

Türkiye Ekonomisi için İhracat ve İthalatın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini

Forecasting Turkey's Exports and Imports via Artificial Neural Network

Aslı Seda KURT¹

Öz

Dış ticaret, ulus devletlerin ortaya çıkışından bu yana öne çıkan ilgi alanlarından biri olmuştur. Bu çalışmanın amacı, Türkiye ekonomisi için ihracat ve ithalatın yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmesidir. Makine öğrenmesi ile yapay sinir ağları iktisat literatüründe nispeten yeni yöntemler olup son yıllarda bu yöntemlerle gerçekleştirilen tahminlerin daha etkin oldukları yönünde değerlendirmeler artmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan 1923-2019 dönemi yıllık ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'ndan alınan 1992:1-2021:6 dönemi aylık verilerinin kullanıldığı bu çalışmanın bulguları da bu görüşü destekler niteliktedir. Pandemi süreci, bir kez daha ekonomik değişkenlerin ekonomik olmayan gerekçelerden de dramatik bir şekilde etkilenebildiğini gözler önüne sermiştir. Tüm bu nedenlerle, her ne kadar zor olsa da dış ticaret verilerinin tahmin edilebilmesinin ne kadar önemli olduğu ortadadır. Bu çalışmanın temel motivasyonu da budur. Yapay sinir ağlarının, pandemi nedeniyle tüm makroekonomik göstergelerin dramatik bir şekilde etkilendiği süreçte de başarılı tahmin sonuçları elde edilmesine olanak sağladığı görülmüştür. Bu ve benzeri çalışmaların sonuçları tüm politika uygulayıcıları ve ekonomik aktörler için yol gösterici olacaktır.

Jel Kodları: C53, C82, F10

Anahtar Kelimeler: İhracat, İthalat, Yapay Sinir Ağları

Abstract

Foreign trade has been one of the prominent areas of interest since the emergence of nation states. The aim of this study is to forecast exports and imports for the Turkish economy using artificial neural networks. Machine learning and artificial neural networks are relatively new methods in the economics literature, and in recent years, there has been an increase in evaluations that the predictions made by these methods are more effective. The findings of the study, in which the data gathered from the Turkish Statistical Institute for the period of 1923-2019 (yearly) and from The Central Bank of The Republic of Turkey for the period of 1992:1-2021:6 (monthly), support this view. The pandemic process has once again revealed that economic variables could also be affected dramatically by non-economic reasons. For all these reasons, it is obvious how important it is to be able to forecast foreign trade series, although it is difficult. This is the main motivation of this study. It has been observed that

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, asliseda.kurt@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0356-7443

artificial neural networks allowed successful forecast results in the process when all macroeconomic indicators were affected dramatically due to the pandemic. The results of this and similar studies will be a guide for all policy practitioners and economic agents.

Jel Codes: C53, C82, F10

Keywords: Exports, Imports, Artificial Neural Network

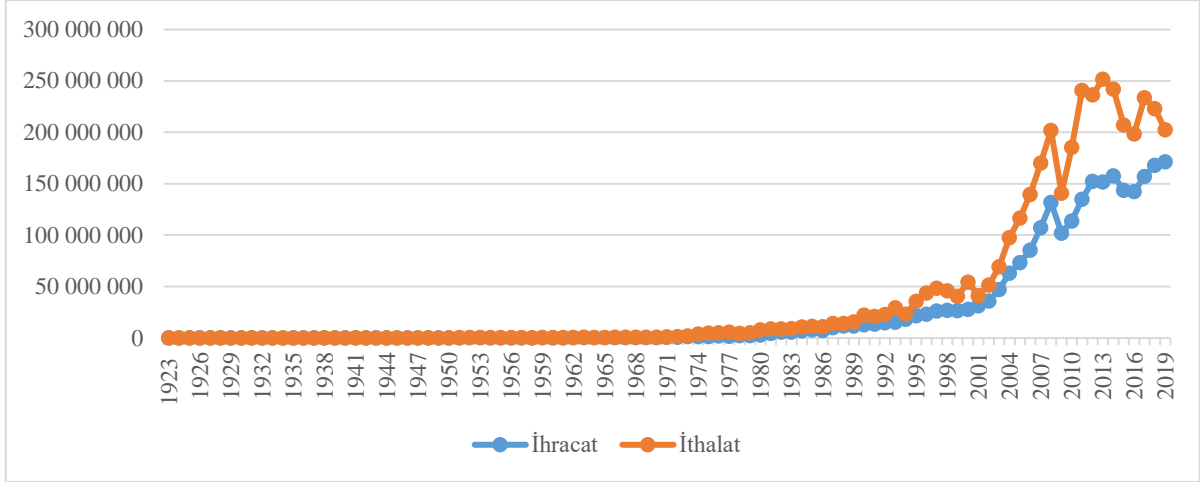
1. Giriş

Dış ticaret, ulus devletler ortaya çıktığı dönemden itibaren öne çıkan ilgi alanlarından biri olmuştur. Örneğin, Merkantilistler zenginliğin kaynağını altın ve gümüş biriktirmekte bulmuş ve bunun için de ihracatın her zaman ithalattan fazla olmasını tavsiye etmişlerdir. Daha sonra Fizyokratlar, dış ticaret sayesinde (tarımsal) mallara yeni piyasalar bulunabileceğini ve böylece bu malların fiyatlarının düşmesinin de önleneceğini ileri sürmüşlerdir. Klasik Okul, Birinci Sanayi Devrimi sonrası süreçte ortaya çıkan arz fazlasının değerlendirilebilmesi için dış ticaretin tüm taraflara kazanç sağlayacağını açıklayan teoriler geliştirmiştir. Neo-Klasik Okul da yine liberal ticaret politikalarını destekleyen görüşler ileri sürmüştür. Zamanla Yeni Dış Ticaret Teorileri ortaya çıkmış ve dış ticaretin değişen yapısı (endüstriler arası ticaret-endüstri içi ticaret), tekel koşullarının varlığı, yeniliklerin etkisi, ölçek ekonomileri, tüketicilerin zevk ve tercihleri gibi farklı ve görece daha gerçeğe uygun varsayımlarla mevcut modeller geliştirilmiştir, geliştirilmektedir.

İhracat, üretimi özendirerek (beraberinde ortalama maliyetlerin düşmesini sağlayarak), istihdama olumlu katkı sağlayarak, rekabet koşulları içinde yenilikleri motive ederek ve geliri artırarak ekonomik büyüme sürecini de uyarılmaktadır. İthalat ise ülkede mevcut olmayan ve/veya elde edilmesi maliyetli olan girdilerin/malların erişilebilir olmasını sağlayarak, teknoloji transferine olanak vererek büyüme sürecini uyarabilirken bir gider kalemi olması sebebiyle çoğu kez belirli bir düzeyde tutulmak istenir. İhracat da yurt içi talebin doyurulması, ihraç mallarının fiyatının ucuzlamasının önüne geçilmesi gibi nedenlerle azaltılmak istenebilir. Dolayısıyla dış ticaret politikası da ekonomiye yön vermede önemli bir alandır. En liberal ekonomilerde bile dış ticarete müdahale edildiği görülmektedir. Yeni Dış Ticaret Teorileri'nin politika önerisi olan Stratejik Ticaret Politikası ilgi uyandırmaktadır. Buna göre ülkeler, dış ticaretin rantlarını kendi ülkelerine çekmek üzere ticarete müdahale etmektedirler.

Dış ticaret teorileri, çoğunlukla reel modeller ortaya koymuşlardır. Ancak günümüz paralı ekonomilerinde ihracat bir ülkenin en önemli döviz kaynaklarından biri iken ithalat ise önemli bir döviz gideri kalemidir. Bu yönüyle döviz açığı olan Türkiye gibi ülkeler için dış ticaret analizlerinin önemi kolaylıkla anlaşılabilir. Türkiye'de özellikle İthal İkamesine Yönelik Strateji'den İhracata Yönelik Strateji'ye geçilen 24 Ocak 1980 Kararları sonrasında gerek ihracat gerekse ithalat artış göstermiştir. Ancak ithalat artışı daha dramatik olmuştur. 1923-2019 dönemine ilişkin yıllık verilerin gösterildiği Şekil 1'den de anlaşılacağı gibi Türkiye uzun yıllardır dış ticaret açıkları ile karşı karşıyadır.

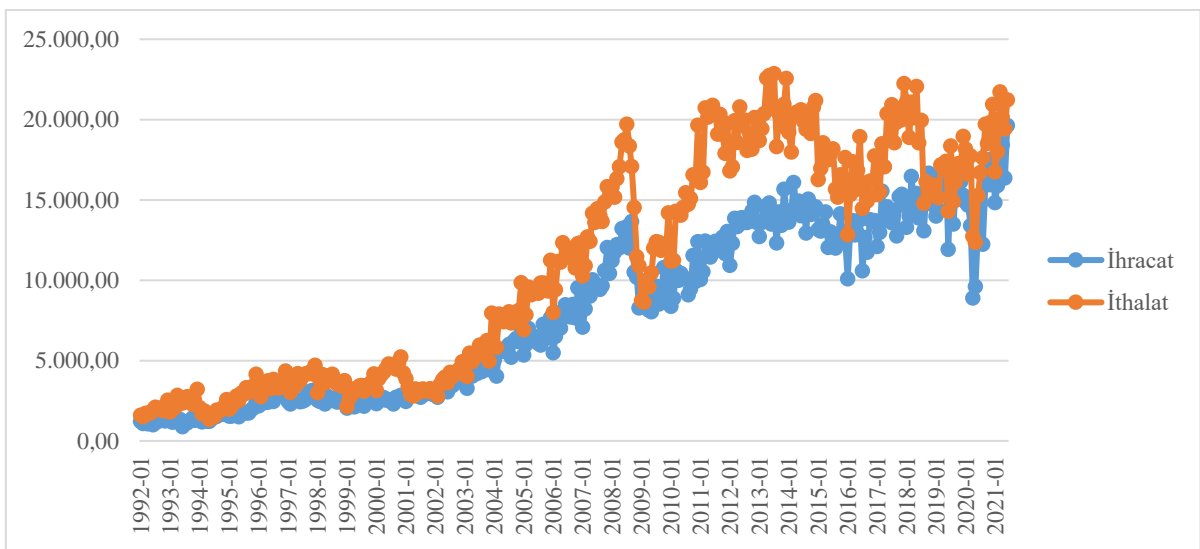
Şekil 1: 1923-2019 Dönemi İhracat ve İthalat (Bin ABD Doları)



Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan verilerle yazar tarafından oluşturulmuştur.

Türkiye'de dış ticaretin seyri aylık olarak ele alındığında da pek farklı değildir. Genel olarak Türkiye dış ticaret açığı veren bir ülke olarak dikkat çekmektedir. Bu durum Şekil 2 yardımıyla da izlenebilir. 2019 yılının Aralık ayının sonunda Çin'de başlayıp tüm dünyayı etkisi altına alan pandemi, hayatın tüm alanlarını etkilemiştir. Ekonomik alan da bundan bağımsız olmadığı gibi, dış ticaret alanı da sağlık krizini derinden hissetmiştir. Talep ve üretim daralmaları ve küresel değer zincirlerindeki kesintiler dış ticaret hacminin de daralmasına yol açmıştır. Bu süreç, bir kez daha ekonomik değişkenlerin ekonomik olmayan gerekçelerden de dramatik bir şekilde etkilenebildiğini gözler önüne sermiştir. Tüm bu nedenlerle, her ne kadar zor olsa da dış ticaret verilerinin tahmin edilebilmesinin ne kadar önemli olduğu ortadadır. Bu çalışmanın temel motivasyonu da budur.

Şekil 2: 1992:1-2021:6 Dönemi İhracat ve İthalat (Milyon ABD Doları)



Kaynak: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'ndan alınan verilerle yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışmanın giriş bölümünde konunun teorik dayanağı ve dış ticaretin önemi kısaca ortaya konduktan sonra izleyen bölümde ampirik literatürden örnekler verilecektir. Ardından çalışmanın yöntemi tanıtılacaktır. Dördüncü bölümde uygulama ve bulgular sunulacak; elde edilen bulgular sonuç bölümünde tartışılacaktır.

2. Literatür

Dış ticaret ile ilgili ampirik literatür oldukça geniştir. Bu literatür daha çok dış ticaretin büyüme üzerindeki etkilerine odaklanmıştır. Ancak bu konu araştırılırken dış ticaretin gelecekteki değerlerinin tahmini ve buna yönelik olarak makine öğrenmesi ve yapay sinir ağları gibi yöntemlerin kullanılması nispeten yenidir. Burada çalışmanın amacına uygun olarak bu yöntemleri referans alan çalışmalardan bahsedilecektir. Sokolov-Mladenović, Milovančević, Mladenović ve Alizamir (2016) çalışmalarında 28 Avrupa Birliği üyesi ülke için ticaret, ihracat ve ithalat kanalıyla ekonomik büyümenin artırılabilirliği tezini yapay sinir ağları ve aşırı öğrenme makinesi ile analiz etmişler ve aşırı öğrenme makinesinin büyüme oranını tahmin etmede etkin bir şekilde kullanılabileceği yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Alam (2019) çalışmasında Suudi Arabistan ekonomisine ilişkin olarak 1968-2017 dönemi yıllık verilerini kullanarak ihracat ve ithalatı yapay sinir ağları ve ARIMA modellerini kullanarak tahmin etmiştir. Buna göre bu modellerin ihracat ve ithalatın tahmini açısından uygun olduklarına dair kanıtlara ulaşmıştır. Benzer bir çalışmada Urrutia, Abdul ve Atienza (2019), Filipinler ekonomisi için 1993: 1. Çeyrek- 2017: 4. Çeyrek dönemi verilerini kullanarak ARIMA ve Bayesyen yapay sinir ağları ile ithalat ve ihracat tahmini yapmışlardır. Bayesyen yapay sinir ağlarının en uygun tahminleri verdiği yönünde bulgular elde etmişlerdir. Liu (2021) çalışmasında yapay sinir ağları ile bulanık teoriyi birleştirerek bulanık sinir ağları ile Çin için 2010-2019 dönemi verilerini kullanarak dış ticaret tahmini gerçekleştirmiştir. Çalışmanın bulguları, bu yöntemle elde edilen tahminlerin uygunluğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye ekonomisine ilişkin çalışmaların sayısı da günden güne artmaktadır. Bayır (2006) çalışmasında Türkiye ekonomisine ilişkin 1991:01-2004:12 dönemi imalat sanayi ihracatı değerleri için yapay sinir ağları ve çoklu doğrusal regresyon analizi ile tahminler gerçekleştirmiştir. Çalışmanın bulguları, yapay sinir ağlarının daha esnek ve daha etkin bir tahmin olanağı sağladığı yönündedir. Polat (2009) çalışmasında Türkiye ekonomisi için ihracat ve ithalata ilişkin 1990-2006 dönemi aylık verilerini kullanarak yapay sinir ağları ile öngörümleme yapmıştır. Yapay sinir ağlarının Box-Jenkins modelleri ile kıyaslandığı çalışmanın bulgularına göre, yapay sinir ağları örneklem içi öngörülerde; Box-Jenkins modelleri ise örneklem dışı öngörülerde daha etkindir. Özbek ve Akalın (2011) çalışmalarında 1995:1-2008:12 dönemi için Türkiye'nin Almanya'ya yönelik kot pantolon ihracatını yapay sinir ağları ile tahmin etmişler ve etkin tahminler elde etmişlerdir. Özbek, Akalın, Topuz ve Çabuk (2011) aynı dönem için yapay sinir ağları ile ARIMA modellerini kullandıkları çalışmada ise yapay sinir ağlarının ARIMA modellerine kıyasla daha iyi öngörü sonuçları verdiği dikkat çekmişlerdir. Önder, Bayır ve Hepşen (2013) çalışmalarında Türkiye ekonomisine ait 1980-2012 dönemi yıllık verilerini kullanarak dış ticaret dahil olmak üzere makroekonomik göstergelerin yapay sinir ağları ve geleneksel yumuşatma (smoothing) teknikleri ile tahminini yapmışlardır. Araştırmacılar bu yolla elde edilen etkin tahminlerin hükümet ve yatırımcıların daha uygun stratejiler geliştirmesi açısından önemine dikkat çekmişlerdir. Yurdakul (2014) çalışmasında Türkiye ekonomisi için 1980-2012 dönemi verilerini kullanarak 2013-2015 dönemi ithalat

verilerini yapay sinir ağları ile tahmin etmiştir. Çalışmanın bulguları, bu yöntemin açıklayıcılığının yüksek ve tahminlerinin tutarlı olduğu yönündedir. Karahan (2015) çalışmasında 2004:1-2010:12 dönemi için yapay sinir ağları ve ARIMA modellerini kullanarak Malatya ili kuru kayısı ihracatını tahmin etmiştir. Buna göre, her iki yöntem de başarılı sonuçlar vermekle birlikte, yapay sinir ağlarının daha yakın tahminler verdiği görülmüştür. Literatürdeki sektörel çalışmalardan birinde Özdağ, Yeşilkaya ve Çabuk (2017), Türkiye ile Almanya arasındaki mobilya dış ticaretini yapay sinir ağları ile tahmin etmişlerdir. Çalışmada Türkiye ekonomisine ilişkin 2001-2016 dönemi verileri kullanılmış ve 2017-2023 dönemine ilişkin tahminler gerçekleştirilmiştir. Yine tahminlerin etkinliği vurgusu yapılmış ve bu tahminlerin mobilya sektörüne ilişkin politika yapımına katkı sağlayacağı ifade edilmiştir. Kurt, Karayılmazlar, İmren ve Çabuk (2017) çalışmalarında Türkiye'nin 1990-2015 dönemi kâğıt-karton sanayisi ihracat verilerini ele alarak yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi yapmışlardır. Çalışmanın bulguları, 2025 yılına gelindiğinde Türkiye'nin kâğıt-karton ihracatının 2011 yılına oranla %48,2'lik bir artış, 2015 yılına göre ise %3'lük bir azalış göstereceği yönündedir. Yaman Selçi ve Akgül (2020) çalışmalarında Türkiye ekonomisine ait 2002-2017 dönemi yıllık verilerini kullanarak ilk önce yapısal eşitlik modeli ile ihracatı etkileyen unsurları belirlemiş; ardından yapay sinir ağlarından yararlanarak ihracat tahmini yapmışlardır. Çalışmada yapay sinir ağlarının ihracat tahmini açısından etkin sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Sonuç olarak literatürdeki ampirik kanıtlar, yapay sinir ağlarının etkin tahminler ürettiğini göstermektedir. Bu çalışmanın katkısı ise tüm makroekonomik göstergelerin, dolayısıyla dış ticaret verilerinin de dramatik bir şekilde etkilendiği pandemi sürecinde dahi yapay sinir ağları modelinin başarılı sonuçlar verebildiğini ortaya koymasındadır.

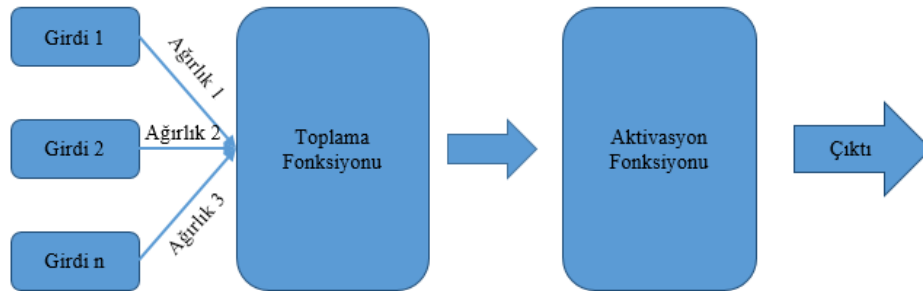
3. Yöntem

İktisat biliminde ampirik çalışmalarda makine öğrenmesi ve yapay sinir ağları gibi yöntemlerin kullanımı nispeten yenidir. Ancak ilgili literatür incelendiğinde bu yöntemlerin geleneksel ekonometrik analizlere kıyasla bazı avantajlar taşıdığı görülmektedir. Basuchoudhary, Bang ve Sen (2017), ekonomik büyümenin tahmininde makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılabilirliğini göstermekte; bu çerçevede ekonomik büyüme analizinde Sala-i-Martin (1997) tarafından uygulanan standart ekonometrik tekniklerin bulgularının hangi değişkenlerin neden önemli olduğunu veya hangilerinin diğerlerinden daha önemli olduğunu ortaya koymadığını ifade etmektedirler. Örneğin, bir ülkenin GSYİH içinde birincil mallar ihracatının payı fazlaysa bu durum büyüme gecikmesine yol açacaktır. Diğer yandan madenciliğin GSYİH içindeki payı fazlaysa bu durum ülkeyi yüksek büyüme kategorisine almaktadır (Basuchoudhary, Bang ve Sen, 2017: 2). Söz konusu çalışma temelde büyümenin tahminine odaklanırken Bayır (2006) ihracatın tahminini konu edinmektedir. Bu çalışmada yapay sinir ağlarının tahmin açısından avantajları şu şekilde sıralanmaktadır (Bayır, 2006: 113-114): Çoklu regresyon analizindeki gibi veri dönüşümüne ihtiyaç duyulmaması, doğrusal olmayan yapıya sahip olmaları, değişken elemesizin ve logaritmik dönüşüm yapmaksızın başarılı sonuçlar elde edilebilmesi, verinin özellikleri ile ilgili varsayımlar gerektirmemesi ve algoritma ya da matematiksel model geliştirmek zorunda olunmaması. Yapay sinir ağlarının en önemli dezavantajı ise çözümün nasıl üretildiğinin bilgisine ulaşılamamasıdır (Öztemel, 2006: 35). Bu noktada önemli olan uygun bir ağ oluşturabilmektir.

Yapay sinir ağlarını, makine öğrenmesi tekniklerinden biri olarak ele alan çalışmalarında Basuchoudhary, Bang ve Sen (2017) bu yöntemin bir dizi doğrusal (veya logit durumunda yarı doğrusal) olanı birbirine zincirleyerek tahmin algoritmasının karmaşıklığının artmasına olanak tanıdığını ifade etmektedir (Basuchoudhary, Bang ve Sen, 2017: 21).

Yapay sinir ağlarının, yapay zekâ ve makine öğrenmesi alanlarıyla ilişkili olduğu söylenebilir. Bu bağlamda yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden biri olan öğrenme kanalıyla yeni bilgiler üretilmesi ve keşfedilmesi gibi yetenekleri otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Öztemel, 2006: 29). Bu alan 1940'lı yıllardan başlayarak gelişimine devam eden bir alandır (McCulloch ve Pitts, 1943; Hebb, 1949; Rosenblatt, 1958; Rumelhart, Hinton ve Williams, 1986). Yapay sinir ağlarında da biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi sinir hücreleri bulunmakta olup bunlara proses elemanları adı verilmiştir ve bu elemanlar beş tanedir (Öztemel, 2006: 48-51): Girdiler (ağın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenen bilgilerdir), Ağırlıklar (hücreye gelen bilginin önemini gösterir), Toplama fonksiyonu (ağa giren her girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır ve ağa gelen net girdiye ulaşılır), Aktivasyon fonksiyonu (net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler) ve Çıktı (aktivasyon fonksiyonu ile belirlenen çıktı değeridir). Bu unsurlar Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3: Yapay Sinir Ağının Yapısı



Kaynak: Öztemel, 2006: 48.

Çalışmanın yöntemi burada kısaca açıklandıktan sonra bulgular bölümünde hem çıktılar sunulmakta hem de modellerin seçilmesinde etkili olan hiper-parametreler tanıtılmaktadır.

4. Uygulama ve Bulgular

Bu çalışmada üçüncü bölümde özetlenen yöntem izlenerek, Python programlama dili ile Sklearn ve Keras kütüphaneleri kullanılarak aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır. Bulgular, ihracat ve ithalat açısından sırasıyla yıllık ve aylık veriler itibarıyla özetlenmiştir. İlk olarak çalışmada oluşturulan yapay sinir ağları modelleri için belirlenen hiper-parametreler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Yapay Sinir Ağları Modelleri için Hiper-Parametreler



Kurt, A. S. (2022). Türkiye Ekonomisi için İhracat ve İthalatın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Fiscaoeconomia*, 6(2), 808-822. Doi: 10.25295/fsecon.1077683

	İhracat (Yıllık)	İthalat (Yıllık)	İhracat (Aylık)	İthalat (Aylık)
Gecikme Sayısı	3	4	6	4
Giriş Katmanı	3 nöronlu	4 nöronlu	6 nöronlu	4 nöronlu
Gizli Katman (Aktivasyon Fonksiyonu)	45 nöronlu 1 gizli katman (Relu) 45 nöronlu 1 gizli katman (linear)	48 nöronlu 1 gizli katman (linear) 76 nöronlu 1 gizli katman (Relu)	72 nöronlu 1 gizli katman (Relu)	21 nöronlu 1 gizli katman (Relu) 42 nöronlu 1 gizli katman (Relu)
Çıktı Katmanı	1 nöronlu çıktı katmanı (linear)	1 nöronlu çıktı katmanı (linear)	1 nöronlu çıktı katmanı (linear)	1 nöronlu çıktı katmanı (linear)
Kayıp Fonksiyonu	Ortalama karesel logaritmik hata	Ortalama karesel logaritmik hata	Ortalama karesel logaritmik hata	Hata kareleri ortalaması
Optimizasyon Algoritması	Adam	Adam	Adam	Adam
Epoch (Çağ)	300	500	100	200
Eğitim Veri Seti/Test Veri Seti	67/24	66/23	274/68	276/70

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu çalışmada ihracat (yıllık), ithalat (yıllık), ihracat (aylık) ve ithalat (aylık) veri setleri üzerinde ayrı ayrı çalışılmış ve her biri için en uygun ağ yapısının ve aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesinde çeşitli alternatifler denenerek en başarılı sonuçları veren hiper-parametreler seçilmiştir. Gecikme sayılarının belirlenmesinde kayıp fonksiyonunu minimize eden gecikme uzunluğu tercih edilmiştir. Giriş katmanı sayısı da bu gecikme sayısına göre belirlenmiştir. Gizli katman sayılarının ve aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesinde de benzer şekilde hareket edilmiştir. Doğrultulmuş doğrusal birim (ReLU: rectified linear unit) doğrusal olmayan bir aktivasyon fonksiyonudur. Aktivasyon fonksiyonları ağı öğrenmesine hizmet etmektedir. ReLu'nun özelliği, karar fonksiyonunun doğrusalsızlığını artırması, en belirgin özellikleri kuvvetlendirip diğer özellikleri bastırmasıdır (Uçar ve Bingöl, 2018: 41). Kayıp fonksiyonu gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki oranın ölçüsünü ifade etmektedir. Bu çalışmada kaybı minimize edecek şekilde ortalama karesel logaritmik hata (mean squared logarithmic error) ve hata kareleri ortalaması kullanılmıştır. Buna göre gerçekleşen değerlerden farkların karelerinin ortalaması dikkate alınmaktadır. Optimizasyon algoritması olarak da derin öğrenme uygulamalarında en sık kullanılan hiper-parametrelerden biri olan Adam (adaptif momentum) kullanılmıştır. Bu yöntemin ayırt edici özelliği, geçmiş eğimlerin karelerinin üssel olarak ağırlıklandırılmış ortalamalarının yanı sıra momentum değişikliklerini de ön bellekte saklamasıdır (Ser ve Bati, 2019: 411). Epoch (çağ) ise eğitim tur sayısını ifade etmektedir. Model eğitilirken verilerin tamamı aynı anda eğitime alınmamakta; parçalar halinde eğitimde yer almaktadırlar. İlk parça eğitildikten sonra modelin başarısı test edilmekte ve bu testin sonucuna göre ağırlıklar güncellenmektedir. Daha sonra aynı işlem yeni parçalar için de tekrarlanmaktadır. Bu tekrar sayısı epoch olarak adlandırılmaktadır.

Tablo 2: Modellerin Performansı

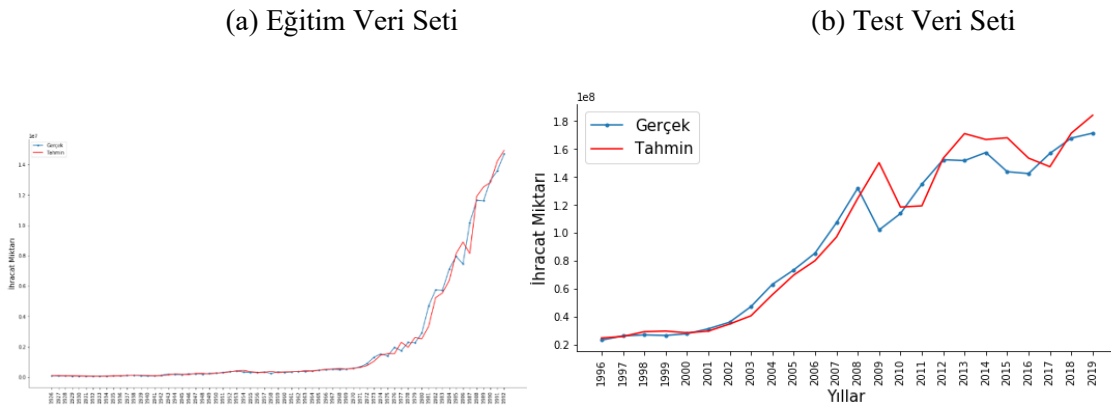
		Eğitim Veri Seti	Test Veri Seti
Yıllık İhracat Modeli	RMSE	412932.07	13459324.49
	MAE	186028.57	8787947.00
	MSLE	0.0258	0.0129
Yıllık İthalat Modeli	RMSE	871392.26	34000173.36
	MAE	381816.40	22557132.00
	MSLE	0.0372	0.0509
Aylık İhracat Modeli	RMSE	707.09	1766.94
	MAE	481.41	1377.27
	MSLE	0.0115	0.0171
Aylık İthalat Modeli	RMSE	967.30	1881.86
	MAE	655.21	1477.14

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: RMSE: Root Mean Squared Error (Ortalama Hata Kare Kökü), MAE: Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata), MSLE: Mean Squared Logaritmik Error (Ortalama Karesel Logaritmik Hata)

Modellerin performanslarını ortaya koyabilmek için hata parametreleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da en düşük hatayı, bir başka deyişle en iyi tahmin performansını sağlayan modeller dikkate alınmıştır.

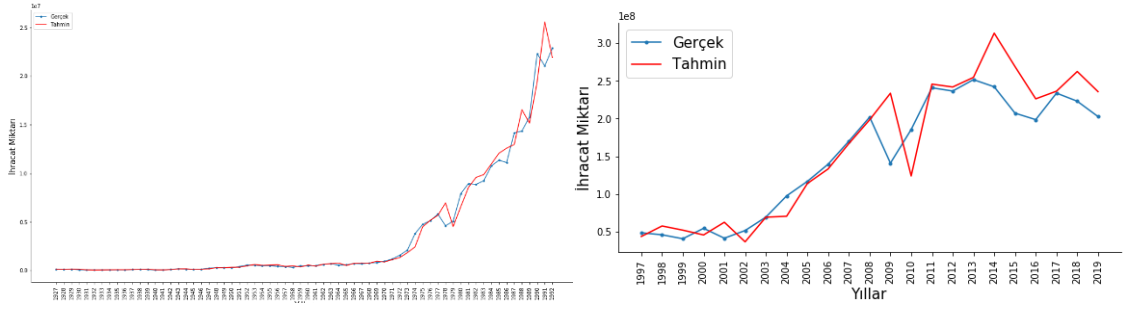
Şekil 4: Yıllık İhracat için Gerçek Değerler ve Tahmin Değerleri



Şekil 4'ten de görülebileceği gibi modelin tahmin başarısı oldukça yüksektir. Bu modele göre, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılları için ihracat tahminleri ise sırasıyla Bin ABD Doları olarak 186.244.192, 203.101.280, 223.618.224 ve 247.209.792 şeklinde belirlenmiştir.

Şekil 5: Yıllık İthalat için Gerçek Değerler ve Tahmin Değerleri

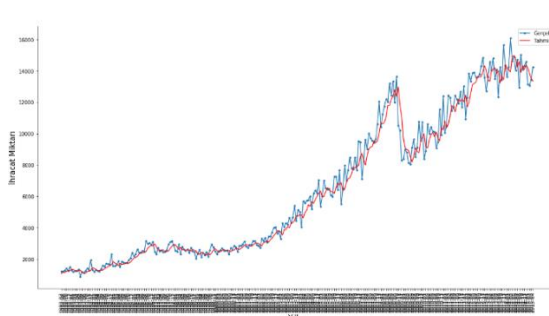
(a) Eğitim Veri Seti (b) Test Veri Seti



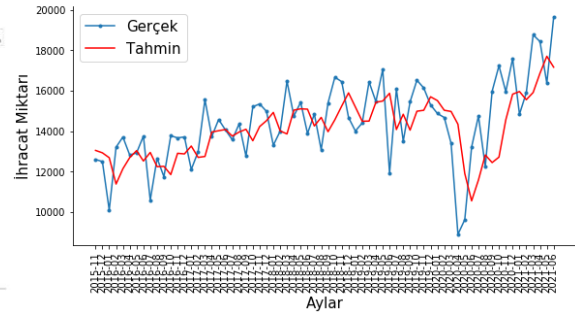
Şekil 5'ten de görülebileceği gibi modelin tahmin başarısı oldukça yüksektir. Bu modele göre, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılları için ithalat tahminleri ise sırasıyla Bin ABD Doları olarak 231.585.248, 280.800.128, 301.230.496 ve 340.577.184 şeklinde belirlenmiştir.

Şekil 6. Aylık İhracat İçin Gerçek Değerler ve Tahmin Değerleri

(a) Eğitim Veri Seti



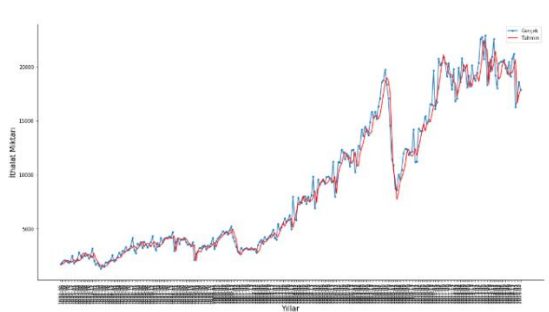
(b) Test Veri Seti



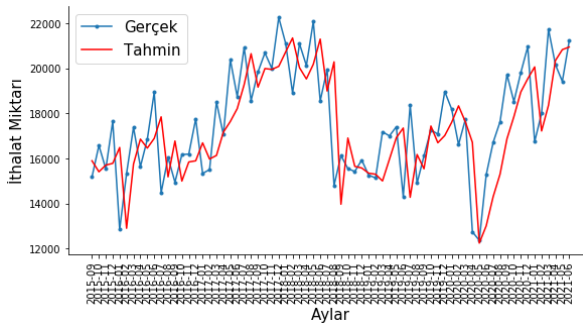
Şekil 6'dan da görülebileceği gibi modelin tahmin başarısı oldukça yüksektir. Bu modele göre, yedi, sekiz, dokuz, on, on bir ve on ikinci aylar için ihracat tahminleri ise sırasıyla Milyon ABD Doları olarak 17.547, 17.867, 18.172, 17.707, 17.883 ve 17.970 şeklinde belirlenmiştir.

Şekil 7. Aylık İthalat İçin Gerçek Değerler ve Tahmin Değerleri

(a) Eğitim Veri Seti



(b) Test Veri Seti



Şekil 7'den de görülebileceği gibi modelin tahmin başarısı oldukça yüksektir. Bu modele göre, yedi, sekiz, dokuz, on, on bir ve on ikinci aylar için ihracat tahminleri ise sırasıyla Milyon ABD Doları olarak 19.746, 19.968, 20.025, 19.539, 19.400 ve 19.050 şeklinde belirlenmiştir.

5. Sonuç

Bir ülkenin dış ülkelere mal satması (dış satım, ihracat) ve dış ülkelere mal alması (dış alım, ithalat) anlamına gelen dış ticaret ulus devletler ortaya çıktığından beri iktisat biliminin en ilgi çeken konularından biri olmuştur. İhracat döviz kazandırıcı, üretimi ve istihdamı teşvik eden niteliği ile öne çıkarken döviz gideri olması bakımından genelde kontrol altında tutulmak istenen ithalat bir ülkede bulunamayan ya da yüksek maliyetle üretilen malların ve girdilerin temini, bilgi ve teknoloji transferi özellikleriyle ekonomiyi etkilemektedir. Makroekonomik politikaların nihai amaçlarının başında gelen büyümeyi de etkilediği bilinen dış ticaretin izlenmesi ve öngörülebilirliği de bu noktada önem kazanmaktadır.

Son yıllarda sosyal bilimlerde ve dolayısıyla iktisat alanında da kullanımı artan yapay zekâ ve makine öğrenmesine bağlı yöntemler, ekonomi politikalarının gerçekçi bir şekilde belirlenmesi ve uygulanması için yardımcı olabilecek öngörü olanağını sağlamaktadır. Biyolojik sinir hücrelerinin bilgisayar sistemlerine uyarlanması ile ortaya çıkan yapay sinir ağları da bu alanda yaygın kullanılan bir makine öğrenmesi yöntemidir. Esnek, kolay uygulanabilir olma, matematiksel model gerektirmeme gibi avantajları barındıran bu yöntem bu çalışmada, Türkiye'nin toplam ihracat ve ithalatının yıllık ve aylık olarak tahmini için kullanılmıştır.

Gerek ihracat gerekse ithalat açısından ulaşılan tahmin sonuçlarının gerçek değerlerle yüksek bir başarı oranı ile örtüşüyor olması, bu yöntemlerin makroekonomik değişkenlerin öngörülmesinde kullanışlı araçlar olduğunu göstermektedir. Özellikle pandemi dönemini de içine alan bu çalışmada yapay sinir ağlarının tahmin sonuçlarının başarısı umut vericidir. Bu yönüyle, bu ve benzeri çalışmaların sonuçları politika uygulayıcıları ve ekonomik ajanların tümü için yol gösterici olacaktır.

Kaynakça

- Alam, T. (2019). Forecasting Exports and Imports Through Artificial Neural Network and Autoregressive Integrated Moving Average. *Decision Science Letters*, 8, 249-260.
- Basuchoudhary, A., Bang, J. T. & Sen, T. (2017). *Machine-learning Techniques in Economics New Tools for Predicting Economic Growth*. ABD: Springer Briefs in Economics.
- Bayır, F. (2006). *Yapay Sinir Ağları ve Tahmin Modellemesi Üzerine Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Hebb, D. (1949). *The Organization of Behaviour a Neuropsychological Theory*. New York: John Wiley & Sons, London: Chapman & Hall.
- Karahan, M. (2015). Yapay Sinir Ağları Metodu ile İhracat Miktarlarının Tahmini: ARIMA ve YSA Metodunun Karşılaştırmalı Analizi. *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 165-172.
- Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E. & Çabuk, Y. (2017). Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi: Türkiye Kağıt-Karton Sanayi Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 99-106.
- Liu, Y. (2021). Foreign Trade Export Forecast Based on Fuzzy Neural Network. *Complexity*, 2021, 1-10.
- McCulloch, W.S. & Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.



Kurt, A. S. (2022). Türkiye Ekonomisi için İhracat ve İthalatın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Fiscaeconomia*, 6(2), 808-822. Doi: 10.25295/fsecon.1077683

- Önder, E., Bayır, F. & Hepşen, A. (2013). Forecasting Macroeconomic Variables Using Artificial Neural Network and Traditional Smoothing Techniques. *Journal of Applied Finance & Banking*, 3(4), 73-104.
- Özbek, A. & Akalın, M. (2011). The Prediction of Turkey's Denim Trousers Export to Germany with ANN Models. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, 313-322.
- Özbek, A., Akalın, M., Topuz, V. & Sennaroğlu, B. (2011). Prediction of Turkey's Denim Trousers Export Using Artificial Neural Networks and the Autoregressive Integrated Moving Average Model. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(3), 10-16.
- Özdağ, M. E., Yeşilkaya, M. & Çabuk, Y. (2017). Türkiye-Almanya Mobilya Dış Ticaretinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 136-143.
- Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul, Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Polat, Ö. (2009). *Türkiye'nin Dış Ticaret Verilerinin Öngörüsünde Yapay Sinir Ağları ve Box-Jenkins Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi*. Doktora Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Rosenblatt, F. (1958). The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. *Psychological Review*, 65(6), 386-408.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. & Williams, R. J. (1986). Learning Representations by Back-Propagating Errors. *Nature*, 323, 533-536.
- Sala-i-Martin, X. (1997). I Just Ran Four Million Regressions. *American Economic Review*, 87, 178-183.
- Ser, G. & Bati, C. T. (2019). Derin Sinir Ağları ile En İyi Modelin Belirlenmesi: Mantar Verileri Üzerine Keras Uygulaması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 406-417.
- Sokolov-Mladenović, S., Milovančević, M., Mladenović, I. & Alizamir, M. (2016). Economic Growth Forecasting by Artificial Neural Network with Extreme Learning Machine Based on Trade, Import and Export Parameters. *Computers in Human Behaviour*, 65, 43-45.
- Uçar, A. & Bingöl, M. S. (2018). Derin Öğrenmenin Caffe Kullanılarak Grafik İşleme Kartlarında Değerlendirilmesi. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 9(1), 39-49.
- Urrutia, J. D., Abdul, A. M. & Atienza, J. B. E. (2019). Forecasting Phillipines Imports and Exports Using Bayesian Artificial Neural Network and Autoregressive Integrated Moving Average. *Proceedings of the 8th SEAMS-UGM International Conference on Mathematics and its Applications 2019*, AIP Conf. Proc. 2192, 090015-1-090015-11; <https://doi.org/10.1063/1.5139185>, AIP Publishing.
- Yaman Selçi, B. & Akgül, Y. (2019). Türkiye'nin İhracat Değerlerinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini Üzerine Bir İnceleme. *Nicel Bilimler Dergisi*, 2(2), 29-42.
- Yurdakul, E. M. (2014). *Türkiye'de İthalatın Gelişimi ve İthalatın Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilebilirliğine Yönelik Bir Analiz*. Doktora Tezi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.



Kurt, A. S. (2022). Türkiye Ekonomisi için İhracat ve İthalatın Yapay Sınır Ağları ile Tahmini.
Fiscaeconomia, 6(2), 808-822. Doi: 10.25295/fsecon.1077683

Etik Beyanı: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Fiscaeconomia Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

Ethics Statement: The authors declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In case of detection of a contrary situation, Fiscaeconomia has no responsibility and all responsibility belongs to the authors of the study.



Kurt, A. S. (2022). Türkiye Ekonomisi için İhracat ve İthalatın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Fiscaoeconomia*, 6(2), 808-822. Doi: 10.25295/fsecon.1077683

Forecasting Turkey's Exports and Imports via Artificial Neural Network

Aslı Seda KURT

Extended Abstract

Foreign trade has been one of the prominent areas of interest since the emergence of nation states. For example, the Mercantilists found the source of wealth in the accumulation of gold and silver, and for this reason, they recommended that exports should always be more than imports. Later, the Physiocrats claimed that new markets for (agricultural) goods could be found thanks to foreign trade, and thus the decrease in the prices of these goods would be prevented. The Classical School developed theories explaining that foreign trade would provide profit to all countries in order to evaluate the excess supply that emerged in the post-First Industrial Revolution period. Neo-Classical School also put forward views supporting liberal trade policies. Over time, New Foreign Trade Theories emerged, and existing models were developed with relatively more realistic assumptions.

Export stimulates the economic growth process by encouraging production, making a positive contribution to employment, motivating innovations in competitive conditions and increasing income. On the other hand, imports can stimulate the growth process by enabling the purchase of inputs/goods that are not available in the country and/or costly to obtain and enabling technology transfer. It may be desirable to reduce exports for reasons such as meeting domestic demand and preventing the prices of exported goods from getting cheaper. Therefore, foreign trade policy is an important area in guiding the economy. It is seen that foreign trade is intervened even in the most liberal economies. Strategic Trade Policy, which is the policy proposal of the New Foreign Trade Theories, arouses interest. Accordingly, countries intervene in trade in order to attract the rents of foreign trade to their own countries.

Foreign trade theories mostly presented real models. However, exports are one of the most important foreign exchange resources of a country, while imports are an important foreign currency expense item. In this respect, the importance of foreign trade analysis for countries such as Turkey, which has a foreign exchange deficit, can be easily understood. In Turkey, both exports and imports increased, especially after the decisions of January 24, 1980, which switched from the Import Substitution Strategy of Economic Development to Export-Led Growth Strategy. However, the increase in imports has been more dramatic.

The coronavirus pandemic, which started in China at the end of December 2019, affected all areas of life. The economic field is not independent of this, and the foreign trade field has also deeply felt the health crisis. Contractions in demand and production and interruptions in global value chains also led to a contraction in foreign trade volume. This process has once again revealed that economic variables could also be affected dramatically by non-economic reasons. For all these reasons, it is obvious how important it is to be able to predict foreign trade data, although it is difficult. This is the main motivation of this study.

There is a wide empirical literature on foreign trade. This literature mostly focused on the effects of foreign trade on growth. However, while investigating this subject, the forecasting of the future values of foreign trade and the use of methods such as machine learning and artificial neural networks are relatively new. The number of studies on the Turkish economy



Kurt, A. S. (2022). Türkiye Ekonomisi için İhracat ve İthalatın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Fiscaeconomia*, 6(2), 808-822. Doi: 10.25295/fsecon.1077683

is also increasing day by day. Empirical evidence in the literature shows that neural networks produce efficient predictions. The contribution of this study is that this method gave successful results during the pandemic when foreign trade data and indeed all macroeconomic indicators were dramatically affected.

When the relevant literature is examined, it is seen that these methods have some advantages compared to traditional econometric analysis. Basuchudhary, Bang, and Sen (2017) demonstrate the usefulness of machine learning methods in predicting economic growth. In this context, they state that the findings of standard econometric techniques applied by Sala-i-Martin (1997) in the analysis of economic growth cannot reveal which variables are important and why or which ones are more important than others. An artificial neural network has some advantages (Bayır, 2006: 113-114): There is no need for data transformation as in multiple regression analysis, they have a non-linear structure, successful results can be obtained without variable elimination and logarithmic transformation, they do not require assumptions about the characteristics of the data, and they do not have to develop algorithms or mathematical models. The most important disadvantage of artificial neural networks is the inaccessibility of the information on how the solution is produced (Öztemel, 2006: 35). At this point, the important thing is to create a suitable network.

It can be said that artificial neural networks are related to the fields of artificial intelligence and machine learning. In this context, artificial neural networks are defined as computer systems developed to automatically realize abilities such as producing and discovering new information through learning, which is one of the features of the human brain (Öztemel, 2006: 29). This is an area that has continued to develop since the 1940s (McCulloch and Pitts, 1943; Hebb, 1949; Rosenblatt, 1958; Rumelhart, Hinton and Williams, 1986). In artificial neural networks, as in biological neural networks, there are nerve cells and they are called process elements, (Öztemel, 2006: 48-51) These are; Inputs, Weights, Summation function, Activation function and Output. In this study, Python programming language and Sklearn and Keras libraries were used. The findings are summarized in terms of annual and monthly data in terms of exports and imports, respectively. In this study, export (annual), import (annual), export (monthly) and import (monthly) data sets were studied separately, and various alternatives were tried to determine the most appropriate network structure and activation functions for each, and the hyperparameters that gave the most successful results were selected. In determining the lag numbers, the lag length that minimizes the loss function is preferred. The number of input layers is determined according to this delay number. A similar action was taken in determining the hidden layer numbers and activation functions. Error parameters are used to reveal the performance of the models. In this study, models that provide the lowest error, in other words, the best prediction performance, are considered.

According to the annual export model, the export forecasts for 2020, 2021, 2022 and 2023 are determined as 186.244.192, 203.101.280, 223.618.224 and 247,209.792 in Thousand US Dollars, respectively. According to the annual import model, the import forecasts for 2020, 2021, 2022 and 2023 were determined as 231.585.248, 280.800.128, 301.230.496 and 340.577.184 in Thousand US Dollars, respectively. According to the monthly export model, export forecasts for the seventh, eighth, ninth, tenth, eleventh and twelfth months were determined as 17.547, 17.867, 18.172, 17.707, 17.883 and 17.970 million USD, respectively.



Kurt, A. S. (2022). Türkiye Ekonomisi için İhracat ve İthalatın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini.
Fiscaeconomia, 6(2), 808-822. Doi: 10.25295/fsecon.1077683

According to the monthly import model, the export forecasts for the seventh, eighth, ninth, tenth, eleventh and twelfth months were determined as 19.746, 19.968, 20.025, 19,539, 19.400 and 19,050 in Million US Dollars, respectively.

Artificial intelligence and machine learning-based methods, which have been used in social sciences and, therefore, in the field of economics in recent years, provide the opportunity for foresight that can help in determining and implementing economic policies in a realistic way. Artificial neural networks, which are created by adapting biological nerve cells to computer systems, are also a widely used machine learning method in this field. This method, which has advantages such as being flexible, easy to apply, and not requiring a mathematical model, was used in this study to forecast Turkey's total exports and imports annually and monthly.

The fact that the forecast results obtained in terms of both exports and imports coincide with the real values with a high success rate shows that these methods are useful tools in the prediction of macroeconomic variables. In this study, which particularly includes the pandemic period, the success of the prediction results of artificial neural networks is promising. In this respect, the results of this and similar studies will be a guide for policy practitioners and economic agents.