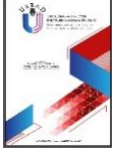




USBAD Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi - International
Journal of Social Sciences Academy, Yıl 2, Year 2, Sayı 3, Issue 3,
Haziran 2020, June 2020.
e issn: 2687-2641



ANFIS İLE DOĞALGAZ TALEP TAHMİNİ; TÜRKİYE ÖRNEĞİ¹ ANFIS AND NATURAL GAS REQUEST ESTIMATED; THE CASE OF TURKEY

Eylem KALAYCI DEMİRCİ

Doktora Öğrencisi, Ekonometri, İnönü Üniversitesi, Malatya/Türkiye.
Phd. Student, Econometrics, İnönü University, Malatya/Turkey.

eylemklyc@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-1974-7185

Makale bilgisi | Article Information

Makale Türü / Article Type: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Date Received: 22 Haziran / 22 June

Kabul Tarihi / Date Accepted: 26 Haziran / 26 June

Yayın Tarihi / Date Published: 27 Haziran / 27 June

Yayın Sezonu / Pub Date Season: Haziran / June

Bu Makaleye Atıf İçin / To Cite This Article: Kalaycı Demirci, E. (2020). Anfis ile Doğalgaz Talep Tahmini; Türkiye Örneği. *USBAD Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi* 2(3), 495-511.

İntihal: Bu makale intihal.net yazılımınca taranmıştır. İntihal tespit edilmemiştir.

Plagiarism: This article has been scanned by intihal.net. No plagiarism detected.



İletişim: Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/usbad>
mail: usbaddergi@gmail.com

¹ Bu makale, yazarın 2015'te İnönü Üniv. Sosyal Bil. Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı'nda sunduğu aynı konulu yayımlanmamış yüksek lisans tezine dayanmaktadır.

Öz: Türkiye’de meydana gelen sanayileşme, kentleşme ve hızlı nüfus artışı gibi faktörlerin sonucu olarak ve doğalgaz tüketiminin üstün yönlerinden dolayı doğalgaz talebinde önemli artışlar gerçekleşmektedir. Ancak Türkiye bir doğalgaz ülkesi olmayıp, enerji kaynağını sağlamakta dışa bağımlıdır. Bu nedenle doğalgaz talep miktarının doğru şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Talep tahmini ne kadar doğru olursa, doğalgaz ithalatı anlaşmaları, ülke içindeki altyapı yatırımları ve tüketim planlaması o kadar sağlıklı yapılabilecektir. Bu tez çalışmasında, “Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi” veya “Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Denetim Sistemi” denilen “ANFIS” (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) ile Türkiye’nin doğalgaz talep tahmininde bulunulmuştur. Doğalgaz tüketimini etkileyen pek çok faktör olmasına rağmen, bu çalışmada sadece gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH), sıcaklık ve doğalgaza kavuşan nüfus oranı üç değişken girdi olarak ele alınmıştır. Çıktı değişkeni olarak ise doğalgaz tüketimi incelenmiştir. Veri seti 2002-2014 yılları arası aylık olarak düzenlenmiştir. ANFIS ile tahmin edilen doğalgaz tüketim verileriyle, gerçekte var olan doğalgaz tüketim verileri kıyaslanıp, model performansının ölçümü için kullanılan “MAPE” (Mean Absolute Percentage Error, ortalama mutlak hata yüzdesi) hesaplanmıştır. Hesaplanan sonuçta ortalama mutlak hata yüzdesi düşük çıkıp, uyarlamalı (adaptif) model ile başarılı bir tahmin sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak, 2015 yılı için doğalgaz talebi tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ANFIS, doğalgaz talebi, MAPE

Abstract: There have been dramatical increases in the demand of natural gas due to its superior consumption benefits and as a result of the industrialization, urbanization and rapid population increase in Turkey. However, Turkey is not a natural gas country, nor is dependent on abroad in terms of providing its energy. That's why, it is of great significance that Turkey determine the amount of demand of natural gas. The more agreements on import of natural gas, the infrastructure investments across the country and the planning of the consumption. In this study, the prediction for the natural gas demand of Turkey through ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), which is "Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi" or "Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Denetim Sistemi". Though there have been many factors affecting the consumption of natural gas, only Gross Natural Product (GNP), temperature and population has been taken into consideration as three input parameters. As the output parameter, the consumption of natural gas has been examined. The data set has been arranged monthly between the years of 2002-2014. The data of natural gas consumption predicted by ANFIS and the real natural gas consumption data have been compared and MAPE (Mean Absolute Percentage Error), used for the measurement of the performance of the model, has been calculated. In the result calculated, the MAPE was low and a successful prediction was

obtained through adaptive model. Finally, the demand for natural gas for 2015 was predicted.

Keywords: ANFIS, demand of natural gas, MAPE

GİRİŞ

Havayı kirletmeyen, çevre dostu bir enerji kaynağı olan doğalgaz, kömür ve fuel oilden daha çabuk yanması, depolama yeri gerektirmemesi, atık madde bırakmaması, kontrol edilebilir bir enerji kaynağı olması ve ekonomik üstünlüklerinden dolayı, başta ısınma olmak üzere, elektrik üretimi ve sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle 1980'li yıllardan sonra Türkiye'de meydana gelen endüstrileşme, kentleşme ve hızlı nüfus artışı gibi faktörlerin sonucu olarak doğalgaz talebinde önemli artışlar gerçekleşmiştir. Önümüzdeki yıllarda doğalgaza olan talebin daha da artması beklenmektedir.

Türkiye, üretici ve ihracatçı bağlamında bir doğalgaz ülkesi değildir. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü durumda, kalan üretilebilir doğalgaz rezervinin yaklaşık 10 yıllık ömrü vardır. Ülkemizde doğalgaza talebin her geçen gün artması ve yurtiçi rezerv ve üretim miktarlarının da bu talepleri karşılamak için yeterli olmaması ithalatı zorunlu kılmaktadır. Enerji kaynağının temini noktasında dışa bağımlı bir politika izlenmektedir. Türkiye doğalgaz talebinin %98'ini ithalatla karşılamaktadır. Türkiye doğalgaz ihtiyacının büyük çoğunluğunu boru hatları yardımıyla Rusya'dan ithal etmekte, onu ise İran, Azerbaycan ve Cezayir izlemektedir (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, 2013: 8, 13). Uzun dönemli doğalgaz anlaşmaları yapılmaktadır. Tamamen dışa bağımlı olduğumuz doğalgaz sektöründe doğalgaz talep miktarının doğru şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Doğalgaz talebinin doğru bir şekilde belirlenmesi doğalgaz alımı ile ilgili anlaşmaları ve yapılacak yatırımları etkileyecektir. Talep tahmini ne kadar doğru olursa, yapılan planlama çalışmaları da o kadar sağlıklı olacaktır. Böylece üretilen veya satın alınan doğalgaz miktarı talep edilenden fazla ya da az olması halindeki durumlarda ortaya çıkabilecek kayıplar en aza indirilmiş olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, son yıllarda birçok araştırmacı çeşitli enerji konularını analiz etmiş ve özellikle enerji talep tahmin modelleri üzerinde yoğunlaşmışlardır.

Doğalgaz talep tahmini çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları istatistiksel yöntemler, yapay sinir ağları, bulanık mantık ve ANFIS modelleridir. Bu gibi talep tahmini yöntemleri

bulunmasına rağmen bu uygulamada ANFIS yöntemi kullanılmıştır. ANFIS kendi kendine kural oluşturabilme yeteneğinden avantajlı bir yapay zekâ yöntemidir. ANFIS girdi/ çıktı veri setini kullanarak üyelik fonksiyonu parametrelerini düzenler; yani kendini modelleyeceği veriye göre uyarlar (adapte eder); bu nedenle uyarlamacıdır (adaptiftir). Bu sebeplerden dolayı tahmin çalışmamızda ANFIS kullanımını tercih edilmiştir.

2. ADAPTİF AĞ TABANLI BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ (ANFIS)

ANFIS, *Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi* (Adaptive Networkbased Fuzzy Inference System) veya *Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Denetim Sistemi* (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) anlamına gelmektedir. ANFIS kelimesi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)'in baş harflerinden oluşmaktadır. Bulanık sinir ağları (Adaptive Neural Networkbased Fuzzy Inference Systems-ANFIS), bulanık mantık (Fuzzy Logic - FL) ve yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks - ANN) metotlarının avantajlı yönlerini ön plana çıkaran ve son yıllarda çok farklı alanlarda uygulama alanı bulan bir yapay zekâ tekniğidir.

ANFIS, 1993 yılında Jang tarafından ortaya atılmıştır ve Jang'ın ANFIS modeli olarak adlandırılmaktadır. Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), ele alınan problem için oluşturulan yapıya göre olası tüm kuralları atayabilmekte veya kuralların veriler yardımıyla uzman tarafından atanmasına olanak vermektedir. ANFIS'in kural oluşturabilmesi veya kural oluşturulmasına olanak sağlaması uzman görüşlerinden faydalanması anlamına gelmektedir. Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi, yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneği ve bulanık mantığın insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama kolaylığı gibi üstünlüklerinin birleştirilmesi fikrine dayanmaktadır. Bu sayede, bulanık mantık çıkarım sistemlerine yapay sinir ağlarının öğrenme ve hesaplama gücü verilebilirken, yapay sinir ağlarında bulanık mantık çıkarım sistemlerinin insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama yeteneği kazandırılmış olmaktadır (Saraç, 2012).

ANFIS sadece Sugeno tipi modelleri çalıştırmaktadır. Mamdani tipi modellemenin modifikasyonu şeklindedir ve giriş verilerine uygulanacak işlemler aynıdır. Tek farklılıkları çıktı verilerinde bulunmaktadır. Sugeno tipi modellemede çıktı değişkenleri girdilerin bir fonksiyonu şeklinde üyelik fonksiyonlarına sahip olmaktadır ve çıktı

üyelik fonksiyonları lineer veya sabit olmak zorundadır. ANFIS, Matlab'da Fuzzy Logic Toolbox 'ın altında bulunan bir fonksiyon dosyasıdır. Bu program bulanık çıkarım tekniklerini kendisine verilen verilere uygulamakta ve uygun veri modelleri üretmektedir. Diğer bulanık çıkarım sistemlerinde olduğu gibi ANFIS'de de üyelik fonksiyonları parametrelere bağlıdır. Parametreler değiştikçe üyelik fonksiyonları değişecek ve ANFIS kendi kendine üyelik fonksiyonları atayacaktır (Öztürk vd., 2010).

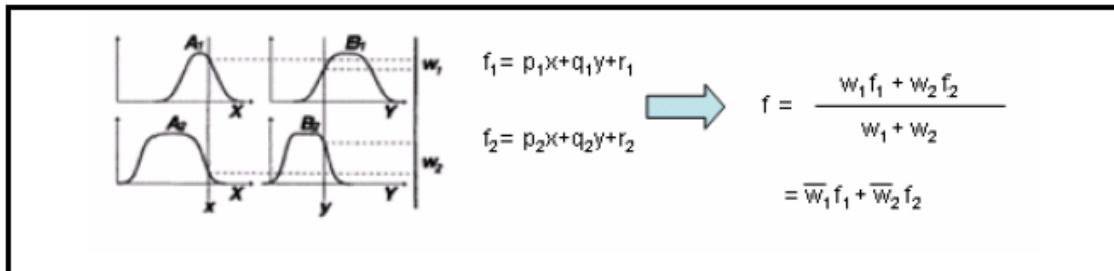
ANFIS, yalnızca görev tahmini ya da tek çıktılı doğrusal olmayan fonksiyonların tahmininde kullanılabilir. Bu nedenle birçok tahmin probleminde yapay sinir ağlarına uzman görüşlerinden faydalanma imkânı tanıdığı için ortalama hata kareler kriterine göre daha iyi sonuçlar elde edilmesini mümkün kılmaktadır. ANFIS'e giriş ve çıkış değerleri verilir, ANFIS bu değerlerden geri yayımlı öğrenme algoritmasını kullanarak veya en küçük kareler metodunu kullanarak bir bulanık çıkarım modeli oluşturur (Zadeh, 1975). Kuralların sonuç kısımları girişlerin doğrusal bir işlevi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistem kontrol, zaman serisi tahmini, gürültü giderme, sınıflama, tanıma ve eğri uydurma gibi birçok alanda başarı ile uygulanmaktadır (Kırış, 2008).

ANFIS modelleme tekniğinin basitleştirilerek ifade edilmesi adına bulanık çıkarım sistemi x ve y olmak üzere iki girdili ve tek çıktılı z olarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda kural tabanının aşağıda ifade edildiği gibi Takagi ve Sugeno tipi iki adet eğer ise kurallarını içerdiği kabul edilmiştir (Jang, 1993).

Kural 1: Eğer x , A_1 ve y , B_1 ise $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

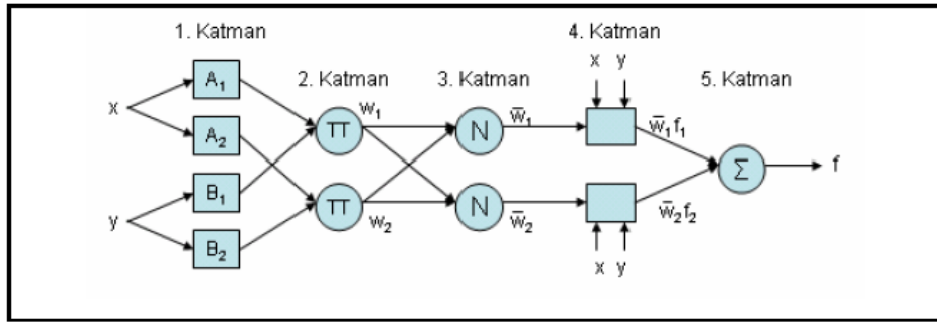
Kural 2: Eğer x , A_2 ve y , B_2 ise $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Kural n: Eğer x , A_n ve y , B_n ise $f_n = p_nx + q_ny + r_n$ olarak ifade edilmektedir (Jang, 1993).



Şekil 1. Bulanık Çıkarım Sistemi (Jang, 1993)

“Eğer-ise” bulanık kurallarına göre oluşturulan ANFIS ağ yapısında, girişte bulanık üyelik fonksiyonları, bulanıklaştırma çarpımı, normalleştirme, toplama ve Sugeno tipinde doğrusal çıkış fonksiyonu katmanları bulunmaktadır. Şekil 2’de görüleceği üzere ANFIS yapısı 5 katmanlı bir mimariye sahiptir. Beş katmandan oluşan ANFIS ’de, her katmandaki sinirler aynı işlemleri içermektedirler. Katmanlarda farklı şekillere sahip düğümler değişik işlevlere sahip fonksiyonları içerir. Kare şeklinde gösterilen düğümler adaptif düğümler olarak adlandırılır ve düğümlere ait parametreler ağı eğitimi sırasında ayarlanır. Daire şeklinde gösterilen düğümler ise sabit düğümlerdir (Jang, 1993). Katmanların özellikleri aşağıda yer almaktadır.



Şekil 2. Anfis Mimarisi (Jang, 1993)

Katman 1 (Bulanıklaştırma Katmanı): Bulanıklaştırma katmanında giriş değerlerini bulanık kümeler ayırmada üyelik fonksiyonu olarak genelleştirilmiş çan eğrisi aktivasyon fonksiyonunu kullanmaktadır (Gedik,2011).

$$\mu_{A_i}(x; a_i, b_i, c_i) = \frac{1}{1 + \left[\frac{x - c_i}{a_i} \right]^{2b_i}}$$

{ a_i, b_i, c_i } parametreleri öncül parametrelerdir. Hibrit metot ile sistem eğitilirken bu parametreler güncellenerek, üyelik fonksiyonlarını şekillendirecektir (Gedik, 2011).

Katman 2 (Kural Katmanı): Kural katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm, Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemine göre oluşturulan kuralları ve sayısını ifade etmektedir. Her bir kural düğümünün çıkışı, 1. katmandan gelen üyelik derecelerinin çarpımı olmaktadır (Gedik, 2011).

$$\theta_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x_1) \times \mu_{B_k}(x_2) \quad i=(1..66), j=(1,2,3) \text{ ve } k=(1..5)$$

Katman 3 (Normalleştirme Katmanı): Buradaki her bir düğüm, 2 katmandan gelen tüm düğümleri giriş değeri olarak kabul etmekte ve her bir kuralın normalleştirilmiş tetikleme seviyesini hesaplamaktadır (Gedik, 2011).

$$\theta_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum i w_i}$$

Katman 4 (Arındırma Katmanı): Arındırma katmanı olarak adlandırılan bu katmanda Takagi-Sugeno bulanık çıkarım yöntemine göre oluşturulan kuralların ağırlıklı sonuç değerleri hesaplanmaktadır. 4.katmandaki i. düğümün çıkış değeri ise, $\theta_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i x_2 + r_i)$ formülüne göre hesaplanır. Buradaki (p_i, q_i, r_i) değişkenleri, i. kuralın sonuç parametreleri kümesidir (Gedik, 2011).

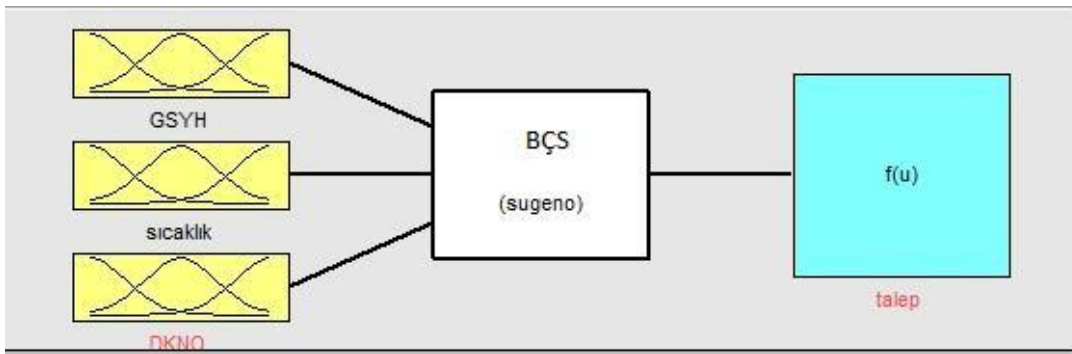
Katman 5 (Toplam Katmanı): Toplama katmanıdır ve sadece bir düğüm vardır. Bir önceki katmandan gelen düğümlerin çıkış değerleri toplanarak ANFIS sisteminin gerçek çıkış değeri elde edilir. Bu hesaplama aşağıdaki formül ile gerçekleştirilir (Gedik, 2011).

$$\theta_i^5 = y = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum i w_i f_i}{\sum i w_i}$$

3. UYGULAMA

3.1. Modelin Genel Yapısı

Bu çalışmada Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Denetim Sistemi, ANFIS kullanılarak, sosyo-ekonomik parametrelere dayalı Türkiye'nin doğalgaz talep tahmini yapılmıştır. Talep tahmini için oluşturulacak sinirsel bulanık çıkarım sisteminin genel yapısı Şekil 3'deki gibidir.



Şekil 3. Talep tahmin modeline ilişkin BÇS'nin temel yapısı

Bu çalışmada GSYH (TL), sıcaklık (°C), doğalgaza kavuşan nüfus oranı ve doğalgaz tüketim verileri (milyon m^3), 2002-2014 yılları arası aylık dönemlere ait veriler kullanılmıştır.

GSYH değerlerine Türkiye İstatistik Kurumu ilgili web sayfasından 2002-2014 yılları arası çeyrek döneme ulaşılmıştır. Her bir çeyrek dönemlik veriler de üçe bölünerek aylık verilere dönüştürülmüştür.

Sıcaklık değerlerine Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı ilgili web sayfasından 2002-2014 yılları arası aylık °C cinsinden ulaşılmıştır.

Doğalgaza kavuşan nüfus oranı (DKNO) ise her yıl için doğalgaza kavuşan nüfusun toplam nüfusa bölünmesiyle elde edilerek, 2002-2014 yılları arasında her yıl için aylık olarak sabit alınmıştır (Söyler, 2014). Doğalgaz tüketim verileri de BOTAŞ'ın ilgili web sayfasından 2002-2014 yılları arası aylık verilere ulaşılmıştır.

Veri toplama çalışmaları sonucunda 2002-2014 yılları arası her bir parametreye ait 13 yıllık, toplam 156 veriye ulaşılmıştır. Derlenen verilen sonucunda 3 girdi sütunu, 1 çıktı sütunu olarak, çıktı sütunu en sonda olmak koşuluyla düzenlenmiştir. Excel'e yüklenen bu dosyalar MATLAB programında çağrılmıştır. MATLAB R2013 programı içerisinde yer alan Fuzzy Logic Toolbox'ın bir fonksiyonu olarak ANFIS GUI (Graphical user interface – Grafiksel kullanıcı ara yüzü) kullanılmıştır. Talep tahmin modeli oluşturulurken, veriler 3 ayrı veri kümesine ayrıştırılmıştır.

- Eğitim (train) veri seti
- Kontrol (checking) veri seti
- Test (test) veri seti

Ağı eğitmek amacıyla kullanılan eğitim veri seti 120 veri satırı, kontrol veri seti için 24 veri satırı ve test veri seti için de yaklaşık 12 veri satırına ayrılmış ve üç ayrı dosyası olarak kaydedilmiştir. Eğitim verileri, ağ girdi-çıkı verileri arasındaki ilişkiyi öğrenmekte ve üyelik fonksiyonu parametrelerini, belirtilen devir sayısına ya da istenen hata düzeyine erişinceye kadar düzenlemektedir. Modelin eğitim aşamasında eğitim veri setiyle beraber kontrol setinin de modele yüklenmesinin sebebi, kontrol verisi modelin aşırı öğrenme potansiyelini kontrol etmede kullanılmasıdır. Kontrol verisi ANFIS'e girildiğinde, FIS modeli kontrol verisinin hatasını minimum yapacak şekilde parametreleri ayarlar.

Eğitim aşamasında eğitim hatası azalırken belli bir noktada kontrol setinin hatası aniden yükselebilmektedir. İşte bu noktaya “aşırı uyum noktası (overfitting point)” denir. Eğitim süreci, eğitim hata değeri sabitlenene ya da kontrol veri seti için “aşırı uyum” oluşana kadar devam eder. Bu noktalardan birinde eğitime son verilir ve test aşamasına geçilir.

Test veri seti ile de eğitilen ve parametreleri düzenlenen modelin daha önce hiç karşılaşmadığı veriler karşısında genelleme kabiliyeti ölçülmektedir. Veri setleri yüklendikten sonra “BÇS oluştur (generate FIS)” başlığı altında bulanık çıkarım sistemini (BÇS) oluşturmak için alternatif iki yöntemden biri seçilir. Bu yöntemler;

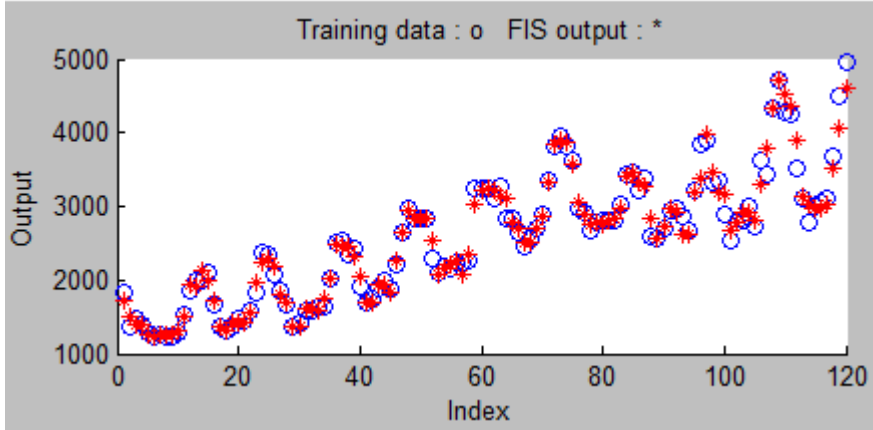
- Izgara bölümlenme (Grid partition)
- Alt kümeleme (Sub-clustering)

Bu çalışmada Izgara bölümlenme (Grid partition) için model oluşturulmuştur. Alt kümeleme (Sub-clustering)’de ayarlanması gereken çok sayıda parametre olduğundan dolayı bu seçenek kullanılmamıştır.

Eğitim süreci, eğitim hata değeri sabitlenene ya da kontrol veri seti için “aşırı uyum” oluşana kadar devam eder. Burada ise eğitim hata değeri sabitlenmiştir. Eğitim sürecine son verilir. Daha sonra ağ daha önce hiç görmediği test veri kümesi ile test edilir. Ağın ne kadar hata ile test verilerini tahmin ettiği görülür. Bu hata oranı kabul edilebilir sınırlarda ise, istenilen ağ yapısına ulaşılmış demektir. Fakat hata oranı büyükse ağın eğitim aşamasına geri dönülerek parametreler değiştirilir. İstenilen hata oranına ulaşıldığında oluşturulan modelin tahmin başarısı değerlendirilir.

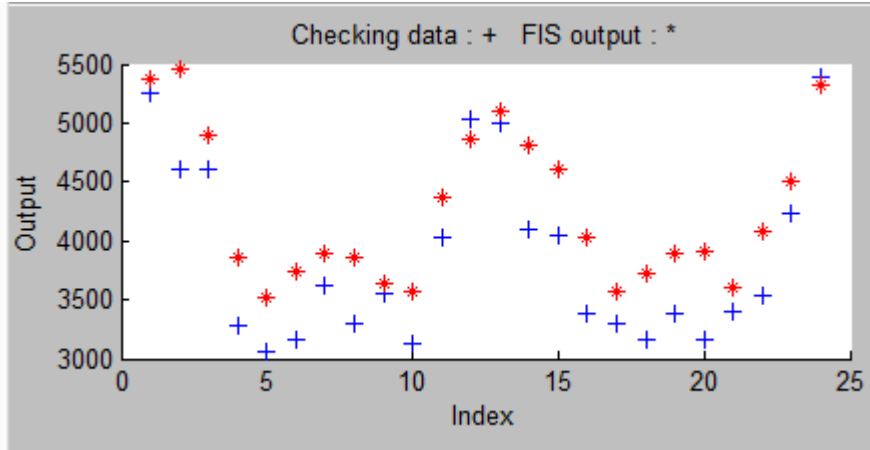
Bu çalışmada, birçok üyelik fonksiyon sayısı, tüm üyelik fonksiyon tipleri ve çıktı tipi constant/linear için tek tek denenmiştir. En iyi sonuca ise GSYH girdisi için 3 üyelik fonksiyon sayısı, sıcaklık girdisi için 4 üyelik fonksiyon sayısı ve DKNO girdisi için ise 5 üyelik fonksiyon sayısı, gaussmf fonksiyon tipi ve sabit (constant) çıktı tipinde test hatası en düşük çıkmıştır. GSYH girdisine ilişkin 3 üyelik fonksiyonu, sıcaklık girdisine ilişkin 4 üyelik fonksiyonu ve nüfus girdisine ise 5 üyelik fonksiyonu geliştirilmiştir. Sonrasında ise bu üyelik fonksiyonları kullanılarak sistem tarafından 60 kural oluşturulmuştur. Sinirsel bulanık ağ modeli her kural için bir değer üretmiştir. Sonuçta 60 çıktı üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur.

3.2. Modelin Tahmin Sonuçları



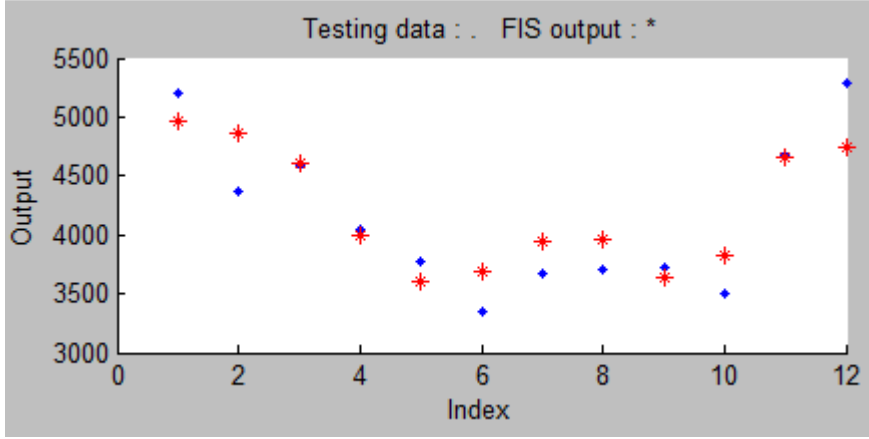
Şekil 4. Eğitim veri seti için gerçek değerlerle tahmin değerlerinin oluşması (o gerçek değerler, * model çıktıları)

En iyi sonucu veren girdi/çıkı üyelik fonksiyonu tipi kullanılarak ağ eğitildiğinde ağın eğitim hatası RMSE (Root Mean Square Error-Ortalama hatanın karekökü) cinsinden 127.1581'dir. Eğitim veri setinde gerçek değerlerle tahmin değerlerinin ne oranda çakıştığı Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 5. Kontrol veri seti için gerçek değerlerle tahmin değerlerinin örtüşmesi (+ gerçek değerler, * model çıktıları)

Şekil 5'te kontrol veri setinde gerçek değerlerle tahmin değerlerinin ne oranda çakıştığı görülmektedir. Modelin kontrol hatası RMSE cinsinden 470.6076'dır.



Şekil 6. Test veri seti için gerçek değerlerle tahmin değerlerinin örtüşmesi (● gerçek değerler, * model çıktıları)

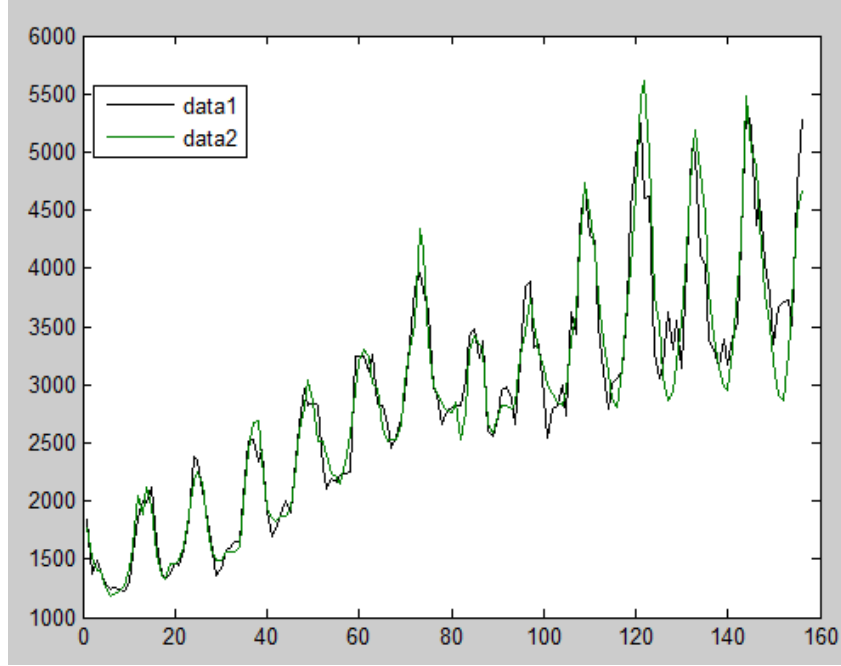
Şekil 6'da ise test veri setinde gerçek değerlerle tahmin değerlerinin ne oranda çakıştığı görülmektedir. Modelin test hatası RMSE cinsinden 290.8493'dir.

Doğalgaz tüketim verilerinin gerçek verileriyle ve ANFIS'in yaptığı tahmini doğalgaz tüketim verileriyle MAPE hesaplanır. Model performansının ölçümü için kullanılan MAPE (Mean Absolute Percentage Error-ortalama mutlak hata yüzdesi) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - y_i}{x_i} \right| * 100\%$$

Bu eşitlikte, i ayrıık veri indeksini, n hata ölçümü için kullanılan ayrıık çıkış verilerinin sayısını, x_i sistemin gerçek çıkış verisini, y_i sistem modelinin çıkışını temsil etmektedir.

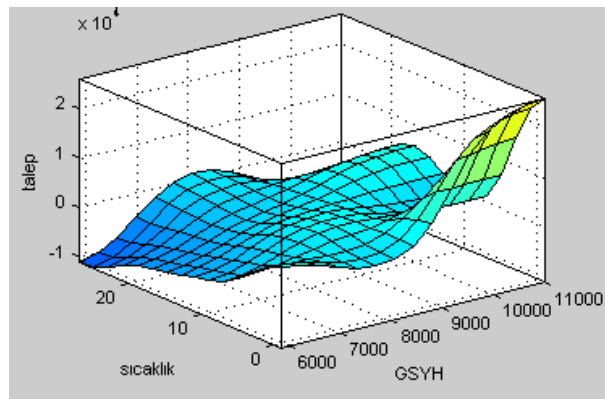
Izgara bölümlleme (grid partition) yöntemi ile oluşturulan ANFIS modelinin 156 veri seti üzerinden MAPE hesaplanır. Hesaplanan sonuçta ortalama mutlak hata yüzdesi %5,7713 çıkmaktadır. Bu sonuçtan anlaşılacağı üzere oluşturulan uyarlamalı (adaptif) model ile başarılı bir tahmin sonucuna ulaşılmıştır.

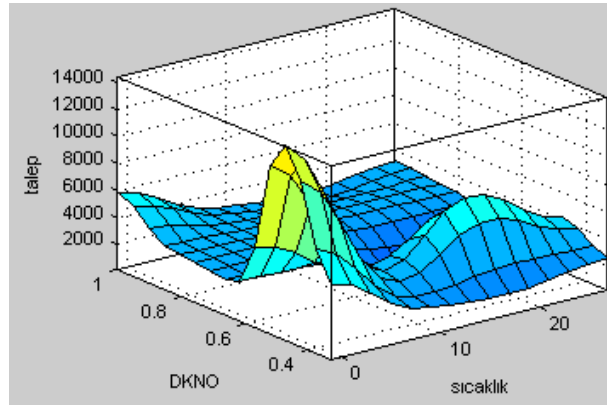
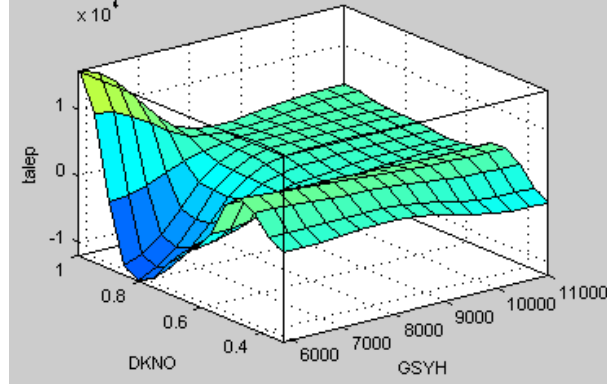


Şekil 7. ANFIS'de gerçek değerlerle, tahmin edilen değerlerin grafik olarak gösterimi

Şekil 7'de verilerin gerçek değerleriyle, modelin tahmin ettiği değerlerler grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekilde data1 gerçek değerleri, data2 tahmin edilen (modelin çıktısı) değerleri göstermektedir. Şekil 8'de anlaşılacağı üzere birbirine yakın değerler oluşmuştur. ANFIS'in başarılı bir tahmin yaptığı görülmektedir.

Şekil 8'de bazı değişkenler arasındaki ilişkilerin üç boyutlu gösterimi görülmektedir.





Şekil 8. Alt kümeleme yöntemiyle oluşturulan (grid partition) yöntemi ile oluşturulan modelde değişkenler arası üç boyutlu ilişki

3.3. 2015 Yılı Doğalgaz Tüketim Tahmini

2015 yılında GSYH büyümesi yüzde 4 olarak öngörülmüştür (Kalkınma Bakanlığı, 2014: 8). 2015 yılında doğalgaza kavuşan nüfus oranı 0,9883 olduğu varsayılmıştır (Söyler, 2014). Sıcaklık ise üç şekilde olma ihtimali göz önüne alınmıştır.

- 2002-2014 yılları sıcaklık verilerinden her ayın en düşük sıcaklığı
- 2002-2014 yılları sıcaklık verilerinden her ayın en yüksek sıcaklığı
- 2002-2014 yılları sıcaklık verilerinden her ayın ortalaması alınmıştır.

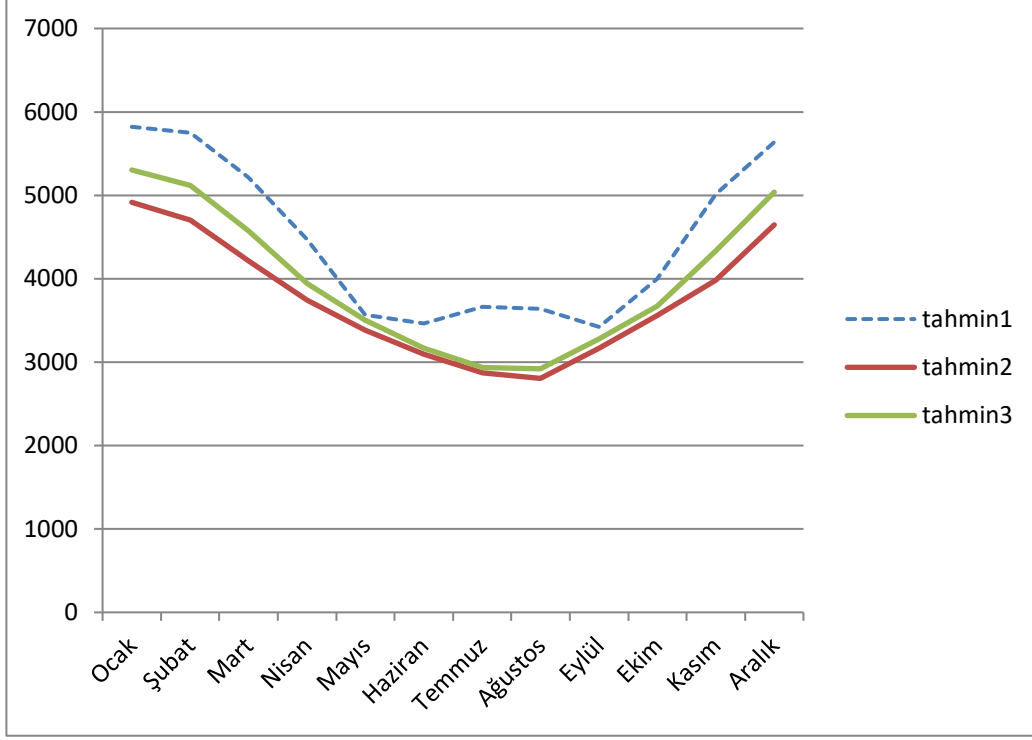
Bu senaryoları göz önüne alınarak 2015 yılı doğalgaz tüketimi aylar olarak tahmin edilmiştir. Matlab'da gerekli işlemler yapıldıktan sonra Tablo 1'de 2015 yılı her ay için doğalgaz tüketim tahmini verileri verilmiştir.

Tablo 1. 2015 yılı aylar olarak doğalgaz tüketim tahmini verileri (milyon m^3)

Aylar	tahmin1	tahmin2	tahmin3
Ocak	5821	4916	5304
Şubat	5750	4701	5120
Mart	5218	4213	4578
Nisan	4469	3741	3940
Mayıs	3564	3383	3507
Haziran	3467	3098	3166
Temmuz	3666	2871	2939
Ağustos	3639	2805	2920
Eylül	3422	3164	3278
Ekim	3998	3558	3671
Kasım	5013	3984	4334
Aralık	5641	4643	5038

Tablo 1’de verilen 2002-2014 yılları arasındaki gerçekleşen sıcaklıkların en düşük olması durumunda ANFIS’in yaptığı tahmine tahmin1, sıcaklıkların en yüksek olması durumunda ANFIS’in yaptığı tahmine tahmin2, sıcaklıkların ortalaması olması durumunda ANFIS’in yaptığı tahmine tahmin3 olarak adlandırılmıştır. Tablo 1’deki sonuçlar incelendiğinde sıcaklık değerlerinin en düşük olduğu takdirde doğalgaz tüketimi artmaktadır. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu dönemde doğalgaz tüketimi azalmaktadır. Bu da sıcaklıkla ters orantılı bir şekilde doğalgaz tüketiminin olduğunu göstermektedir. Görülmektedir ki sıcaklığın doğalgaz tüketiminde oldukça bir etkisi vardır.

Şekil 9’da tahmin sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi verilmiştir.



Şekil 9. Tahmin sonuçlarının karşılaştırılması

SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğalgaz, kullanım kolaylığı ve temiz bir enerji kaynağı olması, yanma verimi yüksek olması gibi birçok nedenden dolayı, son yıllarda tüm dünyayla birlikte Türkiye’de de önemli bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Ülkemiz doğalgaz konusunda dışa bağımlıdır. Biz kullanıcıların herhangi bir aksilikte mağdur olmamamızı sağlamak için uzun ve kısa dönemli tahminler yapılması gerekmektedir. Ne kadar tüketileceği tahminen bilinirse dış anlaşmalar ona göre yapılabilir. Böylelikle olumsuz durumlarda çıkabilecek sorunlardan korunmuş oluruz. Doğalgaz tüketim tahmini son yıllarda tüm dünya ile birlikte ülkemizde de yapılmaktadır. Bu amaçla Türkiye’deki doğalgaz tüketiminin doğru tahmin edilebilmesi için bu çalışma yapılmıştır.

Geçmiş yıllara ait 2002-2014 yılları için aylık GSYH, sıcaklık, doğalgaza kavuşan nüfus oranı verileri derlenip 13 yıllık toplam 156 veri kullanılarak modele uygun bir şekilde yüklenmiştir.

Matlab R2013 Fuzzy Logic Toolbox’ın içerisindeki ANFIS grafiksel kullanıcı arayüzü kullanılmıştır. Eğitim, kontrol ve test üzere üç veri setine ayrılan 13 yıllık 156 veriden 120’si adaptif ağı eğitimi, 24’ü kontrolü ve 12’si testi için kullanılmıştır. Bu eğitim sürecinde kullanılacak bulanık çıkarım sisteminin oluşturulması için ANFIS içinde

ızgara bölümlenme (grid-partition) ve alt kümeleme (sub-clustering) olmak üzere iki alternatif yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada ızgara bölümlenme (grid-partition) bölümü incelenmiştir.

Bu çalışmada, birçok üyelik fonksiyon sayısı, tüm üyelik fonksiyon tipleri ve çıktı tipi constant/linear için tek tek denenmiştir. En iyi sonuca ise GSYH girdisi için 3 üyelik fonksiyon sayısı, sıcaklık girdisi için 4 üyelik fonksiyon sayısı ve nüfus girdisi için ise 5 üyelik fonksiyon sayısı, gaussmf fonksiyon tipi ve constant çıktı tipinde test hatası en düşük çıkmıştır. Modelin test hatası RMSE cinsinden 290.8493'dir.

İlk adımda üç bağımsız değişken girdi olarak sisteme girilmektedir. İkinci aşamada girdi değerleri sıraya 3, 4 ve 5 üyelik fonksiyonuna belli bir üyelik derecesinde sistem tarafından atanmışlardır. Sonraki sütunda üyelik fonksiyonları kullanılarak oluşturulan 60 kural yer almaktadır. Bulanık ağ modeli en iyi öğrenmeyi gerçekleştireceği 60 kural belirlemiştir.

Izgara bölümlenme (grid partition) yöntemi ile oluşturulan ANFIS modelinin 156 veri seti üzerinden MAPE (Mean Absolute Percentage Error-ortalama mutlak hata yüzdesi) hesaplanır. Tahmin modeli %5,7713 hata ile doğalgaz talep tahmininde bulunmuştur. Uyarlamalı (adaptif) model ile başarılı bir tahmin sonucuna ulaşılmıştır.

Bu tez çalışmasında 2015 yılı için veriler belli senaryolarda derlenip, Matlab'da gerekli işlemler yapılarak 2015 doğalgaz tüketimi aylar olarak tahmini yapılmıştır.

Doğalgaz tüketimini etkileyen pek çok faktör olmasına rağmen, bu çalışmada sadece gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH), sıcaklık ve doğalgaza kavuşan nüfus oranı üç değişken girdi olarak ele alınmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda doğalgaz tüketimini etkileyen başka faktörler ele alınabilir. Yapılan çalışmanın uygulama bölümünde bulanık çıkarım sistemini (BÇS) oluşturmak için alternatif yöntemlerden biri olan Izgara bölümlenme (Grid Partition) seçilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda ise Alt kümeleme de (Sub-clustering) seçilebilir.

KAYNAKÇA

Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi BOTAŞ. <http://www.botas.gov.tr/index.asp> Erişim tarihi: 05.05.2015.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK. (2013). Doğal Gaz Piyasası 2012 Sektör Raporu, Ankara.

Gedik, F. A. (2011). İletişim Ağ Problemlerinin Çözümünde Neuro-Fuzzy Yaklaşımı. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Jang, J. S. R. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on* 23(3), 665-685.

Kalkınma Bakanlığı. (2015-2017). 2014 Orta Vadeli Program, 2015-2017, Ankara, 8.

Kırış, Ş., (2008). Hizmet Sektörü İçin Bir Tepkisel Çizelgeleme Sistem Önerisi Acil Servis Kontrol Sistemi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı. <http://www.mgm.gov.tr/kurumsal/birimler> Erişim tarihi: 03.05.2015.

Öztürk, M., Hançer, M. vd, (2010). Bulanık Mantık Hesaplamalarına Dayalı Bulanık Mantık Hesaplamalarına Dayalı Binalarda Isı Kayıp-Kazanç Yaklaşımı. *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS*, (14-16 Ekim 2010), Diyarbakır.

Saraç, E. (2012). Bir Çağrı Merkezindeki Projelerin Anfis Metodu ile Değerlendirilmesi ve Seçimi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sistem Mühendisliği Programı, İstanbul.

Söyler, H. (2014). *Türkiye'nin Enerji Simülasyonu ve Senaryo Analizleri*. Malatya: Medipres Yayıncılık.

TÜİK. 2015 Temel İstatistikler. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> Erişim adresi: 10.05.2015.

Zadeh, L. A. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning. *II. Information Sciences* 8(4), 301-357.