

Türkiye İçin Anfis Modeli İle Birincil Enerji Talep Tahmini

Forecasting Primary Energy Demand By Using ANFIS Model for Turkey

Turgut BAYRAMOĞLU¹, Hakan PABUÇCU², Füsün ÇELEBİ BOZ³

ÖZET

Enerji talebi; ekonomik büyüme, enerji fiyatları, nüfus, şehirleşme ve verimlilik gibi bir dizi faktöre bağlıdır. Bu nedenle, ülkelerin iktisadi açıdan gelişiminde enerji talebinin oldukça önemli bir yeri vardır. Buradan hareketle bu çalışmada, enerji talebinin belirleyicisi olan ve literatürde üzerinde en fazla durulan göstergelerden yararlanılarak, 2016-2030 yılları arasında Türkiye'nin enerji talebi, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Söz konusu göstergeler; OECD ülkelerinin 1990-2030 yılları arasındaki dönemi kapsayan büyüme rakamları, nüfus ve enerji fiyatları bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Araştırmanın bağımlı değişkeni ise bu ülkelerin birincil enerji talepleridir. Yapılan analiz sonucunda, Türkiye'nin gelecekteki enerji talebinde diğer gelişmiş ülkelere benzer bir şekilde büyük bir artış olabileceği tespit edilmiştir. Ancak petrol ve doğal gaz gibi birincil kaynaklara dayalı enerji talebinde çok ciddi bir değişme olmayacağı sonucuna varılmıştır. Yapılan analizle, literatürde daha önce büyüme ve nüfusa dayalı çalışmalar yapılmış ancak enerji fiyatlarına dayalı olarak kayda değer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Diğer değişkenlerle beraber enerji fiyatları da çalışmaya dâhil edilerek literatürdeki bir boşluk doldurulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Fiyatları, Enerji Talebi, ANFIS, Türkiye Enerji Tahmini

ABSTRACT

Energy demand depends on a series of factors such as economic growth, energy prices, population, urbanization and efficiency. Therefore, energy demand has a very important place for economic development. In this study, some indicators are benefited from determinants of energy demand and particularly emphasize indicators in literature. Energy demand of Turkey has been investigated by using ANFIS model between 2016-2030. The relevant indicators are used as growth rate, population and energy prices as independent variable. The dependent variable of this study is energy demand of these countries. According to ANFIS result, energy demand of Turkey will increase as it does in other countries. However, energy demand will not change dramatically depending on primary energy sources such as oil and natural gas. In literature, there are studies related to growth and population. Yet, in this study, not only growth and population, but also energy prices are considered. The gap in the literature is aimed to be filled by including energy prices with other variables.

Keywords: Energy Prices, Energy Demand, ANFIS, Energy Demand of Turkey

1.GİRİŞ

Enerji, hayatın her alanında kullanılan en temel faktörlerden birisidir. Ancak iktisadi olarak incelenmesi 1970'li yıllardan sonraya dayanır. Bunun nedeni enerji krizlerinin bu tarihlerde başlamasıdır. Ayrıca enerjinin üretim süreçleri için vazgeçilemez bir unsur olması ve enerji kullanımının gelişmişliğin bir göster-

gesi olması bakımından bu tarihten sonra bilimsel açıdan daha fazla dikkati çekmiştir. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek dönemdeki enerji ihtiyaçlarını da garanti altına almak istemektedirler. Enerji talebi ülkelerin nüfuslarına, şehirleşme hızlarına, büyüme hızlarına, teknolojik gelişme hızlarına, enerji fiyatlarına göre her geçen gün artmaktadır (Paul ve

¹Yrd. Doç. Dr. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, tbayramoglu@bayburt.edu.tr

²Yrd. Doç. Dr. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, hpabuccu@bayburt.edu.tr

³Yrd. Doç. Dr. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, fcelebi@bayburt.edu.tr

Bhattacharya, 2004; Sözen vd., 2005; Khan ve Ahmed, 2008; Aydın, 2010; Costantini ve Martini, 2010; Esen ve Bayrak, 2015;). Ancak enerji talebinin belirleyicileri arasında öne çıkan göstergeler; ülkelerin nüfusları, büyüme hızları ve enerji fiyatlarıdır.

Ülkeler gelişme seyirlerini devam ettirmek ve gelişmiş ülke statüsüne çıkmak için daha fazla enerji tüketmek durumunda kalacaklardır. Bu ise enerji talebinin bugün olduğu gibi gelecek yıllarda da önemli olacağını göstermektedir. Enerji talebi yelpazesini gelecekte değiştirecek olan unsurlardan bazıları şunlardır: Gelişen yeni enerji teknolojileri, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji üretimindeki artışlar ve düşük karbon yoğunluklu enerji teknolojileri (WWF-Türkiye, 2015). Dünyanın ve seçilmiş bazı bölgelerin 2030 yılına kadar olan enerji talep senaryolarına bakıldığında, özellikle OECD ve AB gibi gelişmiş bölgelerin, birincil enerji üretim ve tüketim miktarları düşmektedir. Buna karşın Asya, Afrika ve Latin Amerika gibi gelişmemiş bölgelerin üretim ve tüketim miktarlarının önemli ölçüde arttığı, Orta Doğu gibi bazı bölgelerin ise çok az artışlar gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlara sebep olan etkilerin enerji sektöründe var olan ve gittikçe güçlenen eğilimler olduğu söylenebilir. Türkiye ise gelişmekte olan bir ülke olarak enerji talebini her geçen gün artıran bir ülkedir ve enerji görünümü nispeten OECD ülkelerine benzemektedir. Bu sebeplerle yapılan bu çalışma ile görülmüştür ki Türkiye için gelecek yıllarda fosil yakıtlara dayalı enerji tahmini değerlerinin çok değişmediği (2016 yılında birim hâsıla başına tüketilen enerji miktarı olan 9.72 TEP birincil kaynaklara dayalı enerji talep tahminininin 2030 yılında 9.73 TEP olarak nerede ise aynı düzeyde kaldığı) görülmektedir.

Çalışmada, önce dünyanın, bazı seçilmiş bölgelerin ve Türkiye'nin enerji görünümü ve 1990'lı yıllardan 2030'lu yıllara enerji senaryoları gösterilmiş, enerji talebinin belirleyicileri tanıtılmış, farklı yöntemlerle enerji talep tahmini yapan literatürdeki çalışmalar özet olarak sunulduktan sonra uygulamalı olarak yapay zeka tekniklerinden biri olan ANFIS model ile Türkiye'nin 2030 yılına kadar birincil kaynaklara dayalı enerji talep tahmini yapılmıştır.

2. DÜNYA VE TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Ekonominin en temel belirleyicilerinden birisi olan enerji bütün ülkeler için önemli bir üretim faktörüdür. Enerji talebinin belirleyicilerinden olan nüfusun ise 2030 yılına gelindiğinde dünya çapında 9 milyara dayanacağı, ortalama büyüme hızının % 3.2 olacağı ve yeni bir enerji kaynağı ya da teknolojisi bulunmadığı takdirde enerji fiyatlarının artacağı beklenmektedir. Bu durumun ise enerji talebini ortalama yılda % 1.4 oranında olmak üzere 2030 yılına kadar % 35 civarında artıracığı beklenmektedir. Ayrıca, bu artışın sağlanması için 38 trilyon dolarlık bir enerji yatırımına ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmektedir (BP Enerji Outlook, 2016).

Her ne kadar enerji talebi bu hızla artış gösterse de karbon yoğunluğu düşük enerji teknolojilerine geçileceği, enerji arzının çeşitleneceği ve bu enerji türlerine bağımlılığın azalacağı tahmin edilmektedir. Yenilenebilir enerji üretim hızları beklentilerden daha yüksek olup, % 3 olan enerji yelpazesindeki paylarının 2030 yılında yaklaşık % 9 olacağı tahmin edilmektedir.

Tablo 1: Dünya ve Seçilmiş Bazı Bölgeler Enerji Talebi Senaryosu, (Mtoe⁴) (2015)

		1990	2013	2020	2025	2030	YBO ⁵ 2013-2030 (%)
Dünya	TPED ⁶	8 790	13 579	14 623	14 999	15 370	0.7
	Enerji Üretimi	2 987	5 173	5 516	5 659	5 846	0.7
	Toplam Nihai Tüketim	6 298	9 095	10 027	10 400	10 729	1.0
OECD	TPED	4 525	5 293	5 275	5 083	4 919	-0.4
	Enerji Üretimi	1 718	2 196	2 177	2 108	2 060	-0.4
	Toplam Nihai Tüketim	3 108	3 597	3 632	3 531	3 430	-0.3
Avrupa Birliği	TPED	1 642	1 620	1 548	1 471	1 411	-0.8
	Enerji Üretimi	646	698	665	630	615	-0.7
	Toplam Nihai Tüketim	1 131	1 128	1 102	1 069	1 030	-0.5
OECD Dışı Ülkeler	TPED	4 064	7 930	8 956	9 501	10 009	1.4
	Enerji Üretimi	1 268	2 978	3 339	3 551	3 786	1.4
	Toplam Nihai Tüketim	2 989	5 141	6 004	6 454	6 857	1.7
Orta Doğu	TPED	211	689	792	840	888	1.5
	Enerji Üretimi	62	235	247	255	269	0.8
	Toplam Nihai Tüketim	150	461	566	612	655	2.1
Afrika	TPED	391	750	880	960	1 039	1.9
	Enerji Üretimi	68	156	183	206	241	2.6
	Toplam Nihai Tüketim	292	545	639	690	739	1.8
Latin Amerika	TPED	331	621	675	722	759	1.2
	Enerji Üretimi	66	169	177	190	207	1.2
	Toplam Nihai Tüketim	250	468	523	567	597	1.4

Kaynak: IEA, 2015, 154-185.

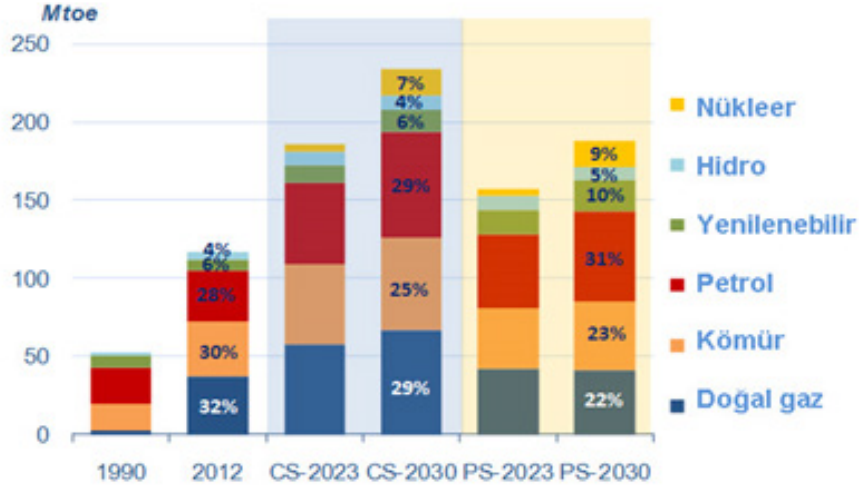
Tablo 1'deki değerlere bakıldığında ilk göze çarpan toplam nihai tüketimin bütün bölgelerde ve dünyada enerji üretiminden fazla olduğudur. Diğer bir husus OECD ve AB gibi gelişmiş bölgelerde elektrik ve ısınma hariç toplam birincil enerji talebinin 2013 yılına kadar arttığı ve bu tarihten sonra ise bir azalma olduğu görülmektedir. Gelişmekte olan ve gelişmemiş bölgelerde ise toplam birincil enerji talebinde bir artma

görülmektedir. 2013 yılından 2030 yılına kadar enerji üretimini oran olarak en fazla artıran bölge Afrika Bölgesidir. Dünyanın toplam birincil enerji talebi 15, 370 Mtoe iken, enerji üretiminin ancak üçte biri oranında 5,846 Mtoe olduğu tahmin edilmektedir. Gelişmiş bölgelerde ve genel olarak dünyada enerji üretimindeki düşüş, yenilenebilir enerjilere ve karbon yoğunluğu az enerji teknolojilerine geçişle açıklanabilmektedir.

⁴Mtoe: Milyon Ton Eş Petrol

⁵YBO: Yıllık Büyüme Oranı

⁶TPED: Elektrik ve ısınma hariç Toplam Birincil Enerji Talebi

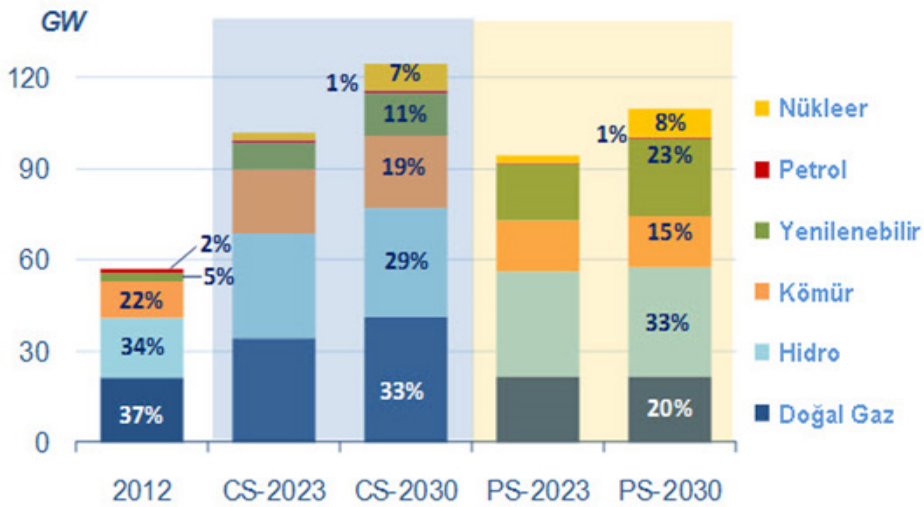


Şekil 1: Türkiye Birincil Enerji Talebi Tahmini

Kaynak: TENVA, 2016

Şekil 1’de Türkiye’nin birincil enerji talebinin seyri verilmiştir. Türkiye gelişmekte olan bir ülke olarak enerji talebi hızla artan bir ülkedir. Türkiye’nin, gelişmekte olan diğer ülkeler gibi enerji talebinin 2030 yılına kadar iki katına çıkması beklenmektedir. Fosil yakıtların enerji talebinde ağırlığı devam etmekle beraber yenilenebilir enerji üretiminde artışlar olması beklenmektedir. Türkiye için 2030 yılına kadar proaktif senaryoya (PS) göre enerji bileşiminde yenilenebilir kaynakların payının % 15’in üzerinde artması ve

nükleer enerji payının % 9’a çıkması beklenmektedir. PS’ye göre 2030 yılında Türkiye’nin birincil enerji talebinin % 22’si doğal gaz, % 23’ü kömür, % 31’i petrol, hidroelektrikle beraber % 15’i yenilenebilir enerjiler ve % 9’unun nükleer enerjiden karşılanması beklenmektedir. Fosil yakıt oranının ise büyük ölçüde azaltılarak 2013 yılına göre % 90’lardan % 76’lara indirilmesi ve yerli kaynaklara başvurarak, enerji bağımlılığının azaltılması amaçlanmaktadır (TENVA, 2016).



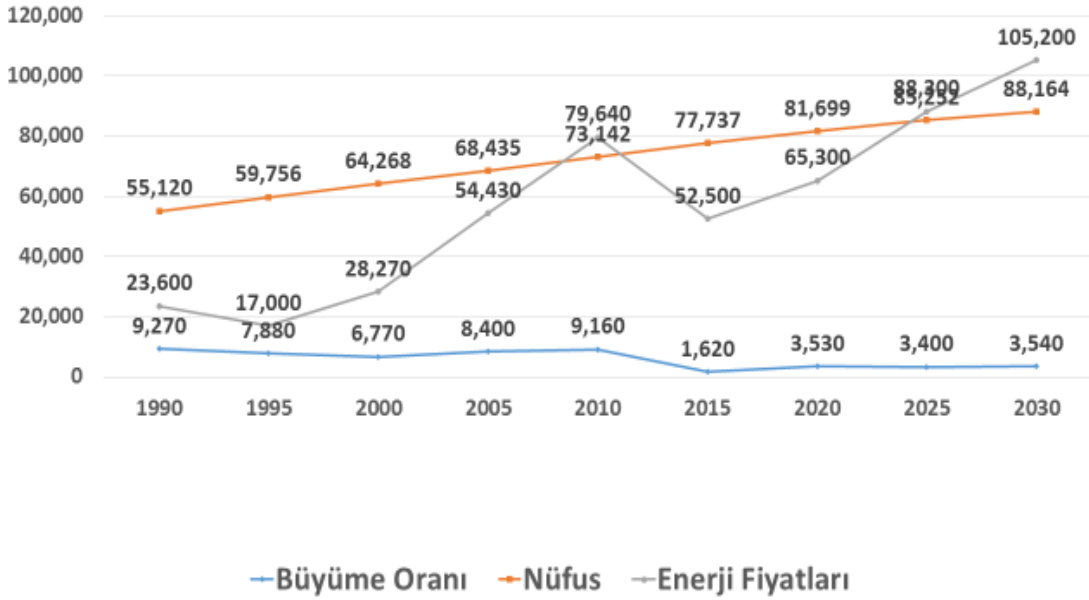
Şekil 2: Türkiye Gelecek Enerji Üretim Tahmini

Kaynak: TENVA, 2016

Şekil 2'den anlaşıldığı üzere Türkiye için enerji üretiminin % 58 ile fosil yakıtlardan, hidroelektrik ile beraber % 48'i yenilenebilir enerjilerden ve % 8 ise nükleer enerjiden karşılanması beklenmektedir. Yenilenebilir enerjilerin enerji yelpazesindeki payının ciddi artış gösterdiği ve fosil yakıtların payının azaldığı şekilde açıkça görülmektedir. Bu eğilim dünya ile benzerlik göstermektedir.

Enerji talebi ve arzı ile ilgili söylenebilecek son söz, enerji yelpazesinde enerji türlerinin ağırlıkları

geleceğe doğru değişse de dünyanın ve özelde de Türkiye'nin enerji talebinin artacağı enerji otoriteleri ve bilim insanlarınca tahmin edilmektedir. Artan enerji talebini karşılamak için ülkeler yerli enerji kaynaklarına yönelmekte, yeni enerji teknolojilerine dayalı üretimlerini artırmaya ve çeşitlendirmeye çalışmaktadır. Şekil 2'den anlaşıldığı üzere Türkiye'de 2030'lara doğru özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının payının arttığı gözlenmektedir.



Şekil 3: Türkiye için 2030-1990 arası Büyüme Oranları, Nüfus ve Birincil Enerji Fiyatları
Kaynak: OECD, 2016

Şekil 3'den anlaşıldığı üzere Türkiye için büyüme değerleri 2010 yılına kadar ortalama nispeten istikrarlı iken, 2010 ile 2015 arası büyük bir düşüş yaşanmıştır. Gelecek tahminleri ise ortalama % 3 düzeyinde düşük seyretmiştir. Nüfus değerlerine bakıldığında sürekli bir artış olduğu ancak birincil enerji fiyatlarının 2010 yılına kadar arttığı, 2010-2015 arası büyük bir düşüşe geçtiği ve 2015 ten sonraki tahminlerin ise arttığı görülmektedir.

3.ENERJİ TALEBİNİN BELİRLEYİCİLERİ

Enerji talebi ya da diğer bir deyişle enerji tüketimini belirleyen unsurlara bakıldığında, ülkelerin milli gelirlerindeki artış yani ekonomik büyüme akla gelmektedir. Ekonomik büyümenin dışında, enerji fiyatlarındaki değişim, verimlilik, nüfus artışı, şehirleşme ve modernleşme enerji talebini belirleyen faktörler

olarak nitelendirilmektedir (Esen ve Bayrak, 2015:48). Sanayileşme sürecinde üretim faaliyetlerindeki artış sonucunda sadece emek ve sermaye değil aynı zamanda enerji ihtiyacı da artmıştır. Bu bağlamda ekonomik büyüme enerji kullanımını da teşvik eden bir unsur haline gelmiştir (Bayraktutan, 2012:30). Günümüzde ülkelerin ekonomik büyümelerini gerçekleştirebilmeleri için enerji girdisi kaçınılmaz bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla enerji ihtiyacı, hem bu kaynağa sahip olan ülkeler hem de bu kaynaktan yoksun olan ülkeler açısından önem arz etmekte ve ülkelerin enerji politikalarını şekillendirmektedir (Ersoy, 2010:6).

Enerji fiyatlarındaki değişim de enerji talebini belirleyen bir diğer unsur olarak nitelendirilebilmektedir. Arz ve talepteki değişime bağlı olarak, enerji girdisinde fiyat değişimleri meydana gelebilmekte-

dir. Küresel ölçekteki ekonomik ya da siyasi gelişmeler, hem enerji arzını hem de enerji talebini etkilediği için enerji fiyatları üzerinde etkili olabilmektedir. Dolayısıyla enerji talebi kadar enerji arzının da güvenilir bir şekilde sağlanması önem arz etmekte, enerjiye ulaşım gücünün ortaya çıkması maliyetlere yansıdığı için fiyat artışlarına neden olabilmektedir. Böylelikle maliyet artışları sonucunda üretim faaliyetleri yavaşlamakta ve ekonomik büyüme olumsuz yönde etkilenmektedir (Solak, 2012:119-120).

Şehirleşme ve modernleşme süreci ile beraber dünyadaki nüfus oranları artış göstermektedir. Nüfus artışına bağlı olarak daha fazla kişinin tüketim ihtiyacı ortaya çıkmakta ve üretim faaliyetleri genişlemektedir. Genişleyen üretim faaliyetleri sonucunda ise enerji kullanım oranları artmaktadır. Dünyadaki nüfus artışına baktığımızda, OECD dışındaki düşük ve orta gelirli ülkelerin nüfusunun 2030 yılında %90'lara ulaşacağı ve sanayileşme, kentleşme olgusuna bağlı olarak Gayri Safi Yurt İçi Hâsıladaki büyüme oranının %70'lere ulaşacağı söylenebilmektedir. Dolayısıyla

aralarında Çin, Hindistan gibi ülkelerin yer aldığı gelişmekte olan piyasalarda enerji talebindeki artışın %90'ların üzerinde olacağı beklenmektedir (BP Energy Outlook, 2013:9).

Enerji verimliliği, aynı ürün ya da hizmeti daha az enerji ile elde etmek ya da aynı birim enerji ile daha fazla ürün elde etmek şeklinde tanımlanmaktadır. Ekonomideki gelişmelerle birlikte enerji talebinin artması kaçınılmaz bir durumdur. Ancak artan enerji talebi için yatırımların yapılması dışında, enerji tasarrufuna yani enerji verimliliğine önem verilmesi gerekmektedir. Bu nedenle enerji açığı tasarruflardan sağlanan bedava enerji ile karşılanabilmektedir (TM-MOB, 2012: 21).

4.LİTERATÜR ÖZETİ

Türkiye'nin enerji talebinin tahmin edilmesinde genellikle yapay sinir ağları olmak üzere farklı yöntemlerle enerji talebi tahminleri yapılmıştır. Bu çalışmaların özeti Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Literatür Özeti

Yazar	Yıl	Yöntem	Sonuç
Hamzaçebi ve Kutay	2004	Yapay Sinir Ağları	Yapay Sinir Ağlarının elektrik enerjisi tüketiminin tahmininde iyi bir tahmincidir.
Görücü ve Gümrah	2004	Çok Değişkenli Analiz	Ankara'nın gaz tüketimi ile ilgili 2002 ve 2005 yılları için tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.
Görücü vd.	2004	Yapay Sinir Ağları	Ankara'nın gaz tüketimi ile ilgili 2002 ve 2005 yılları için enerji tahmininde bazı iyimser ve kötümser senaryolar ortaya çıkmıştır.
Ceylan ve Öztürk	2004	Genetik algoritma	Türkiye'nin GSYH, nüfus, ihracat ve ithalat verileri kullanılarak 2020 ve 2025 yılları için enerji tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Analiz sonucunda göreceli olarak bu modeldeki tahmin hatası en düşüktür.
Yumurtacı ve Asmaz	2004	Lineer Regresyon Modeli	Türkiye'nin nüfus artışı ve kişi başına enerji tüketim artışı kullanılarak 1980-2050 projeksiyonuna bağlı olarak enerji ihtiyacı tahmin edilmiştir. Türkiye'nin enerji ihtiyacının yıllık olarak artacağı belirlenmiştir.
Ceylan vd.	2005	Genetik algoritma	Türkiye'nin 2000-2020 yılları arasında enerji üretimi ile enerji dışı üretim ve tüketimi tahmin edilmiştir. İyi korelasyonların elde edilmesine bağlı olarak bu model uygulanabileceğine karar verilmiştir.
Canyurt vd.	2005	Genetik algoritma	Türkiye'nin GSYH, nüfus, ihracat ve ithalat verileri kullanılarak gelecekteki enerji tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Analiz sonucunda yüksek korelasyona bağlı olarak modelin anlamlı olduğu vurgulanmıştır.
Öztürk vd.	2005	Genetik algoritma	Model 2002 ve 2005 için tatmin edici sonuçlar elde etmektedir.
Haldenbilen ve Ceylan	2005	Genetik algoritma	Nüfus, Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla ve araç-km değişkenleri kullanılarak Türkiye'nin 2020'ye kadar sektörel enerji talebi tahmin edilmiştir. Bu modelin enerji tahmininde iyi bir model olduğuna karar verilmiştir.
Sozen, Akçayol ve Arcaklıoğlu	2006	Yapay Sinir Ağları	Enerji tüketim tahmininde kullanılabilir bir yaklaşımdır.

Yazar	Yıl	Yöntem	Sonuç
Murat ve Ceylan	2006	Yapay Sinir Ağları	Ortalama toplam enerji, GSMH ve nüfus değişkenleri kullanılarak yapılan analiz, 1970-2001 verilerini kullanarak yapılmış olunan tahmin sonucunda yapay sinir ağlarının enerji tahmininde uygun bir metod olduğu ortaya çıkmıştır.
Say ve Yücel	2006	Regresyon Analizi	Türkiye'nin 1970-2002 yılları arasındaki nüfus, GSMH, toplam enerji tüketimi ve karbon emisyonu verileri kullanılarak 2015 yılına kadar tahmin yapılmaya çalışılmıştır.
Tunç	2006	Regresyon Analizi	Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketim oranları 2010 ve 2020 yılları için tahmin edilmiştir.
Sozen ve Arcaklıoğlu	2007	Yapay Sinir Ağları	Ekonomik göstergelere dayalı net enerji tüketimi tahmininde yapay sinir ağlarının uygunluğu ortaya konulmuştur.
Toksarı	2007	Karınca Kolonisi Optimizasyon Yaklaşımı	Nüfus, GSYH, ithalat ve ihracat verileri kullanılarak 2025'e kadar Türkiye'nin enerji talebi tahmin edilmiştir. Bu modelde ekonomik göstergelerdeki dalgalanmalardan dolayı daha iyi sonuçlar alınmıştır.
Ediger ve Akar	2007	ARIMA	Türkiye'nin birincil enerji talebi 2005-2020 yılları arasında tahmin edilmiş ve ortalama yıllık bireysel enerji kaynaklarındaki büyüme oranları ile toplam birincil enerji kaynakları odun, hayvan ve bitkisel atıklar dışında azalacaktır.
Erdođdu	2007	ARIMA ve Kointegrasyon modeli	Türkiye'nin elektrik talebi ile ilgili yapılmış olan tahmin sonucunda birinci olarak, tüketicilerin gelir ve fiyat değişmelerine duyarlılığının oldukça sınırlı olduğu ve elektrik piyasasında düzenlemeye ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Ceylan vd.	2008	Meta-Heuristik Harmonik Araştırma Algoritma Yöntemi	Türkiye'nin ulaşım sektöründe enerji tüketimi tahmin edilmiş, sonucunda Harmonik Araştırma Yönteminin yararlı olduğu, alt ve üst değerlerin enerji politikalarında esneklik sağlayacağı tespit edilmiştir.
Ünler	2008	Particle Swarm Optimizasyonu	GSYH, nüfus, ihracat ve ithalat verileri kullanılarak Türkiye'nin enerji talebi tahmin edilmiştir. Bu modele bağlı tahminin daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Kavaklıoğlu vd.	2009	Yapay Sinir Ağları	Nüfus, GSMH, ithalat ve ihracat değişkenlerinin 1975-2006 yılları arasındaki veriler kullanılarak 2027'e kadar elektrik tahmini yapılmış ve bu modelin gelecekte elektrik tüketim tahmini için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Wang	2009	Yapay Sinir Ağları	GSYH ve girdi değişkenler kullanılarak model tahmin edilmiş ve modelin sonucunda yapay sinir ağları ile tahminin ekstrapolasyon tahminine göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır
Hotunoğlu ve Karakaya	2011	Yapay Sinir Ağları	Türkiye'nin toplam enerji talebi tahmini 2030 yılına kadar üç senaryo ile araştırılmış ve ortaya çıkan sonuçlara göre resmi kurumların tahmininin çalışmanın tahmininden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
Kaynar vd.	2011	Yapay Sinir Ağları ve ARIMA modeli	Türkiye'nin doğalgaz talebiyle ilgili tahminde bulunulmuş ve yapay sinir ağlarının ARIMA modellerinden daha iyi olduğu belirtilmiştir.
AbuAl-Foul	2012	Yapay Sinir Ağları	Ürdün'ün 2008-1976 verileri kullanılarak 2020 ,2015 ve 2025 enerji kullanımını sırasıyla 8349, 9269 ve 10189 Kt şeklinde elde etmişlerdir.
Bayrak ve Esen	2013	Yapay Sinir Ağları	Türkiye'nin enerji açığı ve enerji talebi öngörüsü yapılmıştır.
Es vd.	2014	Yapay Sinir Ağları	Türkiye'nin net enerji talep tahmini 2011-2025 yılları arasında incelenmiş ve yapay sinir ağları modelinin üstünlüğü görülmüştür.
Mahmutoğlu ve Öztürk	2015	Box Jenkins (ARMA-Otoregresif Hareketli Ortalama) Yöntemi	Türkiye'nin 2015-2023 yılları arasında brüt elektrik tüketiminin Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığının senaryosuna yakın sonuçlar tahmin edilmiş, 2018 yılından itibaren ise yüksek talep senaryosuna yaklaşıldığı belirlenmiştir.

4.1.Yöntem

Bu çalışmada toplam birincil enerji tüketimini belirleyen bazı değişkenler kullanılarak Türkiye için 2030 yılına kadar enerji tüketim tahmini yapılmıştır. Bu amaçla geleceğe yönelik öngörü problemlerine çok başarılı sonuçlar üreten yapay zekâ tekniklerinden birisi olan ANFIS model kullanılmıştır. Geleneksel matematiksel yöntem ve araçlarla, problemi oluşturan tüm faktörlerin tespit edilemediği, içerisinde belirsizlik barındıran ve sübjektif kriterlerin probleme dâhil edilmesi gerektiği sistemlerin modellenmesi oldukça zor ve özellikle tahmin başarısı açısından yetersizdir. Bunun aksine bulanık çıkarım sistemleri, bulanık "eğer-o halde" kurallarını insan bilgisi ve akıl

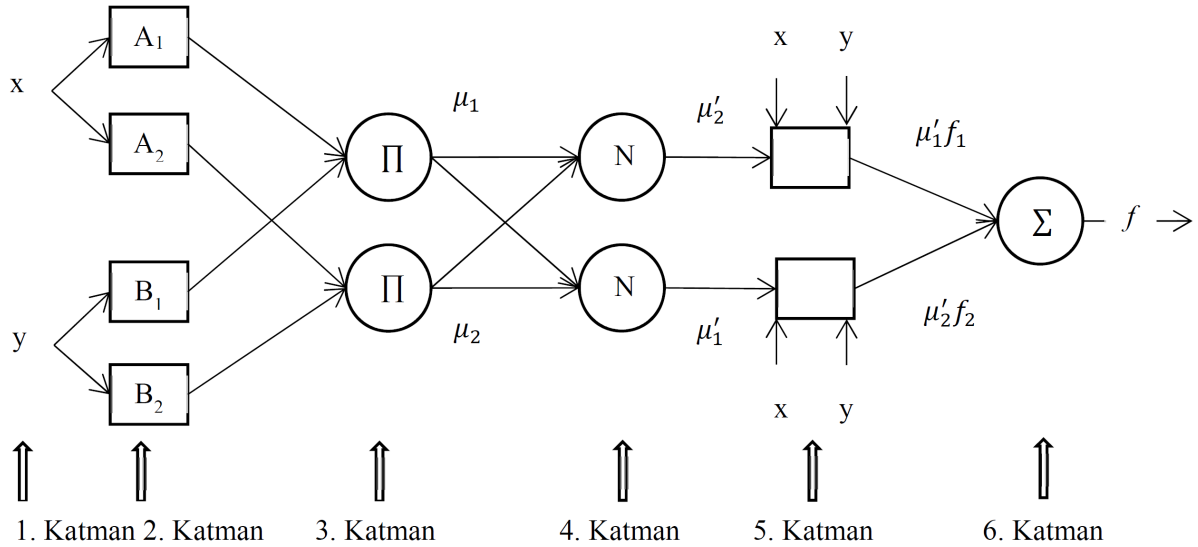
yürütme sürecini kullanmak adına sistemlere dahil ederek çok daha iyi sonuçlar üretebilmektedir. Bulanık modelleme ilk olarak Takagi ve Sugeno (1985) tarafından geliştirilmiş birçok karar verme (Hirota ve Pedrycz, 1994a, Hirota ve Pedrycz, 199b) ve tahmin (Kandel, 1991) mekanizmasına uygulanmıştır.

Modelin mimarisi ve genel yapısı x ve y gibi iki girişli iki bulanık "eğer-o halde" kurallı eşitlik (1) ve (2) Takagi Sugeno tipi ANFIS mimarisi şekil 4'de sunulmuştur.

Modelin mimarisi ve genel yapısı x ve y gibi iki girişli iki bulanık "eğer-o halde" kurallı eşitlik (1) ve (2) Takagi Sugeno tipi ANFIS mimarisi şekil 4'de sunulmuştur.

$$R_1 \text{ Eğer } x A_1 \text{ ve } y B_1 \text{ ise o halde } f_1 = p_1x + q_1y + r_1 \quad (1)$$

$$R_2 \text{ Eğer } x A_2 \text{ ve } y B_2 \text{ ise o halde } f_2 = p_2x + q_2y + r_2 \quad (2)$$



Şekil 4: İki Girişli İki Kurallı Sugeno Tip Bulanık Çıkarıma Eş ANFIS Mimarisi ANFIS mimarisi içerisindeki her katmana ait düğüm işlevleri ve dolayısıyla katmanların işlevleri sırasıyla şu şekildedir (Jang, 1991; Jang, 1993; Fullér, 1995).

1. Katman: Bu katmandaki her düğüm girdi sinyallerini bir diğer katmana herhangi bir toplama ya da aktivasyon işlemi uygulamadan aktarmaktadır.

2. Katman: Bu katmandaki kare ile gösterilen düğümler A_i ve B_i gibi birer bulanık kümeyi temsil

eder. Bu katmandaki düğümlerin çıkış değerleri girdi örneklerine ve kullanılan üyelik fonksiyonlarına bağlı olan üyelik derecelerdir. Bu düğümlerden elde edilen üyelik dereceleri veya düğüm çıkışları Eşitlik (3) ile hesaplanmaktadır.

$$\begin{cases} \sigma_i^2 = \mu_{A_i}(x) \\ \sigma_i^2 = \mu_{B_i}(y) \end{cases}, i = 1, 2$$

(3)

3. *Katman*: Bu katmandaki her düğüm Π ile etiketlenmiştir ve tüm girdi sinyallerinin çarpımını ifade etmektedir. Düğüm çıkışı da Eşitlik (4) ile hesaplanmaktadır.

$$o_i^3 = \mu_i = \mu_{Ai}(x)\mu_{Bi}(y), i = 1, 2 \quad (4)$$

4. *Katman*: Bu katmandaki her düğüm çember ile ifade edilmiş ve "N" ile etiketlenmiştir. i . düğümde i . kuralın normalleştirilmiş eşik değeri Eşitlik (5) ile hesaplanır.

$$o_i^4 = \mu_i' = \frac{\mu_i}{\mu_1 + \mu_2}, i = 1, 2 \quad (5)$$

5. *Katman*: Her i düğümü, düğüm işlevi ile uyarlamalı bir düğümdür ve her i düğümü sonuç ağırlıkları değerini hesaplar. Düğüm çıkışı Eşitlik (6) yardımıyla hesaplanır.

$$o_i^5 = \mu_i' f_i = \mu_i'(p_i x + q_i y + r_i) \quad (6)$$

6. *Katman*: Bu katmandaki düğüm çember ile ifade edilmiş olup \sum ile etiketlenmiştir. Bu katmanda gelen bütün sinyallerin toplamı olarak toplam çıktı f hesaplanmaktadır. Eşitlik (7) ile ağırlıklı gerçek çıkışı hesaplanmaktadır.

$$o^6 = f = \sum_i \mu_i' f_i = \frac{\sum_i \mu_i' f_i}{\sum_i \mu_i'} \quad (7)$$

5. Uygulama

Enerji tüketim tahmini için yapay zekâ tekniklerinden birisi olan ANFIS model uygulaması yapılmıştır. ANFIS model literatürdeki uygulamalar incelendiğinde özellikle mühendislik olmak üzere birçok alanda çok başarılı sonuçlar üretebilmektedir.

5.1. Veri

Çalışmanın örneklemini OECD ülkeleri oluşturmaktadır. Enerji ihtiyacının belirleyicileri olarak GSYİH, nüfus ve enerji fiyatları açıklayıcı değişkenler olarak belirlenmiştir. Açıklayıcı değişkenler için 1990-2013 gerçekleşen değerleri ve 2016-2030 tahmini değerleri OECD, Uluslararası Enerji Ajansı, Dünya Bankası ve IMF veri tabanlarından derlenmiştir. En uygun model belirlendikten sonra açıklayıcı değişkenlere ait 2016-2030 verileri yine aynı yıllar için Türkiye'nin enerji ihtiyacının tahmininde kullanılmıştır.

Veri seti eğitim ve test olarak iki parçaya bölünürken literatürdeki birçok çalışma incelenmiştir.

Özellikle veri seti ile de uygunluk gösteren (Nayak, Sudheer, Rangan, & Ramasastri, 2004) and as a result, neuro-fuzzy computing techniques have evolved. This approach has been tested and evaluated in the field of signal processing and related areas, but researchers have only begun evaluating the potential of this neuro-fuzzy hybrid approach in hydrologic modeling studies. This paper presents the application of an adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS'den hareketle ve (J. S. R. Jang, 1993) incelenerek veri seti % 75 eğitim ve % 25 test seti olmak üzere iki bölüme ayrılmış, eğitilen ağırlıklı test seti üzerindeki başarısı da incelenerek en iyi tahminleri üretecek model belirlenmiştir. Model performansları karşılaştırılırken Mean Absolute Error (MAE) ve Root Mean Square Error (RMSE) değerleri (eşitlik 8 ve 9) dikkate alınmıştır. Ayrıca belirlenen ANFIS model ağırlıklı ile ilgili ülkelerin 2030 yılına kadar enerji tüketim miktarları tahmin edilmiştir.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{(i=1)}^N (X_i(Exp) - X_i(Pred)) \quad (8)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{(i=1)}^N [(X_i(Exp) - X_i(pred))^2]}{N} \right]^{0,5} \quad (9)$$

Burada; $X_i(Exp)$ ve $X_i(Pred)$ sırası ile gerçekleşen ve tahmin edilen gözlem değerleridir. N ise örnek sayısını göstermektedir.

5.2 ANFIS Model Sonuçları

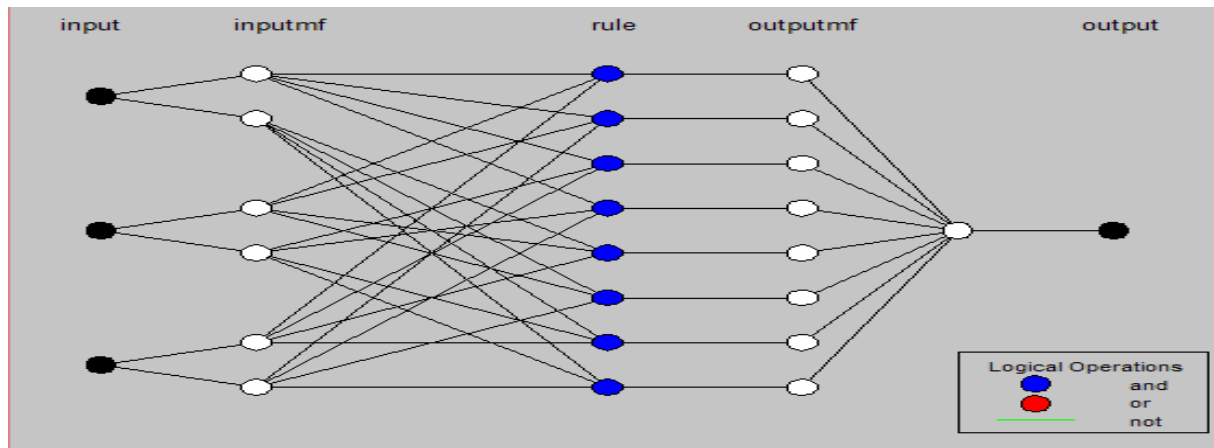
ANFIS model yapay sinir ağı ve bulanık mantık metodolojisini de içerdiğinden çok güçlü bir model olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada (Nayak et al., 2004) and as a result, neuro-fuzzy computing techniques have evolved. This approach has been tested and evaluated in the field of signal processing

and related areas, but researchers have only begun evaluating the potential of this neuro-fuzzy hybrid approach in hydrologic modeling studies. This paper presents the application of an adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS'ten hareketle ANFIS model geleneksel tahmin modellerine tercih edilmiş ve uygulanmıştır. ANFIS model yapısının belirlenmesi esnasında birçok model denemesi ilgili parametreler değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Yapılan denemelere ilişkin sonuçların bir kısmı sadece MAE istatistiği için Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: Model Deneme Sonuçlarına İlişkin Hata İstatistikleri

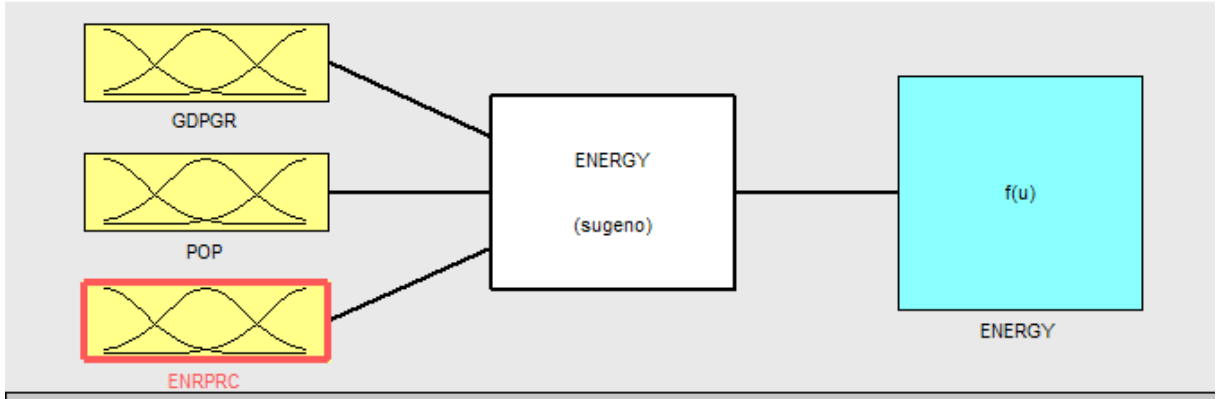
Üyelik Fonk. Say.	2-2-2		2-2-3		2-3-3		3-3-3		4-4-4	
Hata (MAE)	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Üçgensel	0,170	0,207	0,17	0,221	0,167	0,279	0,166	0,360	0,161	0,439
Yamuk	0,167	0,197	0,170	1,483	0,166	0,757	0,168	2,876	0,16	1,483
Çan eğrisi	0,169	0,190	0,168	0,890	0,165	1,972	0,164	1,7	0,155	2,278
Gauss	0,145	0,149	0,168	0,819	0,166	0,214	0,164	0,578	0,159	4,357
Pi	0,169	0,193	0,167	6,0399	0,165	1,565	0,167	14,54	0,166	0,191

Sonuç olarak ise gauss üyelik fonksiyonu ve her değişken için iki adet üyelik fonksiyonlu bir ağ yapısı belirlenmiştir. Kullanılan ağ yapısı şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5: ANFIS Model

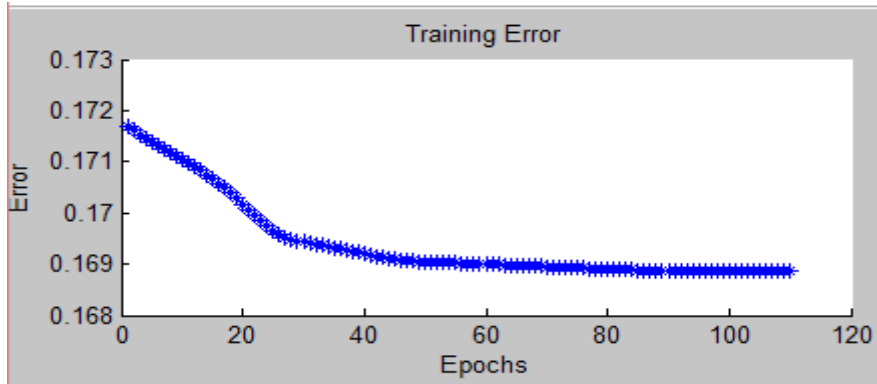
ANFIS Model için kullanılan bulanık çıkarım sistemi yapısı (Sugeno tip) Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6: BÇS Yapısı

ANFIS model değişkenler arasındaki ilişkileri öğrenirken tıpkı sinirsel ağlarda olduğu gibi eğitim hatalarının yinleme sayısına bağlı olarak azalmasını ve belli bir yinelemeden sonra sabitlenmesini gerek-

tirmektedir. Yani eğitim hatalarının azalan bir grafik sergilemesi (Şekil 7) ağın eğitildiğinin bir göstergesi olmaktadır.



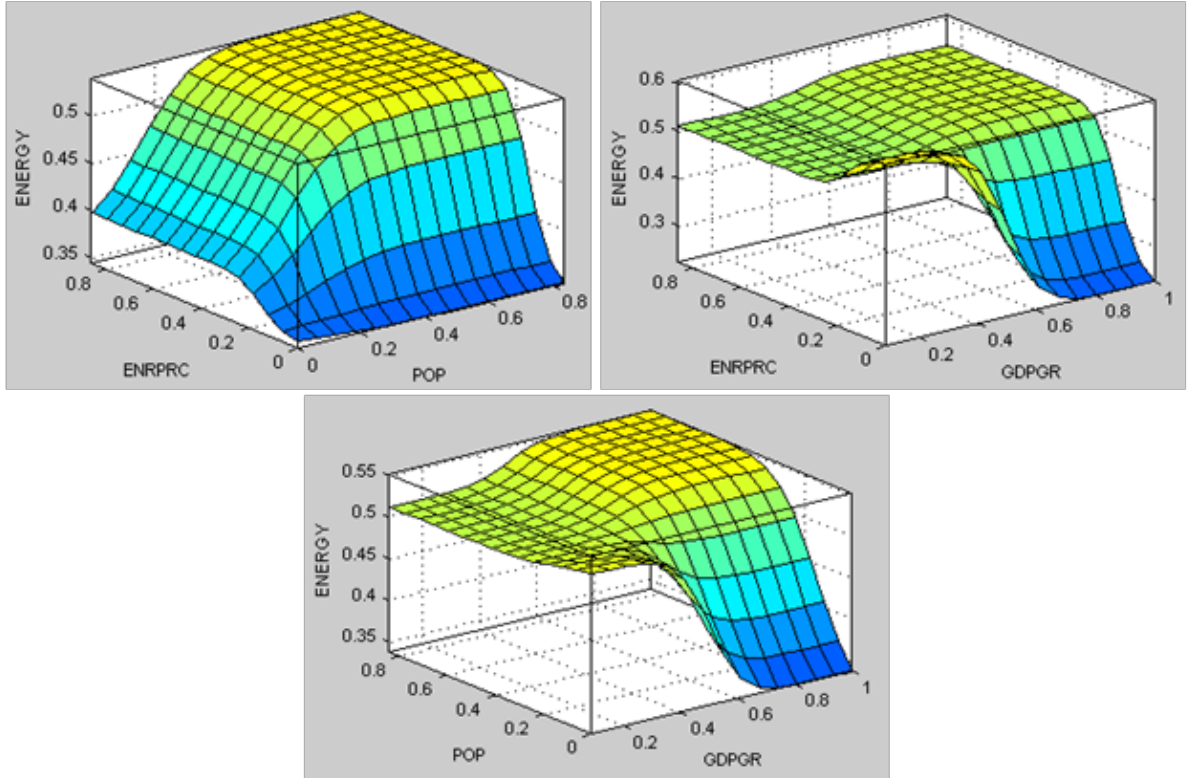
Şekil 7: Eğitim Hata Grafığı

Belirlenen ANFIS model parametreleri ve hata değerleri tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: ANFIS Model Parametreleri ve Hata Sonuçları

Ağ Türü	ANFIS (Sugeno tipi)
Katman Sayısı	6
Yineleme	110
Girdi Üyelik Fonksiyonu	Gauss
Çıktı Fonksiyonu	Sabit
Üyelik Fonksiyonu Sayısı	2-2-2
Bulanık Kural Sayısı	8
Optimizasyon Algoritması	Hibrit (Geri Yayılım ve EKK)
"ve" metodu	prod
"veya" metodu	probor
Durulaştırma Metodu	wtaver
MAE (Eğitim)	0,145
MAE (Test)	0,149
RMSE (Eğitim)	0,028
RMSE (Test)	0,036
R ²	0,12

Tablo 4 eğitilen adaptif ağıın ilgili parametrelerle eğitim ve test veri seti üzerindeki öğrenme başarısını göstermektedir.



Şekil 8: Değişkenler Arası Üç Boyutlu İlişkiler

ANFIS model değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin tespit edilmesinde çok başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. ANFIS model ile belirlenen ilişkiler üç boyutlu ilişki grafikleri vasıtasıyla sunulmaktadır. İlişkilerin ifadesi olan fonksiyonlar model tarafından üretilememektedir. Tespit edilen ilişkiler Şekil 8'de sunulmaktadır.

5.3. Tahmin Sonuçları

Yapılan analiz neticesinde ülkelerin geleceğe yönelik olarak enerji ihtiyaçlarını belirlemek için uygun ANFIS modeli geliştirilmiştir. ANFIS model ile Türkiye için tahminler sunulmuştur. Çalışmada

ANFIS model tarafından elde edilen R^2 istatistiği nispeten düşük olarak değerlendirilebilir. Ancak enerji tüketimini etkileyen çok fazla faktörün olduğu ve modelin doğrusal olmayan gerçek ilişkileri tespit ettiği düşünülürse bu istatistiğin nispeten düşük olarak hesaplanması açıklanabilir. Bir diğer konu ise modelden elde edilen hataların incelenmesidir. Modelin tahmin performansının bir göstergesi olan bu hatalar incelendiğinde sonuçların yeterince güvenilir olduğunu söylemek mümkün olacaktır.

Yapılan çalışma sonucunda Türkiye için 2016-2030 yılları arasındaki birincil enerji kaynaklarına dayalı olarak enerji tahmini sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 5: Türkiye 2016-2030 için Birim Hâsıla Başına Tüketilen Enerji Miktarı Talep Tahmini (2016, TEP)

Yıllar	Enerji Talep Tahmini	Yıllar	Enerji Talep Tahmini
2016	9,718362	2024	9,695409
2017	9,678535	2025	9,701551
2018	9,636938	2026	9,707422
2019	9,64493	2027	9,713189
2020	9,652746	2028	9,718769
2021	9,668027	2029	9,724144
2022	9,682331	2030	9,729293
2023	9,688922		

Tablo 5'deki değerlere bakıldığında birim hâsıla başına tüketilen enerjinin 2016 yılından 2030 yılına kadar nerede ise aynı kaldığı görülmektedir. Tahmin sonuçlarının böyle olmasında ülkelerin gelecek enerji planlarını birincil enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına kaydırmaları, düşük karbon yoğunluklu enerji teknolojilerine geçiş yapmaları, enerji konusunda verimliliklerin artacağı beklentisi ve çevresel hassasiyetlerin her geçen gün artması ile enerji yelpazesini değiştirmelerinin etkisi olduğu tahmin edilmektedir (IEA, World Enerji Outlook, 2014).

6. Sonuç ve Değerlendirme

Enerji talebinin ülkeler için öneminden dolayı yapılmış olan bu çalışma ile OECD ülkelerine ait ilgili veri seti kullanılarak 2016-2030 yılları arasındaki dönemde Türkiye'nin birincil kaynaklara dayalı enerji talep tahmini yapılmıştır. Analiz sonucuna göre, Türkiye'nin gelecek yıllarda birincil kaynaklara dayalı enerji talebinde kayda değer bir artış beklenmemektedir. Bu sonucun elde edilmesinde enerji arz ve

talep değişkenlerinin etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle enerji üretim yelpazesinin değişmesi, yenilenebilir enerjilere dayalı enerji üretiminin artması, düşük karbon yoğunluklu enerji üretimine geçilmek istenmesi, enerji güvenliği konusundaki endişeler ve çevresel duyarlılıkların artması birincil enerji arzına dayalı olarak beklenen talebin artış göstermemesinin sebepleri arasında gösterilebilir. ANFIS yöntemi ile Türkiye için yapılan enerji talep tahmini birim hâsıla başına tüketilen enerji miktarı olarak 2016 yılı için 9,718362 TEP, 2030 yılı için ise 9,729293 TEP hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlerin birbirine bu kadar yakın olmasının nedeninin fosil yakıtlara dayalı enerji üretiminden daha çevreci ve yerli kaynaklar olan yenilenebilir enerjilere geçiş olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma sonucunda, Türkiye'nin enerji talebindeki artışa rağmen birincil kaynaklara dayalı enerji talebindeki yatay seyrin politika yapıcılara, enerji konusunda söz sahibi olanlara ve enerji üzerine çalışma yapmakta olan bilim insanlarına bir fikir vereceği düşünülmektedir.

Kaynakça

AbuAl-Foul, B.M, (2012), Forecasting Energy Demand in Jordan Using Artificial Neural Networks, Topics in Middle Eastern and African Economies Vol. 14, September 2012

Aydın, F.F., (2010), Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 35, Ocak-Temmuz 2010,317-340

Bayrak M., Esen Ö. (2013), Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Türkiye'nin Enerji Talebi Tahmini ve Enerji Açığı Öngörüsü [2012-2020], Atatürk Üniversitesi 17. Ulusal İktisat Sempozyumu

Bayraktutan, Yusuf, Arslan, I., Özkan, G. S. ve Çevik, F. S. (2012a), "Industrial Sector Energy Consumption in Turkey - The Relationship Between Economic Growth (1970-2010)", *Journal of Economics and International Finance*, 4 (2), 30-35. [http:// dx.doi.org/10.5897/JEIF11.140](http://dx.doi.org/10.5897/JEIF11.140)

Bp, (2013), Bp Energy Outlook 2030, http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet_2013.pdf

BP, (2016), Energy Outlook 2035, <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035/energy-outlook-to-2035.html>

Canyurt, E. O., Ceylan, H., Öztürk, H. K., ve Hepbaşlı, A. (2004) "Energy Demand Estimation Based on Two-

Different Genetic Algorithm Approaches" *Energy Sources*, 26: 1313-1320.

Ceylan, H. ve Öztürk, H. K. (2004) "Estimating Energy Demand of Turkey Based on Economic Indicators Using Genetic Algorithm Approach" *Energy Conversion and Management*, 45:2525-2537.

Ceylan, H., Ceylan, H., Haldenbilen, S. ve Baskan, Ö. (2008) "Transport Energy Modeling With Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm, An Application to Turkey" *Energy Policy*, 36:2527-2535.

Ceylan, H., Öztürk, H. K., Hepbaşlı, A., ve Utlu, Z. (2005) "Estimating Energy end Exergy Production and Consumption Values Using Three Different Genetic Algorithm Approaches. Part 1: Model Development" *Energy Sources*, 27:621-627.

Ceylan, H., Öztürk, H. K., Hepbaşlı, A., ve Utlu, Z. (2005) "Estimating Energy end Exergy Production and Consumption Values Using Three Different Genetic Algorithm Approaches. Part 1: Model Development" *Energy Sources*, 27:621-627.

Costantini, V. and Martini, C., 2010. "The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data", *Energy Economics* 32, 591-603

Ediger, V.Ş ve Akar, S. (2007) "ARIMA Forecasting of Primary Energy Demand by Fuel in Turkey" *Energy Policy*, 35:1701-1708.

- Erdoğan, E. (2007) "Electricity Demand Analysis Using Cointegration and ARIMA Modelling: A Case Study of Turkey" *Energy Policy*, 35:1129-1146.
- Ersoy, A. Yağmur (2010), "Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi", *Akademik Bakış Dergisi*, 20, 1-11.
- Es H. A., Kalender F.Y. ve Hamzaçebi C. (2014), *Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Net Enerji Talep Tahmini*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 29, No 3, 495-504,
- Esen, Ö. ve Bayrak, M., (2015), *Enerji Açığının Belirleyicilerinin Teorik Perspektiften İncelenmesi*, Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt:3 Sayı:1 Haziran: 2015
- Fullér, R. 1995. *Neural fuzzy systems*.
- Görücü, F.B. ve Gümrah, F. (2004) "Evaluation and Forecasting of Gas Consumption by Statistical Analysis" *Energy Sources*, 26:267-276.
- Görücü, F.B., Geriş, P., U. ve Gumrah, F. (2004) "Artificial Neural Network Modeling for Forecasting Gas Consumption" *Energy Sources*, 26:299-307.
- Haldenbilen, S. ve Ceylan, H. (2005) "Genetic Algorithm Approach To Estimate Transport Energy Demand In Turkey" *Energy Policy*, 33:89-98.
- Hamzaçebi Coşkun ve Kutay Fevzi, (2004), *Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 3, 227-233
- Hirota, K., & Pedrycz, W. (1994a). A distributed model of fuzzy set connectives. *Fuzzy Sets and Systems*, 68(2), 157-170. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90042-6](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0165-0114(94)90042-6)
- Hirota, K., & Pedrycz, W. (1994b). Or/and Neuron in Modeling Fuzzy Set Connectives. *Ieee Transactions on Fuzzy Systems*, 2(2), 151-161. <http://doi.org/10.1109/91.277963>
- Hotunoğlu H., ve Karakaya E. (2011), *Forecasting Turkey's Energy Demand Using Artificial Neural Networks: Three Scenario Applications Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Türkiye'nin Enerji Talebi Tahmini: Üç Senaryo Uygulaması*, Ege Akademik Bakış, Cilt 11 Özel Sayı, 87-94
- IEA (2016), <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?&country>
- IEA, (2014), *World Energy Outlook, 2014*, Aralık 2014 Yayın No: TÜSİAD-T/2014/12/564
- Jang, J. 1991. *Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm*. Proceedings of the 9th National Conference on Artificial Intelligence, 91, 762-767. Retrieved from <http://www.aaai.org/Library/AAAI/1991/aaai91-119.php>
- Jang, J.-S. R. 1993. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 23(3), 665-685. <http://doi.org/10.1109/21.256541>
- Kandel, A. (1991). *Fuzzy expert systems*. CRC press.
- Kavaklıoğlu, K., Ceylan, H., Öztürk, H. K. ve Canyurt, O. E. (2009) "Modeling and Prediction of Turkey's Electricity Consumption Using Artificial Neural Networks" *Energy Conversion and Management*, 50: 2719- 2727.
- Kaynar O., Taştan S., ve Demirkoparan F. *Yapay Sinir Ağları İle Doğalgaz Tüketim Tahmini*, Atatürk Ü. İİBF Dergisi, 10. *Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı*, 2011
- Khan, M. A. and Ahmed, U. 2008. "Energy Demand in Pakistan: A Disaggregate Analysis", *The Pakistan Development Review*, 47(4), 437-455.
- Mahmutoğlu M., ve Öztürk F. (2015), *Türkiye Elektrik Tüketimi Öngörüsü ve Bu Kapsamda Geliştirilebilecek Politika Önerileri*, EY International Congress On Economics II "Europe And Global Economic Rebalancing" Ankara, November 5-6, 2015
- Murat, Y., S. ve Ceylan, H. (2006) "Use of Artificial Neural Networks for Transport Energy Demand Modeling" *Energy Policy*, 34:3165-3172.
- Nayak, P. C., Sudheer, K. P., Rangan, D. M., & Ramasastri, K. S. (2004). A neuro-fuzzy computing technique for modeling hydrological time series. *Journal of Hydrology*, 291, 52-66. <http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.010>
- OECD, (2016), *OECD.stat*, <http://stats.oecd.org/>
- OECD.stat. http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=POP_FIVE_HIST# <http://knoema.com/yxptpab/crude-oil-price-forecast-long-term-2016-to-2025-data-and-charts>
- Öztürk, H. K., Ceylan, H., Canyurt, O. E. ve Hepbaşlı, A. (2005) "Electricity Estimation Using Genetic Algorithm Approach: A Case Study of Turkey" *Energy*, 30:1003-1012.
- Paul, S. And Bhattacharya, R. N. 2004. "Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in India: A Note on Conflicting Results", *Energy Economics*, 26, 977-983
- Say N.P. ve Yücel M. (2006), *Energy consumption and CO2 emissions in Turkey: Empirical analysis and future projection based on an economic growth*, Volume 34, Issue 18, 3870-3876.
- Solak A.O., "Petrol Fiyatlarını Belirleyici Faktörler", *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 4(2), 117-124.
- Sözen A., ve Arcaklıoğlu E., (2007) "Prediction of Net Energy Consumption Based on Economic Indicators

- (GNP and GDP) in Turkey” *Energy Policy*, 35:4981-4992.
- Sözen, A., Arcaklioğlu E. ve Özkaymak, M., (2005), “Turkey’s net energy consumption”, *Applied Energy*, 81, pp. 209–221.
- Takagi, T., & Sugeno, M. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, SMC-15(1)*, 116–132. <http://doi.org/10.1109/TSMC.1985.6313399>.
- TENVA (Türkiye Enerji Vakfı), 2015, 2030'lara Doğru Türkiye'nin Enerji Görünümü, <http://www.tenva.org/2030lara-dogru-turkiyenin-enerji-gorunumu/#prettyPhoto>
- TMMOB(2012), Enerji Verimliliği Raporu, Elektrik Mühendisleri Odası, 42. Dönem Enerji Çalışma Grubu, EMO Yayınları
- Toksarı, M. D. (2007) “Ant Colony Optimization Approach to Estimate Energy Demand of Turkey” *Energy Policy*, 35:3984-3990.
- Tunç, M., Çamdalı, Ü. ve Parmaksızoğlu, C. (2006) “Comparison of Turkey’s Electrical Energy Consumption and Production with Some European Countries and Optimization of Future Electrical Power Supply Investments in Turkey” *Energy Policy*, 34:50-59.
- Ünler, A. (2008) “ Improvement of Energy Demand Forecasts Using Swarm Intelligence: The Case of Turkey with Projections to 2025” *Energy Policy*, 36:1937-1944.
- World Bank (WB), (2016), GDP per capita growth (annual %) <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG>
- WWF-Türkiye, (2015), Türkiye İçin Düşük Karbonlu Kalkınma Yolları ve Öncelikleri, <http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads>
- Yumurtacı, Z. ve Asmaz, E. (2004) “Electric Energy Demand of Turkey for the Year 2050”, *Energy Sources*, 26:1157-1164.

