

Yapay Zekâ ve İstatistiksel Yöntemler ile Küresel Ticarete Rekabet Ölçütü Olan Lojistik Performans İndeksine (LPI) Etken Parametrelerin Ülke Bazlı İncelenmesi ve Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi

Ömer Faruk CANSIZ¹, Kevser ÜNSALAN^{2*}

^{1-2*} İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay, Türkiye

¹ ofaruk.cansiz@iste.edu.tr, ^{2*} kevser.keskin@iste.edu.tr

(Geliş/Received: 19/03/2020;

Kabul/Accepted: 22/08/2020)

Öz: Firmalar ürettikleri ürünleri pazarlamak için birçok farklı yöntem geliştirmektedir. Ürünün, üreticiden tüketiciye ulaşana kadar sürecin her aşaması rekabet piyasasında incelenmesi gereken önemli birer unsur olmaktadır. İncelenen bu süreçler lojistik ana teması altında toplanmaktadır. Bu çalışmada ülkelerin lojistik alt yapısı hakkında önemli bilgi veren ve küresel ölçekte karşılaştırma imkânı sunan lojistik performans indeksi (LPI) kavramı incelenmektedir. LPI'ne etki eden parametreler gözden geçirilmekte ve bu bağlamda liman alt yapı kalitesi, layner taşımacılığı, gümrük giderleri, havayolu yük taşımacılığı, ihracat miktarı değişkenleri incelenmektedir. Bu değişkenlerin LPI ile ilişkisi istatistiksel olarak ele alınmaktadır. Çalışmanın son aşamasında ise istatistiksel olarak anlamlı olan girdiler göz önünde bulundurularak sayısal veriler ışığında LPI için yapay zekâ ve çok değişkenli lineer regresyon (MLR) yöntemleri kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Lojistik performans indeksi, yapay zekâ, YSA, ANFIS, regresyon

Prediction of Logistics Performance Index by Analysis of Effective Parameters on LPI Based on Countries, Which is Competition Criterion in Global Trade by Using Artificial Intelligence and Statistical Methods

Abstract: Companies develop many different methods to market the products they produce. Every stage of the product, from the manufacturer to the consumer, is an important element that must be examined in the competitive market. These processes are gathered under the main theme of logistics. In this study, logistics performance index (LPI), which gives important information about the logistics infrastructure of the countries and offers the opportunity to compare globally, is examined. Parameters affecting LPI are reviewed and along with the variables of port infrastructure quality, liner transportation, customs expenses, airline freight transportation, export amount. The relationship of these variables with LPI is considered statistically. In the last stage of the study, considering the statistically significant inputs, prediction models are developed using artificial intelligence and multiple linear regression (MLR) methods in the light of numerical data.

Key words: Logistics performance index, artificial intelligence, ANN, ANFIS, regression

1. Giriş

Lojistik, üretici ve tüketici arasındaki sirkülasyonun koordinasyonu ile ilgilenmektedir. Lojistik hizmetler; ürünün kabulü, depolanması, stok yönetimi, siparişin hazırlanması ve sevkiyatın sağlanmasından meydana gelmektedir [1]. Küresel ticaretin artışı ile beraber, lojistik sektörünün önemi ön plana çıkmaktadır. Sektörel büyümenin artışı ile ülkelerin küresel ölçekte lojistik performansları hakkında bilgi sahibi olmaları büyük önem arz etmektedir. Lojistik sektörü bakımından gelişmiş ülkeler daha rekabetçi davranmakta ve kar marjlarını yükseltmektedir [2]. Bu nedenle ülkelerin lojistik performansları hakkında bilgi sahibi olmaları ve küresel ölçekte yerini bilerek gelişimini sağlaması oldukça önemlidir. Dünya Bankası'nın iki yılda bir yayınladığı altı indikatöre bağlı olarak hesaplanan lojistik performans indeksi (LPI), ülkelerin lojistik sektörü açısından yerinin bilinmesinde önemli bir ölçüt olmaktadır [3]. LPI, ülkelerin gümrük işlemleri, lojistik maliyetleri, ulaşım altyapısı bakımından ülkeler arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmaktadır [4]. LPI belirlenirken kıstas olarak alınan indikatörler eşit ağırlıklı olarak dikkate alınmaktadır. Temelde her indikatörün farklı ağırlıklarla etki etmesi gerekmektedir. Bunun için literatürde öznel ve nesnel ağırlıklandırma metotları mevcuttur [5]. LPI etken parametrelerin ağırlıklarının

* Sorumlu yazar: kevser.keskin@iste.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0001-6857-2513, ² 0000-0002-9163-4855

belirlenmesinin yanında etken parametrelerinde belirlenmesi oldukça önemlidir. Lojistik sektöründe etken girdilerin incelenmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Başar ve Bozma havuzlanmış panel veri analizi kullanılarak LPI'ne etken makro düzeyde ekonomik ve politik faktörleri araştırmaktadır [6].

Güner ve Coşkun çalışmalarında ülkelerin rekabet gücünü önemli ölçüde etkileyen sosyal ve ekonomik değişkenlerin LPI değişimi üzerine etkilerini araştırmaktadır [7]. Bir başka çalışmada LPI'nin alt indekslerinin gayri safi milli hâsıla üzerindeki etkisi incelenmektedir [8]. Karaköy ve Üre yüksek ve orta gelirli ülkelerin gelişiminin LPI ile ilişkisini ortaya koymaktadır [9]. Bir başka çalışmada ülkedeki nitelikli iş gücünün artırılmasının LPI üzerine etkileri analiz edilmektedir[10].

Bu çalışmada LPI ve etken indikatörler üzerinde durulmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında LPI üzerinde etkili olan parametreler istatistiksel olarak incelenmektedir. İkinci aşamada belirlenen parametrelere göre ülkeler klasik sınıflandırma metodu dikkate alınarak sınıflandırılmaktadır. Çalışmanın son aşamasında ise korelasyon analizi sonuçlarına göre LPI belirlemede $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde etkili olan parametreler dikkate alınarak LPI tahmin modelleri oluşturulmaktadır. Tahmin modellemesinde yapay zekâ tekniklerinden uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemi kullanılmaktadır. İstatistiksel metotlardan ise MLR tekniği olan doğrusal, etkileşimli, karesel ve basit karesel yöntemleri kullanılmaktadır. Tahmin modellerinin karşılaştırılmasında hataların karesinin ortalaması (HKO), ortalama yüzde hata (OYH) ve korelasyon (R) performans kriterleri kullanılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada Liman altyapı kalitesi (Quality of Port Infrastructure-QPI), layner taşımacılığı bağlantı endeksi (Liner Shipping Connectivity Index-LSCI), gümrük giderleri (Burden of Customs Procedure-BCF), hava yolu yük taşımacılığı (Air Transport-AT), ticari hizmet ihracatı (Commercial Service Exports-CSE), gıda ihracatı (Food Export-FE), imalat ihracatı (Manufactures exports-MAE), mal ihracatı (Merchandise Exports-MEE), değişkenleri kullanılarak LPI tahmin modellemesi yapılmaktadır. En son yayınlanan LPI verisinin 2016 yılında yayınlanmasından dolayı, bu yıldaki veriler dikkate alınarak modelleme yapılmaktadır.

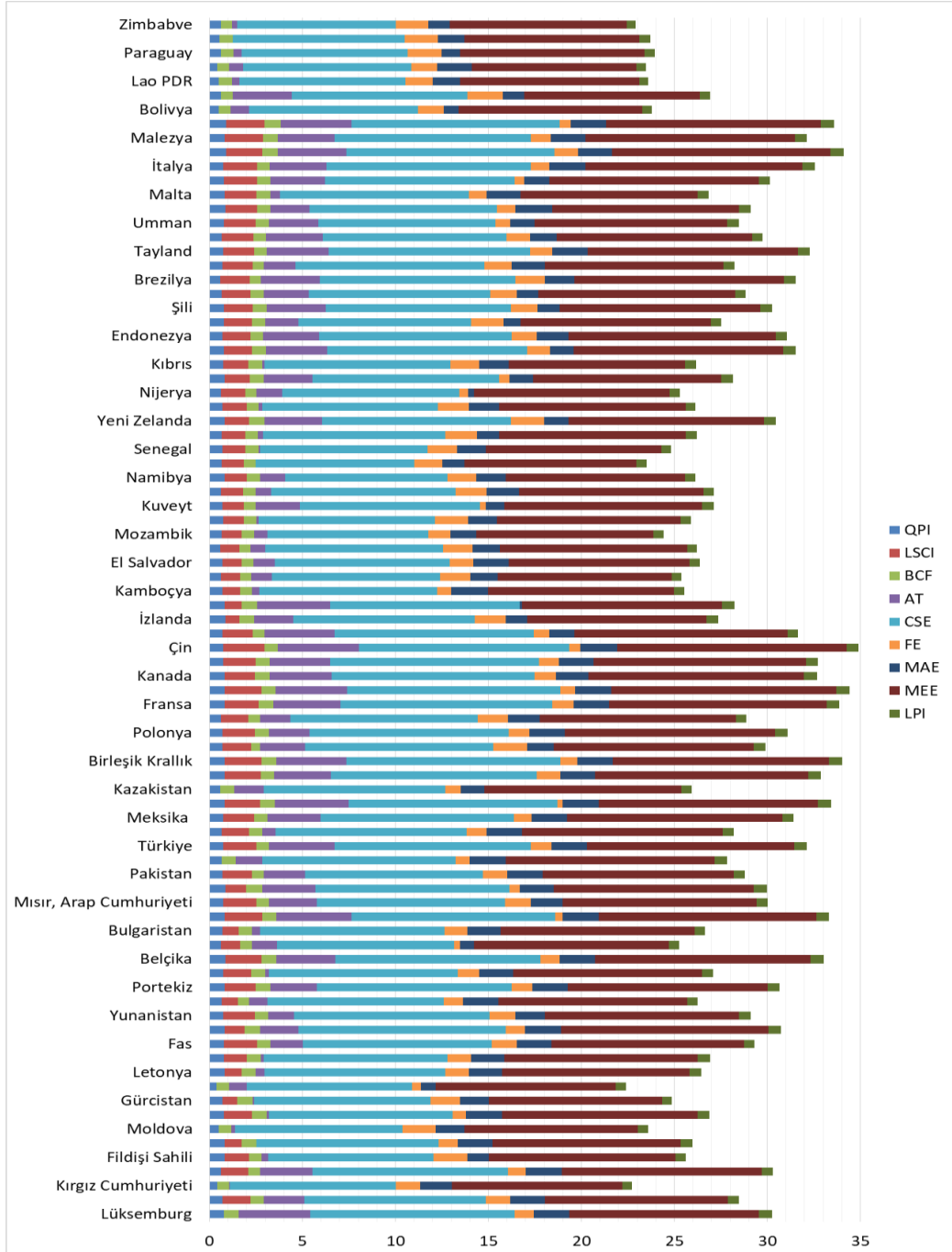
Liman altyapı kalitesi (QPI), şirket yöneticilerinin ülkelerindeki liman tesislerine ilişkin algılarını ölçmektedir. Veriler, Dünya Ekonomik Forumu'nun 150 ortak kuruluşla birlikte yürüttüğü anket çalışması sonucu elde edilmektedir. Şirketlerin büyüklüğü ve sektördeki faaliyetleri esas alınarak QPI verileri toplanmaktadır. Veriler yüz yüze veya çevrimiçi olarak toplanmaktadır. Denize kıyısı olmayan yani limanı bulunmayan ülkelere ise liman tesislerinin ne seviyede erişebilir olduğu sorulmaktadır. Puanlar 1 ile 7 arasında değişim göstermektedir [11]. Layner taşımacılığı bağlantı endeksi (LSCI), ülkelerin küresel ölçekte deniz ağlarına ne kadar iyi bağlandığı gösteren bir endekstir. Deniz taşımacılığı sektörünün beş ana bileşeni olan gemi sayısı, konteyner taşıma kapasitesi, maksimum gemi büyüklüğü, hizmet sayısı ve konteyner kullanan şirket sayısı dikkate alınarak Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) tarafından hesaplanmaktadır. Her bir bileşen için o yılın her bir bileşeninin maksimum değerine bölünür. Beş bileşenin her ülke için ortalaması alınır ve ortalama o yıl için maksimum ortalamaya bölünür ve 100 ile çarpılır [12].

Gümrük giderleri (BCF), şirketlerin gümrük prosedürlerinin etkinliği konusundaki algılarını ölçmektedir. Veriler Dünya Ekonomik Forumu'nun 150 ortak kuruluşla yürüttüğü anket çalışması sonucu elde edilmektedir. Değerlendirme şirketlerin büyüklüğüne ve faaliyet sektörüne göre farklılık göstermektedir. Katılımcılar ülkelerindeki gümrük prosedürlerinin etkinliğini değerlendirmektedir. Puanlar 1'den 7'ye kadar en verimsizden en verimliye doğru artmaktadır [13]. Havayolu yük taşımacılığı (AT), hava yolu taşımacılığında her bir uçuşta, bir uçağın kalkıştan bir sonraki inişe kadar süreçte, kat edilen kilometre cinsinden taşınan yükün hacmidir [14]. Ticari hizmet ihracatı (CSE), toplam hizmet ithalatı ile başka bir yerde yer almayan devlet hizmetleri ihracatıdır. IMF'nin ödemeler dengesi el kitabında, aynı anda üretilebilen, aktarılabilen ve tüketilebilen maddi olmayan malların ekonomik çıktısı olarak tanımlanmaktadır[15]. Tanımlar, farklı ekonomiler arasında farklılık göstermektedir [16].

Gıda ihracatı (FE), Standart Uluslararası Ticaret Sınıflandırmasının (SITC) gıda ürünlerini hayvansal, bitkisel, içecek, tohum, çekirdek, sebze vb. sınıflandırmasına göre ülkelerin gıda ihracatının toplam ihracata oranını göstermektedir [17]. Sanayi ürünleri ihracatı (MAE), SITC tarafından ülkelerin sanayi ürünleri; makine ve nakliye ekipmanları, temel sanayi ürünleri, demir dışı metaller, kimyasallar, çeşitli sanayi ürünleri olmak üzere sınıflandırılarak hesaplanmaktadır [18]. Mal ihracatı (MEE), ülkelere göre gemide teslim edilen mal ticareti miktarını göstermektedir. Ekonomiye giren veya çıkan malların miktarı, gümrük raporlarından veya finansal işlem raporlarından elde edilmektedir [19]. Lojistik performans endeksi (LPI), bir ülkenin lojistiğinin; gümrükleme sürecinin etkinliği, Ticaret ve ulaştırma ile ilgili altyapının kalitesi, rekabetçi fiyatlar düzenleme kolaylığı, lojistik

hizmetlerin kalitesi, sevkiyatları izleme kalitesi, planlanan süre içerisinde gönderilerin alıcıya ulaşma sıklığına göre 1'den 5'e kadar puanlanması ile elde edilmektedir.

Ülkelerin LPI puanları, Dünya Bankası (WB) tarafından akademik, uluslararası kurumlar, özel şirketler ve uluslararası lojistikle uğraşan kişilerle ortaklaşa yürütülen anketler dikkate alınarak belirlenmektedir[20]. Çalışmada LPI, sekiz farklı parametre esas alınarak incelenmektedir. İstatistiksel incelemeler 85 farklı ülke baz alınarak yapılmaktadır. Verilerde karşılaştırma, sınıflandırma yapılabilmesi ve tahmin modellerinin geliştirilebilmesi için logaritmik transformasyon uygulanarak datalar normal dağılıma uygun hale getirilmektedir. Dataların $\log(x+1)$ transformasyonu sonrası ülkelere göre değişimi şekil 1'de verilmektedir [21].



Şekil 1. LPI ve etken parametrelerin ülkelere göre değişimi

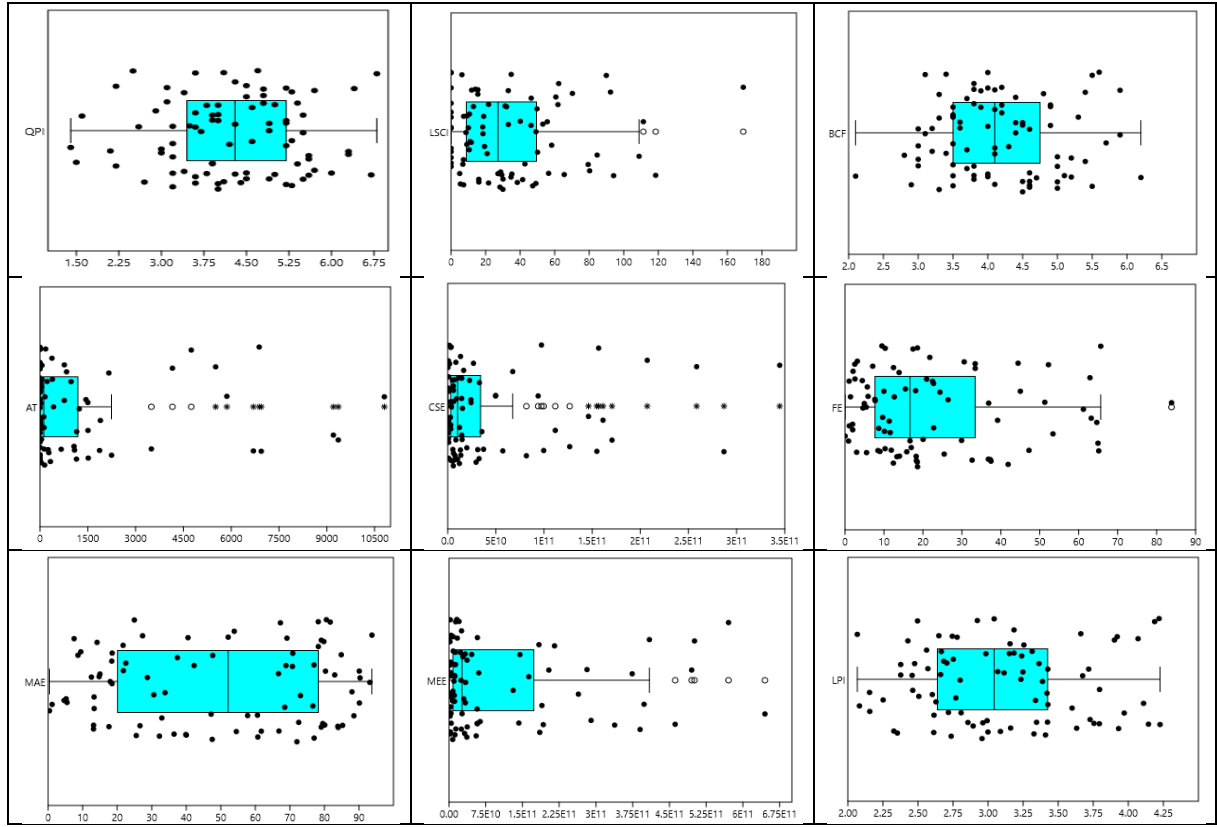
Tablo 1’de incelenen parametrelerin özet istatistikleri verilmektedir. Analiz edilen 85 ülkenin QPI’ sı 1,4 ile 6,8 arasında değişmektedir. Ortalaması ve standart sapması $4,26 \pm 1,20$ ve varyasyon katsayısı %28,11’dir. Analiz edilen ülkelerin %25’inin QPI değeri 3,45 ile ortalamanın altındadır. %75’inin ise QPI değeri 5,2’nin altındadır. LSCI değerlerine bakıldığında 0 ile 169,2 aralığında değişmektedir. 0 değerini alan ülkelere bakıldığında denize kıyısı olmayan ülkeler olduğu görülmektedir. Bu da o ülkelerde layner taşımacılığının yapılamadığı göstermektedir. Ortalaması ve standart sapması $33,51 \pm 32,95$, değişim katsayısı %98,32’dir. Analiz edilen ülkelerin %25’inin LSCI değerleri 8,89’dan , %75’inin ise 49,45’den düşük olduğu görülmektedir.

Ülkelerin BCF değerleri incelendiğinde 2,1 ile 6,2 aralığında değişiklik göstermekte, ortalama ve standart sapması $4,16 \pm 0,84$ ’tür. Verilerin varyasyon katsayısı %20,11’dir. BCF değerlerinin %25’inin 3,5’den, %75’inin ise 4,75’ten düşük olduğu görülmektedir. AT değerleri incelendiğinde 0,003 ile 21304,59 milyon ton-km aralığında olduğu görülmektedir. Hava yolu yük taşımacılığı hacminin ülkelere göre ortalaması ve standart sapması $1439,17 \pm 3200,4$ milyon ton-km, varyasyon katsayısı %222,38’dir. Ülkelerin %25’inin hava yolu yük taşımacılığı hacmi 2,30 milyon ton –km den, %75’inin ise 1190,87 milyon ton-km’den düşük olduğu belirlenmektedir. Ayrıca At değerlerine göre ülkelerin %75’inin ortalamanın altında aldığı görülmektedir. CSE değerlerine bakıldığında 317000000 \$ ile 34500000000 \$ aralığında değişmektedir. Ülkelerin ortalaması ve standart sapması $39500000000 \pm 68300000000$ \$, varyasyon katsayısı %172,68 çıkmaktadır. Analiz edilen ülkelerinin %25’inin CSE değerlerinin 3110000000\$’dan düşük %25’inin ise 34200000000\$ dan yüksek olduğu görülmüştür.

Ülkelerin FE değerleri analiz edildiğinde %2 ile %83,82 oranında değişim göstermektedir. FE oranının ülkelere göre ortalaması ve standart sapması $22,29 \pm 19,72$, değişim katsayısı ise %88,48 çıkmaktadır. Ülkelerin %25’inin FE oranının %7,69’dan düşük, %75’inin ise %33,42’den düşük olduğu analiz edilmektedir. Ülkelerin sanayi ürünlerinin ihracattaki payı %0,38 ile %93,76 aralığında değişmektedir. MAE değerlerinin kıstas alınan 85 ülkeye göre ortalaması ve standart sapması $49,42 \pm 29,25$, varyasyon katsayısı ise %59,19 çıkmaktadır. Analiz edilen ülkelerin %25’inin MAE oranı %20,11’den düşük, %75’inin ise %78,23’den düşük çıkmaktadır. MEE değerlerine bakıldığında en az MEE 6960000000\$, en fazla ise 210000000000\$ olduğu görülmektedir. Ülkelerin MEE ortalaması ve standart sapması $138000000000 \pm 295000000000$ \$, değişim katsayısı ise % 213,36 çıkmaktadır. Ülkelerin %25’inin MEE değeri 7750000000\$ dan, %75’inin ise 173000000000\$ dan düşük olduğu görülmektedir. Ülkelerin LPI değerleri incelendiğinde 2,07 ile 4,23 aralığında çıkmaktadır. 85 ülkenin LPI ortalaması ve standart sapması $3,08 \pm 0,56$, değişim katsayısı ise %18,24 çıkmaktadır. Ülkelerin %25’inin LPI değeri 2,64’ten %75’inin ise 3,42’den düşük olduğu belirlenmektedir.

Tablo 1. LPI ve etken parametrelerin özet istatistikleri

	<i>QPI</i>	<i>LSCI</i>	<i>BCF</i>	<i>AT</i>	<i>CSE</i>	<i>FE</i>	<i>MAE</i>	<i>MEE</i>	<i>LPI</i>
<i>N</i>	85	85	85	85	85	85	85	85	85
<i>Min</i>	1,4	0	2,1	0,003	3,17E+08	0,02747	0,382269	6,96E+08	2,067254
<i>Max</i>	6,8	169,2	6,2	21304,59	3,45E+11	83,82269	93,75454	2,10E+12	4,225967
<i>Mean</i>	4,255294	33,51153	4,161176	1439,168	3,95E+10	22,29044	49,41816	1,38E+11	3,081765
<i>Std. error</i>	0,129722	3,573615	0,09075	347,1321	7,41E+09	2,139095	3,172479	3,20E+10	0,060983
<i>Variance</i>	1,430359	1085,512	0,700022	1,02E+07	4,66E+21	388,9367	855,4932	8,72E+22	0,31611
<i>Stand. dev</i>	1,195976	32,9471	0,836673	3200,4	6,83E+10	19,72148	29,24882	2,95E+11	0,562237
<i>25 prcntil</i>	3,45	8,885	3,5	2,2995	3,11E+09	7,690892	20,11319	7,75E+09	2,63853
<i>75 prcntil</i>	5,2	49,445	4,75	1190,866	3,42E+10	33,42057	78,23348	1,73E+11	3,424785
<i>Skewness</i>	-0,19719	1,489061	0,282235	3,783544	2,549824	1,134739	-0,1079	4,518782	0,288052
<i>Kurtosis</i>	-0,26132	2,765624	-0,38142	18,17265	6,712543	0,490721	-1,4954	25,40394	-0,75861
<i>Coef. var</i>	28,1056	98,31573	20,10666	222,3785	172,678	88,47505	59,18637	213,3608	18,24398



Şekil 2. Parametrelerin box-jitter grafikleri

Verilerin çarpıklık katsayısı incelendiğinde LSCI, AT, CSE, FE ve MEE parametrelerinin normal dağılıma uygun olmadığını göstermektedir. Bu da veriler için transformasyon yapılmasının gerekliliğini göstermektedir. Şekil 2’de parametrelerin ham değerleri esas alınarak box-jitter dağılımları verilmektedir. Grafiklere göre LSCI, AT, CSE, FE, MEE parametrelerinin sağa çarpık olduğu açık bir şekilde görülmektedir. QPI, BCF, MAE ve LPI parametrelerinin ise medyan değerinin kutuyu simetriğe yakın ayırmasından dolayı normal dağılıma yakın olduğu görülmektedir.

LPI ve değişkenler arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olup olmadığını testi için öncelikle varyansların homojenliği testi için F testi uygulanmaktadır. Varyans homojenliği testinde H_0 hipotezi, $\sigma_1^2=\sigma_2^2$ ise varyanslar homojendir, değil ise heterojen olması üzerine kurulmaktadır. Tablo 2 de varyans homojenliğinin test edilmesi için F testi sonuçları verilmektedir. Tabloda her bir değişkenin p değerleri incelendiğinde $\alpha=0,05$ ve $\alpha=0,01$ anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezinin red edildiği görülmektedir. Yani tüm değişkenler ve LPI arasında varyansların heterojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda varyansların heterojen olması koşuluna göre değişkenler için t testi uygulanmakta ve sonuçlar tablo 3’te verilmektedir. T testi için H_0 hipotezi, LPI ve değişken parametrelerin ortalaması arasında fark olmaması üzerine kurulmaktadır. Tablodaki p değerleri incelendiğinde hem $\alpha=0,05$ hem de $\alpha=0,01$ anlamlılık düzeyinde değişkenler ve LPI değerlerinin arasında önemli derecede fark olduğu açık bir şekilde görülmektedir.

Tablo 2. LPI ve değişkenler arasında varyansların homojenliği için F testi

	QPI	LSCI	BCF	AT	CSE	FE	MAE	MEE	LPI
Ortalama	4,255294	33,51153	4,161176	1439,168	3,95E+10	22,29044	49,41816	1,38E+11	3,081765
Varyans	1,430359	1085,512	0,700022	10242562	4,66E+21	388,9367	855,4932	8,72E+22	0,31611
Gözlem	85	85	85	85	85	85	85	85	85
df	84	84	84	84	84	84	84	84	84
F	4,524874	3433,967	2,214489	32401876	1,48E+22	1230,384	2706,314	2,76E+23	
P(F<=f) tek-uçlu	1,96E-11	2,6E-125	0,000168	3E-292	0	1,3E-106	5,6E-121	0	
F Kritik iki-uçlu	1,434729	1,434729	1,434729	1,434729	1,434729	1,434729	1,434729	1,434729	

Tablo 3. LPI ve değişkenler arasında varyansların heterojen olması durumuna göre t testi

	QPI	LSCI	BCF	AT	CSE	FE	MAE	MEE	LPI
Ortalama	4,255294	33,51153	4,161176	1439,168	3,95E+10	22,29044	49,41816	1,38E+11	3,081765
Varyans	1,430359	1085,512	0,700022	10242562	4,66E+21	388,9367	855,4932	8,72E+22	0,31611
Gözlem	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Öngörülen Ortalama Farkı	0	0	0	0	0	0	0	0	0
df	119	84	147	84	84	84	84	84	84
t Stat	8,186964	8,513881	9,872366	4,137002	5,339156	8,976168	14,60304	4,321105	
P(T<=t) tek-uçlu	1,71E-13	2,82E-13	2,99E-18	4,16E-05	3,91E-07	3,31E-14	4,53E-25	2,12E-05	
t Kritik tek-uçlu	1,657759	1,663197	1,655285	1,663197	1,663197	1,663197	1,663197	1,663197	
P(T<=t) iki-uçlu	3,42E-13	5,65E-13	5,98E-18	8,31E-05	7,82E-07	6,63E-14	9,06E-25	4,24E-05	
t Kritik iki-uçlu	1,9801	1,98861	1,976233	1,98861	1,98861	1,98861	1,98861	1,98861	

Değişkenler arasındaki çapraz korelasyon ilişkisi Tablo 4’te verilmektedir. $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde LPI ile diğer değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu nedenle LPI tahmin modellerinin oluşturulmasında tüm değişkenler dikkate alınmaktadır. LPI ile en güçlü ilişki CSE arasında çıkmaktadır. En zayıf ilişki ise %39,2 ile MAE parametresinde görülmektedir. FE parametresi ve LPI arasında ise negatif ilişki görülmektedir. Bu da günümüzde tarım ve hayvancılık ülkesi olmanın lojistik performans indeksini düşürdüğünü göstermektedir.

Tablo 4. Parametrelerin çapraz korelasyon değerleri

	QPI	LSCI	BCF	AT	CSE	FE	MAE	MEE	LPI
QPI		0,65817	0,66431	0,47151	0,58328	-0,24587	0,30318	0,50528	0,73054
LSCI	0,65817		0,22726	0,53709	0,64338	-0,25642	0,36073	0,65043	0,52714
BCF	0,66431	0,22726		0,34151	0,50721	-0,30764	0,24497	0,36284	0,69665
AT	0,47151	0,53709	0,34151		0,76243	-0,42696	0,14195	0,78363	0,66826
CSE	0,58328	0,64338	0,50721	0,76243		-0,41727	0,501	0,86619	0,83804
FE	-0,24587	-0,25642	-0,30764	-0,42696	-0,41727		-0,00975	-0,49437	-0,47316
MAE	0,30318	0,36073	0,24497	0,14195	0,501	-0,00975		0,30859	0,39206
MEE	0,50528	0,65043	0,36284	0,78363	0,86619	-0,49437	0,30859		0,74805
LPI	0,73054	0,52714	0,69665	0,66826	0,83804	-0,47316	0,39206	0,74805	

Ülkeler arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları ortaya koymak amacıyla, klasik kümeleme ve SIMPER (Similarity Percentage) analizleri yapılmaktadır. Kümeleme analizinde aritmetik ortalama ile ağırlıksız çift grup algoritması (UPGMA) ve Chord benzerlik indeksi kullanılmaktadır. QPI, LSCI, BCF, AT, CSE, FE, MAE, MEE ve LPI parametreleri dikkate alınarak Tablo 5’teki gibi sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırmanın kofenetik korelasyon katsayısı %80,54 (Cofen. Corr.=0,8054) bulunmaktadır. SIMPER analizi, her parametrenin ülkeler arasındaki farklılığa yol açma oranlarını belirlemede kullanılmaktadır. Analizde Chord benzerlik ölçütü kullanılmaktadır. Analiz sonuçları Tablo 6’da verilmektedir. Ülkelerin sınıflandırılmasında en fazla katkıyı %65,16 oranıyla AT parametresi vermektedir.

Tablo 5. Ülkelerin değişkenlere göre sınıflandırılması

A1	A21	A221	A222	B1	B21	B22
Katar	Lüksemburg, Etiyopya	Filipinler, Belçika, Kore Cumhuriyeti, Mısır, Arap Cumhuriyeti, Finlandiya, Türkiye, Meksika, Japonya, İspanya, Birleşik Krallık, Fransa, Almanya, Kanada, Hindistan, Çin, Rusya, Kuveyt, Bahreyn, Avustralya, Endonezya, Şili, Brezilya, Tayland, Kolombiya, Umman, Suudi Arabistan, İtalya, Hollanda, Malezya, Singapur	Ürdün, Fas, İrlanda, Yunanistan, Portekiz, Pakistan, Arjantin, Polonya, Ukrayna, İzlanda, Namibya, Yeni Zelanda, Ekvador, Peru, Lübnan, Panama	Moğolistan, Cezayir, Çek Cumhuriyeti, Kazakistan, Nijerya, Bolivya	Kırgız Cumhuriyeti, Moldova, Lao PDR, Nepal, Paraguay, Uganda, Zimbabve	Fildişi Sahili, Estonya, Slovenya, Gürcistan, Letonya, Litvanya, Tunus, Hırvatistan, Bulgaristan, Romanya, Kamboçya, Madagaskar, El Salvador, Myanmar, Mozambik, Honduras, Kosta Rika, Benin, Senegal, Gana, Guatemala, Kıbrıs, Malta

Tablo 6. SIMPER analizine göre parametrelerin sınıflandırmaya katkıları

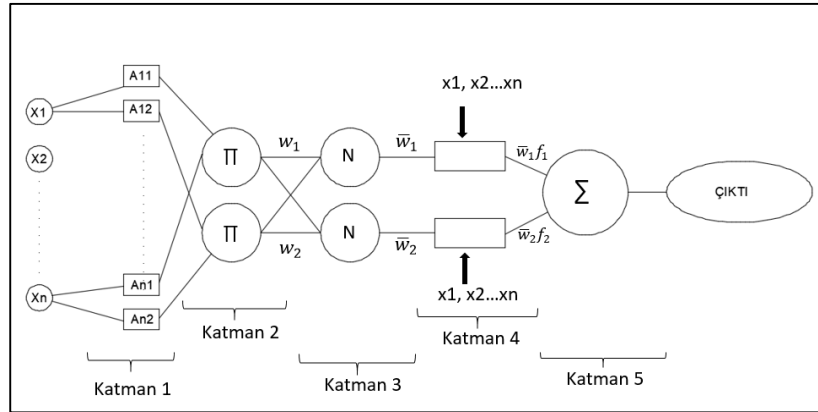
Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulati ve %	Mean A21	Mean A222	Mean B21	Mean A221	Mean B22	Mean B1	Mean A1
AT	0,01676	65,16	65,16	3,51	2,06	0,298	3,26	0,431	1,29	3,96
LSCI	0,003837	14,92	80,08	0	1,49	0	1,73	1,17	0,4	0,913
FE	0,002515	9,778	89,86	1,47	1,42	1,63	0,955	1,35	0,707	0,0118
MAE	0,001382	5,373	95,23	1,52	1,62	1,44	1,71	1,65	0,989	0,141
MEE	0,000597	2,319	97,55	9,83	10,4	9,4	11,3	9,92	10,4	10,8
CSE	0,000489	1,903	99,45	10,2	10	8,94	10,7	9,57	9,52	10,2
QPI	8,69E-05	0,3378	99,79	0,69	0,747	0,515	0,765	0,703	0,555	0,82
BCF	4,30E-05	0,1672	99,96	0,721	0,705	0,663	0,734	0,692	0,664	0,806
LPI	1,06E-05	0,04138	100	0,623	0,61	0,531	0,651	0,575	0,573	0,663

2.2. Metot

Çalışmanın bu bölümünde LPI tahmin modellemesinde kullanılan yöntemlerden bahsedilmektedir. Modellemelerde yapay zekâ tekniklerinden yapay sinir ağları (YSA) ve uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi (ANFIS), istatistiksel yöntemlerden ise çoklu doğrusal regresyon (MLR) yöntemleri tahmin modellemesinde kullanılmaktadır.

İstatistiksel bir yöntem olan regresyon analizi değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkisinin belirlenmesinde kullanılmaktadır [22]. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi katsayılar ile ifade edilir. Bu katsayı, regresyon katsayısıdır ve değişkenin bağımlılık derecesini göstermektedir. Bu çalışmada, MLR tekniklerinden doğrusal, etkileşimli, karesel ve basit karesel regresyon kullanılmaktadır.

ANFIS yöntemi; YSA ve bulanık mantık yöntemlerinden oluşan hibrit bir modeldir. Bulanık çıkarım sistemi (FIS) üç ana gruba ayrılmaktadır: Mamdani, Sugeno, Tsukamoto [23]. Bulanık sistemlerin temel yapısı olan üyelik fonksiyonlarının uygun şekilde seçilmesi ANFIS performansına bağlıdır. Öğrenme yeteneğiyle YSA hem bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının en iyi parametrelerini bulmak için hem de FIS' in bulanık kurallarını oluşturmak için sistematik bir süreç sunabilmektedir [24]. ANFIS yapısı Şekil 3'te gösterilmektedir. "X1, X2, X3,...,Xn"; "A11,...,An2"; "P"; "N" ve "wi" sırasıyla girdi parametrelerini, üyelik fonksiyonlarını, kuralları, kullanılan modellemede sisteme uygulanan bulanık kurallardan sonra parametrelerin ağırlığını temsil etmektedir.



Şekil 3. ANFIS genel model yapısı

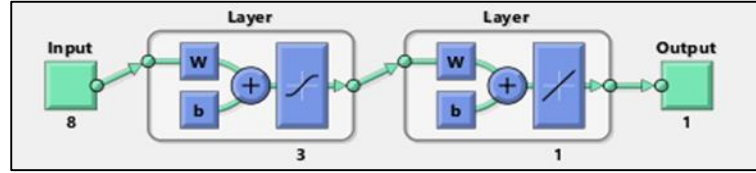
Bu çalışmada, ANFIS modelinin üyelik fonksiyonu (MF) sayısı her bağımsız değişken için ikidir. Modelin MF tipi gauss (gaussmf) üyelik fonksiyonudur. Gaussmf üyelik fonksiyonunun matematiksel formülü denklem 1'de verilmektedir. Burada f çıktıyı, x girdiyi, σ standart sapmayı ve c ise ortalamayı temsil etmektedir [25].

$$f(x; \sigma, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

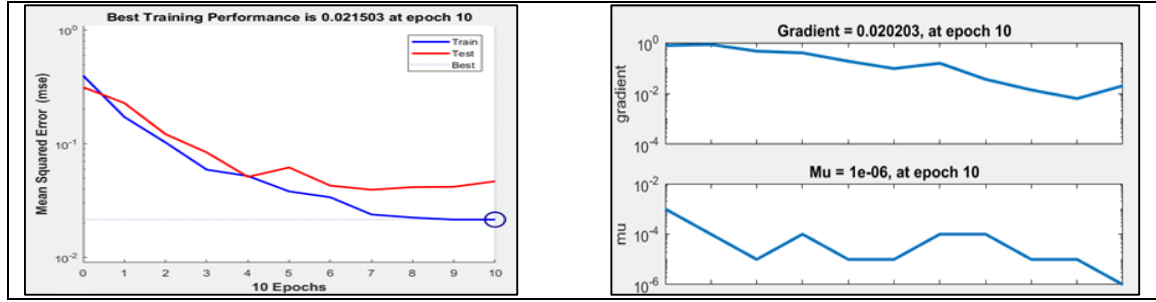
YSA yöntemi, doğrusal olmayan ilişkili problemlerde birçok istatistiksel ve yapay zekâ yöntemine kıyasla yüksek performans göstermektedir. Bir YSA modelinde, her giriş farklı ağırlıklarla çarpılmakta, daha sonra transfer fonksiyonu ile işlenmekte ve bir sonraki katmandaki nöronlara aktarılmaktadır. Bu işlemler ağıdaki katman sayısına

bağlı olarak tekrarlanmaktadır. Her katmanda ağ modeli geliştirmek için yeni ağırlıklar atanarak ağıın öğrenmesi gerçekleştirilmektedir [22]. YSA yönteminin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. YSA yönteminde, ağırlıkların atanması kara kutu mantığına dayanmaktadır. Yani, ağırlıkların nasıl atıldığı bilinmemektedir [26].

Bu çalışmada, tek gizli katmanı olan YSA modelleri oluşturulmaktadır. Yaygın olarak kullanılan MATLAB eğitim algoritmalarından gradient descent backpropagation (GD), gradient descent with momentum backpropagation (GDM), Levenberg-Marquardt backpropagation (LM) ve resilient backpropagation (RP) kullanılmaktadır. Dört eğitim algoritmasından en iyi sonucu LM algoritması vermektedir. Şekil 4'te en iyi YSA modelinin ağ yapısı görülmektedir. Gizli katmanında tansig ve çıkış katmanında purelin transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Ayrıca ağıın gizli katmanında 3 nöron kullanılmaktadır. En iyi modelin eğitim süreci ve MSE grafikleri Şekil 5'te verilmiştir.



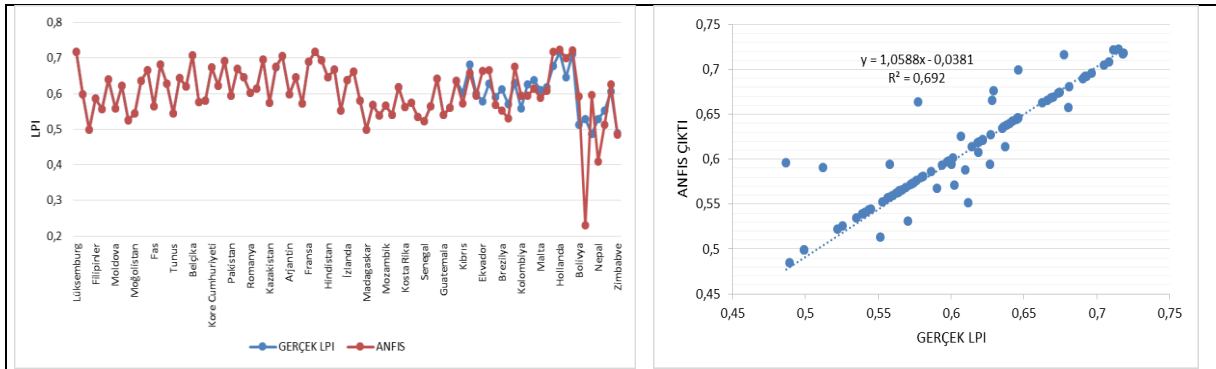
Şekil 4. En iyi YSA modelinin ağ yapısı



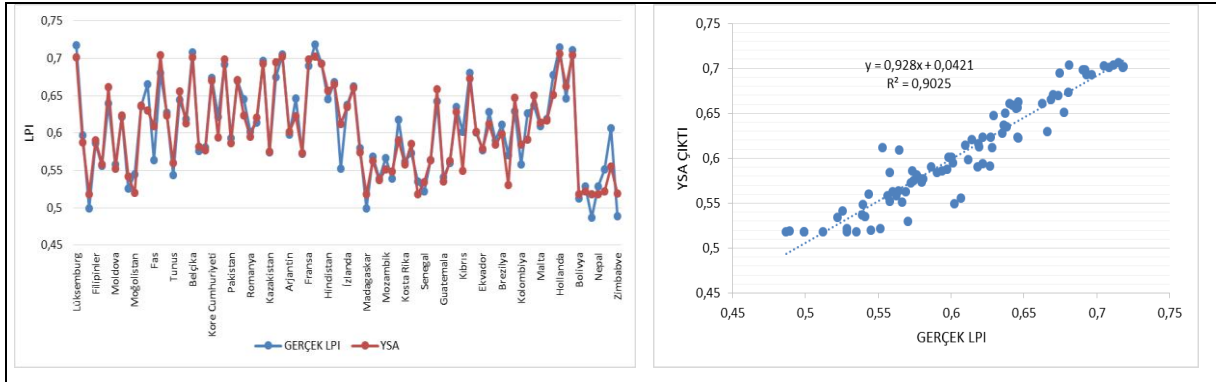
Şekil 5. En iyi YSA modelinin epoch sayısına göre HKO değişimi ve en iyi YSA modelinin eğitim süreci

3. Sonuçlar ve Tartışma

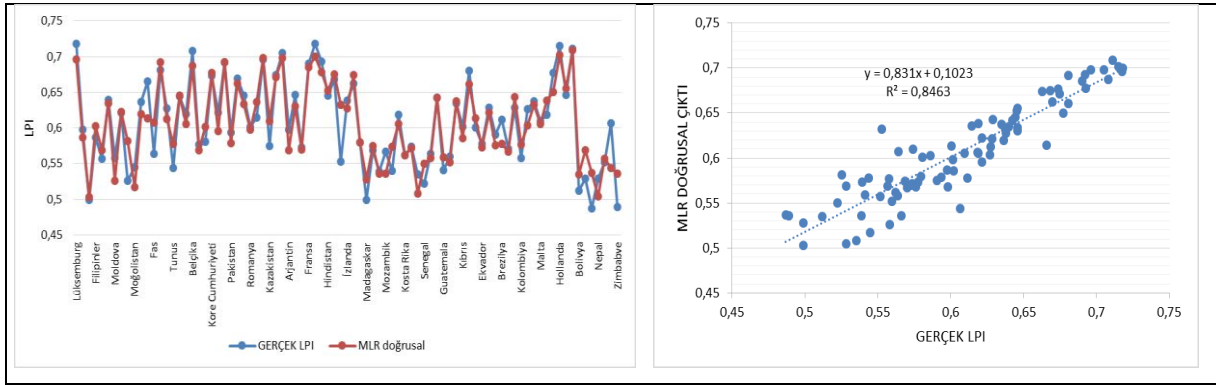
Altı farklı teknikle oluşturulan tahmin modellerinin en iyi model sonuçları şekil 6, 7, 8, 9, 10 ve 11'de gösterilmektedir.



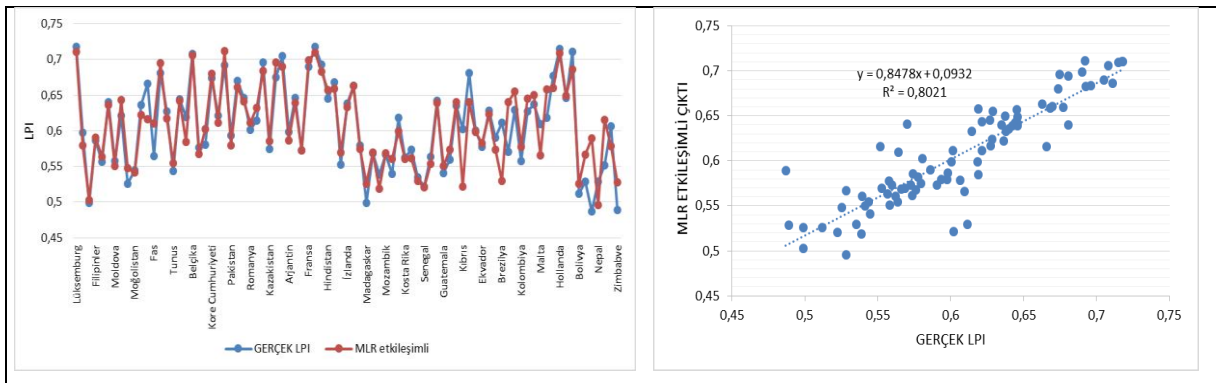
Şekil 6. Gerçek LPI değerleri ile ANFIS model sonuçlarının karşılaştırılması ve ANFIS model sonuçları ile gerçek LPI değerlerinin saçılım grafiği



Şekil 7. Gerçek LPI değerleri ile YSA model sonuçlarının karşılaştırılması ve YSA model sonuçları ile gerçek LPI değerlerinin saçılım grafiği

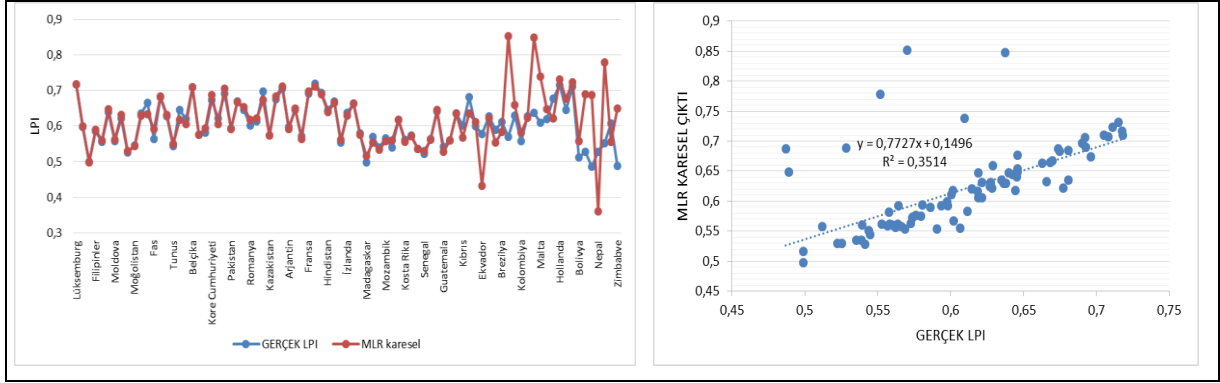


Şekil 8. Gerçek LPI değerleri ile MLR Doğrusal model sonuçlarının karşılaştırılması ve MLR Doğrusal model sonuçları ile gerçek LPI değerlerinin saçılım grafiği

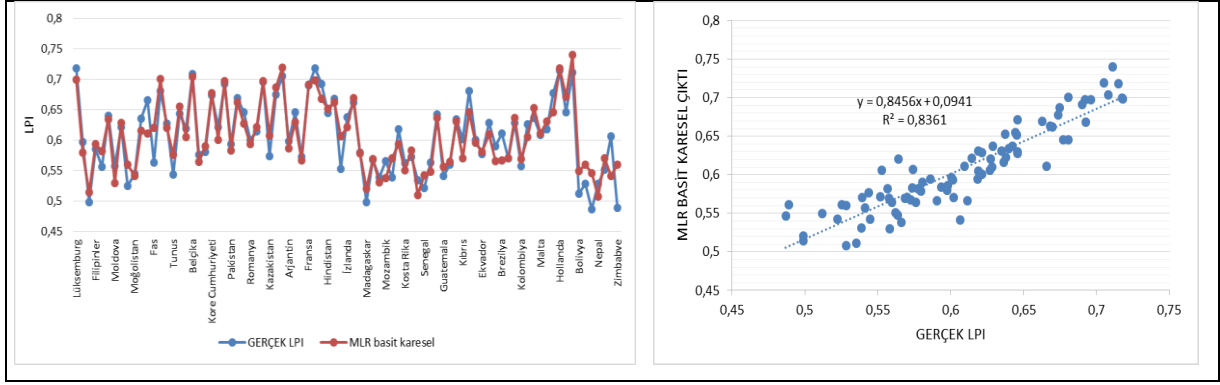


Şekil 9. Gerçek LPI değerleri ile MLR etkileşimli model sonuçlarının karşılaştırılması ve MLR etkileşimli model sonuçları ile gerçek LPI değerlerinin saçılım grafiği

Yapay Zekâ ve İstatistiksel Yöntemler ile Küresel Ticarete Rekabet Ölçütü Olan Lojistik Performans İndeksinde (LPI) Etken Parametrelerin Ülke Bazlı İncelenmesi ve Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi

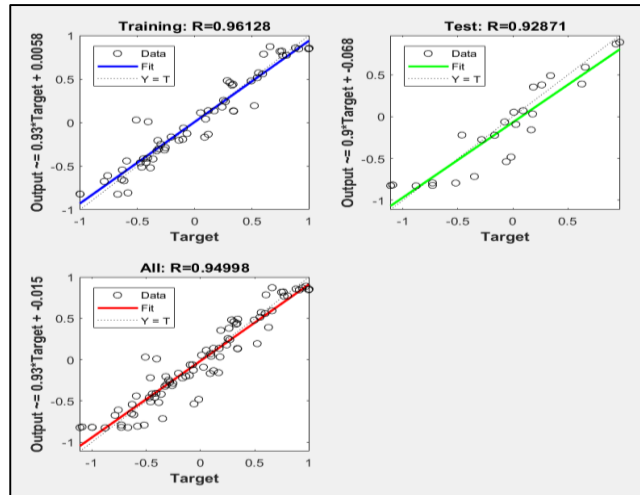


Şekil 10. Gerçek LPI değerleri ile MLR karesel model sonuçlarının karşılaştırılması ve MLR karesel model sonuçları ile gerçek LPI değerlerinin saçılım grafiği



Şekil 11. Gerçek LPI değerleri ile MLR basit karesel model sonuçlarının karşılaştırılması ve MLR basit karesel model sonuçları ile gerçek LPI değerlerinin saçılım grafiği

Altı teknik ile geliştirilen modellerden en iyi performansa sahip model YSA modelidir. En iyi YSA modelinin eğitim ve test periyotlarına göre ilişki grafikleri Şekil 12’de verilmektedir. MATLAB programında yapılan analiz sonucunda en iyi YSA modelinin ağırlık ve taban değerleri alınmış ve Denklem 2’de YSA formülü oluşturulmaktadır.



Şekil 12. En iyi YSA modelinin eğitim ve test sonuçlarının ilişki grafikleri

$$LPI_{YSA} = \text{purelin} \left(\tan \text{sig} \left(\begin{bmatrix} -2,13849 & 0,875191 & -0,15029 & 0,205434 & -1,45779 & -0,06178 & -0,11327 & -0,52984 \\ 0,937982 & 2,490775 & 3,434398 & 1,967771 & -2,72981 & -2,95108 & 1,68057 & 2,917624 \\ -2,08598 & 0,471223 & -1,17416 & -2,21344 & 3,134528 & 5,541638 & 0,754601 & 0,293774 \end{bmatrix}^T \right) \right. \\ \left. + \begin{bmatrix} \text{QPI} \\ \text{LSCI} \\ \text{BCF} \\ \text{AT} \\ \text{CSE} \\ \text{FE} \\ \text{MAE} \\ \text{MEE} \end{bmatrix}^T \times \begin{bmatrix} 1,538773 \\ 1,797445 \\ -6,74912 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -0,58553 & 0,293335 & 0,726483 \end{bmatrix}^T + |0,774719| \right) \quad (2)$$

Performans değerlendirme kriterleri her model için hesaplanmaktadır. Performans kriterleri hataların karesinin ortalaması (HKO), ortalama yüzde hata (OYH) ve model sonuçları ile gerçek LPI değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayısıdır (R). HKO ve OYH eşitlik 3 ve 4'teki gibi verilmektedir.

$$MSE = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N Y_{i(\text{real})} - Y_{i(\text{estimated})} \right)^2 \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \left| \sum_{i=1}^N Y_{i(\text{real})} - Y_{i(\text{estimated})} \right| \quad (4)$$

Altı modelin performans kriterleri Tablo 7'de verilmektedir. Performans değerleri incelendiğinde karşılaştırma grafikleri ile tutarlı sonuçlar elde edilmektedir. En az hata miktarı YSA modelinde görülmektedir. YSA modelinin R, MSE ve MPE değerleri sırasıyla % 94,998, 0,00035 ve %1,35'dir. YSA den sonra en iyi model, 0,00054 HKO ve %91,994 R ile MLR doğrusal modelidir. En kötü performansa sahip model ise %59,28 ilişki ve 0,00419 HKO ile MLR karesel modelidir.

Tablo 7. Tahmin modellerinin performans sonuçları

	R	HKO	OYH(%)
YSA	0,94998	0,00035	1,35
ANFIS	0,83185	0,00177	1,49
MLR doğrusal	0,91994	0,00054	1,73
MLR etkileşimli	0,89561	0,00071	1,81
MLR karesel	0,59280	0,00419	3,05
MLR basit karesel	0,91438	0,00058	1,84

4. Sonuçlar

Bu çalışmada ülkelerin küresel ölçekte lojistikteki önemini belirleyen lojistik performans indeksi(LPI) ve performans indeksine etken değişkenler üzerinde durulmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında LPI'ne etken parametrelerin ne ölçüde etkili olduğu kümeleme, SIMPER analizleri ile ortaya konulmaktadır. Analiz sonucunda LPI'nde en etkili parametrenin AT olduğu ortaya konulmaktadır. Ayrıca ülkelerin belirlenen parametrelere göre sınıflandırılmasında da AT parametresinin en etkili olduğu göze çarpmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde LPI'ne etken parametreler dikkate alınarak tahmin modelleri oluşturulmaktadır. Tahmin modellerinin karşılaştırılmasında HKO, OYH, R performans kriterleri dikkate alınmaktadır. Buna göre en iyi performansa sahip tahmin modeli YSA yöntemi ile oluşturulan modeldir.

Bu çalışmadan elde edilen LPI denklemleri dikkate alınarak, ülkelerin liman altyapı kalitesi, layner taşımacılığı bağlantı endeksi, gümrük giderleri, havayolu yük taşımacılığı, ticari hizmet ihracatı, gıda ihracatı, imalat ihracatı ve mal ihracatı göstergelerine bağlı olarak geleceğe yönelik ülkelerin lojistik performansları hakkında bilgi sahibi olacakları düşünülmektedir. Ayrıca ortaya konan denklemler sayesinde eşit ağırlıklı olarak belirlenen LPI değeri yerine farklı ağırlıklarda girdiler ile yeni LPI değeri belirlenmektedir. Bunun yanı sıra anket usulü belirlenen sübjektif LPI değeri yerine, bu çalışmadan elde edilen denklemler ile ülkelerin lojistik performans ölçütleri dikkate alınarak daha objektif LPI değerine ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Referanslar

- [1] Bayraktutan Y, Tüylüoğlu Ş, Özbilgin M. Lojistik sektöründe yoğunlaşma analizi ve lojistik gelişmişlik endeksi: Kocaeli örneği. *Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya İletme Fakültesi Dergisi* 2012; 4(3): 61-71.
- [2] Gergin R E, Baki B. Türkiye'deki bölgelerin lojistik performanslarının bütünleştirilmiş AHS ve TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi. *Business & Economics Research Journal* 2015; 6(4): 115-135.
- [3] Çemberci M, Civelek ME, Canbolat N. The moderator effect of global competitiveness index on dimensions of logistics performance index. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 2015; 195, 1514-1524.
- [4] Martí L, Puertas R, García L. The importance of the Logistics Performance Index in international trade. *Applied Economics* 2014; 46(24), 2982-2992.
- [5] Ulutaş A, Karaköy Ç. An analysis of the logistics performance index of EU countries with an integrated MCDM model. *Economics and Business Review* 2019; 5(4): 49-69.
- [6] Başar SI, Bozma G. (2017). Ülkelerin Lojistik Performanslarının Belirleyicileri. *Kafkas Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü* 2017; (20), 447-458.
- [7] Güner S ve Coskun E. Comparison of impacts of economic and social factors on countries' logistics performance: a study with 26 OECD countries. *Research in Logistics and Production* 2012; 2(4): 329-343.
- [8] Uca N, Civelek M E, Çemberci M. The effect of the components of logistics performance index on gross domestic product: conceptual model proposal. *Eurasian Business&Economics Journal* 2015;1: 86-93.
- [9] Karaköy Ç, Üre S. Yüksek ve orta gelirli ülkelerde büyüme ve lojistik performans endeksi arasındaki ilişki. *Al Farabi 4. Uluslararası sosyal bilimler kongresi Erzurum. 2019; 575-580, Erzurum.*
- [10] Jhavar A, Garg SK, Khera SN. Analysis of the skilled work force effect on the logistics performance index—case study from India. *Logistics Research* 2014; 7(1), 117.
- [11] <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/IQ.WEF.PORT.XQ> (10.10.2019)
- [12] <https://datacatalog.worldbank.org/liner-shipping-connectivity-index-maximum-value-2004-100> (10.10.2019)
- [13] <https://datacatalog.worldbank.org/burden-customs-procedure-wef-1extremely-inefficient-7extremely-efficient> (10.10.2019)
- [14] <https://datacatalog.worldbank.org/air-transport-freight-million-ton-km-1> (10.10.2019)
- [15] <https://www.imf.org/external/np/sta/bop/bopman.pdf> (10.10.2019)
- [16] [https://datacatalog.worldbank.org/search?search_api_views_fulltext_op=AND&query=Commercial%20service%20exp%20orts%20\(current%20US\\$\)&nid=&sort_by=search_api_relevance&sort_order=DESC](https://datacatalog.worldbank.org/search?search_api_views_fulltext_op=AND&query=Commercial%20service%20exp%20orts%20(current%20US$)&nid=&sort_by=search_api_relevance&sort_order=DESC) (10.10.2019)
- [17] <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/TX.VAL.FOOD.ZS.UN> (10.10.2019)
- [18] <https://datacatalog.worldbank.org/manufactures-exports-merchandise-exports-0> (10.10.2019)
- [19] <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/TX.VAL.MRCH.CD.WT> (10.10.2019)
- [20] <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/LP.LPI.OVRL.XQ> (10.10.2019)
- [21] <https://www.worldbank.org/> (10.10.2019)
- [22] Dal K, Cansiz OF, Ornek M, Turedi Y. Prediction of footing settlements with geogrid reinforcement and eccentricity. *Geosynthetics International* 2019; 26 (3): 1-12.
- [23] Unes F, Joksimovic D, Kisi O. Plunging flow depth estimation in a stratified dam reservoir using neuro-fuzzy technique. *Water Resour. Manage* 2015; 29: 30055-3077.
- [24] Jang JSR, Sun CT, Mizutani E. Neurofuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence *IEEE Transactions on Automatic Control* 1997; 42(10): 1482-1484.
- [25] <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/gaussmf.html> (21.11.2019)
- [26] Karayiannis N, Venetsanopoulos A N. (2013). *Artificial neural networks: learning algorithms, performance evaluation, and applications* (Vol. 209). Springer Science & Business Media.