve Çelik, 2013, s. 25). Veri ambarındaki veriler, veri türleri ve elde edildikleri kaynaklar Tablo 1 ile gösterilmektedir.

Tablo 1. Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerin Veri Kaynakları

Değişken Adı	Değişken Türü	Veri Kaynağı
İhracat Tutarı	Bağımlı	Türkiye İstatistik Kurumu
İhracat Endeksi	Bağımsız	Türkiye İstatistik Kurumu
Üretim Endeksi	Bağımsız	Türkiye İstatistik Kurumu
USD Alış	Bağımsız	Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
Sınai Kapanış	Bağımsız	Borsa İstanbul
Teknoloji Endeksi	Bağımsız	Borsa İstanbul

3.2. Yapay Sinir Ağı Tekniği

1940'lı yıllardan günümüze kadar bilim ve mühendislik için bir hedef olan akıllı makineler geliştirme süreci, araştırmacıların biyolojik nöronları en ilkel haliyle donanım ve yazılım içeren etkileşimli sistemler geliştirmeleriyle başlamıştır (Zilouchian, 2001, s. 1). İnsan beyninin yapabildiği karmaşık işlemleri kopyalayabilme hedefiyle geliştirilen yapay sinir ağı tekniği günümüzde tahmin yapabilme, tahmine dayalı model geliştirme, örüntü algılayabilme gibi becerileriyle endüstri, savunma sektörü, finans ve sağlık gibi pek çok alanda kullanılabilir. Yapay sinir ağı yapısının algoritmik olması, değişik senaryolara uyarlanabilirliği, eş zamanlı hesaplama yapabilmesi ve öğrenme becerileri yapay sinir ağlarının temel nitelikleri içerisinde yer almaktadır (Öztemel, 2003, s. 31).



Şekil 1. Yapay Sinir Ağının Çalışma Düzeni

Kaynak: Suzuki, 2011, s. 3 kaynağından alınarak yeniden düzenlenmiştir.

Yapay sinir ağları, eksik veri seti ile işlem yapabilen ve normal dağılıma sahip olmayan veri seti üzerine problem çözebilen bir yapıda olması nedeniyle günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Veri seti doğrusal olmayan, çok boyutlu, kompleks, veri setinde eksiklikler olan ve hata payının yüksek olduğu veri problemlerinin çözümünde yapay sinir ağları ile başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Olasılıksal fonksiyon kestirimleri, sınırlandırma, örüntü keşfi, zaman serisi analizi, sinyal filtreleme, veri daraltma, doğrusal olmayan sinyallerin işlenmesi, doğrusal olmayan sistem modelleri ve optimizasyon gibi pek çok şartı sağlamaktadır. Yapay sinir ağı tekniği ayrıca finans, mühendislik ve sağlık gibi çok farklı alanlarda da tercih edilmektedir (Çot, 2019, s. 33).

Yapay sinir ağı tekniğinin fonksiyonel olarak kullanıldığı alanlar ise; veri tahmini, bilgileri kategorize etme, eksik veri setinin tamamlanması, büyük veri içerisinde kullanışlı verilerin süzülmesi, biçimsel olarak farklılıklar içeren verilerin tanımlanması, spesifik bir konunun tüm örnekleri üzerinden yorumlama yapılabilmesi olarak ifade edilmektedir (Jain, Mao ve Mohiuddin, 1996).

Yapay sinir ağı tasarımında izlenmesi gereken temel kurallar (Hawley vd. 1990, s. 65);

- Tasarlanan sistemin hangi çıktıyı vereceği belirlenmelidir,
- Hedef çıktı üzerinde etkisi olacağı düşünülen değerler girdi olarak sisteme dahil edilmelidir,
- Kullanılacak girdi değişkenleriyle bir veri seti oluşturulduktan sonra eğitim ve test verisi olarak ayrılmalıdır,
- Yapay sinir ağı modeli (ağın topolojisi) seçilmelidir,
- Yapay sinir ağının kullanacağı öğrenme algoritması seçilmelidir,
- Yapay sinir ağının eğitim ve test süreçleri tamamlanmalıdır,
- Hedef başarı oranı düzeyi elde edilene kadar süreç tekrarlanmalıdır (Hawley vd. 1990, s. 65).

Tablo 2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Kullanış Amacı	Yapay Sinir Ağı Çeşidi	Kullanım Alanları
Öngörü	Çok katmanlı ağ yapısı	Ağ girdilerini kullanıp, çıktının öngörüsü
Sınıflama	LVQ ART Counterpropagation ağ yapısı Olasılık sinir ağ yapısı	Girdi değerlerin ait olduğu sınıfların belirlenmesi
Veri İlişkilendirme	Hopfield Boltzmann Çift Yönlü İlişkisel Hafıza	Girdideki eksik değerleri belirleyerek hatalı veri tespiti

Kaynak: Yakut, 2012, s. 97 'den alınarak yeniden düzenlenmiştir.

3.3. Optimal Yapay Sinir Ağı Modelinin Belirlenmesi

Yapay sinir ağı model denemelerine başlamak için veri seti literatürde sıkça yapıldığı şekilde %80 eğitim %20 test olarak ayrılmıştır. Model için bağımlı değişkenler; ihr_tutari bağımsız değişkenler ise; uret_endeks, sinai_kap, usd_al, tekn_endeks ve ihr_endeks olarak belirlenmiştir. Sonraki adımda en iyi sonuç veren yapay sinir ağı modelini belirleyebilmek Bayır (2006), Karahan (2011), Calp (2019) ve Çınar (2018) çalışmalarında ortaya konulduğu gibi farklı model denemeleri yapılarak model performansları karşılaştırılmıştır. Oluşturulan modeller içerisindeki katman sayıları (4-2), (5- 3), (6-4), (6-5), (8-3), (8-5), (5-4-3), (3-6-7), (4-5-8) şeklindedir. Bu denemeler sırasında tüm modellerde girdi ve çıktılar sabit kalarak ara katman ve nöron sayıları değiştirilerek denemeler yapılmıştır.

Yapay sinir ağı modelinin tahmin başarısı için literatürde MSE ve RMSE değerlerinin kullanıldığı ve en düşük değer başarılı kabul edildiği görülmüştür (Calp, 2017, s. 82; Bayır, 2006, s. 102; Karahan, 2011, s. 113; Gandomi ve Roke, 2015, s. 66). Bu sebeple eğitim ve test verileri denemesi yapılan modellerde ayrı ayrı kullanılmış ve hata değerleri karşılaştırılmıştır. Tablo 3'te görüldüğü gibi hata oranı en düşük olan modelin iki gizli katmanlı birinci gizli katmanda 5, ikinci gizli katmanda 3 eleman içeren YSA (5,3) olduğu görülmüştür. Bu nedenle tahmin için kullanılacak model YSA (5,3) modeli olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Yapay Sinir Ağı Modelleri ve Hata Oranları

Ağ Topolojisi	MSE(Eğitim)	RMSE(Eğitim)	MSE(Test)	RMSE(Test)	İTERASYON
YSA (4,2)	0,002419855	0,048989	0,001526044	0,038729	687
YSA (5,3)	0,002237186	0,046904	0,0009450562	0,03	1391
YSA (6,4)	0,002517687	0,05	0,001318967	0,036055	355
YSA (6,5)	0,003696617	0,06	0,001608304	0,04	269
YSA (8,3)	0,003570218	0,05916	0,003250909	0,056568	499
YSA (8,5)	0,002492705	0,048989	0,001616792	0,04	579
YSA (5,4,3)	0,003371487	0,057445	0,003153103	0,055677	445
YSA (3,6,7)	0,003570474	0,05916	0,00296052	0,053851	301
YSA (4,5,8)	0,003488503	0,058309	0,00335205	0,057445	223

Yapay sinir ağı parametre ağırlıkları klasik regresyondaki parametre katsayılarına benzerdir ve bu yönüyle bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlamak için kullanılabilirler (Çınar, 2018). Yapay Sinir Ağı yapısında bağımsız değişkenler içerisinde ihracat tutarı veri tahmini için önem düzeyi en yüksek bağımsız değişken ihracat endeksi olarak belirlenmiştir. İkinci seviyede önemli değişkenler ise dolar alış, teknoloji endeksi ve üretim endeksidir. İhracat tutarının tahmin edilmesinde önem düzeyi en düşük değişkenin ise sinai kapanış değeri olmuştur.

3.4. Regresyon Modelinin Geliştirilmesi

Regresyon modeli için veri seti %80 eğitim %20 test olarak ayrılmıştır. Regresyon model denemesi öncesinde, regresyon tekniğinin kullanılabilmesi için gerekli normallik, varyans homojenliği ve çoklu doğrusallık varsayımlarının sağlandığı kontrol edilmiştir. Gerekli kontroller sonrasında model oluşturulması adımına geçilmiştir. En iyi sonuç veren regresyon modelinin belirlenmesinden önce model için anlamsız değer olup olmadığı kontrol edilmiş ve yapay sinir ağı modelinde olduğu gibi sinai kapanış değeri regresyon modeli için de anlamsız bulunduğundan modelden çıkarılmıştır.

Tablo 4. Regresyon Analizi Sonuçları

Coefficients					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0,13011	0,01407	2,698	0,030830	*
uret_endeks	0,62805	0,07924	2,394	0,039121	*
usd_al	0,91095	0,06930	1,744	4,89e-15	***
tekn_endeks	0,87045	0,05306	3,077	0,002884	**
ihr_endeks	1,23954	0,08233	6,076	< 2e-16	***

Tablo 4 ile görülen regresyon modelinde "Coefficients" başlığında katsayıların model için anlamlı olup olmadığı görülmektedir. "Signif. codes" bölümünde * sembolü parametrelerin model anlamlılığını göstermektedir (Arslan, 2017, s. 350). Bu bilgi doğrultusunda regresyon modelinde ihracat endeksi (ihr_endeks), üretim endeksi (uret_endeks), dolar alış (usd_al) ve teknoloji endeksi (tekn_endeks) değişkenleri model için anlamlı bulunduğundan regresyon modeline dahil edilmiştir. Oluşturulan regresyon modeli eğitimi tamamlandıktan sonra test verisi üzerinde denenmiştir. R kare değeri: 0,871 ve MSE: 0,005989876 olarak hesaplanmıştır.

3.5. Zaman Serisi Modelinin Geliştirilmesi

Zaman serisi analizi yapılmadan önce veride otokorelasyon, trend gibi varsayımların sağlanması gerektiğinden öncelikle bu testler gerçekleştirilmiştir (Çınar, 2019). Veri setinde trend olduğu görüldüğü için veri trend etkisinden arındırılmıştır. Veri setini trendden arındırabilmek için fark alınmış ve veri seti tekrar incelenmiştir. Tablo 5 ile gösterilen ADF test sonuçlarından da görüldüğü gibi veri seti durağan hale gelmiştir.

Tablo 5. Genelleştirilmiş Dickey-Fuller(ADF) Birim Kök Testi

Değişken	Değer
Dickey-Fuller	-5,8465
Gecikme Uzunluğu	5
p-değeri	0,01

Zaman serilerinde otokorelasyon olup olmadığı literatürde sıkça görüldüğü şekilde Durbin-Watson (DW) testi ile kontrol edilmiştir. Durbin-Watson katsayısı $[0,4]$ aralığında bir aralıkta olmaktadır. Bu değer 2'ye yakın ise modelde otokorelasyon olmadığı söylenmektedir (Genceli, 1990, s. 3).

Tablo 6. Durbin-Watson Testi

Değişken	Değer
Durbin Watson	1,8601
p-değeri	0,1795

Tablo 6'da görüldüğü gibi DW katsayısı 1,8601 olduğu için veri setinde otokorelasyon olmadığı söylenebilmektedir. Önceki model denemelerinde olduğu gibi veri seti %80 eğitim ve %20 test olarak ayrılmıştır. En iyi sonuç verecek modeli bulabilmek için birkaç farklı model denemesi yapılmıştır. Tablo 7 ile hata oranları görülen modeller içerisinde ARIMA (1,0,0) (2,0,0) modelinin daha düşük hata oranına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Zaman Serisi Modellerinin Hata Oranları

Model	MSE	RMSE
ARIMA	0,104	0,322490
Mevimsel Naive	0,187	0,432434

3.6. Modellerin Test Verisi Üzerindeki Performanslarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada yapay sinir ağı, regresyon ve zaman serisi tekniklerinin tahmin performanslarını karşılaştırmak için Bayır (2006), Calp (2017), Karahan (2011), Yaman ve Akgül (2020) ve Turaç (2020) çalışmalarında kullanılan performans ölçütleri MSE ve RMSE kullanılmıştır. Tablo 8'de en düşük hata oranına sahip modelin YSA(5,3) olduğu görülmektedir.

Tablo 8. Modellerin Tahmin Performansı Karşılaştırması

Tahmin Yöntemi	MSE(Test)	RMSE(Test)
Yapay Sinir Ağı (5,3)	0,0009450562	0,03
Regresyon	0,005989876	0,076811
ARIMA(1,0,0)(2,0,0)	0,104	0,322490

Çalışmanın bu aşamasında en iyi performansa sahip modelin YSA (5,3) olduğuna karar verilerek gelecek tahmini için bu model kullanılmıştır. 2021 yılına ait gerçekleşen değerler ve YSA (5,3) modeli kullanılarak tahmin edilen değerler Tablo 9 ile verilmiştir.

Tablo 9. YSA (5,3) ile Tahmin Edilen ve Gerçekleşen Değer Karşılaştırması

Yıl	Ay	Gerçekleşen İhracat Tutarı	YSA (5,3) Tahmin Edilen İhracat Tutarı
	1	15.004.032	14.890.412
	2	15.952.665	15.478.036
	3	18.955.875	17.977.890
	4	18.756.898	18.012.365
	5	16.468.407	17.684.236
2021	6	19.740.824	18.950.478

7	16.358.082	17.628.456
8	18.861.074	18.001.365
9	20.716.583	19.897.214
10	20.714.278	20.042.369
11	21.455.371	20.874.365
12	22.233.685	21.896.354

4. SONUÇ

Büyük miktardaki veriden bilgi edinimi, klasik tekniklerde çözümleme ve yorum getirme biçiminde olmaktadır. Veri tahmini ise öngörüye dayanan ve kesin olmayan bir süreçtir ancak gelecekteki belirsizliklerden önce güvenli stratejik kararlar alabilmek işletmeler için kritik öneme sahiptir. Öngörü süreçleri pek çok disiplinde, özellikle de ekonomik verilerin tahmininde yaygın olarak araştırma konusu olmaktadır.

Bu çalışma ile ekonomik kalkınmada önemli bir yeri olan ihracat verileri incelenmiştir. İhracat veri tahmini için Türkiye İstatistik Kurum, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası ve Borsa İstanbul istatistikleri kullanılarak bir veri ambarı oluşturulmuştur. Oluşturulan veri ambarı üzerinde istatistiksel tahmin ve analizler için sıkça tercih edilen R programı kullanılmış ve yapay sinir ağı, regresyon, zaman serileri tekniklerinin performansları karşılaştırılmıştır. Veri ambarı %80 eğitim %20 test olarak ayrılmıştır, belirlenen teknikler eğitim verisi üzerinde eğitildikten sonra test verisi üzerinde performansları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işlemi için istatistiksel hata oranları olan ve literatürde sıklıkla kullanıldığı görülen MSE ve RMSE kullanılmıştır. Belirlenen hata oranları ile en başarılı algoritma tahmin için seçilmiştir. Bu yönüyle araştırma finansal bir analizden ziyade istatistiksel bir programlama dili olan R ile geliştirilen farklı algoritmaların tahmin performansları karşılaştırılmasıdır.

Araştırmanın ilk aşamasında farklı katman ve nöron sayılarına sahip yapay sinir ağı denemeleri yapılmıştır. (4-2), (5-3), (6-4), (6-5), (8- 3), (8-5), (5-4-3), (3-6-7), (4-5-8) gibi farklı ağ yapıları denenmiştir. Bu yapılar içerisinde MSE ve RMSE değerleri karşılaştırılarak hata oranı en düşük ağ (Calp, 2017, s. 82; Bayır, 2006, s. 102; Karahan, 2011, s. 113; Gandomi ve Roke, 2015, s. 66) en başarılı ağ olarak seçilmiştir. Hata oranı en düşük ağın (5,3) olduğu görülmüştür. Ayrıca bağımsız değişkenlerin ihracat tutarına etkisi üzerindeki önemlilik seviyeleri kontrol edilmiştir. İhracat tutarına en fazla etkisi olan değişkenin ihracat endeksi, ikinci seviyede önemli değişkenlerin dolar alış, teknoloji endeksi ve üretim endeksi olduğu görülmüştür. İhracat tutarı üzerinde sınıai kapanış endeksinin ise en düşük seviyede etkisi olduğu görülmüştür.

Araştırmanın ikinci aşamasında regresyon tekniği kullanılmıştır. Oluşturulan regresyon modelinde bağımsız parametrelerin anlamlılık seviyeleri incelenmiş ve yapay sinir ağı modeline benzer şekilde sınıai kapanış değeri regresyon modeli için anlamlı bulunmadığından modelden çıkarılmıştır.

Araştırmanın üçüncü aşamasında zaman serisi tekniği kullanılmıştır. Zaman serisi analizi yapılabilmesi için gereken ön koşullar sağlandıktan sonra mevsimsel basit ve farklı arıma modelleri test edilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. Bu modeller içerisinde en düşük hata oranına sahip modelin ARIMA (1,0,0)(2,0,0) olduğu görülmüştür.

Son olarak belirlenen modellerin MSE ve RMSE değerleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Üç teknik içerisinde ihracat tutarı tahmini için en iyi performans gösteren yöntemin Yapay Sinir Ağı olduğu sonucu elde edilmiştir. Buna göre yapay sinir ağı tekniğinin klasik istatistik tahmin yöntemlerine göre daha başarılı tahmin performansı gösterdiği söylenebilmektedir. Bayır (2006) çalışmasında imalat sanayi aylık ihracat değeri tahmin modelinde oluşturulan Yapay Sinir Ağı-Çoklu Regresyon karşılaştırmasında Yapay Sinir Ağı tekniği daha başarılı sonuçlar vermiştir. Ayrıca Karahan (2015) çalışmasında ihracat tahmini için Yapay Sinir Ağı-ARIMA karşılaştırmasında da Yapay Sinir Ağı tekniğinin daha başarılı olduğu sonucu elde edilmiştir. Gür ve Eşidir (2024) çalışmasında, Türkiye'nin aylık alabalık ihracatının tahmin edilmesi amacıyla Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı ve ARIMA yöntemleri karşılaştırılmış, araştırma sonucunda her iki yöntemde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Co ve Boosarawongse (2007) çalışmasında Zaman Serisi ve Yapay Sinir Ağı teknikleriyle Tayland pirinç ihracatı tahmin edilmiştir. Veri setinin dinamik doğrusal olmayan eğilimi ve mevsimselliğini yapay sinir ağı tekniğinin zaman serisine göre nispeten daha başarılı bir şekilde tahmin ettiği görülmüştür. Polat (2009) çalışmasında Türkiye toplam ithalat ve ihracat rakamlarını Yapay Sinir Ağı ve Box-Jenkins teknikleriyle tahmin edilmiştir. Araştırma kapsamında veri setinde 1990-2007 yılları arasındaki verilerle veri seti oluşturulmuştur. 1990-2006 yılları arasındaki veri setini kullanarak 2006 yılının tahmin edildiği örneklem içi bir model ve 2007 yılının tahmin edildiği örneklem dışı bir model geliştirilerek performans karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre örneklem içi modelde Yapay Sinir Ağı tekniğinin, örneklem dışı modelde ise Box-Jenkins tekniğinin daha başarılı tahminleme yaptığı sonucu elde edilmiştir.

Yapılan literatür incelemesiyle ihracat tahmin alanındaki diğer çalışmaların genellikle iki tekniği karşılaştırdığı, araştırma sonuçlarında tek bir tekniğin (yapay sinir ağı, zaman serisi vb.) daha başarılı olduğu veya her iki tekniğin de benzer başarı oranlarına sahip olduğu sonuçları elde edilmiştir. Bu bağlamda araştırma üç farklı tahmin metodunu karşılaştırarak en iyi tekniği bulmayı hedeflemiştir. Sonuç olarak en başarılı tekniğin Yapay Sinir Ağı olarak belirlenmesi literatürdeki pek çok çalışmayla da tutarlılık göstermektedir.

Yapay sinir ağı tekniği, veri tahmini için sıklıkla tercih edilen bir makine öğrenmesi yöntemidir. Yapay Sinir Ağı eldeki veri setinden eğitilerek yeni verilere dayalı tahminler yapmaktadır (Gür, Eşidir ve Kaldırmacı, 2024, s. 31). Kullanım kolaylığı sağlaması, hızlı çalışabiliyor olması ve başarılı sonuçlar vermesi sebebiyle veri tahmini yapan araştırmalarda Yapay Sinir Ağı tekniğinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Bayır, 2006, s. 112). Sonuç olarak yapay sinir ağı tekniği klasik tekniklerden farklı olarak hem veri özellikleriyle ilgili ön koşula hem de matematiksel modelleme yapmaya ihtiyaç duymayan bir tekniktir. Yapay sinir ağı veri içerisindeki desen/desenleri öğrenerek tahmin sürecini gerçekleştirmektedir. Ülkemizde son yıllarda kullanımı yaygınlaşan ancak dünya literatüründe oldukça uzun süredir kullanılan yapay sinir ağı tekniğinin öngörü modellemesinde başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Gelecek çalışmalarda ihracat tutarı üzerinde etkisi olduğu düşünülen kıymetli maden, petrol ve dövizlerin etkisinin araştırılması ve hangisinin en belirleyici faktör olduğunun tespit edilmesi planlanmaktadır.

EXTENDED SUMMARY

Future forecasting is very important for business decision-making and strategy determination processes. Data forecasting is a complex process as it lacks precision. Therefore, estimating the closest value to the truth is critical for strategic decision making. Determining the variables that affect the decision-making process and measuring the effect of the determined variables in the closest value to the truth is performed through a successful forecasting process. The model preferred in the successful forecasting process is quite decisive. There has always been trade in human history. Since the 1500s, trade between countries has started. The global economy has increased the importance of international trade. Exports are a macroeconomic indicator. In this respect, export data is important for economic, policy and strategy making. In this study, export data, which is an important data for strategic decision making, was estimated. For this, the factors affecting exports were identified through a literature review. Variables considered to have an impact on the amount of exports such as production index, industrial closing value, dollar buying value, technology index and export index were determined. After determining the independent variables to be used for estimating the amount of exports, a data warehouse was created using data from the Turkish Statistical Institute and the Central Bank of the Republic of Turkey. Data warehouse is the storage of data from different sources. A data warehouse can be considered as a subject-oriented data pool containing historical information. After the data warehouse was created, the techniques to be used for data prediction were determined. It was decided to compare the artificial neural network technique, one of the current forecasting methods, with regression and time series techniques, which are classical statistical techniques. Artificial neural network technique is a technique inspired by the human brain. Nowadays, artificial neural network can develop predictions, predictive models and discover patterns. Artificial neural network technique is used in a wide variety of fields such as industry, defense industry, health and finance. The most basic features of artificial neural network are its algorithmic structure, its ability to be used in various scenarios and its ability to perform parallel calculations. Regression analysis is a technique that investigates the relationships between variables. With regression analysis, the effect of independent variables that are thought to have an effect on the dependent variable is investigated. Time series technique is a technique that provides information about the numerical values of variables observed periodically. Forecasting models were created with artificial neural network, regression and time series analysis techniques in R program. In the model building phase, different models were created for each technique in order to reach the best model. The performances of the models created using statistical error terms were compared. With the artificial neural network technique, different neural networks including (4-2), (5-3), (6-4), (6-5), (8-3), (8-5), (5-4-3), (3-6-7), (4-5-8) were tested. It was determined that the neural network with the lowest error rate was (5.3). In regression analysis, again different models were tested and the best model was determined by removing the variables that were not significant for the model. Then, ARIMA and Seasonal Naive models were compared to determine the time series model. Among these models, ARIMA(1,0,0)(2,0,0) model was found to have the best performance. In the last part of the study, the error rates of the selected models were compared with each other. It was detected that the technique with the most successful performance was the artificial neural network. Artificial neural network technique, which has been used in our country in recent years, is a highly preferred technique in the world. It has been observed that the artificial neural network method gives very successful results especially in data prediction.

KAYNAKÇA

- Aaby, N.E., & Slater, S.F. (1989). Management influences on export performance: a review of the empirical literature 1978-88. *International Marketing Review*, 6(4), 7- 23. <https://doi.org/10.1108/EUM000000001516>
- Abrougui, K., Gabsi, K., Mercatoris, B., Khemis, C., Amami, R., & Chehaibi, S. (2019). Prediction of organic potato yield using tillage systems and soil properties by artificial neural network (ann) and multiple linear regressions (mlr). *Soil and Tillage Research*, 190, 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.01.011>
- Aditian, A., Kubota, T., & Shinohara, Y. (2018). Comparison of gis-based landslide susceptibility models using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network in a tertiary region of ambon, indonesia. *Geomorphology*, 318, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.06.006>
- Akay, H. (2021). *Uluslararası ticarete ürün ve fiyat adaptasyonunun ihracat performansına etkisi: konya imalat sanayinde bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. KTO Karatay Üniversitesi.
- Al-Bayati, O. A. S. (2019). *Using artificial neural network with comparative analysis of different techniques for the classification of sentiment analysis* [Yüksek Lisans Tezi]. Altınbaş Üniversitesi.
- Almahmud, B. (2019). *Yapay sinir ağı ve box-jenkins modeli ile yazıcı sarf malzemeler verilerinin tahmini irak örneği* [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Arslan, İ. (2017). *R ile istatistiksel programlama*. Pusula Yayıncılık.
- Aşıkil, M. (2012). *Conceptual quantity modeling of single span highway bridges by regression, neural networks and case based reasoning methods* [Yüksek Lisans Tezi]. ODTÜ.
- Avşar İ.İ., & Ecemiş O. (2023). Türkiye'nin ithalat ve ihracatının veri madenciliği yöntemleriyle tahmini. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 1890-1907. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1220874>
- Bayır, F. (2006). *Yapay sinir ağları ve tahmin modellemesi üzerine bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- Borsa İstanbul (2020). *Kapanış seansı*. <https://www.borsaistanbul.com/tr/sayfa/340/kapanis-seansi> (Erişim Tarihi: 15.12.2020)
- Calp M. H. (2017). *Yazılım projeleri için yapay zekâ tabanlı risk yönetimi* [Doktora Tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Calp, M. H. (2019). İşletmeler için personel yemek talep miktarının yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmesi. *Politeknik Dergisi*, 22(3), 675-686. <https://doi.org/10.2339/politeknik.444380>
- Can, Ş. (2022). *'R' programlama dilinde tahmin edici veri madenciliği algoritmalarının modellenmesi ve performanslarının karşılaştırılması* [Doktora Tezi]. Manisa Celal Bayar Üniversitesi.
- Can, Ş., & Gerşil, M. (2018). Manisa pamuk fiyatlarının zaman serisi analizi ve yapay sinir ağı teknikleri ile tahminlenmesi ve tahmin performanslarının karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1017-1031. <https://doi.org/10.18657/yonveek.457761>
- Cansız ÖF., Erginer İ., & Doğru E. (2021). Amerika'da meydana gelen trafik kazalarının yapay sinir ağları ve çok değişkenli regresyon yöntemleriyle tahmini. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(3), 342-354. <https://doi.org/10.47495/okufbed.844250>
- Cesur, F., & Kozhan, S. (2020). İmalat sanayisine kısa bir bakış. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 9(3), 170-179.
- Co, H.C., & Boosarawongse, R. (2007). Forecasting thailand rice export: statistical techniques vs. Artificial neural networks. *Computers & Industrial Engineering*, 53, 610-27. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.06.005>
- Çelik, Ş., & Köleoğlu, N. (2022). Trend analizi ve yapay sinir ağları: tarımda bir uygulaması. *Journal of Awareness*, 7(1), 39-46. <https://doi.org/10.26809/joa.7.1.03>
- Çınar, U.K. (2018). *Yapay sinir ağları ve r programıyla uygulama*. <https://www.veribilimiokulu.com/yapay-sinir-aglari/> (Erişim Tarihi: 01.01.2022)
- Çınar, U.K. (2019). *Zaman serileri: geleneksel yöntemler ile yapay sinir ağlarının karşılaştırılması* <https://www.veribilimiokulu.com/zaman-serileri-geleneksel-yontemler-ile-yapay-sinir-aglari-nin-karsilastirilmasi/> (Erişim Tarihi: 01.01.2022).

- Çoban, F., & Demir, L. (2021). Yapay sinir ağları ve destek vektör regresyonu ile talep tahmini: gıda işletmesinde bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(67), 327-338. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2021236729>
- Çot, E. (2019). *Yapay sinir ağı tekniği kullanılarak polipropilen bcf ipliklerinin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin tahminlemesi: tekstil sektöründe bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi.
- Deliçay, M. (2015). *Dünyada ve Türkiye’de dış ticareti kolaylaşturmaya yönelik ulusal koordinasyon çalışmaları*. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü. <https://kutuphane.sbb.gov.tr/vufind/Record/63898?sid=10983>
- Hawley, D. D., Johnson, J. D., & Raina, D. (1990). Artificial neural systems: a new tool for financial decision-making. *Financial Analysts Journal*, 46(6), 63-72. <https://doi.org/10.2469/faj.v46.n6.63>
- Doğan, O. (2012). *Talep tahmininde sinirsel ağ tabanlı bulanık mantık yöntemi (anfis) kullanımı ve yalın yapay sinir ağı metodu ile karşılaştırmalı bir uygulama* [Doktora Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Durgun, A., & Çapık, E. (2018). Ar-ge harcamaları ve yüksek teknolojili ürün ihracatının büyümeye etkisi: türkiye örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(4), 301-314. <https://doi.org/10.11611/yead.463205>
- Düzgün, R., & Taşçı, H.M. (2014). Türk işletmelerinin ihracat performansını belirleyen faktörler: iso-500 üzerine bir uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(3), 7-24.
- Emeksiz Dünder, A. (2021). *İhracat pazarlama stratejisinin ihracat performansı üzerindeki etkisi: Almanya’ya otomotiv ihracatı örneği* [Yüksek Lisans Tezi]. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi.
- Gandomi H. A., & Roke D. A. (2015). Assessment of artificial neural network and genetic programming as predictive tools. *Advances in Engineering Software*, 88, 63-72. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.05.007>
- Genceli, M. (1990). Durbin-watson testinin irdelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Maliye Araştırma Merkezi Konferansları Dergisi*, 33.
- Gökçe, A. S., & Evren, A. (2022, Mart). Çoklu bağıntı ve ridge, liu, zaman serisi kestiricisiyle türkiye’nin ihracat modeli için bir uygulama. B. Bayram (Başkan). *13. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, Ankara.
- Gündoğdu, S. (2021). Osteoporozla ilgili kifoza hastalara uygulanan egzersizlerin oluşturduğu denge değişikliklerine ilişkin veriler kullanılarak yapay sinir ağlarının diğer sınıflandırma algoritmalarıyla karşılaştırılması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(4), 2660-2672. <https://doi.org/10.21597/jist.743051>
- Gür, Y.E., & Eşidir, K.A. (2024). Türkiye alabalık ihracatının arima ve multilayer perceptron modelleri ile tahmini. *Turkish Studies - Economy*, 19(1), 187-206. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.70444>
- Gür, Y. E., Eşidir, K. A., & Kaldırımçı, Ş. G. (2024). Makine öğrenimi ile binek otomobil ihracat tahmini: mlp ve rbf modeli kullanımı [Özel Sayı]. *Kocatepe İİBFD*, 26, 17-34. <https://doi.org/10.33707/akuiibfd.1426338>
- Han, G., Sönmez, E.F., Avcı, S., & Aladağ, Z. (2022). Uygun normalizasyon tekniği ve yapay sinir ağları analizi ile otomobil satış tahminlemesi. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 19-45. <https://doi.org/10.33416/baybem.1001149>
- Hassanipour, S., Ghaem, H., Arab-Zozani, M., Seif, M., Fararouei, M., Abdzadeh, E., Sabetian, G., & Paydar, S. (2019). Comparison of artificial neural network and logistic regression models for prediction of outcomes in trauma patients: a systematic review and meta-analysis. *Injury*, 50(2), 244-250. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.01.007>
- Hosseinzadeh, A., Baziar, M., Alidadi, H., Zhou, J. L., Altaee, A., Najafpoor, A. A., & Jafarpour, S. (2020). Application of artificial neural network and multiple linear regression in modeling nutrient recovery in vermicompost under different conditions. *Bioresource Technology*, 303, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122926>
- Hultman, M., Robson, M. J., & Katsikeas, C. S. (2009). Export product strategy fit and performance: an empirical investigation. *Journal of International Marketing*, 17(4), 1-23. <https://doi.org/10.1509/jimk.17.4.1>
- Jain, A. K., Mao, J., & Mohiuddin, K. M. (1996). Artificial neural networks: a tutorial. *Computer*, 3, 31-44. DOI: 10.1109/2.485891

- Karaçor, A. G. (2017). *Artificial neural network based decisive prediction models on high frequency financial data* [Doktora Tezi]. Atılım Üniversitesi.
- Karahan, M. (2011). *İstatistiksel tahmin yöntemleri: yapay sinir ağları metodu ile ürün talep tahmini uygulaması* [Doktora Tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Karahan, M. (2015). Yapay sinir ağları metodu ile ihracat miktarlarının tahmini: arıma ve ysa metodunun karşılaştırmalı analizi. *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 165-172.
- Kavuncuoğlu, H., Kavuncuoğlu, E., Karatas, S. M., Benli, B., Sagdic, O., & Yalcin, H. (2018). Prediction of the antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) Kernel aqueous extracts using artificial neural network and multiple linear regression. *Journal of Microbiological Methods*, 148, 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.04.003>
- Kayakuş, M., & Terzioğlu, M. (2021). Yapay sinir ağları ve çoklu doğrusal regresyon kullanarak emeklilik fonu net varlık değerlerinin tahmin edilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 14(1), 95-103. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.742995>
- Keskin, L. (2020). *Yağış – akış ilişkisinin yapay sinir ağları ve otoregresif hareketli ortalamalar modelleri ile tahmini*. [Yüksek Lisans Tezi]. İskenderun Teknik Üniversitesi.
- Khosravi, A., Koury, R.N.N., Machado, L., & Pabon, J.J.G. (2018). Prediction of wind speed and wind direction using artificial neural network, support vector regression and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 25, 146-160. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.01.001>
- Koç, E., Şenel, M. C., & Kaya, K. (2017). Türkiye’de ekonomik göstergeler - imalat sanayi kapasite kullanım oranı. *Mühendis ve Makine*, 58(689), 1-22.
- Mohammadi, F., Pourzamani, H., Karimi, H., Mohammadi, M., Mohammadi, M., Ardalan, N., Khoshraresh, R., Pooresmaeil, H., Shahabi, S., Sabahi, M., Miryonesi, F. S., Nafaji, M., Yavari, Z., Mohammadi, F., Teiri, H., & Jannati, M. (2021). Artificial neural network and logistic regression modelling to characterize covid-19 infected patients in local areas of Iran. *Biomedical Journal*, 44(3), 304- 316. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.02.006>
- Nhu, V. H., Shirzadi, A., Shahabi, H., Singh, S. K., Al-Ansari, N., Clague, J. J., Jaafari, A., Chen, W., Miraki, S., Dou, J., Luu, C., Górski, K., Pham, B.T., Nguyen, H. D., & Ahmad, B. B. (2020). Shallow landslide susceptibility mapping: a comparison between logistic model tree, logistic regression, naïve bayes tree, artificial neural network, and support vector machine algorithms. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(8), 2749. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082749>
- Özçalıcı, M., & Ayrıçay, Y. (2016). Bilgi işlemsel zekâ yöntemleri ile hisse senedi fiyat tahmini: bist uygulaması. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Ek(1), 274-298.
- Özkan, Y., Sarer-Yürekli, B., & Suner, A. (2021). Diyabet tanısının tahminlenmesinde denetimli makine öğrenme algoritmalarının performans karşılaştırması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 211-226. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.820882>
- Özmen-Akyol, S. (2022). Estimating breast cancer class using artificial neural network and logistic regression methods. *Estudam Bilişim Dergisi*, 3(1), 26-31. <https://doi.org/10.53608/estudambilisim.1052793>
- Öztemel E. (2003). *Yapay sinir ağları* (1. Baskı). Papatya Yayıncılık.
- Öztemiz, H. (2021). Türkiye ihracat birim değer endeksi ve ihracat miktar endeksinin markov süreçleri ile uzun dönem analizi. *Gümrük ve Ticaret Dergisi*, 8(25), 50-61.
- Polat, Ö. (2009). *Türkiye’nin dış ticaret verilerinin öngörüsünde yapay sinir ağları ve box-jenkins modellerinin karşılaştırmalı analizi* [Doktora Tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Polykretis, C., & Chalkias, C. (2018). Comparison and evaluation of landslide susceptibility maps obtained from weight of evidence, logistic regression, and artificial neural network models. *Natural Hazards*, 93(1), 249-274. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3299-7>
- Saygılıoğlu Erdoğan, A. (2016). Türkiye’nin ihracatını etkileyen faktörler: çoklu regresyon analizi. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 5(2): 1-8.
- Sezgin, E., & Çelik, Y. (2013, Ocak). Veri madenciliğinde kayıp veriler için kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması. M. Akgül (Başkan), *Akademik Bilişim Konferansı*, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

- Shams, S. R., Jahani, A., Moeinaddini, M., & Khorasani, N. (2020). Air carbon monoxide forecasting using an artificial neural network in comparison with multiple regression. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(3), 1467-1475. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00762-5>
- Solmaz, A.H., Tiren, Y., & Özkaya, U. (2021, Kasım). Kalp hastalıklarının tahmin edilmesi karşılaştırmalı analiz. *1st International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences*. Konya.
- Sousa, C.M.P., Martínez-Lopez, F.J., & Coelho, F. (2008). The determinants of export ve f. Coelho: performance: a review of the research in the literature between 1998 and 2005. *International Journal of Management Reviews*, 10(4), 343-374. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2008.00232.x>
- Sönmez, O., & Zengin, K. (2019). Yiyecek ve içecek işletmelerinde talep tahmini: yapay sinir ağları ve regresyon yöntemleriyle bir karşılaştırma [Özel Sayı]. *European Journal of Science and Technology*, 302-308. <https://doi.org/10.31590/ejosat.638104>
- Sözgen, B. (2009). *Neural network and regression models to decide whether or not to bid for a tender in offshore petroleum platform fabrication industry* [Yüksek Lisans Tezi]. ODTÜ.
- Subaşı, A., & Erdem, K. (2021). Hibrit nanoakışkanların özgül ısılarının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37(1), 377-388. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.880340>
- Suzuki, K. (2011). *Artificial neural networks - methodological advances and biomedical applications*. Published by InTech.
- Şahin, Y., & Yalçınkaya, S. (2021). *Bazı polimerlerin tribolojik davranışlarının tahmini analizi*. Güven-Plus Grup A.Ş Yayınlar.
- Tabar, M.E., Başara, A.C., & Şişman, Y. (2021). Çoklu regresyon ve yapay sinir ağları ile tokat ilinde konut değerlendirme çalışması. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 3(1), 01-07. <https://doi.org/10.51765/tayod.832227>
- TCMB (2020). *İstatistikler*. <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/tcmb+tr/main+menu/istatistikler> (Erişim Tarihi: 20.12.2020)
- Tipi, İ. (2019). *Rekabetçi bir yaklaşımla ihracat performansını etkileyen faktörlerin belirlenmesi iso-500 üzerine uygulamalı bir araştırma* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.
- TÜİK (2020). *Dış ticaret istatistikleri*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dis-Ticaret-Istatistikleri-Ekim-2023-49628> (Erişim Tarihi: 20.12.2020)
- Turaç, A. (2020). *Yapay sinir ağları ile tahminleme: Türkiye'nin ihracatının tahmini üzerine bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. Gebze Teknik Üniversitesi.
- Ünvan, A. Y., & Ergenç, C. (2022). Forecasting bıst 100 index with artificial neural networks and regression analysis. *BILTURK, The Journal of Economics and Related Studies*, 4(1), 20-32. <https://doi.org/10.47103/bilturk.1039669>
- Vural, Y. (2008). *Kredi kartı için yapay sinir ağları (ysa) uygulaması* [Yüksek Lisans Tezi]. Haliç Üniversitesi.
- Yakut, E. (2012). *Veri madenciliği tekniklerinden c5.0 algoritması ve destek vektör makineleri ile yapay sinir ağlarının sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması: imalat sektöründe bir uygulama* [Doktora Tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Yaman Selçi B., & Akgül Y. (2020). Türkiye'nin ihracat değerlerinin yapay sinir ağları ile tahmini üzerine bir inceleme. *Nicel Bilimler Dergisi*, 2(2), 29-42.
- Yasin, M.G. (2013). *Turkey's short term hourly electricity demand forecasting using artificial neural network* [Yüksek Lisans Tezi]. Bahçeşehir Üniversitesi.
- Yörübulut, S., Dogan, O., Erdugan, F., & Yörübulut, S. (2020). Tahribatsız yöntem verileri kullanılarak yapay sinir ağı ve regresyon yöntemi ile beton basınç dayanımının tahmin edilmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(2), 769-776. <https://doi.org/10.29137/umagd.734655>
- Yücel, A. (2006). *İhracat pazarlaması stratejilerinin firma performansı üzerine etkileri hazır giyim firmaları üzerine bir uygulama* [Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi.
- Zhang, D., Lin, J., Peng, Q., Wang, D., Yang, T., Sorooshian, S., Liu, X., & Zhuang, J. (2018). Modeling and simulating of reservoir operation using the artificial neural network, support vector regression, deep learning algorithm. *Journal of Hydrology*, 565, 720-736.

- Zhang, T., Liu, Y., Rao, Y., Li, X., & Zhao, Q. (2020). Optimal design of building environment with hybrid genetic algorithm, artificial neural network, multivariate regression analysis and fuzzy logic controller. *Building and Environment*, 175, 106810. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106810>
- Zilouchian, A. (2001). *Fundamentals of neural networks. Intelligent control systems using soft computing methodologies*. CRC Press.
- Zou, S., & Stan, S. (1998). The determinants of export performance: a review of the empirical literature between 1987 and 1997. *International Marketing Review*, 15(5), 333-356. <https://doi.org/10.1108/02651339810236290>