



## Yapay Sinir Ağları İle Öngörü Modellemesi: Türkiye Kâğıt-Karton Sanayi Örneği

Rıfat KURT<sup>1</sup>, Selman KARAYILMAZLAR<sup>1</sup>, Erol İMREN\*<sup>1</sup>, Yıldız ÇABUK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

### Öz

Günümüzde endüstrinin her alanında geleceğe ilişkin tahmin ve analizler tüm dünya ülkelerinde gerek özel, gerekse bilim dünyasında kabul görmüş ve bu konularda araştırmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Herhangi bir değişkenin gelecekte alacağı değer, o değişkenin geçmiş dönemlerdeki gözlem değerleri ile oluşturulan modeller yardımıyla tahmin edilmektedir. Yapay sinir ağları (YSA) son dönemlerde diğer bilimsel alanlarda olduğu gibi tahmin alanında da sıkça kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Bu çalışmada Türkiye kâğıt-karton sanayisinin ihracat rakamları yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmiştir. YSA girdi değişkeni olarak Türkiye kâğıt-karton üretimi, atık kâğıt, endüstriyel odun, tomruk üretimi, nüfus, GSYİH, TÜFE, ÜFE, döviz kurları ve ekonomik büyüme rakamları kullanılmıştır. Sonuçlar kâğıt-karton ihracatının 2025 yılında 2011 yılına oranla %48,2'lik bir artış, 2015 yılına göre ise %3'lük bir azalış göstereceğini öngörmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Kâğıt-Karton, İhracat, Tahmin

## Forecasting By Using Artificial Neural Networks: Turkey's Paper-Paperboard Industry Case

### Abstract

Today, future projections and analyses in all areas of industry are accepted both in private sector and in the scientific world in all countries around the world. The value that a variable will have in the future is projected using the models established based on its values in the past. Recently, as in many scientific areas, artificial neural networks (ANN) have started to be a frequently used method in the field of projection. In the current study, the export numbers of Turkey's paper-paperboard industry are projected using artificial neural networks. Turkey's paper-paperboard production, waste paper, industrial wood, logging production, population, gross domestic product, consumer price index, producer price index, currency rates and economic growth numbers are used as the artificial neural network input variable. As a result, it is estimated that in 2025 paper-paperboard export will show a 48.2% increase compared to 2011, and a 3% decrease compared to 2015.

**Keywords:** Artificial Neural Networks, Paper- paperboard, Export, Forecast

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Erol İMREN; Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği  
Bölümü, 74100, Bartın-Türkiye. Tel: +90 (378) 223 5092  
E-mail: [imren@bartin.edu.tr](mailto:imren@bartin.edu.tr)

Geliş (Received) :15.08.2017  
Kabul (Accepted) :16.10.2017  
Basım (Published) :01.12.2017

## 1. Giriş

Teknolojideki gelişmelerle birlikte, insan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek oluşturulan ve öğrenme sürecinin bilgisayar sistemlerine aktarılması sonucu ortaya çıkan yapay sinir ağları (YSA), günümüzde finans ve pazarlama sektöründen, çeşitli mühendislik sektörlerine kadar birçok alanda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır.

Yapay sinir ağlarının özellikle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde etkin bir şekilde kullanılması ve güvenilir sonuçlar vermesi bu metodun kullanımını daha da yaygın bir hale getirmiştir. Bu nedenle yapay sinir ağları bilinmeyen ve fark edilmesi güç ilişkileri ortaya çıkarıp bunların daha etkin ve optimum kullanımını sağlayabilmektedir.

Yapay sinir ağları ile çoğu probleme farklı ve alternatif çözümler bulunabilmektedir. Karar verici farklı ağ yapıları kullanarak problem tipine hangi ağın daha uygun olduğunu belirlemekte ve böylece daha iyi sonuçlar elde edebilmektedir.

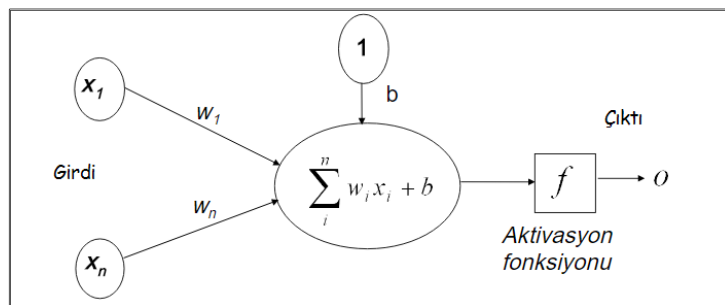
Yapay sinir ağları özellikle, sınıflandırma, modelleme, veri ilişkilendirme-yorumlama, kontrol, kümeleme ve optimizasyon gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. YSA'nın kullanıldığı önemli alanlardan biri de geleceğe ait değerlerin tahminidir. Bu çalışmada Türkiye orman ürünleri sanayinde önemli bir yere sahip olan kağıt-karton sanayisinin ihracat rakamları yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmiştir. Kağıt- karton ihracatını etkileyen değişkenler olarak Türkiye Kağıt-karton Üretimi, Atık Kağıt Miktarları, Endüstriyel Odun Miktarları, Tomruk Üretimi, Nüfus, GSYİH, TÜFE, ÜFE, Döviz Kurları ve Ekonomik Büyüme Oranı alınmıştır.

## 2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış ve biyolojik hücrelerin (nöronların) matematiksel olarak modellenmesi üzerine yoğunlaşmış bilgi işleme sistemidir (Efe ve Kaynak, 2000). YSA ile insan beyninin yapabildiği birçok işlem, insanların zayıf tarafları (acıma, yorulma, duygusal çöküntüler vb.) ortadan kaldırılarak kolay bir şekilde yapılabilmektedir (Aytekin, 2017).

Bir yapay sinir ağı, kendisini oluşturan yapay sinir hücrelerinin birbirleriyle çeşitli katmanlar içerisinde paralel bağlantılar kurarak bir araya gelmelerinden oluşmaktadır (Aydın, 2005). Yapay sinir ağlarında bilgi, insan beyninde olduğu gibi öğrenme süreci ile kazanılmakta ve depolanması için sinaptik ağırlık olarak bilinen inter-nöron bağlantı ağırlıkları kullanılmaktadır (Haykin, 1994; Tiryaki et al., 2015) .

Tipik bir yapay sinir hücresi girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılardan oluşmaktadır (Şekil 1). İlk katman girdi katmanı ile dış ortamdan gelen veriler yapay sinir ağına alınır. Bu katman probleme etki eden parametreleri oluşturmaktadır. Girdi katmanındaki parametreler sinir hücresindeki etkisini belirleyen ağırlık katsayıları ile çarpıldıktan sonra hücreye gelen net girdi toplama fonksiyonu ile hesaplanmış olur. Daha sonra aktivasyon fonksiyonu hücreye gelen bu net girdiyi değerlendirip bu girdiye karşılık üretilecek çıktıyı belirlemektedir. Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı dış ortama ya da başka bir YSA hücresine girdi olarak gönderilir.



Şekil 1. Yapay Sinir Hücresi

YSA, sinir ya da düğüm adı verilen işlem elemanlarının bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Yapay sinir ağı modelleri, sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ içindeki işaretlerin akış yönüne göre birbirinden ayrılmaktadır. Bu modeller ileri beslemeli ve geri beslemeli olarak ikiye ayrılır (Özer, 2009).

İleri beslemeli ağlarda nöronlar girişten çıkışa doğru düzenli katmanlar şeklinde ilerlemektedir. Bir katmandan sadece kendinden sonraki katmanlara bağ bulunmaktadır. Yapay sinir ağına gelen bilgiler ilk olarak giriş katmanına, buradan da sırasıyla ara katmanlardan ve çıkış katmanından geçerek dış dünyaya aktarılır (Nabiyev, 2012).

Geri beslemeli Yapay sinir ağlarında ise ileri beslemeli ağlardan farklı olarak hücre çıktısı sadece kendinden sonra gelen hücre katmanına girdi olarak verilmez, aynı zamanda kendinden önceki ya da kendi katmanındaki herhangi bir hücreye de girdi olarak bağlanabilir (URL1, 2016).

YSA'yı diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliklerden birisi de öğrenme yeteneğine sahip olmasıdır. Öğrenme işlemi elde edilen veriler ile en iyi sonucu verecek bağlantı ağırlıklarının hesaplanması şeklinde tanımlanır. YSA öğrenme esnasında topladığı bilgileri, sinir hücreleri arasında bağlantı ağırlıkları olarak saklar. Bağlantı ağırlık değerleri YSA'nın verileri etkin bir şekilde kullanabilmesi için gerekli bilgileri içermektedir (Şen, 2004; Ataseven, 2013).

YSA öğrenme ağırlıklarının ayarlanması ise probleme ait örnekler vasıtasıyla yapılmaktadır. YSA gerçek örnek verilerinden yararlanarak girdi-çıkış arasındaki ilişkileri analiz etmekte ve bu ilişkilere bağlı olarak oluşan yeni örnek çıktıları belirlemektedir. Böylece YSA farklı örnekler kullanarak olayları değişik açılardan öğrenebilmektedir.

Ağın öğrenmesi için gerekli olan eğitim kümesinin belirlenmesi de son derece önemlidir. Eğitim kümesi en az bilgi ile optimum öğrenmeyi sağlayacak şekilde seçilmelidir (Çuhadar, 2006).

Yapay sinir ağlarında öğrenme algoritmaları danışmanlı, danışmansız ve takviyeli (destekleyici) öğrenme şeklinde üç gruba ayrılmaktadır;

Danışmanlı öğrenme, ağın kullanımına başlamadan önce eğitilmesi işlemidir. Bu işlem, sinir ağına giriş değerleri için çıkış bilgilerinin de sunulması işlemidir. Ağ giriş bilgisine göre ürettiği çıkış değerini, istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılacak bilgiyi elde eder. Ağın çıktıları ile beklenen çıktılar arasındaki hata hesaplanarak ağın yeni ağırlıkları bu hata payına göre düzenlenir ve bu işleme hata değeri önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar devam edilir (Elmas 2003; Çuhadar ve Kayacan, 2005).

Danışmansız öğrenmede yapay sinir ağına öğrenme esnasında yalnızca örnek girdiler verilmektedir. Sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Böylece ağ girişte verilen bilgilerden yararlanarak her bir örneği kendi aralarında sınıflandırmakta ve kendi kurallarını belirlemektedir.

Takviyeli öğrenmede ise ağın her iterasyonu sonucunda elde ettiği sonucun ne kadar doğru olduğunu belirten bir dereceleme yapılır. Bu bilgilere göre ağ kendini yeniden düzenler ve bu sayede herhangi bir girdi dizisiyle hem öğrenerek hem de sonuç çıkararak işlemeye devam eder (URL1, 2016).

### 3. Materyal ve Metot

#### 3.1. Materyal

Çalışmanın materyalini Türkiye kağıt-karton sanayinin projeksiyonunda kullanılacak bağımlı ve bağımsız değişkenler oluşturmaktadır. Bağımlı değişken 1990-2015 yıllarını kapsayan kağıt-karton ihracat rakamları olurken, bağımsız değişkenler ise YSA ile kurulacak model ile doğru tahmin yapabilmek için araştırılmış ve Türkiye'nin kağıt-karton ihracatına etki edebilecek 10 adet değişken seçilmiştir. Bu değişkenler, Türkiye Kağıt-karton Üretimi, Atık Kağıt Miktarları, Endüstriyel Odun Miktarları, Tomruk Üretimi, Nüfus, GSYİH, TÜFE, ÜFE, Döviz Kurları ve Ekonomik Büyüme Oranı olarak belirlenmiştir. Tablo 1'de Türkiye'nin kağıt-karton üretim, ithalat ve ihracatının yıllar itibarıyla değişimi verilmiştir.

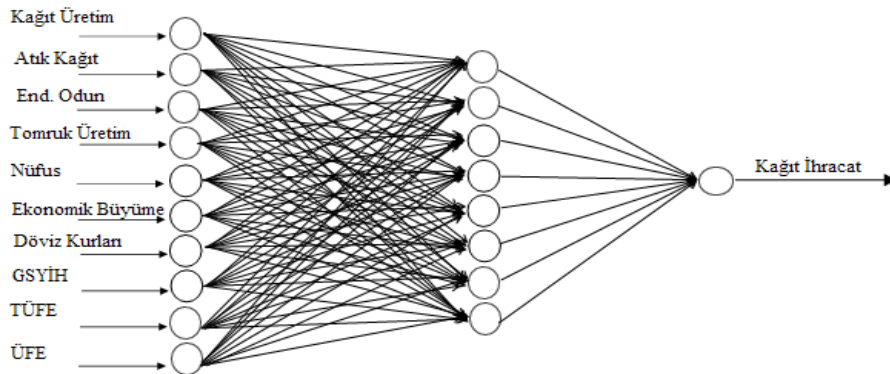
Tablo 1. Türkiye'nin kağıt-karton üretim ithalat ve ihracat değerleri (FAO, 2016).

Yıllar	İhracat (ton)	İthalat (ton)	Üretim (ton)	Yıllar	İhracat (ton)	İthalat (ton)	Üretim (ton)
1990	26000	246300	891000	2003	174627	1020000	1643000
1991	26000	223400	747000	2004	174627	1020000	1643000
1992	41268	312109	1012200	2005	174627	2068000	1643000
1993	27998	640905	1032000	2006	174627	2068000	1643000
1994	88800	256900	1102000	2007	195764	2495001	1643000
1995	97000	421000	1240000	2008	269040	2213000	2050000
1996	37400	700000	1105000	2009	228000	2165000	2156000
1997	48000	811000	1246000	2010	274528	2700004	2348000
1998	57000	775000	1357000	2011	310817	2613867	2659000
1999	78000	871000	1349000	2012	362416	2711329	2784000
2000	65000	1005540	1567000	2013	369901	2659151	2850000
2001	163000	668000	1513000	2014	329707	2696746	2900002
2002	174627	1020000	1643000	2015	475700	2468900	2920011

### 3.2. Metod

Tahmin için kullanılan en uygun yapay sinir ağı modeli, çok katmanlı algılayıcıdır. Literatürde yaygın bir şekilde kullanılan çok katmanlı algılayıcı, dışarıdan verileri alan girdi katmanından, ağıın çıktılarını dışarıya veren çıktı katmanından ve bu ikisi arasında yer alan en az bir gizli katmandan meydana gelmektedir (Hamzaçebi, 2008; Akçan ve Kartal, 2011). Çok katmanlı ağlar katmanlar arasında tam bağlantı bulunan, ileri beslemeli ve danışmanlı olarak eğitilen ağlardır (Haykin, 1994; Beale et al., 2010).

Türkiye kağıt-karton ihracat rakamları tahmin edilmeden önce ilk olarak ihracata etki edebileceği düşünülen 10 adet bağımsız değişken belirlenmiştir. Belirlenen bu değişkenler YSA modelinin girdi nöron sayısını oluşturacaktır. Çıktı nöronu ise tahmini yapılacak değişken, yani kağıt-karton ihracat değerleri olmuştur. Girdi ve çıktı nöronları kullanılarak ileri beslemeli geri yayılım yapay sinir ağı kullanılmıştır. Tek gizli katmandan oluşan çok katmanlı algılayıcılar problemleri çözmede daha iyi sonuçlar verdiği için gizli katman sayısının 1 olarak belirlenmesine karar verilmiştir. Gizli katmandaki nöron sayısının belirlenmesinde herhangi bir kural olmadığı için literatürde tahmin işlemlerinde en etkili olan ve 1-10 arasında yapılan denemeler neticesinde en iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısı 8 olarak alınmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak YSA'da en çok kullanılan sigmoid aktivasyon fonksiyonu tercih edilmiştir. Çıktı katmanındaki nöron sayısı ise sebep-sonuç ilişkisine dayalı tahminlerde bağımlı değişken sayısına eşit alınabildiği için 1 olarak belirlenmiştir. Şekil 2 de Türkiye kağıt-karton ihracatı için oluşturulan YSA modelinin yapısı verilmiştir.



Şekil 2. Türkiye Kağıt-karton İhracatı YSA Modeli

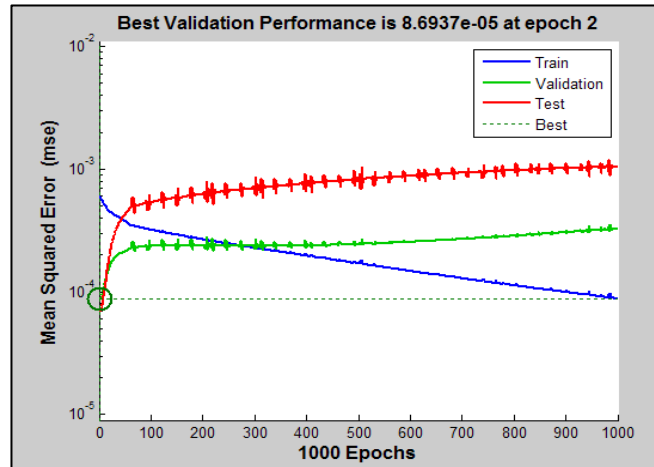
YSA modeli için girdi ve çıktı nöron sayıları belirlendikten sonra bağımlı ve bağımsız değişkenler sistem içerisinde kullanılabilmesi için normalizasyon işleminden geçirilmiş, yani değerler 0 ile 1 aralığına çekilmiştir. YSA modelinin kurulmasında MATLAB programından yararlanılmıştır. 1990-2015 yıllarına kadar olan toplam 25'er adet verinin %70'i eğitim, %15'u doğrulama ve %15'u test için kullanılmıştır.

Veriler programa aktarıldıktan sonraki en önemli aşamalardan biri ağı eğitilmesi aşamasıdır. Bu aşamada veriler ağı sunulmuş ve ağı öğrenmesi sağlanmıştır. Çalışmada performans ölçütü olarak hata kareleri ortalaması (MSE) kullanılmıştır. Kurulacak olan modelin eğitiminin optimum sonuç vermesi için çevrim sayısı sabit tutularak momentum ve öğrenme katsayılarının en uygun değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Optimum öğrenme ve momentum katsayılarını bulmak için 0,1-0,9 değerleri arasında denemeler yapılmış ve en uygun öğrenme katsayısı 0,4, momentum katsayısı ise 0,3 olarak bulunmuştur. En uygun katsayılar belirlendikten ve ağı eğitimi tamamlandıktan sonra tahmin aşamasına geçilmiştir.

Gelecekteki kağıt-karton ihracat değerlerinin tahmini yapılmadan önce eğitilen ağı performansı eldeki test verileriyle ölçülmüş ve başarılı sonuçlar vermiştir. Bu aşamadan sonra gelecek verilerin tahminine geçilmiştir. İlk olarak bağımsız değişkenlerin gelecekteki değerlerinin de bilinmesi gerektiğinden bu değerler basit doğrusal regresyon ile 2025 yılına kadar tahmin edilmiş ve mevcut yıllardaki bağımsız değişken değerleriyle yeniden normalizasyona tabi tutulmuştur. Bağımsız değişkenlerin tahmin edilmesinden sonra, veriler çalışmada kurulan YSA modeline uygulanarak 2016-2025 yılları arasındaki kağıt-karton ihracat değerleri tahmin edilmiştir.

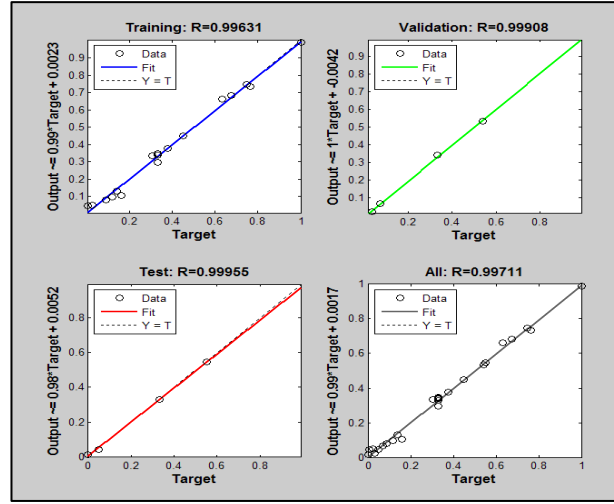
### 3. Bulgular

Şekil 3'te ağı eğitimi sonucunda her iterasyondaki eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin değişimini gösteren grafik yer almaktadır. Grafikte görüldüğü üzere ağı eğitiminde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve en iyi performans, 2. iterasyonda elde edilmiştir.



Şekil 3. Eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata performansları

Şekil 4 de ise eğitim, doğrulama ve test için ayrılan verilerin regresyon değerleri verilmiştir. Grafiğe bakıldığında tüm değerlerin 0,99'dan büyük olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere ağı öğrenme işlemi büyük bir başarıyla gerçekleştirilmiştir. Yani bağımsız değişken olarak belirlediğimiz değişkenler % 99 oranında kağıt-karton ihracatını etkilemektedir.



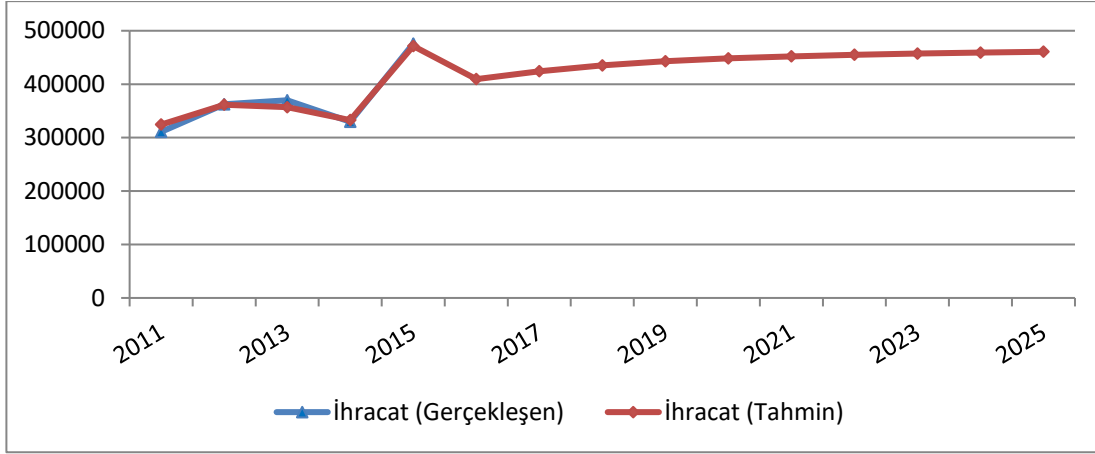
Şekil 4. Öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği

Çizelge 2’de kurulan YSA modeli ile 2016-2025 yılları arasındaki kağıt-karton ihracatı tahmin sonuçları verilmiştir. Burada yer alan MSE değerleri test işleminden sonra ağın tahmin olarak verdiği test çıktı verileri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması kullanılan 2011-2015 yılları arasındaki 5 adet verinin hata kareleri ortalamalarını ifade etmektedir. Ortalama MSE değeri ise 0,00037 olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Türkiye kağıt ihracat tahmin değerleri (Ton)

	<b>İhracat (Tahmin)</b>	<b>İhracat(gerçekleşen)</b>	<b>MSE</b>
2011	324415,6	310817	0,000914
2012	361627,3	362416	3,08E-06
2013	356992,8	369901	0,000824
2014	332883,0	329707	4,99E-05
2015	471391,9	475700	9,18E-05
2016	409497,1		
2017	424206,0		
2018	435214,1		
2019	442928,0		
2020	448287,0		
2021	452123,5		
2022	455003,1		
2023	457269,3		
2024	459122,5		
2025	460680,5		

Şekil 5’te ise YSA ile yapılan tahmin ve 2011-2015 yılları arasında gerçekleşen değerlerin grafiksel gösterimi sunulmuştur. Grafikten de anlaşıldığı üzere test edilen gerçek değerler ile tahmin değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Grafiğe genel olarak bakıldığında 2011 yılında 310 bin ton olan ihracatın 2025 yılında 460 ton’a çıkacağı görülmektedir.



Şekil 5. YSA Tahmin Grafiği

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada yapay sinir ağları ile Türkiye'nin kağıt-karton ihracat değerleri tahmin edilmiştir. Girdi değişkeni olarak ihracata etki eden 10 adet bağımsız değişken, çıktı değişkeni olarak ise kağıt-karton ihracat değerleri kullanılmıştır. Daha sonra ağı eğitimi, test ve doğrulama işlemleri yapılmış ve tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar, kurulan YSA modelinin ve tahmin işleminin oldukça başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermiştir. Eğitim, test ve doğrulama aşamalarındaki yüksek regresyon ve düşük MSE (Ortalama Hata Kareleri) değerleri de bunu desteklemiştir. Bu da yapay sinir ağlarının özellikle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde olumlu sonuçlar verdiğini doğrular niteliktedir.

Kağıt-karton ihracatı tahminlerine bakıldığında ise 2011 yılında 310 bin ton olan ihracatın %48,2 artarak 2025 yılında 460 tona çıkacağı tahmin edilmiştir. 2015 yılı ihracat değerine göre ise 2025 yılında %3'lük bir azalma öngörülmüştür.

Genel olarak yapay sinir ağlarının mevcut verileri tahmin etmede oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak geleceğe ilişkin tahminde bağımsız değişkenlerin gelecekte alacağı değerlerin de bilinmesi gerektiği için, modelin bu değerleri tahmin etmede kullanılan regresyon sonuçlarının etkisi altında olduğu görülmüştür. Bu nedenle geleceğe ilişkin tahmin çalışmalarında yapay sinir ağlarının farklı alternatif tekniklerle birleştirilerek tahmin performanslarının karşılaştırmalı olarak incelenmesinin daha etkin sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

#### Kaynaklar

1. Akcan A, Kartal C (2011). İMKB Sigorta Endeksini Oluşturan Şirketlerin Hisse Senedi Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, Muhasebe ve Finansman Dergisi, 51(3):27-40.
2. Ataseven B (2013). Yapay Sinir Ağları İle Öngörü Modellemesi, Öneri Dergisi, 10(39):101-115.
3. Aydın Ö (2005). Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 74 s.
4. Aytakin A (2017). Basit Düşün, Akış Diyagramları ile Programlama, Detay Yayıncılık, Ankara, 326 s.
5. Beale MH, Hagan MT, Demuth HB (2010). Neural Network Toolbox 7 User's Guide, The MathWorks Inc., Natick, MA.
6. Çuhadar M (2006).Turizm Sektöründe Talep Tahmini için Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 188 s.
7. Çuhadar M, Kayacan C (2005). Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme, Anatolia, Turizm Araştırmaları Dergisi, 16 (1): 24-30,
8. Efe Ö, Kaynak O (2000). Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, 141 s.

9. **Elmas Ç (2003)**. Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Ankara, Seçkin Yayıncılık, 192 s.
10. **FAO (2016)**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Website, <http://www.fao.org/faostat/> (12.05.2016)
11. **Hamzaçebi C (2008)**. Improving Artificial Neural Networks: Performance in Seasonal Time Series Forecasting, Information Sciences, 178 (23): 4550-4559
12. **Haykin S (1994)**. Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall, NJ.
13. **Nabiyev V (2012)**. Yapay Zeka. Seçkin Yayınları, Ankara, 776 s.
14. **Özer K (2009)**. İstanbul Deniz Otobüslerinin Bir Hattında Yolcu Talep Tahmini, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 72 s.
15. **Şen Z (2004)**. Yapay Sinir Ağları İlkeleri. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 183 s.
16. **Tiryaki S, Bardak S, Bardak T (2015)**. Experimental investigation and prediction of bonding strength of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) bonded with polyvinyl acetate adhesive, Journal of Adhesion Science and Technology, 29(23):2521-2536.
17. **URL1 (2016)**. İleri algoritma analizi-5, Yapay sinir ağları, <http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf> (15.07.2016).