

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TÜRKİYE PLASTİK SEKTÖRÜ İTHALAT TAHMİNİ: 2023 YILI NİSAN-ARALIK AYLARI

Yunus Emre GÜR* & Kamil Abdullah EŞİDİR**

Öz

Plastik malzemeler, günümüzde birçok endüstriyel ve tüketici ürününün üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, endüstriyel büyüme ve nüfus artışı gibi faktörler plastik talebini artırmaktadır. Bu talebin karşılanması için de Türkiye gibi ülkeler, çoğunlukla ithalat yoluyla plastik malzemeleri temin etmektedirler. Dolayısıyla, Türkiye adına ekonomik açıdan oldukça önemli bir potansiyele sahip olan plastik sektörünün ithalat değerinin tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin plastik sektöründeki gelecekteki ithalat değerini tahmin etmektir. Bu tahminler için yapay sinir ağları (YSA) kullanılmıştır. Çalışma, Türkiye'deki plastik talebini karşılamak için yapılacak plastik ithalatının miktarını öngörme amacını taşımaktadır. Çalışmada kullanılan veriler, Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankasından (TCMB) edinilmiştir. Çalışmanın sonuçları, 2023 yılı Nisan-Aralık ayları arasında, Türkiye'nin aylık plastik ithalatının 1,25 ile 1,45 milyar USD arasında gerçekleşeceğini göstermektedir. Ayrıca, bu çalışma YSA modellerinin plastik ithalatı tahminindeki potansiyelini vurgulayarak, gelecekteki tahminlerde benzer modellerin kullanımını önermektedir. Bu tür modeller, ekonomik kararlar almak ve ithalat miktarını daha iyi tahmin etmek için kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, MultiLayer Perceptron (MLP), Arima, İthalat, Plastik Sektörü.

TURKISH PLASTICS INDUSTRY IMPORT FORECAST BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS: APRIL-DECEMBER 2023

Abstract

Plastic materials play an important role in the production of many industrial and consumer products today. In developing countries such as Türkiye, factors including industrial growth and population growth increase the demand for plastics. In order to meet this demand, countries such as Türkiye mostly import plastic materials. Therefore, it is important to estimate the import value of the plastics sector, which has significant economic potential for Türkiye. The aim of this study was to

* Arş. Gör. Dr., Fırat Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, yegur@firat.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6530-0598>

** Dr., Fırat Kalkınma Ajansı, abduallahesidir@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-8106-1758>

estimate the future import value of Türkiye's plastics industry. Artificial neural networks (ANN) were used for these forecasts. The study aimed to predict the amount of plastic imported to meet the demand for plastics in Türkiye. The data used in the study were obtained from the Turkish Statistical Institute (TurkStat) and the Central Bank of the Republic of Türkiye (CBRT). The results of the study showed that Türkiye's monthly plastic imports would be between 1.25 and 1.45 billion USD between April and December 2023. Furthermore, this study highlighted the potential of ANN models in plastic import forecasting and recommends the use of similar models in future forecasts. Such models can be used to make economic decisions and better predict imports.

Keywords: Artificial Neural Networks, MultiLayer Perceptron (MLP), Arima, Import, Plastic Sector.

Giriş

Plastik kavramı, ambalajdan binalara kadar çok büyük bir uygulama yelpazesinde kullanılan çok çeşitli sentetik veya yarı sentetik malzemeler için kullanılan genel ortak terimdir. Plastik, arabalardan tıbbi cihazlara, oyuncaklara, giysilere filmler, lifler, plakalar, tüpler, şişeler, kutular gibi çeşitli şekillerde dökülmekte ve preslenmektedir. Ayrıca, üretim esnasında malzemenin kalıplaşmasını kapsamaktadır. Plastikler de tıpkı ahşap, kağıt veya yün gibi organiktir ve bu sektör, her geçen gün sürekli olarak büyüme eğilimi göstermektedir (Eriş vd., 2012, s. 90).

Plastikler, modern yaşamda halk sağlığında ve tıpta gerekli olan ve sürekli olarak talep edilen malzemelerdir. İnsan toplumu, kimyasal, fiziksel ve biyolojik bozulmaya karşı direnci nedeniyle büyük ölçüde plastiğe güvenmektedir. Bu, özellikle sağlık sektörü için geçerlidir. Diğer birçok endüstriyel plastik uygulamasında olduğu gibi, plastiğin esnekliği tıp ve halk sağlığı için çok önemli bir avantajdır (Halde, 2010, s. 179). Bununla birlikte, endüstriyel plastik ürünler, ev eşyaları, boyalar, tıbbi cihazlar, çocuk oyuncakları, kozmetik, losyon, güneş kremleri ve parfümlerde kullanılmaktadır (Halde, 2010, s. 184).

Günümüzde, plastik veya sentetik organik polimerlerin olmadığı bir dünyaya sahip olmak imkânsız görünmektedir. Plastiklerin kitlesel üretimi ve kullanımı 1950'lere kadar uzanmaktadır. Bakalit gibi ilk sentetik plastikler 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkmaya başlarken, plastiklerin askeri faaliyetler dışında geniş çaplı kullanımı ancak İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gerçekleşmiştir. Plastik üretiminden kaynaklanan hızlı büyüme olağanüstüdür ve inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan çelik ve çimento gibi ürünleri kapsayan, insan tarafından üretilen diğer tüm malzemeleri aşmaktadır (Geyer vd., 2017, s. 1). Endüstriyel malzemelerin çoğu, bu malzemeler üzerindeki çevresel denetime rağmen günümüzde yerini plastiklere bırakmıştır. Ancak plastiğin geleceği belirsizdir. Bugüne

kadar 8300 milyon ton işlenmemiş plastik üretildiği tahmin edilmektedir (Geyer vd., 2017, s. 1).

Türkiye, plastik işleme kapasitesi açısından Avrupa'da oldukça önemli bir konumdadır. Plastik ürün sayısı 2017 yılı sonunda 9.959,2 ton ve 37,8 milyar dolar değerine ulaşmıştır. Ayrıca yine aynı yılsonunda ülkede plastik ürün, malzeme ve makine alanlarında 6.877 şirket tespit edilmiştir (Yıldızhan, 2021, s. 22).

İhracatta Türkiye 1950'li yıllarda olduğu gibi 1970'li ve 1980'li yıllarda tüketim malları (örneğin gıda, giyim ve tekstil sektörleri) açısından öne çıkmıştır, sonraki yıllarda ise yatırım malları ile ilgili sanayi kollarında hızlı bir gelişme yaşanmıştır. Bu gelişmeler sonucunda, metal eşya, makine, otomotiv, elektrikli ev aletleri ve cihazları, demir-çelik, temel kimya, kimya, petrol, kömür türevleri, kauçuk ve plastik sanayi öne çıkan sektörler haline gelmiştir (Temurçin, 2015, s. 104).

Plastik, birçok endüstriyel ve tüketici ürününün üretiminde yaygın olarak kullanılan bir üründür. Bu nedenle, Türkiye gibi ülkelerin ithalat yoluyla ihtiyaçlarını karşılaması kaçınılmaz hale gelmektedir. Ancak, ithalata olan bağımlılık, Türkiye'nin ekonomik istikrarını etkileyen bir unsurdur. Türkiye'nin plastik sektöründe, yerli üretim kapasitesini artırarak ithalata olan bağımlılığını azaltması gerekmektedir. Tablo 1'de Türkiye'nin plastik ve mamülleri dış ticaret verileri yıllara göre gösterilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, 2000 yılında 500 milyon USD civarında olan ülke plastik ihracatı, 2022'de 10,4 milyar USD'yi aşmıştır. 2000'de 2,18 milyar USD olan plastik ithalatı, 2022'de 18,3 milyar USD olarak gerçekleşmiştir. 22 yılda sektörde oluşan dış ticaret hacmi muazzam seviyelerde artış göstermiştir. Ülkenin plastik ihracatı yaklaşık 21 kat, ithalatı ise 8,4 kat artış göstermiştir. 2022 yılında plastik sektöründeki dış ticaret açığı yaklaşık olarak 7,9 milyar USD'dir.

Tablo 1. Yıllara Göre Türkiye Plastik ve Mamülleri Dış Ticaret Verileri

Yıllar	Plastik İhracatı (Bin USD)	Plastik İthalatı (Bin USD)	Yıllar	Plastik İhracatı (Bin USD)	Plastik İthalatı (Bin USD)
2000	498.782	2.179.477	2012	5.012.899	12.505.398
2001	610.143	1.733.426	2013	5.608.724	13.881.017
2002	679.863	2.382.134	2014	6.097.283	14.150.792
2003	926.036	3.235.625	2015	5.358.066	12.268.256
2004	1.323.732	4.763.094	2016	5.025.870	11.627.985
2005	1.722.148	5.795.589	2017	5.474.292	13.264.846
2006	2.214.266	6.918.411	2018	6.042.633	12.937.359
2007	2.822.051	8.688.044	2019	6.285.027	11.645.561
2008	3.563.148	9.385.517	2020	6.498.935	11.613.005

2009	3.093.759	6.944.490	2021	9.229.231	17.330.467
2010	3.716.596	9.730.432	2022	10.429.445	18.342.412
2011	4.580.258	12.578.501			

Kaynak: TÜİK, 2023.

Günümüzde plastik sektörü, küresel ekonomilerde önemli bir role sahiptir. Ancak, plastik ürünlerin talebi ve ithalat miktarı karmaşık faktörlere bağlıdır ve bu nedenle gelecekteki ithalat miktarını tahmin etmek zor olabilir. Bu noktada, yapay sinir ağları gibi gelişmiş analitik yöntemler, plastik sektöründeki ithalat miktarının tahmin edilmesinde önemli bir rol oynayabilir. Plastik sektöründe ithalat miktarının tahmini için yapay sinir ağları, geçmiş verileri analiz ederek gelecekteki ithalat trendlerini belirleyebilir. Bu, plastik sektöründeki tedarik zinciri yönetimi ve stok planlaması gibi stratejik kararların daha iyi şekillendirilmesini sağlar. Yapay sinir ağları, büyük veri setlerini işlemek ve veri analizi yapmak için etkili bir şekilde kullanılabilir. Plastik sektöründe ithalat miktarını tahmin etmek için bu verilerden yararlanmak, sektörün gelecekteki taleplerini anlamak için önemlidir. Örneğin, mevsimsel etkiler, ekonomik koşullar, demografik faktörler ve pazar trendleri gibi değişkenlerin birleşimi, yapay sinir ağlarının çeşitli senaryolara dayalı ithalat tahminleri yapmasına olanak tanır. Bu da plastik sektöründeki işletmelerin daha iyi stratejiler geliştirmelerini sağlar. Bununla birlikte, Plastik sektöründe ithalat miktarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi, tedarik zinciri yönetimi ve maliyet optimizasyonu açısından büyük öneme sahiptir. İthalat miktarının doğru tahmin edilmesi, stok yönetimi, depolama, lojistik ve dağıtım gibi süreçlerin daha verimli bir şekilde planlanmasını sağlar. Bu da işletmelerin maliyetleri düşürmesine ve rekabet avantajı elde etmesine yardımcı olur. Plastik sektörü gibi hızla değişen bir sektörde, doğru ve zamanında kararlar almak büyük önem taşımaktadır. İthalat miktarının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi, risk yönetimi ve karar verme süreçlerine değerli bilgiler sağlayabilir. İşletmeler, tahmin sonuçlarına dayanarak üretim planlarını, siparişleri ve pazarlama stratejilerini ayarlayabilir. Böylece, talep değişikliklerine hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verebilir ve rekabet avantajını sürdürebilir.

Bu çalışma, Türkiye'nin plastik ithalatını tahmin ederek, ekonomik planlama ve kaynak tahsisi konularında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu, ekonomik karar alıcılarına, ithalat miktarını önceden görmeleri ve kaynakları daha etkili bir şekilde yönlendirmeleri konusunda yardımcı olabilir. Bununla birlikte, çalışma, yapay sinir ağlarının ekonomik tahminlerdeki potansiyelini göstermektedir. Yapay sinir ağları, karmaşık ilişkileri tanımlama ve verilere dayalı tahminlerde kullanılabilen güçlü bir analitik araçtır. Bu çalışma, YSA'nın plastik ithalatı tahminlerinde başarıyla kullanılabileceğini göstererek, bu alandaki araştırmalara bir katkı sağlamaktadır. Çalışma için kullanılan veriler, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) gibi resmi

kaynaklardan elde edilmiştir. Bu, diğer araştırmacıların benzer analizler yapmak için erişebileceği güvenilir ve kamuoyuna açık veri kaynaklarının kullanımını teşvik eder. Ayrıca, bu çalışma, plastik ithalatını tahmin etmek için kullanılan modelleme yaklaşımlarının bir örneğini sunmaktadır ve bu durum, alandaki gelecek araştırmalara bir temel oluşturabilir. Öte yandan, Türkiye'deki plastik ithalatının gelecekteki değerleri hakkında bilgiler, işletmeler, ticaret şirketleri ve hükümetler gibi ekonomik karar alıcıları için değerlidir. Özellikle ticaret politikalarını ve tedarik zinciri stratejilerini yönlendirmek isteyenler için bu tahminler büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, ekonomik planlama, yapay sinir ağları uygulamaları, veri kaynakları ve modelleme yaklaşımları alanlarında literatüre katkıda bulunarak, Türkiye'nin plastik ithalatı üzerine önemli bir araştırma sunmaktadır. Bu çalışma, benzer analizlerin yapılmasına ve ekonomik karar alıcılarının daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir.

Plastik sektörü ithalat analizi için 39'nolu Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) kodu kullanılmıştır. 39'nolu GTİP kodu, plastikler ve mamullerini içermektedir. Türkiye, plastik ithalatı sektörel açıdan önem arz etmektedir. Çalışmada yapay sinir ağı kullanılarak Türkiye'nin 2023 yılındaki 9 aylık döneme ait plastik ve mamulleri ithalat değer tahmini yapılmıştır.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Yapay sinir ağları (YSA), ithalat tahmini gibi tahminsel analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları, geçmiş verilere dayalı olarak öğrenme yeteneğine sahip olduğundan, bu verilerden gelecekteki trendleri, eğilimleri veya davranışları tahmin etmek mümkün hale gelmektedir. Veenstra ve Haralambides (2001), ana ticaret yolları üzerindeki dört emtia piyasasının (ham petrol, demir cevheri, tahıl ve kömür) ticaret akışlarını tahmin etmek için bir vektör otoregresif model geliştirmiştir. Modelleri, nispeten küçük tahmin hatalarıyla uzun vadeli deniz ticaret akışı tahminleri üretebilmiştir. Yu vd. (2008), Çin'in dış ticaret hacmini tahmin etmek için ekonometrik modelleri yapay zekâ modelleriyle birleştirerek topluluk tahmini için yeni bir çekirdek tabanlı destek vektör regresyonu (SVR) geliştirmiştir. Farklı ekonomik değişkenlerin Çin dış ticareti üzerindeki etkilerini yakalamak için önce bir eş bütünleşik hata düzeltme modeli (ECM) kullanmışlardır. Daha sonra ekonomik değişkenlerin dış ticaret üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini yakalamak için YSA tabanlı bir ECM modeli kullanılmıştır. Ampirik bulgular, önerilen yaklaşımın, bu çalışmada listelenen diğer doğrusal ve doğrusal olmayan modellere kıyasla önemli ölçüde gelişmiş tahmin performansı gösterdiğini ortaya koymuştur.

Kavaklıoğlu vd. (2009), Türkiye'nin elektrik tüketimini modellemek ve tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları kullanmışlardır. MLP yapısı, geri yayılım eğitim algoritmasıyla kullanılan sinir ağı topolojisi olarak tercih edilmiştir. Gizli katmandaki işleme elemanlarında tanjant-sigmoid ve çıkış

katmanındaki işleme elemanlarında saf-lineer transfer işlevleri seçilmiştir. Bu girdi-çıkıtı ağı modelleri, elektrik tüketimi ile nüfus, gayri safi milli hasıla, ithalat ve ihracat gibi birçok ekonomik gösterge arasındaki ilişkilerin bir sonucudur. Elektrik tüketimi, ekonomik göstergeler olarak nüfus, gayri safi milli hasıla, ithalat ve ihracat gibi faktörlere bağlı bir fonksiyon olarak modellenmiştir. Aynı zamanda sadece ihracat-ithalat oranı ve zaman girdisi kullanılarak da modellenmiştir. Farklı modeller arasındaki performans, mutlak ve yüzde kare hata ortalamasına dayalı olarak karşılaştırılmıştır. 1975'ten 2006'ya kadar olan verilerle birlikte diğer ekonomik göstergeler kullanılarak Türkiye'nin elektrik tüketimi 2027 yılına kadar tahmin edilmiştir. Sonuçlar, elektrik tüketiminin Yapay Sinir Ağları kullanılarak modellenmesi mümkün olduğunu ve bu modellerin gelecekteki elektrik tüketimini tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermiştir.

Wang ve Lee (2012), Tayvan'ın ihracatını tahmin etmek için bulanık zaman serisi modelleri tasarlamıştır. Deneysel sonuçlar, bulanık modellerin kısa vadeli tahminde daha etkili olduğunu, ARIMA modellerinin ise uzun vadeli tahminde nispeten küçük hatalar başardığını göstermiştir. Bir başka çalışmada Kuo ve Li (2016), Tayvan'ın ihracat ticaretini tahmin etmek için bir ateş böceği algoritmasına ve bir SVR'ye dayalı bir dalgacık dönüşümü ve K-ortalama kümeleme algoritmasını entegre eden üç aşamalı bir yaklaşım geliştirmiştir. Bulguları, hem dalgacık dönüşümü hem de kümeleme kullanan bir tahmin algoritmasının güçlü performans gösterebileceğini ve ateş böceği algoritmasına dayalı SVR'nin diğer algoritmalarından daha fazla tahmin doğruluğuna sahip olduğunu göstermiştir.

Alam (2019), 1968'den 2017'ye kadar olan dönemi kapsayan verilerle Yapay Sinir Ağı (ANN) ve otoregresif entegre hareketli ortalama (ARIMA) modellerini kullanarak Suudi Arabistan'daki ihracat ve ithalatın geleceğini tahmin etmeye çalışmıştır. ANN ve ARIMA (1,1,2) ve ARIMA (0,1,1) modelleri Suudi Arabistan'ın toplam yıllık ihracat ve ithalatını tahmin edebilmiştir. Batarseh vd. (2019), bireysel mallar hakkında tahminleri iyileştirmek ve açık hükümet verilerine dayalı politika kararlarını belirlemek için gradyan artırma, aşırı gradyan artırma (XGBoosting) ve Hafif Eğitim Artırma Makinesi gibi makine öğrenimi tekniklerini kullanmıştır. Çalışmanın sonuçları, makine öğrenimi yöntemlerinin bireysel mallar için bir dizi veri ve yorumlanabilir tahminler sağlayabileceğini ortaya koymuştur.

Wanto vd. (2019), Endonezya'nın petrol ve gaz ihracatı ile ithalatının gelecek yıllar için tahmini sonuçlarını incelemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Veri, yıl bazında olmak üzere yıl, ham petrol ihracatı, ham petrol ithalatı, petrol ürünleri ihracatı, petrol ürünleri ithalatı, gaz ihracatı ve gaz ithalatı. 7 değişken olarak ayrılmıştır. Ham Petrol, Petrol Ürünleri ve Gaz ihracat ithalatının hacmini tahmin etmek için kullanılan yöntem, 4 ağ mimarisi modeli ile ANN *backpropagation* algoritmasıdır: 12-5-1, 12-8-1, 12-10-1 ve 12-14-1. En iyi ağ mimarisi modeli, %83 doğruluk oranı ve MSE 0.0281641257 ile 12-5-1 olarak belirlenmiştir. Minimum hata aralığı 0.001-0.05 ve öğrenme

hızı 0.01 olarak kullanılmıştır. Ayrıca, aktivasyon işlevi olarak bipolar ve lineer sigmoid ile gradyan inişi eğitim işlevi kullanılmıştır.

Sun vd. (2020), Çin'in dış ticaretini tahmin etmek için orijinal bir hiyerarşik model oluşturmuştur. Dış ticaret verileri ilk önce ticari ortaklar ve ticari ürünler kullanılarak, hedef değişkenler olarak toplam ihracat ve ithalat olmak üzere iki ayrı hiyerarşik model oluşturmak üzere ayrıştırılmıştır. Kıyaslama modelinden önemli ölçüde daha iyi performans gösteren ve toplam ihracat ve ithalat veya ayrıntılı kalemler için tutarlı tahminler üreten nihai tahminleri oluşturmak için GİP tabanlı model uygulanmıştır.

Shen vd. (2021), ihracat ve ithalat arasında ampirik iki yönlü bir nedensel ilişkiye ve uzun süreli belleğe sahip bir sinir ağına dayanan etkili bir ticaret tahmin yöntemi geliştirmiştir. Önerilen yöntem neredeyse mükemmel bir tahmin performansı elde etmiştir. Lloret vd. (2021), iki derin sinir ağı modeli kullanarak Algeciras limanı üzerinden İspanya'nın Fas'tan yaptığı ithalatı incelemiştir. Farklı veri frekanslarında özyinelemeli model için günlük ve aralıklı veri serilerini ve evrişimli model için haftalık ve aylık veri serilerini kullanarak her sinir ağı modeli için en uygun sonuçları elde etmişlerdir.

Suler vd.'nin (2021) çalışmasında, Çek Cumhuriyeti'nin Çin Halk Cumhuriyeti'ne olan ihracatının geleceğini tahmin etmek amacıyla Yapay Sinir Ağları (ANN) kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda iki araştırma sorusu oluşturulmuştur. Bu sorular, Çek Cumhuriyeti'nin Çin'e olan ihracatında bir büyümenin beklenip beklemediği ve Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ağlarının Çek Cumhuriyeti'nin Çin'e olan ihracatının geleceğini tahmin etmek için uygulanabilir olup olmadığına odaklanmaktadır. Daha önce elde edilen tarihsel verilere dayalı olarak, en iyi açıklayıcı güce sahip ANN oluşturulmuştur. Belirtilen amaç için, üç deney gerçekleştirilmiş ve sonuçlar detaylı olarak açıklanmıştır. İlk, ikinci ve üçüncü deneyler için ihracatın gelişimini tahmin etmek amacıyla sırasıyla 1 aylık, 5 aylık ve 10 aylık zaman gecikmesi içeren zaman serilerine dayalı ANN'ler oluşturulmuştur. Oluşturulan ANN'ler, MLP ve regresyon zaman serisi sinir ağlarıdır. MLP'ler, Çek Cumhuriyeti'nin Çin'e olan ihracatının geleceğini tahmin etmede en etkili olduğu ve olası aşırı durumları tahmin edebildiği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca, ABD-Çin ticaret savaşının Çek Cumhuriyeti'nin Çin'e olan ihracatını önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir.

Arminarahmah vd. (2022), Endonezya'da alüminyumun endüstriyel dünyadaki önemine vurgu yaparak, elektrik sıkıntısı nedeniyle alüminyumun kıt olduğu bir dönemde üreticilerin üretimlerini sınırladığını ve hükümetin alüminyum ithalatına başvurduğunu belirtmektedir. Sürekli olarak yapılan ithalatın ülkenin ekonomisini etkileyebileceğini ifade ederek, gelecekteki alüminyum ithalat değerini tahmin etmenin önemli olduğunu vurgulamaktadır. Tahmin yöntemi olarak Powell-Beale algoritmasını kullanmaktadır ve bu çalışma tahmin sonuçlarını değil, Powell-Beale algoritmasının Endonezya'dan elde edilen alüminyum ithalat verilerine dayalı tahmin yapma yeteneğini ele almaktadır. Araştırma verileri, 2013'ten 2020'ye kadar olan dönemde alüminyum ithalat verilerini içermektedir. Bu verilere

dayalı olarak bir ağ mimari modeli oluşturulmuş ve belirlenmiştir, bu modeller arasında 3-15-1, 3-20-1 ve 3-25-1 bulunmaktadır. Eğitim ve test sonuçlarına göre, en iyi mimari modelin MSE değeri 0,03010927 olan 3-20-1 olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, bu modelin alüminyum ithalatını tahmin etmek için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Zhu ve Gong (2023), dünya tahıl ticaret ağının evrimini ve gelişme eğilimini araştırmak için tahıl ticareti, tahıl ithalat bağımlılık oranı ve kişi başına tarım arazisi gibi tarihsel verileri kullanarak ağırlıklı yönlendirilmiş dinamik çok katmanlı bir ağ oluşturmuştur. MLP çerçevesinden esinlenerek, katman ağırlıklarını ve hedef katmanın kenar ağırlıklarını hesaplama yöntemi yeniden tanımlanmış, CN, RA, AA ve PA göstergeleri değiştirilmiş ve yönlendirilmiş ağırlıklı ağlar için düğüm benzerlik göstergesi önerilmiştir. Algoritmanın doğruluğunu ölçen AUC metriği de geliştirilmiştir ve nihayet tahıl ticaret ağı için bağlantı tahmin sonuçları elde edilmiştir. Tahmin sonuçları web tabanlı sunum ve topluluk bölünmesi gibi işlenmiştir. Genel ticaret anlaşmalarının sayısının ülke arası tahıl ticareti üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığı bulunmuştur. Önceki büyük tahıl ihracatçıları bu ticaret ağında hala önemli bir rol oynamaya devam etmektedirler. Gelecekte, tahıl ticareti dünya genelinde daha sıkı kıta dışı ticarete doğru gelişecek ve kıta içi tahıl ticaretini giderek zayıflatacaktır.

İlgili literatür incelendiğinde, ticaret verilerinin tahmin doğruluğunu iyileştirmek için çeşitli yapay sinir ağları kullanılmış ve geleneksel ekonometrik yaklaşımlarla karşılaştırıldığında mükemmel performans gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu çalışma, yapay sinir ağları kullanarak Türkiye'nin plastik ithalatının tahmin edilmesine katkıda bulunmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, daha geniş veri setleri ve daha karmaşık YSA modelleri kullanılarak tahmin performansının iyileştirilmesini amaçlayabilir. Ayrıca, farklı ekonomik değişkenlerin etkisinin daha ayrıntılı olarak incelenmesi ve sektörel analizin derinleştirilmesi de araştırma alanları olabilir.

2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Sektörel ithalat tahminleri, ekonomik planlama ve karar verme süreçlerinde önemli rol oynamaktadır. Çalışmada, öncelikli olarak plastik sektöründe ithalat talebine etki eden faktörler sektördeki uzmanlara sorularak ve ilgili literatür araştırılarak tespit edilmiştir. Faktörlerin tespitinden sonra, analiz için gereken veriler derlenmiştir. Ekonometrik analizlerde, doğru veri kaynaklarından toplanan ve modele uygun şekilde hazırlanan bağımlı ve bağımsız değişken verileri, tahminlerin tutarlılığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Gujarati, 2003, s. 636). Bu kapsamda çalışmada, Türkiye plastik sektörü ithalat tahmininde resmi veriler kullanılmıştır. Analizde kullanılan veriler, Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankasından (TCMB) elde edilmiştir. Veri seti Ocak 2000 ile Mart 2023 yılları arasındaki 267 aylık dönemi (~22 yıl) kapsamaktadır. 6 adet bağımsız değişkene ve bir adet de bağımlı değişkene ait olmak üzere,

toplamda her değişkene ait 267 adet veri seti bulunmaktadır. Veri setlerinde kayıp ve eksik veri bulunmamaktadır.

Modelin bağımlı değişkeni, Türkiye aylık plastik ithalat değeridir (USD). Bağımsız değişkenler ise; aylık ortalama Amerikan Doları Kuru (TL), aylık Türkiye ihracatı (USD), aylık Türkiye ithalatı (USD), plastik üretici fiyat endeksi (ÜFE), aylık Avrupa petrol varil fiyatı (USD) ve aylık plastik ihracat değeridir (USD).

Yapay sinir ağları, ithalat tahmini gibi ekonomik veri analizleri için yaygın olarak kullanılmakta olan araçlardandır. Türkiye'nin aylık olarak yapacağı plastik ve mamulleri ithalat tahmini için, öncelikle bir yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Katman sayısı, nöron sayıları ve aktivasyon fonksiyonları belirlenerek modelin mimarisi tasarlanmıştır. Tasarlanan modeli eğitmek için, veri setinin bir bölümü eğitim veri seti (%69,2), kalan bölümü ise test seti (%30,8) olarak değerlendirilmiştir. Model eğitilirken, hata fonksiyonunu minimize etmek için ise Hata Kareler Toplamı fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen ithalat tahmin sonuçları, gerçekleşen plastik ithalat verileri ile karşılaştırılarak modelin doğruluğu değerlendirilmiştir. Model hataları Korelasyon, Regresyon, MSE (Ortalama Kare Hatası) ve MAPE (Ortalama Yüzde Hatası) istatistik hata değerleri ile ölçülmüştür.

Çalışmada daha sonra, Türkiye'nin gerçekleştireceği aylık plastik ve mamulleri ithalatı gelecek tahmini uygulama aşamasına geçilmiştir. Her bir bağımsız değişken için, farklı ve uygun Arima modelleri kullanılarak, 2023 yılı Nisan-Aralık ayları arası için bağımsız değişken değerleri tahmin edilmiştir. Sonrasında ise bağımsız değişken tahmin verileri de YSA analizinde kullanılarak, 2023 yılı Nisan-Aralık aylarına ait Türkiye plastik ve mamulleri ithalat değerleri, en uygun MLP modeli kullanılarak tahmin edilmiştir.

2.1. Multilayer Perceptron Modeli

Multilayer Perceptron (MLP), yapay sinir ağlarının en temel ve yaygın kullanılan türlerinden biridir. MLP, birçok giriş ve çıkış düğümü ile birbirine bağlı katmanlardan oluşan bir yapay sinir ağı modelidir. MLP'nin temel bileşenleri, giriş katmanı, en az bir veya daha fazla gizli katman ve çıkış katmanıdır. Her katman, bir veya daha fazla düğümden oluşmaktadır. Düğümler, gelen verileri işler ve çıktılarını diğer düğümlere aktarır. MLP'de her düğüm, girişlere ağırlıklar uygulayarak ağırlıklı toplamını hesaplar ve bu toplamı bir aktivasyon fonksiyonundan geçirerek çıkış üretmektedir (Kukreja vd., 2016, ss. 28-29).

MLP'nin eğitimi, veri setinin kullanıldığı süreçtir. Veri seti, girişlerin ve hedef çıktılarının bulunduğu örneklerden oluşur. Eğitim süreci, geri yayılım algoritması olarak bilinen bir optimizasyon algoritması kullanılarak gerçekleştirilir. Bu algoritma, ağırlıkların ve biasların optimize edilmesi için hata geri yayılımını kullanır. Başlangıçta rastgele atanan ağırlıklar, eğitim veri setindeki hataları azaltacak şekilde güncellenir (Wibowo vd., 2022, s. 265).

MLP'nin en önemli avantajlarından biri evrensel yakınsama teoremiyle ilişkilendirilebilmesidir. Bu teorem, yeterli sayıda gizli düğüm kullanıldığında MLP'nin herhangi bir sürekli fonksiyonu yaklaşık olarak hesaplayabileceğini belirtir. Bu nedenle, MLP, sınıflandırma, regresyon, desen tanıma ve tahmin gibi birçok problemin çözümünde etkili bir şekilde kullanılabilir. Ancak, MLP'nin bazı dezavantajları da vardır. Örneğin, ağırlıkların rastgele başlangıç değerlerine bağlı olarak farklı sonuçlara ulaşabilmesi ve eğitiminin zaman alıcı olabilmesi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, aşırı öğrenme (overfitting) riski ve ağırlık karmaşıklığının kontrol edilmesi gibi zorluklar da mevcuttur (Park ve Lek, 2016, s. 13).

Sonuç olarak, MLP, yapay sinir ağlarının en temel ve etkili bir türüdür. Giriş katmanı, gizli katman(lar) ve çıkış katmanı olmak üzere katmanlardan oluşmaktadır. Eğitim sürecinde geri yayılım algoritması kullanılır ve ağırlıklar optimize edilir. MLP, birçok uygulama alanında başarıyla kullanılan bir yapay sinir ağı modelidir.

2.2. Model Kurulumu

Plastik sektörü ithalat tahmini birçok faktöre bağımlıdır. Çalışmanın model kurulumuna ilişkin, konuyla ilgili literatür incelendikten sonra, plastik ithalatına etki eden faktörler tarafımızca derlenmiş ve aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- **Ekonomik Büyüme:** Bir ülkenin ekonomik büyüme oranı, plastik talebinin artmasına ve dolayısıyla ithalat miktarının da yükselmesine katkıda bulunabilir. Güçlü bir ekonomi genellikle endüstrilerin büyümesini teşvik eder ve plastik ürünlere olan talebi artırır (Wang vd., 2021, s. 2).
- **Sanayi ve Üretim Sektörü:** Plastik, birçok endüstride yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. İnşaat, otomotiv, ambalaj, elektronik gibi sektörlerdeki büyüme ve üretim faaliyetleri, plastik ithalatını etkileyebilir. Bu sektörlerdeki talep arttıkça, ithal edilen plastik miktarı da artabilir (Gourmelon, 2015, s. 92).
- **Tüketici Talebi:** Plastik ürünlere olan tüketici talebi, ithalat miktarını etkileyen önemli bir faktördür. Tüketici tercihlerindeki değişimler, plastik ürünlere olan talebi artırabilir veya azaltabilir. Örneğin, ambalaj sektöründe plastik kullanımının tercih edilmesi veya alternatif malzemelere geçiş, plastik ithalatını etkileyebilir (d'Ambrières, 2019, s. 16).
- **Döviz Kuru:** Plastik ithalatı genellikle dövizle gerçekleştirilir. Bir ülkenin yerel para biriminin diğer ülkelerin para birimleri karşısında değeri, ithalat fiyatlarını etkiler. Döviz kuru dalgalanmaları, ithalat maliyetlerinde dalgalanmalara neden olarak plastik ithalatını etkileyebilir (Wen vd., 2021, s. 6).
- **Ticaret Politikaları ve Düzenlemeler:** Ülkeler arasındaki ticaret politikaları, gümrük vergileri, kotalar ve diğer ticaret düzenlemeleri, plastik ithalatını etkileyebilir. Örneğin, ithalat vergileri veya korumacı önlemler, plastik ithalatının maliyetini artırabilir ve miktarını azaltabilir (Barrowclough ve Birkbeck, 2022, s. 16).

Bu faktörler, ülkelerin plastik ithalat tahminlerinin oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Analizde kullanılan veriler, Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankasından (TCMB) elde edilmiştir. Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda; modelin bağımlı değişkeni, Türkiye aylık plastik ithalat değeri (USD), bağımsız değişkenleri ise; aylık ortalama Amerikan Doları Kuru (TL), aylık Türkiye ihracatı (USD), aylık Türkiye ithalatı (USD), plastik üretici fiyat endeksi (ÜFE), aylık Avrupa petrol varil fiyatı (USD) ve aylık plastik ihracat değeri (USD) şeklinde tarafımızca oluşturulmuştur.

3. UYGULAMA VE ANALİZ SONUÇLARI

Tasarlanan YSA modelinin 6 adet bağımsız değişkeni bulunmaktadır. Tablo 2’de çalışmada kullanılan değişkenlere ait veri setinin bir bölümü gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Değişkenlere Ait Veri Setinin Bir Bölümü

Dönemler	Ort.Dolar Kuru (TL)	Türkiye İhracatı (USD)	Türkiye İthalatı (USD)	Plastik-ÜFE	Petrol Varil Fiyatı (USD)	Plastik İhracatı (USD)	Plastik İthalatı (USD)
2000-1	0,55	2.123.098.037	3.229.066.558	38,39	27,08	32.056.767	138.952.370
2000-2	0,57	2.263.418.144	3.931.495.487	39,84	29,01	38.367.070	157.286.754
2000-3	0,58	2.316.917.083	4.164.052.899	40,63	23,98	39.420.545	188.251.424
2000-4	0,60	2.438.601.142	4.491.493.939	42,14	23,79	44.638.408	185.561.203
2000-5	0,62	2.338.186.692	4.698.033.641	43,22	29,64	41.388.014	199.681.370
2000-6	0,62	2.325.800.687	4.964.508.582	42,55	31,58	43.113.327	198.599.769
...
...
...
2022-10	18,60	19.503.663.637	27.497.799.701	1406,81	93,30	791.353.930	1.209.357.741
2022-11	18,62	20.032.224.549	28.297.921.962	1411,56	85,61	827.625.849	1.305.358.199
2022-12	18,67	20.796.757.674	30.749.482.171	1443,32	82,82	822.777.856	1.256.676.594
2023-1	18,79	17.520.311.515	31.842.537.023	1490,70	83,42	748.202.488	1.322.076.327
2023-2	18,86	17.035.539.344	28.899.809.811	1513,58	83,21	734.538.365	1.252.095.723
2023-3	19,00	21.586.186.269	30.317.789.375	1522,64	79,19	904.572.119	1.554.823.371

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 3’te çalışmada kullanılan bağımsız değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler gösterilmiştir. Bu istatistikler, çalışmada incelenen bağımsız değişkenlerin dağılımını, merkezi eğilimlerini ve yayılımlarını göstermektedir. İstatistikler, çalışmanın bağımsız değişkenlerinin genel

özelliklerini açıklamakta ve araştırmının sonuçları hakkında fikir sahibi olunmasını sağlamaktadır.

Tablo 3. Çalışmada Kullanılan Bağımsız Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Bağımsız Değişkenler	Aralık	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ortalama Dolar Kuru (TL)	18,457	0,5465	19,01	3,414941	0,232
Türkiye İhracatı (USD)	19.983.353.746	2.044.083.437	22.027.437.183	10.269.278.484	288.802.573
Türkiye İthalatı (USD)	28.804.547.815	3.037.989.208	31.842.537.023	15.087.102.144	404.125.166
Plastik-ÜFE	1484,25	38,39	1522,64	281,4591	17,57
Petrol Varil Fiyatı (USD)	123,55	14,85	138,4	65,74	1,778
Plastik İhracatı	998.624.930	32.056.767	1.030.681.697	355.557.355	13.622.422

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Türkiye ihracatı ve Türkiye ithalatı değişkenlerinin minimum ve maksimum değerleri arasında büyük fark olduğu görülmektedir. Standart sapmaları da yüksektir, bu da verilerin geniş bir dağılıma sahip olduğunu ifade etmektedir. Yıllar itibariyle Türkiye'nin dış ticaretinde büyük artışlar meydana geldiğinden ötürü, ithalat ve ihracat değerleri arasında büyük sapmalar meydana gelmiştir.

Tablo 4'te tasarlanan MLP modelinin işlem özeti gösterilmiştir. Görüldüğü üzere 193 adet eğitim veri seti ve 86 adet ise test veri seti kullanılmıştır.

Tablo 4. Tasarlanan MLP Modelinin İşlem Özeti

	Veri Seti Sayısı	Yüzde
Örneklem	Eğitim	193 %69,2
	Test	86 %30,8
Toplam	279	% 100

Tablo 5'te tasarlanan yapay sinir ağı bilgileri yer almaktadır. Giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanındaki detaylar gösterilmiştir. Hata fonksiyonu olarak Hata Kareleri Toplamı kullanılmıştır. Gizli katman aktivasyon fonksiyonu olarak Hiperbolik Tanjant tercih edilmiştir.

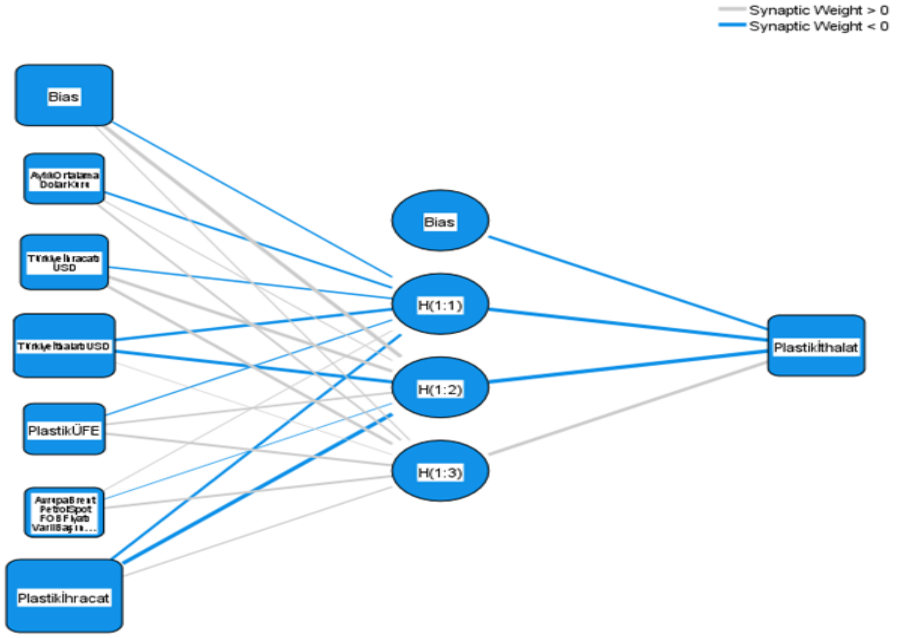
Tablo 5. Tasarlanan YSA Bilgileri

Yapay Sinir Ağının Yapısı			
Giriş Katmanı	Bağımsız Değişkenler	1	Aylık Ortalama Dolar Kuru
		2	Aylık Türkiye İhracatı
		3	Aylık Türkiye İthalatı
		4	Plastik-ÜFE
		5	Avrupa Petrol Varil Fiyatı
		6	Aylık Plastik İhracatı
Gizli Katman	Gizli Katman Sayısı	6	Değişken Sayısı
		Normalize	Yeniden Ölçeklendirme
		1	Gizli Katmandaki Birim Sayısı
		3	Aktivasyon Fonksiyonu
		Hiperbolik Tanjant	Bağımlı Değişken
		1	Çıktı Katmanı Birim Sayısı
Çıktı Katmanı	Hata Fonksiyonu	Standarize	Yeniden Ölçeklendirme Yöntemi
		Identity	Aktivasyon Fonksiyonu
		Hata Karelerin Toplamı	

a. Bias birimi hariç

Şekil 1’de tasarlanan MLP modelinin mimarisi ve katmanları gösterilmiştir. Çıkış katmanı aktivasyon fonksiyonu olarak Identity fonksiyonu kullanılmıştır.

Şekil 1. Tasarlanan YSA Modelinin Mimarisi ve Katmanları



Hidden layer activation function: Hyperbolic tangent

Output layer activation function: Identity

Tablo 6. YSA Model Özeti

Eğitim Aşaması	Hata Kareler Toplamı	2,777
	Bağlı Hata	0,029
Test Aşaması	Hata Kareler Toplamı	1,21
	Bağlı Hata	0,031

YSA modelinin eğitimi sonucunda Tablo 6’da görüldüğü üzere MLP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen YSA hata kareleri toplamı değeri eğitim aşamasında 2,777 ve test aşamasındaki hata kareleri toplamı değeri ise 1,21’dir. Hata kareleri toplamında meydana gelen düşüş, modelin geçmiş bilgilerden öğrenme işlemini başardığı ve hata yapmayı azalttığını göstermektedir. MLP tabanlı yapay sinir ağı hem öğrenme, hem de test aşamasında başarılı olmuştur.

Tablo 7’de bağımsız değişkenlerin önemi ve normalize edilmiş önemi ifade edilmiştir. Aylık plastik ihracatı 0,478 önem derecesi ve normalize edilmiş haliyle %100 olarak modele en fazla etki eden bağımsız değişken olmuştur.

Tablo 7. Bağımsız Değişkenlerin Önemi

Bağımsız Değişkenler	Önem	Normalize Önem
Aylık Ortalama Amerikan Dolar Kuru	0,031	%6,5
Aylık Türkiye İhracatı	0,126	%26,3
Aylık Türkiye İthalatı	0,294	%61,4
Plastik-ÜFE	0,049	%10,3
Avrupa Petrol Varil Fiyatı (USD)	0,022	%4,6
Aylık Plastik İhracatı	0,478	%100

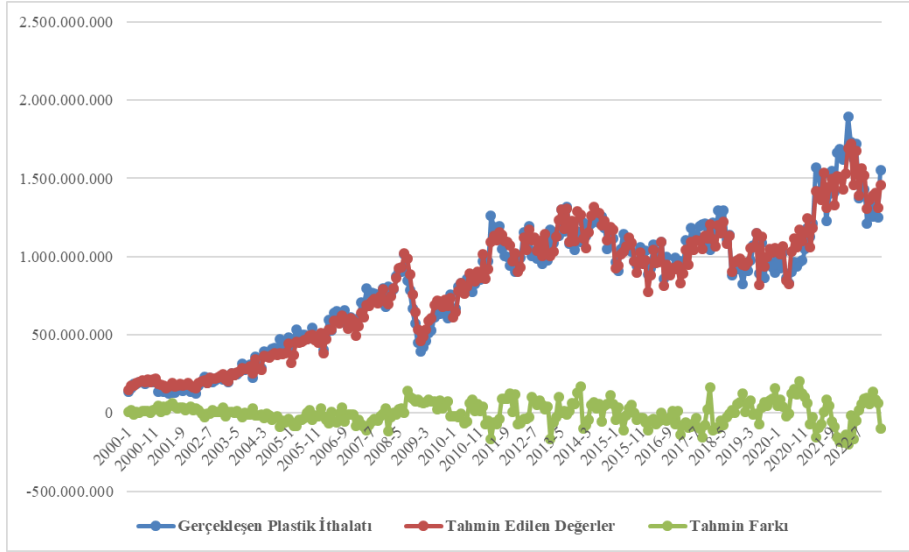
Tablo 8’de gerçekleşen plastik ithalatı, YSA ile tahmin edilen değerler ve tahmin farkı gösterilmiştir. Liste çok uzun olduğundan ötürü veri setinin sadece bir bölümü ifade edilmiştir.

Tablo 8. Gerçekleşen Plastik İthalatı, YSA ile Tahmin Edilen Değerler ve Tahmin Farkı

Dönemler	Gerçekleşen Plastik İthalatı	Tahmin Edilen Değerler	Tahmin Farkı
2000-1	138.952.370	148.315.375	9.363.005
2000-2	157.286.754	174.700.044	17.413.290
2000-3	188.251.424	178.229.173	-10.022.251
2000-4	185.561.203	192.312.269	6.751.066
2000-5	199.681.370	198.976.543	-704.827
2000-6	198.599.769	209.601.353	11.001.584
...
...
...
2022-10	1.209.357.741	1.305.129.386	95.771.645
2022-11	1.305.358.199	1.361.955.713	56.597.514
2022-12	1.256.676.594	1.390.650.137	133.973.543
2023-1	1.322.076.327	1.410.169.030	88.092.703
2023-2	1.252.095.723	1.314.233.341	62.137.618
2023-3	1.554.823.371	1.456.020.227	-98.803.144

Şekil 2’de gerçekleşen plastik ithalatı, YSA ile tahmin edilen değerler ve tahmin farkı grafiksel ortamda gösterilmiştir. Şekil 2’den anlaşıldığı üzere gerçekleşen ithalat değerleri ile tahminlenen değerler birbirlerine oldukça yakındır ve tahmin farkı düşük seviyelerdedir.

Şekil 2. Gerçekleşen Plastik İthalatı, YSA ile Tahmin Edilen Değerler ve Tahmin Farkı



Tablo 9’da YSA modeline ait istatistiki hatalar gösterilmiştir. Korelasyon değeri 0,985 olup 1 değerine oldukça yakındır. Aynı zamanda 0,971 değeri ile Regresyon da 1 değerine yakın bulunmaktadır. MAPE hata oranı ise %07,6 olup, %10 değerinden küçüktür.

Tablo 9. YSA Modeline Ait İstatistiki Hatalar

Korelasyon	0,985
Regresyon	0,971
MSE	68.028.914.840.328
MAPE	0,076
Veri Seti Sayısı	279

Analizin bundan sonraki aşamasında ise, plastik sektörü gelecek tahmini aşamasına geçilmiştir. Öncelikle, bağımsız değişkenlere ait 2023 yılı Nisan-Aralık ayları değerleri zaman serileri analiz modellerinden çeşitli Arima modelleri ile tahmin edilmiştir. Aylık ortalama Amerikan Dolar Kuru tahmin işlemi için Arima(0,1,1)(1,0,1) modeli, aylık Türkiye İhracatı için Arima(0,1,6)(1,0,0) modeli, aylık Türkiye ithalatı için Arima(0,1,3)(1,0,0) modeli kullanılmıştır. Plastik-ÜFE değeri için Arima(1,1,0)(1,0,0) modeli, Avrupa petrol varil fiyatı için Arima(0,1,0)(0,0,0) modeli ve aylık Türkiye plastik ihracatı için Arima(1,1,1)(1,0,1) modeli kullanılmıştır. Tablo 9’da bağımsız değişkenlere ait istatistiki hatalar gösterilmiştir.

Tablo 10. Bağımsız Değişkenlere Ait İstatistik Hatalar

İstatistik Hatalar	Ortalama Dolar Kuru	Aylık Türkiye İhracatı	Aylık Türkiye İthalatı	Plastik-ÜFE	Avrupa Petrol Varil Fiyatı	Aylık Plastik İhracatı
R-kare	0,999	0,950	0,957	1	0,959	0,968
RMSE	0,153	1.105.955.014	1.421.559.102	5,832	6,048	41.685.975
MAPE	2,489	7,312	7,278	0,873	7,639	7,768
MaxAPE	9,908	60,526	45,045	3,913	33,858	42,998
Normalize BIC	-3,555	41,952	42,352	3,830	3,701	35,456

MAPE tahmin hatalarını yüzde olarak belirtmekte ve yalnız başına da bir anlam taşımaktadır. Bu sebepten ötürü analiz çalışmalarında diğer yöntemlere kıyasla daha fazla kabul görmektedir. MAPE hata değerleri %10'dan düşük olan tahmin modelleri "yüksek doğruluklu" tahmin modelleri şeklinde değerlendirilmektedir (Eşidir vd., 2022, s. 274). Tablo 10'da okunduğu üzere bütün bağımsız değişkenlerde MAPE değeri %10'dan küçüktür. Yine R-kare değerleri de 1 değerine oldukça yakındır.

Tablo 11'de Türkiye plastik ve mamülleri aylık ithalat tahmini sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 11. Türkiye Plastik ve Mamülleri Aylık İthalat Tahmini Sonuçları

Dönemler	Gerçekleşen Plastik İthalatı (Bin USD)	Tahminlenen Değerler (Bin USD)
2022-9	1.428.258	1.518.214
2022-10	1.209.358	1.305.129
2022-11	1.305.358	1.361.956
2022-12	1.256.677	1.390.650
2023-1	1.322.076	1.410.169
2023-2	1.252.096	1.314.233
2023-3	1.554.823	1.456.020
2023-4		1.448.592
2023-5		1.317.765
2023-6		1.428.940
2023-7		1.291.837
2023-8		1.385.796
2023-9		1.351.008
2023-10		1.245.523
2023-11		1.268.049
2023-12		1.279.358

Tablo 11'den anlaşıldığı üzere, plastik ve mamülleri için tahminlenen en düşük değer yaklaşık 1,25 milyar USD ile Ekim Ayı için olmuştur. En yüksek tahmin değeri ise 1,45 milyar USD ile Nisan Ayı için ön görülmüştür.

Sonuç olarak, plastik ve mamülleri Türkiye ithalat değerlerinin, 2023 yılında aylık 1,3 ile 1,4 milyar USD civarlarında gerçekleşeceği tahmin edilmiştir.

Sonuç

Araştırma sonucu yapay sinir ağları yöntemiyle, plastik ithalat tahmininin gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebileceği görülmüştür. Tahmin sonuçlarına göre, 2023 yılı Nisan-Aralık ayları arasında, Türkiye'nin aylık plastik ithalatının 1,25 ile 1,45 milyar USD arasında gerçekleşmesi beklenmektedir.

Tasarlanan YSA modeli çok katmanlı bir sinir ağı yapısında olup, aktivasyon fonksiyonu olarak Hiperbolik Tanjant tercih edilmiştir. Modelin giriş katmanındaki değişken sayısı 6'dır. Sinir ağında bir adet gizli katman bulunmakta ve gizli katman 3 adet birim içermektedir. Çıktı katmanında ise bir adet bağımlı değişken bulunmaktadır. Yapılan tahminlerin doğruluğunu ölçmede yaygın olarak kullanılan yöntemlerden olan MAPE istatistiğine göre, tasarlanan MLP modelinin MAPE hata değeri %7,6'dır.

Plastik ve mamülleri, Türkiye'nin önemli ithalat kalemlerinden biridir ve ülkenin ekonomik durumunu etkilemektedir. Bu nedenle, plastik ithalatının doğru olarak tahmin edilmesi, ekonomik planlama ve politika oluşturma açısından önem arz etmektedir. Türkiye'nin aylık plastik ithalatı hakkında yapılan analiz, ülkenin plastik ihtiyaçlarının arttığını ve ithalat yoluyla karşılandığını göstermektedir. Bu nedenle, Türkiye'nin ithalata olan bağımlılığını azaltmak için yerel üretim kapasitesini artırması ve sürdürülebilir uygulamaları benimsemesi önemlidir.

Yapılan analizler ve deneyler, YSA tabanlı modellerin Türkiye'nin plastik ithalatını tahmin etmede etkili olduğunu göstermektedir. Geçmiş plastik ithalat verileri ve ilgili ekonomik göstergelerin kullanımıyla, YSA modelleri gelecekteki plastik ithalat miktarını tahmin edebilme yeteneğine sahiptir. Yapay sinir ağları, plastik ithalat tahmininde geçmiş verileri ve ekonomik göstergeleri kullanarak gelecekteki trendleri ve desenleri yakalayabilme yeteneğine sahiptir. Bu tahminler, işletmelerin stok yönetimi, talep tahmini ve kaynak planlaması gibi stratejik kararlarını destekleyebilir. Ayrıca, plastik endüstrisindeki firmalar ve ticaret politikaları açısından da önemli bir bilgi kaynağı sağlar. Gelecekteki çalışmalar, daha kapsamlı ve güncel veri setleri kullanarak tahmin performansını daha da geliştirebilir. Ayrıca, farklı YSA modellerinin daha ayrıntılı karşılaştırmaları yapılabilir ve sektörel analizler derinleştirilebilir. Yapay sinir ağlarına dayalı tahmin modelleri, plastik ithalatının yanı sıra diğer ekonomik göstergeler ve sektörler için de uygulanabilir olup, gelecekte daha geniş bir kapsama sahip olabilir.

Elde edilen sonuçlar, çalışmanın yapay sinir ağı (YSA) tabanlı modelinin Türkiye'nin plastik ithalatını tahmin etmede etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, çeşitli paydaşlara fayda sağlayabilir ve somut yararlar sunabilir. Çalışmanın sonuçları, Türkiye'nin plastik ithalatını

gelecekteki dönemlerde daha doğru bir şekilde tahmin edebilmek için YSA tabanlı modellerin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Bu, ekonomik politika yapıcılara ithalatın tahminlenmesi ve yönlendirilmesi konusunda daha güçlü bir temel sunar. Örneğin, ithalatın artacağı dönemlerde stok yönetimi ve kaynak planlaması konularında daha fazla dikkat gerekebilir. Bununla birlikte, işletmelerin stok yönetimi, talep tahmini ve kaynak planlaması gibi stratejik kararlarını destekleyebilir. Özellikle plastik sektöründe faaliyet gösteren işletmeler, bu tahminlerle daha iyi bir şekilde kaynaklarını yönlendirebilirler. Öte yandan, Plastik ithalatı, ticaret politikalarını etkileyen önemli bir faktördür. Bu çalışmanın sonuçları, ticaret politikalarının ve düzenlemelerinin daha hassas bir şekilde oluşturulmasına katkıda bulunabilir. Özellikle ithalatın arttığı dönemlerde, ticaret politikaları ve gümrük vergileri gibi konularda daha dikkatli kararlar alınabilir. Sonuçlar, Türkiye'nin plastik ithalatının gelecekteki dönemlerde tahmin edilmesi için kullanılacak bir modelin doğruluğunu göstermektedir. Bu, ithalat ile ilgilenen tüm paydaşlar için daha güvenilir ve kesin tahminlerin elde edilmesine katkı sağlayabilir. Bu nedenle, çalışmanın sonuçları Türkiye'nin plastik ithalatı üzerine etkili tahminler yapmak isteyen politika yapıcılara, işletmelere ve ticaret politikaları oluşturanlara daha somut ve güçlü bir temel sunmaktadır. Bu sonuçlar, gelecekteki stratejik planlamalarda ve karar alma süreçlerinde kullanılacak değerli bilgiler sunar.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız

Yazar Katkısı: Yunus Emre Gür: %50, Kâmil Abdullah Eşidir: %50

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışma için destek alınmamıştır.

Etik Onay: Bu çalışma etik onay gerektiren herhangi bir insan veya hayvan araştırması içermemektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Çalışma ile ilgili herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Peer Review: Independent double-blind

Author Contributions: Yunus Emre Gür: 50%, Kâmil Abdullah Eşidir: 50%

Funding and Acknowledgement: No support was received for the study.

Ethics Approval: This study does not contain any human or animal research that requires ethical approval.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest with any institution or person related to the study.

Önerilen Atıf: Gür, Y. E. & Eşidir, K. A. (2023). Yapay sinir ağları ile Türkiye plastik sektörü ithalat tahmini: 2023 yılı Nisan-Aralık. *Akademik Hassasiyetler*, 10(23), 91-114. <https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1307536>

Kaynakça

- Alam, T. (2019). Forecasting exports and imports through artificial neural network and autoregressive integrated moving average. *Decision Science Letters*, 8, 249–260.
- Arminarahmah, N., Rizki, S. D., Putra, O. A., & Wanto, A. (2022). Performance analysis and model determination for forecasting aluminum imports using the Powell-Beale algorithm. *International Journal of Information System and Technology*, 5(5), 624-632.
- Barrowclough, D., & Birkbeck, C. D. (2022). Transforming the global plastics economy: the role of economic policies in the global governance of plastic pollution. *Social Sciences*, 11(1), 26.
- Batarseh, F., Gopinath, M., Nalluru, G., & Beckman, J. (2019). Application of machine learning in forecasting international trade trends. *ArXiv*:1910.03112.
- d'Ambrières, W. (2019). Plastics recycling worldwide: current overview and desirable changes. *The Journal of Field Actions*, (Special Issue 19), 12-21.
- Eris, E. D., Ozer, P. S., & Ozmen, O. N. T. (2012). Strategic and market oriented behaviors in Turkish plastics industry. *International Journal of Business and Management Studies*, 4(1), 87-99.
- Eşidir, K. A. , Gür, Y. E. , Yoğunlu, V. & Çubuk, M. (2022). Yapay Sinir Ağları (YSA) ve ARIMA Modelleri ile Türkiye’de aylık sıfır km otomobil satış adetlerinin tahmin edilmesi. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 260-277.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 1-5.
- Gourmelon, G. (2015). Global plastic production rises, recycling lags. *Vital Signs*, 22, 91-95.
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic econometrics*. McGraw Hill: Newyork.
- Halde, R. U. (2010). Plastics and health Risks. T. B. Center for environmental biotechnology içinde, *The Annual Review of Public Health*, 179–194. Baltimore, Maryland: Center for Water and Health, Bloomberg School of Public Health, Johns Hopkins University.
- Kavaklıoğlu, K., Ceylan, H., Öztürk, H. K., & Canyurt, O. E. (2009). Modeling and prediction of Turkey’s electricity consumption using artificial neural networks. *Energy Conversion and Management*, 50(11), 2719-2727.
- Kukreja, H., Bharath, N., Siddesh, C.S., Kuldeep, S. (2016), An introduction to artificial neural network. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 1, 27-30.
- Kuo, R. J., & Li, P. S. (2016). Taiwanese export trade forecasting using firefly algorithm based k-means algorithm and svr with wavelet transform.

- Computers & Industrial Engineering*, 99, 153–161.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.07.012>.
- Park, Y. S., & Lek, S. (2016). Artificial neural networks: Multilayer perceptron for ecological modeling. *In Developments in environmental modelling*, 28, 123-140.
- Shen, M.-L., Lee, C.-F., Liu, H.-H., Chang, P.-Y., & Yang, C.-H. (2021). Effective multinational trade forecasting using lstm recurrent neural network. *Expert Systems with Applications*, 182, Article 115199.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115199>.
- Suler, P., Rowland, Z., & Krulicky, T. (2021). Evaluation of the accuracy of machine learning predictions of the Czech Republic's exports to the China. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(2), 76.
- Sun, Y., Zhang, X., & Wang, S. (2020). A hierarchical forecasting model for china's foreign trade. *Journal of Systems Science and Complexity*, 33, 743–759. <https://doi.org/10.1007/s11424-020-8070-y>.
- Temurçin, K. (2015). Large scale industrial enterprises in Turkish industry: Their structures, characteristics and spatial distribution. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 29(1), 89-112.
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (2023, 5 Mayıs). 20 Mayıs 2023 tarihinde <https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket> adresinden erişilmiştir.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2023, 18 Mayıs), www.tuik.gov.tr
- Veenstra, A. W., & Haralambides, H. E. (2001). Multivariate autoregressive models for forecasting seaborne trade flows. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37, 311–319.
[https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(00\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(00)00020-X).
- Wang, Y., Wei, W., Bi, Z., Cao, R., Li, J., Shu, D., & Lou, Z. (2021). Decomposing the decoupling of plastics consumption and economic growth in G7 and China: Evidence from 2001 to 2020 based on China's import ban. *Journal of Environmental Management*, 296, 113225.
- Wang, Y.-H., & Lee, J.-D. (2012). Estimating the import demand function for china. *Economic Modelling*, 29, 2591–2596.
<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.08>.
- Wanto, A., Hayadi, B. H., Subekti, P., Sudrajat, D., Wikansari, R., Bhawika, G. W., ... & Surya, S. (2019). Forecasting the export and import volume of crude oil, oil products and gas using ANN. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1255, No. 1, p. 012016.
- Wen, Z., Xie, Y., Chen, M., & Dinga, C. D. (2021). China's plastic import ban increases prospects of environmental impact mitigation of plastic waste trade flow worldwide. *Nature communications*, 12(1), 425.

- Wibowo, S. M., Hakim, D. B., Barus, B., & Fauzi, A. (2022). Estimation of Energy Demand in Indonesia using Artificial Neural Network. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6), 261.
- Yıldızhan, F. S. (2021). A Technical and Industrial Analysis of Global Plastics Market, Trade, Financing, and Operations. *ScienceOpen Preprints*.
- Yu, L., Wang, S., & Lai, K. K. (2008). Forecasting China's foreign trade volume with a kernel-based hybrid econometric-ai ensemble learning approach. *Journal of Systems Science and Complexity*, 21, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11424-008-9062-5>.
- Zhu, S., & Gong, S. (2023). Research on weighted directed dynamic multiplexing network of world grain trade based on improved mlp framework. *Journal of Computer and Communications*, 11(7), 191-207.

Extended Abstract

Turkish plastics industry expansion is notable. A versatile material, plastic is employed in numerous sectors and is essential to product manufacturing. Türkiye's plastics sector expansion provides economic, industrial, and trade potential.

One of the main factors behind Türkiye's development in the plastics industry is the country's industrialization and industrial production potential. Türkiye has become a rapidly growing country in the production and export of plastic products. The use of plastic materials has gradually increased, especially in sectors such as automotive, packaging, construction, electronics and consumer products.

Türkiye's strategic location, logistics advantages and strong production infrastructure support the growth in the plastics industry. The country's proximity to ports and trade routes enables easy transportation of plastic raw materials and products. In addition, plastic manufacturers operating in Türkiye can produce with advanced technologies and competitive costs.

Türkiye is also taking important steps in terms of innovation and R&D activities in the plastics industry. Studies focusing on the recycling of plastic materials, sustainability and environmentally friendly production techniques aim to go further in the sector. In addition, Türkiye's ability to produce in accordance with international standards in the plastics industry and to offer quality products increases its export potential.

Türkiye's development in the plastics industry contributes positively to job creation and economic growth. The increase in plastic production and exports encourages foreign investments to be attracted to the country. At the same time, local plastic manufacturers are growing by increasing their competitiveness in the global market and establishing international collaborations.

As a result, the plastics industry in Türkiye is a constantly growing and developing industry. Economic factors, industrial production, technology and innovation, environmental and sustainability-oriented studies are the cornerstones of Türkiye's success in the plastics industry.

This study dealt with the use of the Multilayer Perceptron (MLP) model to predict Türkiye's plastics exports. The study generated a dataset based on historical plastic export data and this dataset was used for training and testing the MLP model. MLP is a multi-layer neural network model and aims to predict future exports by learning relationships from historical data. The data used in the study were obtained from the Turkish Statistical Institute (TUIK) and the Central Bank of the Republic of Türkiye (CBRT). The data set included monthly data (267 months) between 2000 and 2023. The dependent variable of the model was Türkiye's monthly plastic import value. However, the model had 6 independent variables: monthly average US Dollar Rate, monthly Türkiye export, monthly Türkiye import, plastic producer price index (PPI), monthly European oil barrel price and monthly plastic export value.

In the MLP model process, 193 training data sets and 86 test data sets were used. Sum of Error Squares was used as the error function. Hyperbolic Tangent was preferred as the hidden layer activation function. Identity function was used as output layer activation function. As a result of the training of the ANN model, the value of the sum of squares of the ANN error using the MLP method was found as 2.777 in the training phase and the sum of the squares of the error in the testing phase as 1.21. The decrease in the sum of squares of error showed that the model succeeded in learning from past knowledge and reduced making mistakes. The MLP-based neural network was in both learning and testing phases. On the other hand, monthly plastic exports were the independent variable that affected the model the most, with a significance level of 0.478 and 100% in its normalized form. The import values realized by ANN and the estimated values were quite close to each other and the forecast difference is at low levels.

When the statistical errors of the ANN model are examined, the correlation was found as 0.985, which was very close to the value of 1. At the same time, with the value of 0.971, the Regression was close to the value of 1. The MAPE error rate was 07.6%, which was less than 10%.

In the next stage of the analysis, the plastics industry's future estimation stage was started. First of all, the April-December 2023 values of the independent variables were estimated with various ARIMA models from time series analysis models. In order to estimate various economic indicators, different ARIMA models were utilized. For the monthly average US Dollar Rate estimation, the ARIMA(0,1,1)(1,0,1) model was employed. To analyze monthly Turkish Exports, the ARIMA(0,1,6)(1,0,0) model was utilized. For the estimation of monthly Türkiye imports, the ARIMA(0,1,3)(1,0,0) model was used. The plastic-PPI value was determined using the ARIMA(1,1,0)(1,0,0) model. European oil barrel prices were estimated using

the ARIMA(0,1,0)(0,0,0) model. Lastly, for monthly Turkish plastic exports, the ARIMA(1,1,1)(1,0,1) model was employed. These ARIMA models were employed as tools for forecasting and analyzing the respective economic variables.

MAPE indicates estimation errors as percentages and has meaning on its own. For this reason, it is more accepted in analysis studies compared to other methods. Forecast models with MAPE error values less than 10% are considered as high-accuracy forecasting models. The MAPE value of all independent variables used in the study was less than 10%. Similarly, the R-squared values were very close to the value of 1.

The lowest estimated value for plastics and its products was for October with approximately 1.25 billion USD. The highest forecast value was predicted for April with 1.45 billion USD. As a result, it was estimated that Türkiye's imports of plastics and its products will be around 1.3 to 1.4 billion USD per month in 2023.

The results showed that MLP-based models were effective in estimating Türkiye's plastics exports. However, the performance of the model may vary depending on the quality of the dataset used, the configuration and parameters of the model. This study highlighted the potential of the MLP model in estimating Türkiye's plastics exports. Future studies can improve prediction performance and comparative analysis of different neural network models by using larger and more up-to-date datasets. In addition, the effects of other economic factors and sectoral variables on the export forecast can be examined.