Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 39:2 (2024) 1017-1027

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi
Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University

Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Forecasting natural gas demand in Istanbul by artificial neural networks method and planning of city gate stations

Vedat Balıkçı[1,2]*, Zafer Gemici[2], Tolga Taner[3], Ahmet Selim Dalkılıç[2]

[1]İstanbul Gas Distribution Company, 34060, Eyüp, İstanbul, Türkiye
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Yıldız Technical University, 34349, İstanbul, Türkiye
[3]Department of Motor Vehicles and Transportation Technology, Vocational School of Technical Sciences, Aksaray University, 68100, Aksaray, Türkiye

Highlights:

- Natural gas demand forecasting with artificial neural networks
- Natural gas supply security in İstanbul
- Natural gas city gate stations planning

Keywords:

- Energy
- Natural gas
- Forecasting
- Security of supply
- Artificial neural networks

Article Info:

Research Article
Received: 23.08.2022
Accepted: 27.05.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1165734

Correspondence:

Author: Vedat Balıkçı
e-mail: vedat.balikci@std.yildiz.edu.tr
phone: +90 216 681 4483

Graphical/Tabular Abstract

Today, energy supply security has become very important. In this study, as shown in Figure A, natural gas demand estimations were made separately for the Anatolian and European sides of Istanbul, and according to this result, the need for additional city gate stations was determined at which time interval. With the Synergi Gas software, the location of natural gas city gate stations has been planned.

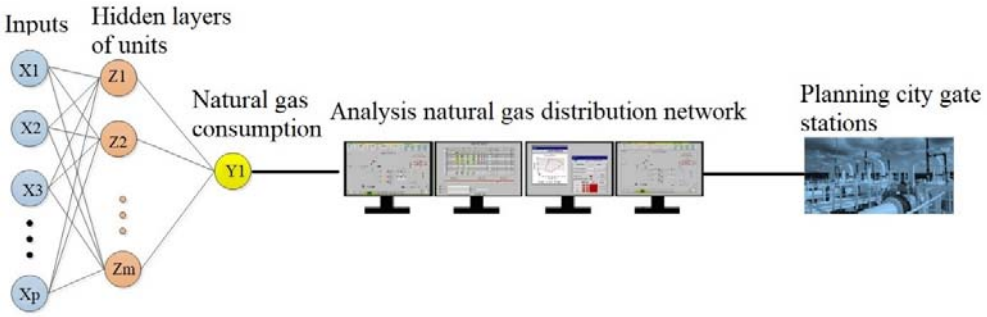


Figure A. Planning of natural gas city gate stations

Purpose:
This study aims to ensure that the city gate stations are planned at the right time and place to ensure natural gas supply security in possible bad scenarios with natural gas demand forecasting.

Theory and Methods:
In this study, daily and hourly natural gas demand for Istanbul's Anatolian and European sides are estimated by using Artificial Neural Networks. Parameters affecting natural gas usages such as the number of consumers, average daily temperature, minimum daily temperature, official holidays, and heating degree days have been determined. Using the data obtained from the year 2008 to the end of 2018, the forecasting model created by the MATLAB software estimates the natural gas demands up to 2027 according to the coldest day of Istanbul in the last century, which occurred on 9 February 1929, with the minimum daily temperature of -16°C and the average daily temperature of -7°C. As a result of this study, it is decided which natural gas city gate station will be constructed with natural gas demand forecast.

Results:
According to the results of this study, the natural gas demand forecast values were found to be 0.98 Rsquare and the optimum city gate stations were determined according to these results.

Conclusion:
According to the natural gas demand estimation results made with artificial neural networks, it is seen that there is a need for additional natural gas city gate stations until 2023 for the Anatolian side of Istanbul and until 2024 for the European side. According to the result, the ideal locations of natural gas city gate stations were determined with Synergi Gas software by making velocity and pressure analyses and considering their proximity to the natural gas transmission line.

Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 39:2 (2024) 1017-1027

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi
Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University

Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Yapay sinir ağları yöntemiyle İstanbul ili doğal gaz tüketiminin tahmini ve şehir giriş istasyonlarının planlanması

Vedat Balıkçı[1,2]*, Zafer Gemici[2], Tolga Taner[3], Ahmet Selim Dalkılıç[2]

[1]İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş., 34060, Eyüp, İstanbul, Türkiye
[2]Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul, Türkiye
[3]Aksaray Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Yapay sinir ağlar ile doğal gaz talep tahmini
- İstanbul ili doğal gaz arz güvenliği
- Doğal gaz şehir giriş istasyonlarının planlanması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 23.08.2022
Kabul: 27.05.2023

DOI:
10.17341/gazimmfd.1165734

Anahtar Kelimeler:
Enerji,
doğal gaz,
talep tahmini,
arz güvenliği,
yapay sinir ağları

ÖZ

Bu çalışmada, Yapay Sinir Ağları kullanılarak İstanbul Asya yakası ve Avrupa yakası için günlük ve saatlik doğal gaz talep tahmin modelleri oluşturulmuştur. Doğal gaz kullanımını etkileyen parametreler; tüketici sayısı, ortalama günlük sıcaklık, minimum günlük sıcaklık, resmî tatiller, ısıtma derece gün sayısı olarak belirlenmiştir. 2008'den 2018'in sonuna kadar elde edilen veriler kullanılarak MATLAB yazılımı ile talep tahmin modelleri oluşturulmuş ve İstanbul'da son yüzyıl içerisinde yaşanmış en soğuk gün olan 9 Şubat 1929 günlük en düşük -16ºC ve günlük ortalama -7ºC sıcaklık değerlerine göre 2027 yılına kadar doğal gaz talebi tahmini yapılmıştır. Bu çalışma neticesinde, doğal gaz talep tahmini ile hangi yıl doğal gaz şehir giriş istasyonunun kurulacağına karar verilmektedir. Doğal gaz dağıtım şirketi tarafından bakıldığında, doğru tahmin yapılabilirliği sistemde oluşabilecek hataları azaltır ve gaz dağıtım planlamasını daha isabetli olanak sağlar. Bu şekilde, gaz sistemleri çok daha gerçekçi ve karlı hale gelir. Müşteri tarafından bakıldığında ise doğru tahmin değerleri, sistemde oluşabilecek hataları azaltacağı için bu da müşterilerin gazsız kalma olasılığını minimize eder. Ayrıca, Synergi Gas yazılımı ile İstanbul Asya ve Avrupa bölgelerinde yer alan dağıtım ağının hız ve basınç kriterleri dikkate alınarak, talep tahminine dayalı olası kötü senaryolar için doğal gaz şehir giriş istasyonlarının nereye kurulacağı öngörülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş. tarafından doğal gaz şehir giriş istasyonları projelendirme çalışması yapılmıştır.

Forecasting natural gas demand in Istanbul by artificial neural networks method and planning of city gate stations

HIGHLIGHTS

- Natural gas demand forecasting with artificial neural networks
- Natural gas supply security in Istanbul
- Natural gas city gate stations planning

Article Info

Research Article
Received: 23.08.2022
Accepted: 27.05.2023

DOI:
10.17341/gazimmfd.1165734

Keywords:
Energy,
natural gas,
forecasting,
security of supply,
artificial neural networks

ABSTRACT

In this study, daily and hourly natural gas demand for Istanbul's Anatolian and European sides are estimated by using Artificial Neural Networks. Parameters affecting natural gas usage such as the number of consumers, average daily temperature, minimum daily temperature, official holidays, and heating degree days have been determined. By means of the data obtained from the year 2008 to the end of 2018, the forecasting model created by the MATLAB software estimates the natural gas demands up to 2027 according to the coldest day of Istanbul in the last century, which occurred on 9 February 1929, with the minimum daily temperature of -16°C and the average daily temperature of -7°C. As a result of this study, it is decided which natural gas city gate station will be constructed with natural gas demand forecast. When we view it from the perspective of a natural gas distributor, correct predictive values reduce the errors and make gas distribution planning correctly. In this way, gas systems become much more realistic and profitable. Also, from the customer's point of view, because the correct predictive values reduce the errors that may occur in the system, the model minimizes the probability of being out of gas. Moreover, with Synergi Gas Software, new solutions can be produced for possible bad scenarios in advance, taking into account the velocity and pressure criteria of the distribution network located on İstanbul's Anatolian and European sides where the natural gas city gate station will be constructed. According to the obtained results, the project of the natural gas city gate stations has been performed by İstanbul Gas Distribution Co.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *vedat.balikci@std.yildiz.edu.tr, zgemici@yildiz.edu.tr, tolgataner@aksaray.edu.tr, dalkilic@yildiz.edu.tr / Tel: +90 216 681 4483

1. Giriş (Introduction)

Dünyada enerji üretimi halen büyük ölçüde (yaklaşık %95) petrol, doğalgaz, kömür, linyit, asfaltit gibi fosil yakıtlara dayalı olarak yapılmakta olup ülkemizde ise doğal gaz kullanımı önem arz etmektedir. Doğal gazın evlerde kullanımı ülkemizde 1990 yıllarda başlamış olup 2000'li yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Doğal gaz yüksek basınçlı (35-73 bar) iletim hatlarından şehir giriş istasyonları (RMS-A) ile basıncı (25-19 bar) düşürülmekte ve şehir dağıtım hatlarına verilerek gaz arzı sağlanmaktadır [1].

Türkiye'de doğal gaz talep tahmin çalışmaları 1 Eylül 2018 tarihinde Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPİAŞ) tarafından kurulan spot doğal gaz piyasası ile daha önemli hale gelmiştir. Kurulan spot doğal gaz piyasası ile gaz ticareti yapılan firmalar ile doğal gaz dağıtım şirketleri arasında şeffaf bir piyasa ortamı kurulmuştur. 7 gün 24 saat aktif otomasyon sistemi ile paydaşlar arasında işlemler yapılabilmekte, Organize Toptan Doğal Gaz Satış Piyasası (OTSP) ile elektronik ortamda doğal gaz alım, satım işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Kurulan bu sistem ile doğal gaz dağıtım şirketleri yıllık, aylık ve günlük doğal gaz tüketim tahminlerini ve taleplerini sisteme girmek sureti ile doğal gaz ticareti yapan firmalardan uygun fiyatlar ile doğal gaz satın alabilmektedirler. Dolayısıyla doğal gaz talep tahminleri söz konusu piyasalar için çok önemli hale gelmektedir [2]. Bahse konu tahminlerde yapılacak hatalar neticesinde doğal gaz taleplerinde de hatalar oluşacak ve şirketlerin karlılıklarını olumsuz yönde etkileyecektir. OTSP'nin kurulması ile doğal gaz dağıtım şirketleri de doğal gaz talep tahmin çalışmalarına önem vermiş, bu konudaki çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır.

Brown vd. [3], doğal gaz talep tahmin alanında yapay sinir ağları yöntemlerini kullanarak günlük doğal gaz talep tahmini çalışması yapmışlardır. Gümrah vd. [4], Ankara ilindeki doğal gaz tüketimini etkileyen faktörleri son 7 yıllık veriler ışığında derece-gün yöntemini kullanarak incelemiştir. Yaptıkları çalışma sonrasında elde ettikleri model ile tahmin edilen tüketim değerlerinin gerçek değerler ile uyumlu olduğu gösterilmiştir. Viet vd. [5], YSA ve bulanık sinir sistemleri yöntemlerini kullanarak Polonya'nın belli bölgesi için doğal gaz talep tahmini çalışması yapmışlardır.

Görücü vd. [6], 2002 ile 2005 yılları arasında Ankara ili için doğal gaz tüketim tahminini yapay sinir ağları yöntemi kullanarak hesaplamışlardır. Hamzaçebi vd. [7], 1970 ile 2002 yılları arasında gerçekleşmiş değerleri kullanarak yapay sinir ağları, regresyon ve Box-Jenkins zaman serisi analiz modelleri olmak üzere toplam üç farklı yöntemle Türkiye elektrik enerjisi tüketim tahmini yapmışlar ve bu çalışmada yapay sinir ağları yönteminin diğer yöntemlerden daha doğru sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Yumurtacı vd. [8], 2050 yılına gelindiğinde Türkiye nüfusunun 115 milyon ve kişi başına düşen yıllık elektrik tüketiminin ise 10.200 KWh olacağı tahminini yapmışlardır. Buna göre lineer regresyon yöntemiyle Türkiye elektrik enerjisi talebinin 2050 yılında 1,173 milyar KWh olacağı belirlenmiştir.

Yalçınöz vd. [9], yapay sinir ağları yöntemi kullanarak kısa vadeli ve orta vadeli doğal gaz talep tahmini yapmışlardır. Tunç vd. [10], 1980-2001 yılları arasındaki değerleri kullanarak Türkiye'nin elektrik tüketim verisi ile elektrik enerjisi yatırımlarının dağılımını tahmin etmek için regresyon ile doğrusal yaklaşım ile model geliştirmişler ve 2010-2020 yılları arası elektrik enerjisi için yatırım tahmininde bulunmuşlardır. Ediger vd. [11], 1950-2005 yılları arasındaki Türkiye'nin birincil enerji tüketimleri üzerinden ARIMA ve SARIMA yöntemleri kullanılarak 2005 ile 2020 yılları arasındaki Türkiye'nin birincil enerji tüketim tahmini yapmışlardır. Bu tahminlere göre Türkiye'nin birincil enerji tüketim artışının 2005-2020 yılları arasında yıllık ortalama %3,3 olacağı öngörülmektedir. Erdoğdu [12], ARIMA yöntemi kullanarak tahmin modeli geliştirmiş, modelde verileri analiz etmek için bir eş bütünleşme analizi gerçekleştirmiştir. Bu yöntem kullanılarak 2005 ile 2014 yılları arasındaki dönem için Türkiye yıllık elektrik talep tahmininde bulunmuş ve hata oranın %2 civarında olduğunu tespit edilmiştir. Demirel [13], 1970-2007 tarihleri arasındaki değerleri kullanarak ANFIS ve ARMA yöntemleriyle Türkiye'nin elektrik enerjisi talep tahminini yapmıştır. ARMA ve ANFIS yöntemlerini karşılaştırdığında ARMA yöntemi ile elde edilen sonuçların gerçeğe daha uzak olduğu ve iki yöntemin sonuçları arasındaki farkın temel kaynağının kullanılan parametrelerin çeşitliliği ve kabullerin farklı olması olarak belirlenmiştir.

Akkurt vd. [14], geçmiş verileri çift üstel düzeltme ve SARIMA yöntemlerini kullanarak aylık bazda Türkiye'nin doğal gaz talep tahminini gerçekleştirmiş ve SARIMA modelinin yıllık verilerle yaptığı tahminde çift üstel düzeltmeli zaman serisi modelinin daha başarılı olduğunu göstermişlerdir. Dilaver vd. [15], 1960-2008 yılları arası tüketim değerlerini kullanarak yapısal zaman serisi modelini kullanmışlar ve yüksek, orta ve düşük elektrik talebi senaryolarına göre Türkiye elektrik talep tahminini sırası ile 148, 121 ve 97 TWh olarak bulmuşlardır.

Bordignon vd. [16], İngiltere için elektrik fiyatlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Regresyon ve ARMAX gibi yöntemlerle birlikte bu yöntemlerin karması şeklinde olan hibrit yöntem kullanmak sureti ile yapılan talep tahminleri sonucunda %76 oranında hibrit modelin daha doğru tahmin yaptığı sonucuna ulaşmışlardır. Soldo [17], 2012 yılına kadar doğal gaz talep tahmini için yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Wang vd. [18], 2007-2010 yılları arasındaki veriler kullanılarak 2010 Nisan ve 2010 Eylül tarihleri arasında Çin'de gerçekleşen elektrik talepleri SARIMA ve geliştirilen Fourier yaklaşımı içeren hibrit SARIMA yöntemi kullanılarak tahmin yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Demirel vd. [19], 2004-2009 yılları arasındaki verilerle abone sayısı ve doğal gaz fiyatı parametreleri ile yapay sinir ağları ve ARIMAX kullanarak İstanbul ili için doğal gaz tüketim tahmin çalışmasını %95 güven aralığı içerisinde yapmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda ARIMAX modeli ile daha başarılı sonuç elde edilmiştir. Es vd. [20], 1970-2010 yılları arasındaki Türkiye'nin net enerji tüketimleri ile tüketime etki eden parametreleri kullanarak çoklu doğrusal regresyon ile ANN'nin tahmin performansı kıyaslanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ise 2011-2025 yılları arasındaki net enerji tahmini yapılmıştır. Hosseinipoor [21], Oklahoma Üniversitesinde yaptığı çalışmada Amerika'da doğal gaz piyasasında doğal gaz fiyatına etki eden parametreleri tespit ederek yapay sinir ağları ve zaman serileri yöntemlerinden NAR ve NARX yöntemlerini kullanarak doğal gaz fiyat tahmin modelleri oluşturarak bu yöntemleri kıyaslamıştır. Bulduğu sonuçlara göre R-kare 0,95 olarak NAR modelinin en iyi sonuç verdiğini tespit etmiştir. Beyca vd. [22], İstanbul ili için doğal gas tüketimi mevsimsel değişkenliklerini göz önüne almış ve makine öğrenmesi yöntemlerinden MLR (multiple linear regression), ANN (artificial neural network) ve SVR (support vector regression) kullanarak tahmin çalışması yapmışlardır. İlgili çalışmada 2005 yılı ocak ayı ile 2015 yılı ekim aylarındaki toplam doğal gaz tüketimleri eğitim ve test verisi olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışma MAPE değerleri kıyaslanmış ve en iyi yöntemin SVR makine öğrenmesi yöntemi olduğuna karar verilmiştir. Çalışma sonucunda ise 2016 yılı Ekim ayına kadar SVR yöntemi ile doğal gaz tüketim tahmini yapılmıştır.

Akpınar vd. [23], Türkiye'nin günlük ve aylık doğal gaz tüketim tahminini ARIMA/SARIMA yöntemleri ile yapmışlardır. Modellerde

2011-2014 yılları arasındaki doğal gaz tüketim verilerini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda günlük tahmin modelinde R^2 dğerini 0,802, aylık olarak ise 0,98 olarak bulmuşlardır. Kant vd. [24], 2020 yılına kadar yapılmış olan yapay sinir ağları ile doğal gaz talep tahmini çalışmalarını irdelemişlerdir. Özellikle Türkiye gibi doğal gaz da dışa bağımlı ülkeler için tüketim tahminin ne kadar önemli olduğu çalışmada vurgulanmıştır.

Li vd. [25], doğal gaz tüketimine etki eden parametreleri korelasyon testi ile belirlenerek makine öğrenmesi yöntemleri ile Çin için talep tahmini çalışması yapılmıştır. Yaptıkları bu çalışmada LSTM, XGBoost, LightGBM, GBR, RF, KNN, SVR, SGD ve BR makine öğrenmesi yöntemlerini kullanmışlar, bu yöntemler arasında korelasyon testi yapıp sonuçların benzerlikleri ile farklılıklarını göstermişlerdir. Makine öğrenmesi yöntemlerini test verileri ile kıyasladıklarında en iyi sonucu veren yöntemin SGD yöntemi olduğunu tespit etmişlerdir. Bilici vd. [26], meteorolijik parametreler ile Türkiye'nin doğal gaz tüketimini aylık olarak tahmin modelleri oluşturmuşlardır. Çalışmalarında Yapay Arı Kolonisi (ABC), Yüklü Sistem Arama Algoritması (CSA) ile Harmoni Arama Algoritması (HSA) yöntemleriyle oluşturulan modeller kıyaslanmıştır. 2010-2020 yılları arasında kullanılan verilere göre en iyi sonucu veren model CSA ile oluşturulan model bulunmuştur. Cihan [27], kovid19 karantinalarının doğal gaz ve elektrik tüketimine etkisini araştırarak ARIMA modeli ile tüketim tahmin çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada elektrik talep tahmini için oluşturulan ARIMA modelinin R^2 değeri 0,99 iken doğal gaz talep tahmini için oluşturulan ARIMA modelinin R^2 değeri 0,92 olarak hesaplanmış. Li vd. [28], 2006 ile 2017 yılları arasındaki Çin'de doğal gaz tüketimine etki eden parametreler incelenmiştir. İlgili çalışma sonucunda özellikle doğal gaz fiyatlarındaki yükselme durumunda tüketimin düşmesi yönünde etki edeceği öngörülmektedir.

Bu çalışmada şehirlerdeki büyüme ve artan nüfus yoğunluğu nedeniyle doğal gaz talebindeki artışın tahmin edilmesi ile dağıtım şebekesindeki arz güvenliği sağlanması hedeflenmektedir. Dünya genelinde uzun yıllardır yapılan talep tahmin çalışmaları enerji piyasalarında özellikle elektrik enerjisi sektöründe kendine yer edinmiş olup Türkiye'de enerji piyasasının serbestleşme çalışmaları ile birlikte talep tahmin çalışmaları giderek önemli hale gelmiştir. Enerji sektöründe çalışan özel ve kamu şirketleri tarafından düzenli olarak enerji talep tahmin çalışmaları yapılmakta olup, akademik alanda da benzer çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Çalışmada, parametreler normalize edilerek yapılan çalışmaya göre talep tahminleri daha doğru sonuçlar elde edilmiştir [29]. İlgili çalışma sonucunda çıkan talep tahmini ile yeni şehir giriş istasyonlarının ihtiyaç zamanı belirlenerek istasyon yerlerinin optimizasyonu sağlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, çıkan sonuçlar ilgili firma olan İGDAŞ tarafından kabul görerek projelendirme çalışmaları bu sonuçlara göre yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot (Material and Method)

Bu çalışma kapsamında kullanılan İstanbul ili Anadolu yakası ve Avrupa yakası için ayrı ayrı 2008 yılından 2018 yılı sonuna kadar günlük doğal gaz tüketimleri ile doğal gaz kullanıcı sayıları İGDAŞ şirketinden Microsoft Excel® formatında, günlük meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Excel formatında ve resmî tatil günleri Milli Eğitim Bakanlığı akademik çalışma takviminden aynı tarihler için alınmıştır. Talep tahmini uygulaması MATLAB® (2018A sürümü) yazılımı yapay sinir ağları ile yapılmıştır olup, grafikler R® Programı (3.5.2 sürümü) kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada tüketime etki eden parametrelere ait İstanbul ili Anadolu yakası ve Avrupa yakası olmak üzere 4070 günlük veriler kullanılarak ilde son yüz yıl içerisinde yaşanan en soğuk gün olan 9 Şubat 1929 tarihinde ölçülen günlük minimum -16°C ve günlük ortalama -7°C olduğu halde doğal gaz taleplerinin ne olacağı 2027 yılına kadar hesaplanmıştır. Bu hesaplanan değerler ışığında doğal gaz RMS-A istasyonlarının ne zaman kurulması gerektiği ve Synergi Gas program ile de optimum olarak nereye konumlandırılması gerektiği belirlenmiştir.

2.1. Doğal Gaz Tüketimine Etki Eden Parametreler (Affecting Parameters of Natural Gas Consumption)

İstanbul ilinde doğal gaz tüketimine etki eden faktörler kısa dönemli ve uzun dönemli süreçler şeklinde ele alınabilir. Kısa dönemli olarak bakıldığında doğal gaz tüketimine etki eden faktörler; hava sıcaklıkları, derece gün sıcaklıkları, resmî tatil günleri, mevsimsellik, gaz kullanıcı sayıları, doğal gaz fiyatı gibi parametreler sayılabilecekken uzun dönemli doğal gaz tüketimine etki eden faktörler ise toplum nüfusu, politik etkenler ve teknolojik gelişmeler olarak sıralanabilir [14]. Bu çalışmamızda literatürde doğal gaz tüketimine etki eden parametreler İstanbul ili için incelenmiş ve bu şehire göre özel parametreler belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler önceden tahmin edilebilirliğinin ne derece tutarlı olduğu göz önüne alınarak modelimizde tutarlılığı oranında yer almıştır. İncelenen literatür çalışmalarında doğal gaz tüketimine etki eden parametlerin arasında doğal gazın fiyatı ve meteorolojik verilerden rüzgârın şiddeti ile yönü de vardır [30]. Bu çalışmada ise İstanbul ilinde İGDAŞ'tan alınan bilgiye göre doğal gaz tüketiminin %85 oranında konutlarda tüketildiği, başka alternatif ısınma amaçlı enerji kaynağı olmadığından dolayı doğal gazın fiyatını modelimizde kullanmadık. Diğer yandan İstanbul'un yüz ölçümünün 5 bin 315 km^2 olduğu göz önüne alındığında rüzgârın şiddeti ve yönünün İstanbul ili Avrupa yakası ve Anadolu yakası için alınan verilerden çıkarılması mümkün olmamıştır. Dolayısıyla rüzgârın şiddeti ve yönü modelde kullanılmamıştır.

2.2. Bağıntı Testi (Correlation Test)

İstanbul ili Avrupa ve Anadolu yakaları için tespit edilen doğal gaz tüketimine etki eden parametreler; Abone sayısı, hangi ay olduğu, resmî tatil günleri (okulların tatil olduğu günler), ısıtma gün sıcaklığı (IGD), günlük minimum sıcaklık ve günlük ortalama sıcaklıktır. Bu parametreler için yapılan korelasyon testi Şekil 1'de gösterilmiştir. Benzer olarak Li vd. [25] yaptıkları çalışmada doğal gaz tüketimine etki eden parametreler ile korelasyon testi yapmışlardır.

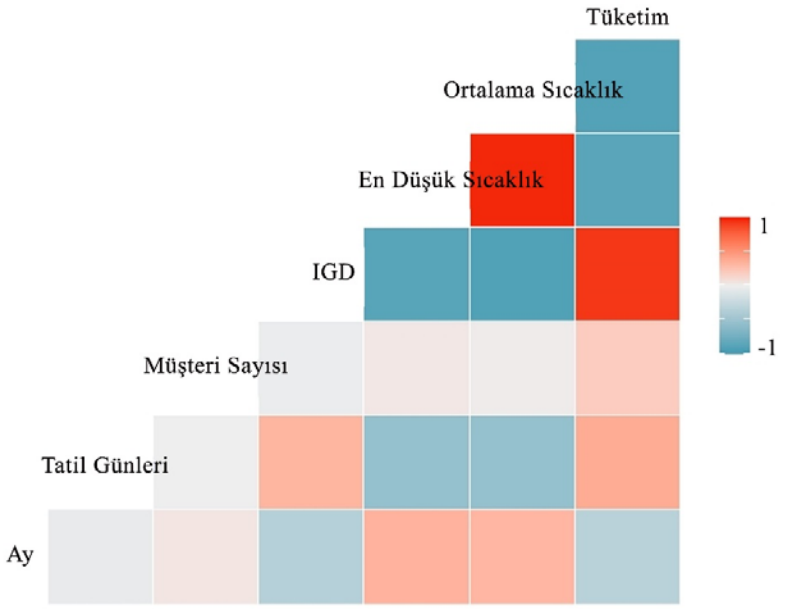
Doğal gaz tüketimine etki eden parametrelerin korelasyon testine göre;

- Ortalama sıcaklık arttıkça doğal gaz tüketimi azalmaktadır. Tüketim ile ortalama sıcaklık arasında güçlü negatif korelasyon olduğu görülmektedir.
- Günlük minimum sıcaklık değeri arttıkça doğal gaz tüketimi azalmaktadır. Tüketim ile günlük minimum sıcaklık arasında güçlü negatif korelasyon vardır.
- Isıtma gün sıcaklığı (IGD) arttıkça doğal gaz tüketimi artmaktadır. Tüketim ile IGD arasında güçlü pozitif korelasyon vardır. Bu parametre ve ilişki bir sonraki bölümde daha detaylı olarak ele alınmıştır.
- Müşteri sayısı arttıkça doğal gaz tüketiminin arttığı görülmektedir. Doğal gaz tüketimi ile müşteri sayısı arasında zayıf pozitif korelasyon olduğu görülmektedir. Bir sonraki bölümde müşteri sayısının artışı ile doğal gaz tüketimi arasındaki bu zayıf pozitif korelasyonun sebebi mevsimsellik dalgalanma ile daha detaylı olarak ele alınacaktır.
- Tatil günlerinde doğal gaz tüketimi azalmaktadır. Doğal gaz tüketimi ile resmî tatil günleri arasında pozitif ve güçlü bir korelasyon vardır.
- Aylar ilerledikçe doğal gaz tüketimin azaldığı görülmektedir, yani 1. aydan 12. aya doğru gidildikçe doğal gaz tüketiminin azaldığı

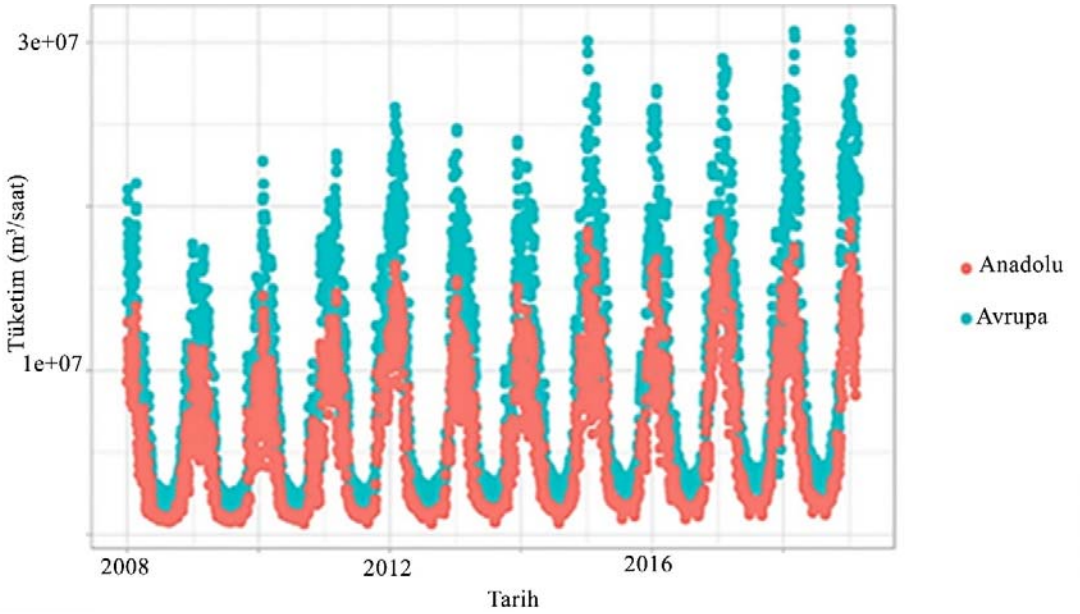
görülmektedir. Aylar ile doğal gaz tüketimleri arasında negatif güçlü korelasyon vardır.

2.3. İstanbul İli Doğal Gaz Tüketimi
(Natural Gas Consumption of İstanbul)

İstanbul ili Anadolu ve Avrupa yakaları için 1 Ocak 2008 ile 31 Aralık 2018 tarihleri arasındaki günlük doğal gaz tüketim miktarları İGDAŞ'tan alınmıştır. Şekil 2'de İstanbul Anadolu yakası ve İstanbul Avrupa yakası 2008-2018 yılları arası doğal gaz tüketim dağılımları gösterilmiştir. Bu grafikteki turuncu renk Anadolu yakası günlük doğal gaz tüketimini gösterirken yeşil renk ise Avrupa yakası günlük doğal gaz tüketimini göstermektedir. 2008 yılında en yüksek tüketimin olduğu gün Anadolu yakasında tüketim 14 milyon m^3 iken Avrupa yakasında tüketim 22 milyon m^3 olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılında ise en yüksek doğal gaz tüketiminin olduğu gün Anadolu yakası doğal gaz tüketim değeri 19 milyon m^3 iken Avrupa yakası doğal gaz tüketim değeri 31 milyon m^3 olarak gerçekleşmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi İstanbul Anadolu yakası ve İstanbul Avrupa yakası doğal gaz tüketimi kış aylarında en yüksek değerlerine ulaşırken yaz aylarında minimum seviyelere düşmektedir. Özellikle Aralık-Nisan ayları arasında tüketim değerleri günlük sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik gösterirken yaz aylarında doğal gaz tüketim değerleri hemen hemen sabit seyretmektedir. Evsel kullanım, sıcaklık düşüşü ile sonbaharda artmaya başlar, kış döneminde maksimum olup, yaz döneminde minimum seviyeye ulaşır. Yaz döneminde sanayi- ticari tüketim ile sıcak su ve pişirme amaçlı evsel tüketim söz konusudur.



Şekil 1. Doğal gaz tüketimine etki eden parametrelerin bağıntı testi (Correlation test of affecting paramaters to natural gas consumption)



Şekil 2. İstanbul Anadolu ve Avrupa yakaları doğal gaz tüketim grafiği
(Natural gas consumption of graph belonging to European and Anatolian sides of Istanbul)

Tablo 1'de 2011 yılından 2018 yılana kadar her kış dönemi için günlük maksimum gaz tüketimi ile saatlik maksimum doğal gaz tüketimleri gösterilmiştir. Günlük gaz tüketimleri meteorolojik verilere göre değişkenlik göstermektedir. Tablo 1 incelendiğinde günlük doğal gaz tüketimleri ile saatlik doğal gaz tüketimleri arasında belli bir oranın olduğu görülmektedir. Ancak 2017 yılındaki günlük doğal gaz tüketimi ile saatlik doğal gaz tüketimi arasında dengesiz bir oran tespit edilmiştir. Bunun sebebinin 2017 yılı kış aylarında İstanbul'da yaşanan elektrik kesintileri olduğu tespit edilmiştir. Bölgesel olarak uzun süreli elektrik kesintileri nedeniyle kesintilerin olduğu zaman dilimlerinde aboneler doğal gazı da kullanamamışlardır.

Tablo 1. İstanbul Anadolu ve Avrupa yakaları günlük-saatlik maksimum doğal gaz tüketimleri
(Maximum natural gas consumptions of Anatolian and European sides of İstanbul as daily- hourly)

Tarih	Bölge	Tüketim (m3/gün)	Maksimum Tüketim (m3/saat)
09.03.2011	Avrupa	23.166.797	1.087.000
10.03.2011	Anadolu	14.561.605	724.000
31.01.2012	Avrupa	26.016.613	1.203.090
02.02.2012	Anadolu	16.343.025	797.284
09.01.2013	Avrupa	24.718.517	1.197.232
09.01.2013	Anadolu	15.480.952	744.180
11.12.2013	Avrupa	24.005.730	1.134.404
11.12.2013	Anadolu	15.059.433	718.745
08.01.2015	Avrupa	30.053.892	1.370.840
08.01.2015	Anadolu	18.475.121	895.727
26.01.2016	Avrupa	27.119.943	1.282.698
25.01.2016	Anadolu	16.622.102	822.092
09.01.2017	Avrupa	23.885.069	1.526.704
09.01.2017	Anadolu	19.130.062	924.327
01.03.2018	Avrupa	29.254.012	1.407.800
01.03.2018	Anadolu	17.461.798	867.248

Tablo 1'de 2011 yılından 2018 yılana kadar her kış dönemi için günlük maksimum gaz tüketimi ile saatlik maksimum doğal gaz tüketimleri gösterilmiştir. Günlük gaz tüketimleri meteorolojik verilere göre değişkenlik göstermektedir. Günlük tüketim değerleri günün her saatine eşit miktarda dağılım göstermemektedir. Tablo 1 incelendiğinde günlük doğal gaz tüketimleri ile gün çerisinde maksimum saatlik doğal gaz tüketimleri arasında belli bir oranın olduğu görülmektedir, yapılan çalışmada günlük tüketimden saatlik tüketime indirgenirken bu oran kullanılmıştır. Ancak 2017 yılındaki günlük doğal gaz tüketimi ile saatlik doğal gaz tüketimi arasında dengesiz bir oran tespit edilmiştir. Bunun sebebinin 2017 yılı kış aylarında İstanbul'da yaşanan elektrik kesintileri olduğu tespit edilmiştir. Bölgesel olarak uzun süreli elektrik kesintileri nedeniyle kesintilerin olduğu zaman dilimlerinde aboneler doğal gazı da kullanamamışlardır.

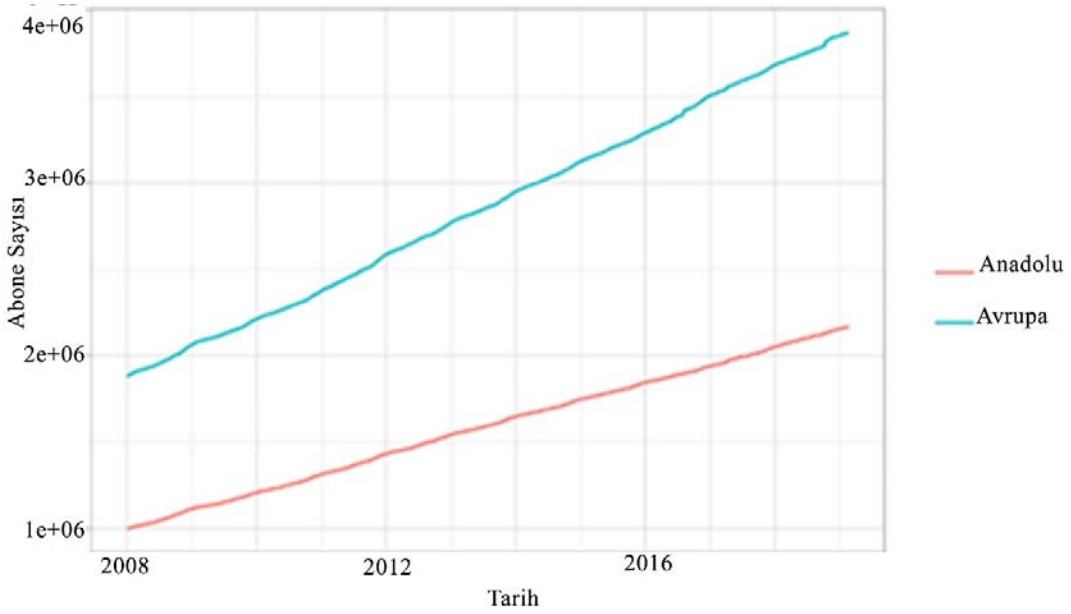
2.4. Abone Sayısı (Subscribers)

Anadolu ve Avrupa yakaları için 1 Ocak 2008'den 31 Aralık 2018'e kadar abone sayısındaki günlük değişim İGDAŞ'tan temin edilmiştir. Şekil 3'te İstanbul yakasında Ocak 2008 tarihinde yaklaşık 1 milyon abone olmasına karşın 2018 yılının sonuna gelindiğinde doğal gaz abone sayısı 2,7 milyon civarına kadar çıkmıştır. İstanbul Avrupa yakasında ise Ocak 2008 tarihinde yaklaşık 1,8 milyon abone olmasına karşın 2018 yılının sonuna gelindiğinde doğal gaz abone sayısı 3,75 milyon civarına kadar çıkmıştır.

Şekil 3'te ise İstanbul ili Avrupa yakası ile Anadolu yakası arasındaki doğal gaz abone artışları aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. İki bölgenin de doğal gaz abone artışı doğrusal iken Avrupa yakasının abone artış hızı Anadolu'ya göre daha fazladır. Yapılan çalışmada grafiklerden de görüldüğü gibi son 10 yıllık veriye dayanarak müşteri artışının doğrusal olduğu görülmüş olup, ilerleyen yıllarda da abone artışının doğrusal bir şekilde gerçekleşeceği öngörülmüştür.

2.5. Günlük Minimum ve Ortalama Sıcaklık
(Daily Minimum and Average Temperature)

Yapılan çalışmalardan da görüldüğü gibi doğal gaz tüketimine etki eden parametrelerin en önemlisi kuşkusuz gün ortalama sıcaklığıdır. Doğal olarak bu parametre ile ilişkili olan gün minimum sıcaklık parametresi de doğal gaz tüketimine etki etmektedir. Sıcaklığın düşmesi ile özellikle konutlar ve toplu yaşam alanlarında doğal gaz tüketimi artmaktadır.



Şekil 3. İstanbul Anadolu ve Avrupa yakaları doğal gaz abone grafiği
(Natural gas subscriber graph of Anatolian and European sides of İstanbul)

Şekil 4'te görülen İstanbul Anadolu yakası doğal gaz tüketimi günlük ortalama sıcaklık grafiği İstanbul Avrupa yakası ile benzerlik göstermektedir. Beyca vd. [22] yaptıkları çalışmada 20°C üzerindeki sıcaklıklarda ısınma amaçlı doğal gaz tüketiminin olmadığı belirlenmiş olmasına rağmen yaptığımız çalışmada Şekil 4'te görüldüğü üzere gün ortalama sıcaklığı 15°C'nin üzerine çıktıktan sonra doğal gaz tüketimindeki değişkenlik minimuma inmekte ve sabite yakın devam etmektedir. Bu değişim de ağırlıklı olarak sanayinin enerji tüketimini göstermekte olup aylara göre sabit kalmaktadır. Grafik incelendiğinde son 10 yıl içerisinde gün ortalama sıcaklığının en düşük -3°C olarak gerçekleştiği görülmektedir.

2.6. Isıtma Gün Derecesi (Heating Degree Day)

Isıtma gün derecesi (İGD), İngilizce 'de Heating Degree Day (HDD) olarak bilinen insanların ısıtma ihtiyacının hangi sıcaklıkta başlayacağını ifade eden bir parametredir. Belirli sıcaklığın altında olduğu zaman ısınma ihtiyacı için enerji harcanmaya başlanır. Isıtma gün derecesi için zamana ve bölgelere göre hesaplanan değerler literatürde farklılık göstermektedir. 1990'lı yıllarda hava sıcaklığı 21°C'lerin altına indiği zaman ısıtma ihtiyacı olduğu belirtilirken küresel ısınma ve ısı adası etkisi ile bu sıcaklık İstanbul ili için 18°C olarak kabul edilmiş, buna göre hesaplama yapılmıştır. Şekil 4'te görüldüğü üzere gün ortalama sıcaklığı 15°C'lere geldiğinde sıcaklıktan bağımsız tüketimler görülmekte ve gün ortalama sıcaklığının 18°C'nin üzerindeki değerlerinde ise sıcaklıktan bağımsız tüketimler var olduğu anlaşılmaktadır. Isıtma gün derecesi IGD'nin hesaplanması Eş. 1'de gösterilmiştir. Bu formüldeki değerler Türkiye için Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından genel bir kabul olarak görünse de illere göre bu değerlerin farklı olması gerektiği yapılan akademik çalışmalarda gösterilmiştir [20].

$$HDD = \begin{cases} 0 & T > 15\ \mathrm{C} \\ 18 - T & T \leq 15\ \mathrm{C} \end{cases} \quad (1)$$

Formül günlük ortalama sıcaklık verileri üzerinden 2008 ile 2018 yılına kadar günlük olarak hesaplanmış ve modelimizde kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan ön çalışmalarda IGD etkisi göz ardı edilerek modeller oluşturulmaya çalışılmış ancak başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Bu nedenle nihai doğal gaz talep tahmin modelinde Eş. 1'de gösterilen formüllere göre ısıtma gün derecesi değerleri hesaplanmış ve dikkate alınmıştır.

2.7. Resmî Tatil Günleri ve Aylar (Public Holiday Days and Months)

Resmî tatil günlerinde doğal gaz tüketiminin azaldığı gözlemlenmektedir. Modelde günler için ya resmî tatil ya da değil şeklinde bir tanımlama yapılmıştır. Resmî tatil günleri Milli eğitim Bakanlığı takvimine göre belirlenmiştir. Doğal gaz tüketiminin kış aylarında arttığı ve yaz aylarında ise minimum seviyeye indiği Şekil 4'te görünmektedir. Veri setinde her ay 1'den 12'ye kadar numaralandırılmış ve bu veriler model oluşturulurken kullanılmıştır.

2.8. Verililerin Normalize Edilmesi (Normalazing Data)

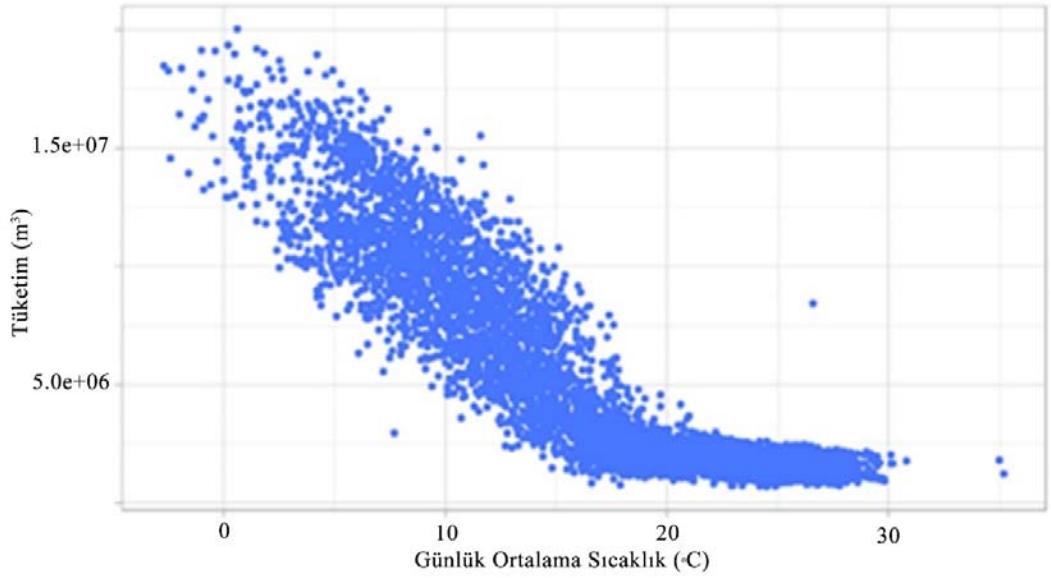
Doğal gaz tüketimine etki eden faktörler için elde edilen veriler kıyaslanabilirliğin sağlanabilmesi için normalize edilmiştir. Normalizasyon işlemi için birçok farklı yöntem vardır. Bunlar; minimum kuralı, maksimum kuralı, medyan, sigmoid ve z- score vb. gibidir. Deveci ve Yavuz'un yaptıkları çalışmada Matlab üzerinden yapay sinir ağlarında hangi normalizasyon tekniğinin daha iyi sonuç verdiği kıyaslanmıştır [29]. Bu kıyaslama sonucunda en uygun metot olarak D_Min_Max normalizasyon tekniği önerilmiştir. Bu normalizasyon tekniğine göre uygulama içerisinde kullanılacak veriler 0,1 ile 0,9 aralığına getirilmektedir. Bu yöntemin denklemi Eş. 2'de verilmiştir [29].

$$x' = 0{,}8 * \left(\frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}\right) + 0{,}1 \quad (2)$$

Çalışmada tüm veriler Eş. 2'de gösterilen eşitlik kullanılarak 0,1 ile 0,9 aralığına normalize edilerek yapay sinir ağları uygulaması yapılmıştır. Modelde normalize verilerle elde edilen talep tahminleri daha sonra Eş. 2 tekrar kullanılarak bu kez gerçek girdi terimleri, yani denormalizasyon işlemi yapılarak sonuçlar elde edilmiştir.

2.9. Yapay Sinir Ağları ile Doğal Gaz Talep Tahmini Uygulaması (Natural Gas Forecasting with Artificial Neural Networks)

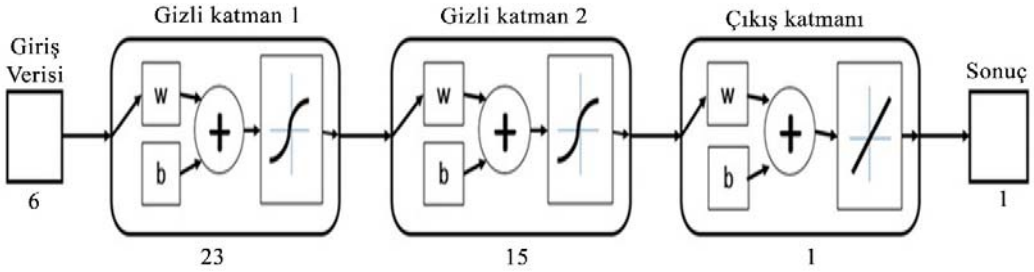
Çalışmada 2008 ile 2018 yılları arasındaki normalize edilen günlük veriler kullanılarak talep tahmin modeli oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada ortalama standart hata Mean Square Error (MSE) kıyaslaması ile en uygun model elde edilmiştir Model oluşturulurken farklı eğitim ve aktivasyon fonksiyonları ile gizli katman sayısı değiştirilerek ve kendi içinde 20 defa çalıştırılarak en düşük MSE



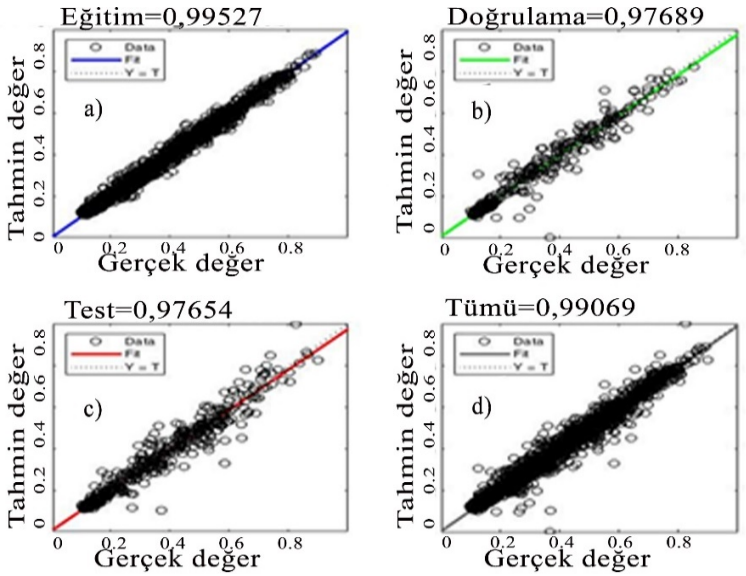
Şekil 4. İstanbul doğal gaz tüketimi- ortalama günlük sıcaklık grafiği (Natural gas consumption- daily avarege temperature graph of İstanbul)

Tablo 2. Model ağ mimarisi (Model of network architecture)

Ağ Tipi	İleri Beslemeli Geri Yayılım (Feed Forward Backprop)
Eğitim Fonksiyonu	Trainlm (Levenberg-Marquardt backpropagation)
Aktivasyon Fonksiyonu	Tansig-Logsig
Gizli Katman Sayısı	2 (23, 15)
Çevrim Sayısı	2000
Eğitim Verisi	75%
Test Verisi	15%
Doğrulama Verisi	10%



Şekil 5. Talep tahmin modeli mimarisi (Forecasting of model architecture)

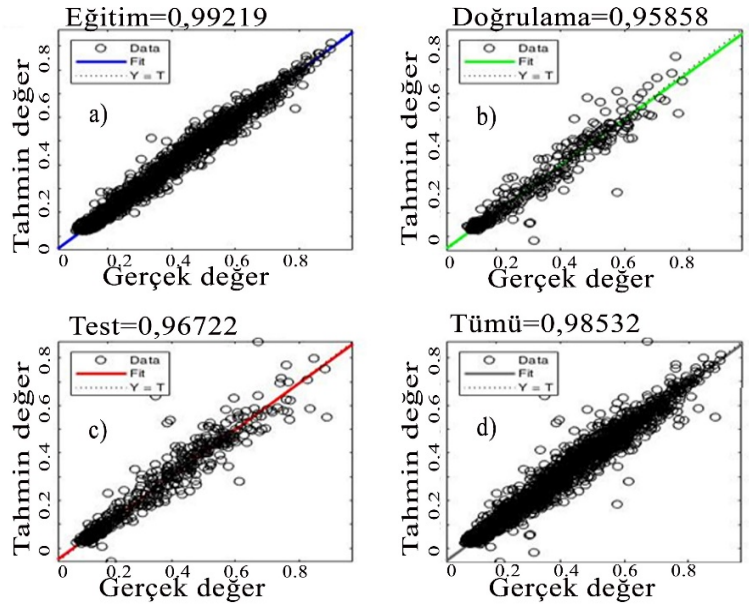


Şekil 6. İstanbul Anadolu yakası talep tahmin modeli bağıntı grafiği (Correlation graph of forecasting model İstanbul Anatolian side)

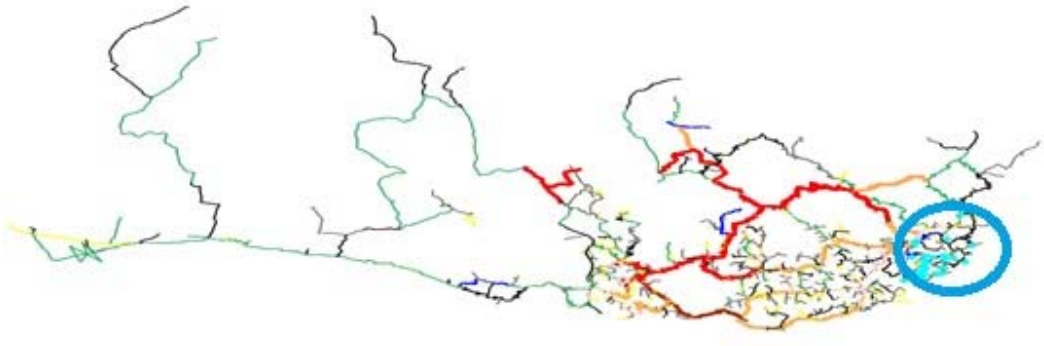
değerini veren model seçilmiştir. Bulunan model mimarisi Tablo 2'de gösterilmiştir. Şekil 5'te talep tahmin modelinin mimarisi gösterilmiştir. Şekil 1'de gösterilen; IGD, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, müşteri sayısı, ay ve tatil günleri girdi olarak kullanılmış ve çıktı olarak da doğal gaz tüketim tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Bu mimaride 2 gizli katman ve bu gizli katmanların ilkinde 23 ikincisinde ise 15 gizli hücre yapısı vardır.

3. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Tablo 2'de gösterildiği yapı ile yapay sinir ağları talep tahmin modelimizi İstanbul Anadolu ve Avrupa yakaları için oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modellerle ile Avrupa ve Anadolu yakaları için ayrı ayrı talep tahmin çalışmaları yapılmıştır. İlgili veriler 2008-2018 yılları arasındaki gerçekleşmiş doğal gaz tüketim miktarları olup gerek verinin çok büyük olması (365 gün*11 yıl) gerekse şirket gizlilik politikası gereği makalede paylaşılmamıştır. Talep tahmin modelleri oluşturulurken korelasyon değerlerine bakılmaktadır. Bu talep tahmin çalışmasında iki farklı veri ile eğitip test edilen iki farklı model bulunmaktadır. Şekil 6'da İstanbul Anadolu yakası doğal gaz talep tahmini modelinin korelasyon grafiği gösterilmiştir. Şekil 6a'da toplam verinin %75'i olan eğitim verisi, Şekil 6b de toplam verinin %10'u olan doğrulama verisi, Şekil 6c'de toplam verinin %15'i olan test verisi ve Şekil 6d'de ise toplam veri kullanılarak doğal gaz tüketim tahmin modelinin (output) gerçek tüketim (target) ile uyum performansları gösterilmektedir. Bu grafikte de görüleceği gibi talep tahmin modelinin R^2 değeri 0,98 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde İstanbul Avrupa yakası için de doğal gaz talep tahmin modelinin korelasyon değeri Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu grafikten de görüldüğü üzere İstanbul Avrupa yakası doğal gaz

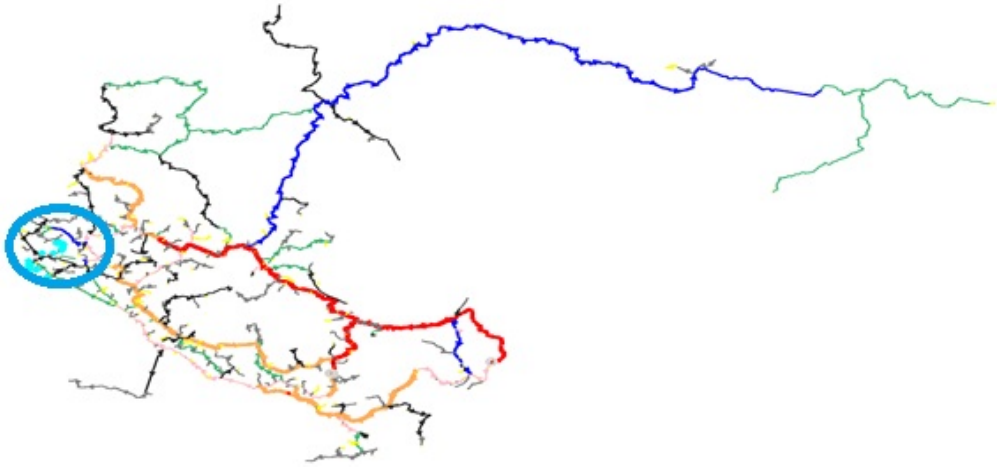


Şekil 7. İstanbul Avrupa yakası talep tahmin modeli bağıntı grafiği (Correlation graph of forecasting model İstanbul European side)

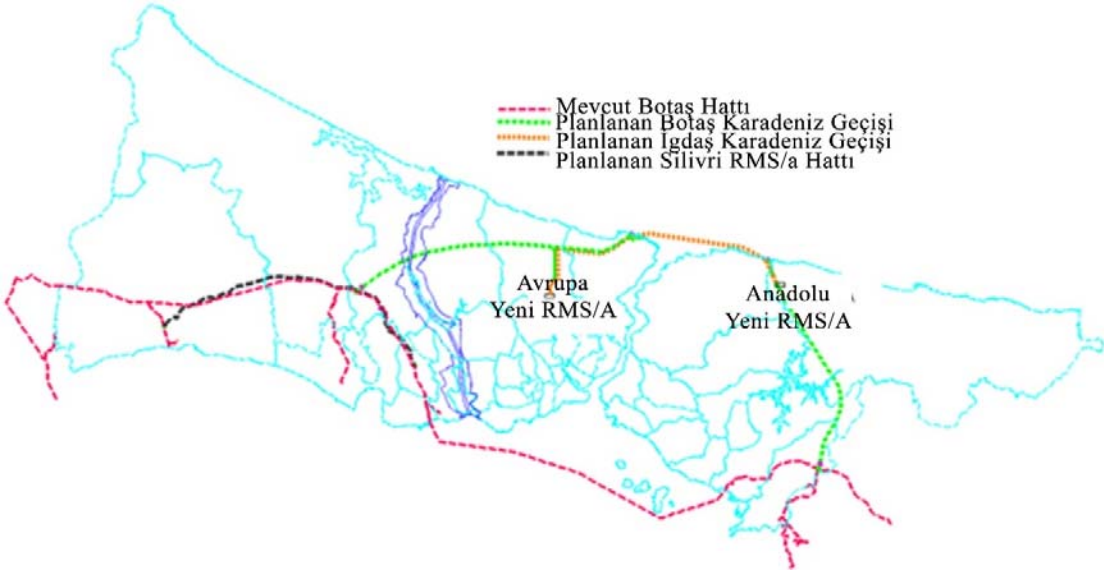


Şekil 8. 2019 yılı İstanbul Avrupa yakası doğal gaz dağıtım hattı en düşük basınç bölgesi
(Minimum pressure zone of natural gas distributing pipelines İstanbul European side at 2019)

talep tahmin modelinin R^2 değeri 0,97 olarak bulunmuştur. İlgili grafikler geliştirilen talep tahmin modelinin gerçek veriler uyumunu göstermek amacı ile kullanılmakta olup oluşturduğumuz modellerinin İstanbul Anadolu ve Avrupa yakaları için ayrı ayrı oluşturulan doğalgaz talep tahmini modelleri ile günlük talep tahminleri 2027 yılına kadar en yüksek kullanıma göre yapılmıştır. Oluşturulan doğal gaz talep tahmin modellerine göre son yüz yıl içerisindeki en soğuk günün yaşanması halinde 2027 yılına kadar günlük doğal gaz talep tahminleri yapılmış ve bunun sonucuna göre İstanbul için doğal gaz RMS-A istasyonu ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Buna göre İstanbul Anadolu yakası için 2023 yılına kadar, Avrupa yakası için ise 2024 yılına kadar ilave yeni doğal gaz RMS-A istasyonlarının kurulması gerekmektedir. Ayrıca bu sonuçlar kullanılarak doğal gaz RMS-A istasyonlarının ideal, optimum konumları, hız ve basınç analizleri yapılarak, mevcut doğal gaz iletim hattına olan mesafe de dikkate alınacak şekilde Synergi Gas yazılımı ile bulunmuştur. Şekil 8'deki çelik dağıtım şebekesinde en düşük bu basınç değerleri Avrupa yakası için en kritik yerleri göstermektedir. Bu bölgelere ilave doğal gaz istasyonu konulması gerekmektedir. Şekil 9'da Synergi Gas program ile hesaplanan Anadolu yakasında çelik dağıtım şebekesinde açık mavi renk en düşük basıncı göstermekte olup, diğer renkler farklı boru çaplarını göstermektedir. Bu bölgeler Anadolu yakası için en kritik bölgelerdir. Bu sonuçlara göre söz konusu düşük basınçların olduğu bu bölgelere yakın yerlere doğal gaz RMS-A istasyonları kurulması gerekmektedir. Bu sayede tahmine göre belirlenen, şekilde açık mavi renk ile gösterilmiş en düşük basınca sahip olduğundan dolayı kritik bölgede basınç değerleri optimum seviyelere yükselecektir. Doğal gaz RMS-A istasyonlarının yerleri belirlenirken önem sırasına göre minimum yatırım maliyeti ve olası hasarların minimize edilmesi için doğal gaz iletim hattına yakın (BOTAŞ hattı), olası tehlikelerden dolayı yerleşim yerlerine mümkün olduğunca uzak, olası gaz sızıntılarından dolayı havayolu uçuşlarına uzak, dağıtım şebekelerinin minimum basınç yaşanan bölgelerine en yakın yerler aranmaktadır. Bu kriterler göz önüne alınarak yapılan çalışmaya göre en uygun doğal gaz şehir giriş istasyonları Şekil 10'da gösterilmiştir. Güneyde yer alan mevcut doğal gaz iletim hattının olası deprem, toprak kayması ve bunun gibi doğal afetlere maruz kalması durumuna karşın BOTAŞ tarafından doğal gaz arz güvenliğini sağlanmak amacı ile İstanbul'un kuzeyinde yeni bir iletim hattı planlanmaktadır. Bu çalışma ile en uygun yeri tespit edilen RMS-A'lar BOTAŞ tarafından planlanan iletim hattına yakın olduğu Şekil 10'da görülmektedir. Bu da RMS-A'ların her iki hattan da beslenebilmesine olanak sağlayacağı için şehrin arz güvenliğini arttıracaktır. Mevcut istasyon kapasitelerinin tamamının kullanıldığı kabul edilmiştir. Dolayısıyla mevcut istasyonlar için şebeke düzenlemesi bu çalışma kapsamında ele alınmamıştır.



Şekil 9. 2019 yılı İstanbul Anadolu yakası doğal gaz dağıtım hattı en düşük basınç bölgesi
(Minimum pressure zone of natural gas distributing pipelines İstanbul Anatolian side at 2019)



Şekil 10. İstanbul ili için belirlenen yeni doğal gaz RMS-A istasyon yerleri
(New natural gas city gate stations locations determined for İstanbul province)

4. Sonuçlar (Conclusions)

Yapay sinir ağları ile yapılan doğal gaz talep tahmini sonucuna göre İstanbul Anadolu yakası için 2023 yılına kadar ve Avrupa yakası için ise 2024 yılına kadar ilave doğal gaz RMS-A istasyonları ihtiyacı olduğu anlaşılmıştır. RMS-A istasyonlarının ideal konumları Synergi Gas yazılımı ile hız, basınç analizleri yapılarak ve doğal gaz iletim hattına yakınlık gözetilerek tespit edilmiştir. Yapılan çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan ayıran en önemli özellik talep tahmini modelinden çıkan sonuca göre yeni şehir giriş istasyonlarına ne zaman ihtiyaç olduğu belirlenerek istasyon yerlerinin öngörülmesidir. Elde edilen sonuçlara göre İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş. tarafından doğal gaz şehir giriş istasyonları (RMS-A) projelendirme çalışması yapılmıştır.

İGDAŞ tarafından elde edilmiş 2008-2018 yılları arasında İstanbul Anadolu ve Avrupa yakasına ait doğal gaz tüketim değerleri veri olarak yapay sinir ağları analizinde veri seti olarak kullanılmıştır. Bu verilerin %75'i eğitim, %15'i test ve %10'u doğrulama olarak analizde değerlendirilmiştir. Eğitim fonksiyonu olarak trainlm (Levenberg-Marquardt backpropagation) kullanılmıştır. Oluşturulan modeller ile veri arasındaki uyumu gösteren R^2 değerleri Anadolu için 0,97 ve Avrupa için 0,98 olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak yaptığımız çalışma ile;

- Günlük ve saatlik doğal gaz talep tahmin modelleri ile daha gerçekçi doğal gaz talep tahminleri,
- Talep tahmin modelinden çıkan sonuçlara göre olası gaz ihtiyacının önceden belirlenmesi,
- Talep tahmin modellerinden çıkan sonuçlara göre İstanbul Anadolu ve Avrupa yakaları için son yüz yıl içerisindeki en soğuk gün yaşanması halinde yeni doğal gaz şehir giriş istasyonlarının ne zaman kurulması gerektiği,
- Synergi Gas program ile İstanbul ili Avrupa ve Anadolu yakaları için uç basınç (minimum basınç) yerleri tespit edilerek yeni kurulması gereken istasyonların yerlerinin tespit edilmesi,
- Yeni kurulacak olan doğal gaz giriş istasyonlarının Karadeniz geçişleri ile birbirine bağlantısının sağlanması ve iki bölgede yaşanacak olan olası sıkıntı halinde şebekelerin birbirlerine destek olması,

- Oluşturulan doğal gaz talep tahmin modelleri ile, makro ve mikro ölçüde doğal gaz dağıtım şebekesine ilerleyen zamanlarda gelebilecek yüklerin hesaplanması ve şebekenin zayıf bölgelerinin Synergi Gas programıyla belirlenmesi ile şebekeye önceden müdahale edilmesine imkân verilmesi ve bu sayede şebekenin doğal gaz arz güvenliği sağlanmıştır.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışmayı 2008-2018 yıllarını kapsayan verileri sağladığı için İstanbul Gaz Dağıtım AŞ'ne (İGDAŞ) teşekkür ederiz.

Kaynaklar (References)

1. Türkel, V., Doğalgaz Dağıtımında Tasarım İmalat ve Yönetim, Tracemark., İstanbul, Türkiye, 2015.
2. Güller, Ş., Doğal gaz talep tahmininin yapay sinir ağları ile modellenmesi: Danimarka örneği, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 24 (1), 360-385, 2022.
3. Brown, R.H., Matin, I., Development of artificial neural network models to predict daily gas consumption, IECON '95- 21st Annual Conference on IEEE Industrial Electronics, Orlando, FL, USA, 1389–1394, 6-10 Kasım, 1995.
4. Gümrah, F., Katircioglu, D. and Aykan, Y., Modeling of gas demand using degree-day concept: case study for Ankara." Energy Sources, 23 (2), 101–114, 2001.
5. Viet, N. H. and Mandziuk, J., Neural and fuzzy neural networks for natural gas consumption prediction, IEEE XIII Workshop on Neural Networks for Signal Processing, Toulouse, France, 1007-114, 17-19 Eylül, 2003.
6. Gorucu, F. B., Artificial neural network modeling for forecasting gas consumption, Energy Sources, 26 (3), 299-307, 2004.
7. Hamzaçebi C., Kutay F., Electric consumption forecasting of Turkey using artificial neural networks up to year 2010, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 19 (3), 227-233, 2004.
8. Yumurtaci, Z. and Asmaz, E., Electric energy demand of Turkey for the year 2050, Energy Sources, 26 (12), 1157–1164, 2004.
9. Yalcinoz, T., and Eminoglu, U., Short term and medium term power distribution load forecasting by neural networks, Energy Conversion and Management, 46 (9), 1393–1405, 2005.
10. Tunç, M., Çamdali, Ü., and Parmaksizoğlu, C., 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 (1), 50–59, 2006.
11. Ediger, V. Ş., and Akar, S., ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey, Energy Policy, 35 (3), 1701–1708, 2007.
12. Erdogdu, E., Electricity demand analysis using cointegration and arima modelling: a case study of Turkey, Energy Policy, 35 (2), 1129–1146, 2007.
13. Demirel, O., ANFIS ve ARMA modelleri ile elektrik enerjisi yük tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
14. Akkurt, M., Demirel, O. F. and Zaim, S., Forecasting Turkey's natural gas consumption by using time series methods, European Journal of Economic and Political Studies, 20 (5), 1–21, 2010.
15. Dilaver, Z., and Hunt, L. C., Industrial electricity demand for turkey: a structural time series analysis, Energy Economics, 33 (3), 426–436, 2011.
16. Bordignon, S., Bunn, D. W., Lisi, F., and Nan, F., Combining day-ahead forecasts for british electricity prices, Energy Economics, 35 (1), 88–103, 2013.
17. Soldo, B., Forecasting natural gas consumption, Applied Energy, 92 (1), 26–37, 2012.
18. Wang, Y., Wang, J., Zhao, G., and Dong, Y., Application of residual modification approach in seasonal arima for electricity demand forecasting: a case study of China, Energy Policy, 48, 284–294, 2012.
19. Demirel, O., Zaim, S., Çalışkan, A. and Ozuyar, P., Forecasting natural gas consumption in Istanbul using neural networks and multivariate time series methods, Turk J Elec Eng. & Comp Sci, 20 (5), 695-711, 2012.
20. Es H.A., Kalender F.Y., Hamzaçebi C., Forecasting the net energy demand of Turkey by artificial neural networks, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 29 (3), 87-94, 2014.
21. Hosseinipoor, S., Forecasting natural gas prices in the United States using artificial neural networks, Yüksek Lisans Tezi, Oklahoma Üniversitesi, 2018.
22. Beyca, O. F., Ervural, B. C., Tatoglu, E., Ozuyar, P. G., and Zaim, S., Using machine learning tools for forecasting natural gas consumption in the province of Istanbul, Energy Economics, 80 (1), 937–949, 2019.
23. Akpınar M., Yumuşak N., Daily basis mid-term demand forecast of city natural gas using univariate statistical techniques, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (2), 725-741, 2020.
24. Kant, B., and Odabas, M. S., Investigation of studies on natural gas consumption forecasting by artificial neural networks, Black Sea Journal of Engineering and Science, 3 (4), 190-197, 2020.
25. Li, J.-M., Dong, X.-C., Jiang, Q.-Z. and Dong, K.-Y., Urban natural gas demand and factors analysis in China: perspectives of price and income elasticities, Petroleum Science, 19, 429-440, 2021.
26. Bilici Z., Özdemir D., Comparative analysis of metaheuristic optimization algorithms for natural gas demand forecast with meteorological parameters, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 38 (2), 1153-1167, 2023.
27. Cihan, P., Impact of the covıd-19 lockdowns on electricity and natural gas consumption in the different industrial zones and forecasting consumption amounts: Turkey case study, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 134, 2022.
28. Li, F., Zheng, H., Li, X. and Yang, F., Day-ahead city natural gas load forecasting based on decomposition-fusion technique and diversified ensemble learning model, Applied Energy, 303, 2021.
29. Yavuz, S., and Deveci, M., İstatiksel normalizasyon tekniklerinin yapay sinir ağın performansina etkisi, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22, 167-187, 2012.
30. Svoboda, R., Kotik, V. and Platos, J., Short-term natural gas consumption forecasting from long-term data collection, Energy, 218, 2021.