

Araştırma Makalesi

**TÜRKİYE'DEKİ DOĞAL GAZ TÜKETİMİ VE GRİ TAHMİN
METODUYLA TAHMİN EDİLMESİ***

Tuğba EREN¹ **Sibkat KAÇTIOĞLU²**

¹ Türk Havayolları, Yeşilköy, İstanbul, Turkey
tnayman@thy.com

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Küçükyalı, İstanbul, Turkey
skactioglu@ticaret.edu.tr orcid.org/0000-0002-8529-3775

Öz

Bu çalışmada, TÜİK'den elde edilen Türkiye'nin yıllık doğal gaz tüketim verileri ve nüfus verileri analiz edilerek, Gri model (1,1) modeli ile 2017 – 2030 dönemi için nüfus ve doğal gaz tüketim tahminleri elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre 2020'de 84,28 milyon ve 2030'da 96,51 milyonluk bir nüfus tahmin edilmiştir. Doğal gaz tüketiminin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020'de toplamda 63.613,39 milyon m³ tüketim miktarına, 2030 yılında da ise toplam 104.007,61 milyon m³ tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Bunun dışında, 2005 yılında kişi başına 442,36 m³ olan doğal gaz tüketiminin, 2030 yılında kişi başına 1.077,70 m³ olması beklenmektedir. Bir diğer ifade ile 2.5 kat artış beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Gri tahmin yöntemi, Türkiye doğal gaz tüketimi, Türkiye enerji piyasası.

Research Article

**NATURAL GAS CONSUMPTION IN TURKEY AND ESTIMATED BY GRAY
ESTIMATION METHOD**

Abstract

In this study, Turkey's annual natural gas consumption and population data which are taken from TURKSTAT are analyzed and Gray Model (1.1) model is used to forecast annual natural gas consumption and population for 2017 to 2030. According to the result of the study, population is forecasted to be 84.28 million in 2020 and 96.51 million in 2030. Since the natural gas consumption has been increasing continuously, natural gas consumption is forecasted to reach 63.613,39 million m³ in 2020 and 104.007,61 million m³ in 2030. Apart from that, the ratio of natural gas consumption to the population is forecasted to increase from 442.36 m³ in 2005 to 1077.70 m³ in 2030, which means an increase of 2.5 times.

Key words: Energy market of Turkey, grey forecasting model, natural gas consumption of Turkey.

* Received / Geliş tarihi: 22/06/2016

¹Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

Accepted / Kabul tarihi: 15/10/2017

tnayman@thy.com

1.GİRİŞ

Doğal gaz, yaygın kullanılan bir enerji türü olarak, tüketiminin ve talebinin, yıllar geçtikçe arttığı gözlenen bir enerji türüdür. Türkiye bir doğal gaz ülkesi olmamasıyla birlikte milli doğal gaz rezervi 2013'te 6,16 milyar m^3 olarak kaydedilmiştir. Doğal gaz kullanım oranları ise, 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat artmış ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir.

Doğal gaz tüketimi, toplumdaki bireylerin yaşam koşullarını ve harcama düzeylerini yansıtmak adına önemli bir gösterge olmakla birlikte birçok belirsiz faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler ile doğal gaz tüketimi arasında doğrusal olmayan ve karmaşık bir ilişki bulunmaktadır.

Gri tahmin, yapısı karmaşık ve belirsiz olan sistemler için ortaya atılan alternatif bir tahmin metodudur. Gri tahmin metodunun, diğer tahmin metotları ile kıyaslandığında avantajlı olarak gösterilebileceği, model kurmak için az sayıda veriye gereksinim duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi pek çok niteliği bulunmaktadır.

2.MATERYAL ve YÖNTEM

2.1.Türkiye'de Doğal Gaz Tüketimi

2013'te Türkiye'de günlük ortalama 48.000 varil ham petrol üretimi gerçekleştirilmiş olup; buna karşın günlük 500.000 varil ham petrol tüketimi olmuştur. Bu bağlamda 2013'te yurtiçi ham petrol üretiminin talebe oranı %9,6 civarında seyretmiştir. Bununla birlikte doğal gazda üretiminin talebe oranı petrolden daha düşüktür. Türkiye'nin 2013'teki yerli doğal gaz arzının talebe oranı yaklaşık %1,5'tur. Bir başka deyişle petrolde dış alıma bağımlılık oranı %90,4 iken doğal gazda %98,5'dir (TPAO, 2013). 2013 yılının doğal gaz tüketiminin sektörel kullanım alanları incelendiğinde, % 20'sinin haneler tarafından, % 48'inin elektrik enerjisi için ve % 32'sinin ise sanayi için kullanıldığı tespit edilmiştir (EPDK, 2014).

Tablo 1'de 2004-2016 yılları arasında doğal gaz tüketim miktarlarındaki değişim görülmektedir. 2009 ve 2015 seneleri dışında tüketimin giderek arttığı görülmektedir. Artış oranının en yüksek olduğu değerin 2005 yılında olduğu görülmekte iken en dramatik düşüş ise 2009 yılında gözlemlenmektedir. Bunun dışında doğal gaz kullanımı sadece 2015 yılında düşüşe geçmiştir. Doğal gaz tüketimi 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat yükselerek 46 milyar m^3 seviyesine gelmiş ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir.

Tablo 1. Doğal Gaz Tüketimi (TÜİK, resmiistatistik)

Yıl	Tüketim (m ³)	Değişim
2004	22.272.528.240	
2005	27.348.213.942	22,8 %
2006	30.982.063.980	13,3 %
2007	35.394.878.230	14,2 %
2008	36.865.051.313	4,2 %
2009	35.218.839.390	-4,5 %
2010	37.411.118.370	6,2 %
2011	43.697.409.192	16,8 %
2012	45.241.762.899	3,5 %
2013	45.918.246.078	1,5 %
2014	48.717.179.257	6,1 %
2015	47.999.276.834	-1,5 %
2016 *	46.076.410.890	-4,0 %

2.2.Gri Sistemlerde Modelleme ve Gri Tahmin Yöntemi

Gri tahmin, yapısı kaotik, kompleks ve belirsiz olan sistemler için ortaya çıkarılmış bir tahmin metodudur. Gri tahmin metodunun, diğer tahmin metotları ile kıyaslandığında avantajlı olarak gösterilebileceği, model kurmak için az sayıda veriye gereksinim duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi avantajı bulunmaktadır. Literatürde gri tahmin ile gerçekleştirilmiş çok sayıda araştırmanın bulunması, gri tahminin pratik ve gerçekçi bir araç olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Akay ve Atak, 2007).

Gri teorisi, ilk olarak 1982 yılında Ju-Lung tarafından, bilinmeyen değişkenlere ve eksik bilgiye sahip sistemlerin çözümlenmesi için ortaya konulmuştur (Deng, 1982). Deng (1982) tarafından oluşturulan gri sistem modellemesinde temel fikir, belirsiz sistemlerin nasıl hareket ettiğine dair, sınırlı veri kullanımıyla tahmin oluşturmaktır. Bu sistemde, beyaz ve siyah terimleri kullanılarak, belirsizliğin olmadığı veri beyazla ve zıt özellikleri bulunan veri siyahla anlatılmaktadır. Bu ikisinin arası ise, sadece kısıtlı veriye sahip olunan bilgilerse, gri sistem olarak adlandırılmaktadır (Kaya ve Taşçı, 2015).

2.3.Gri Tahmin Modeli

Yapılan incelemelerde Gri Model (1,1) modeli en geniş kullanıma sahip modeldir. Bu süreç birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak isimlendirilir. Pozitif veri serilerine uygulanan bu model esasında bir zaman serisi analiz metodudur (Deng, 1989).

Tahmin değerlerini meydana çıkarmak için ilk operatör olan birikim oluşturma işlemi gerçekleştirilir ve veriler kümülatif şekle dönüştürülür ve ardından gri diferansiyel denklem çözülür. Bitiminde tahmin değerlerine ulaşılır. Ulaşılan bu tahmin değerleri kümülatif olduğu için tersine birikim oluşturma işlemi kullanılarak veriler normal değerlerine dönüştürülerek asıl tahmin neticelerine varılır (Liu vd. 2015).

$x^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisi olduğunu farz edelim.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n) n \geq 4 \quad (2.1)$$

Burada $x^{(0)}$ pozitif serisinin örnek büyüklüğü n'dir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan X(1) serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n) n \geq 4 \quad (2.2)$$

$X^{(1)}$ aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

Burada $Z^{(1)}$ art arda gelen verilerin ortalamasıdır.

$$Z^{(1)}(k) = (0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1)) k = 2, 3, \dots, n \quad (2.4)$$

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, Gri Model (1,1) için aşağıda tanımlandığı gibidir;

$$X^0(k) + az^1 = b \quad (2.5)$$

Oluşturulan modelin beyazlaştırma denklemi şu şekildedir,

$$\frac{dx^1(t)}{dt} + ax^1 = b \quad (2.6)$$

$[a, b]^T$ seri parametreleri aşağıdaki şekilde bulunur,

$$[a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (2.7)$$

Burada Y ve B matrisleri,

$$Y = [X^0(2), X^0(3), \dots, X^0(n)]^T \quad (2.8)$$

$$B = \begin{pmatrix} -z^1(2)1 \\ -z^1(3)1 \\ -z^1(4)1 \\ -z^1(5)1 \\ \vdots \\ -z^1(n)1 \end{pmatrix} \quad (2.9)$$

Tahmin edilen a ve b katsayılarına göre, diferansiyel denklemin çözülmesi ile gri tahmin denkleminde ulaşılmaktadır.

$$x^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (2.10)$$

(2.10)' da elde edilen denklem k+1 zaman için tahmin edilen x' in kümülatif gösterim şeklidir.

Gri Model (1,1) modelinde (a) parametresi geliştirme katsayısı, b parametresi ise gri etki miktarı olarak adlandırılır. a katsayısı $Xp^{(1)}$ ve $Xp^{(0)}$ 'ın gelişim durumlarını; b katsayısı ise arka plandaki değerlerden türetildiği için veride toplanan değişiklikleri yansıtmaktadır (Özkara, 2009).

2.4.Gri Modelin Hata Tahmini

Çeşitli tahmin modelleri içinden birini seçme prosesinde yaygın olarak kabul edilen ölçütlerden biri, modelin tahmin başarısının olumlu yönde olmasıdır. Mesela, iki modelin yararı ve geçerliliği eşit durumdaysa, iki modelin öngörü başarıları kıyaslanmakta ve daha iyi tahmin doğruluğu yaratan model seçilmektedir. Bu hedefle, meydana çıkarılan modellerin tahmin doğruluklarının kıyaslanması için farklı istatistiksel metotlara başvurulmaktadır (Akgül, 2003:280).

Tahmin doğruluk testi için, öngörü dönemine ait gözlem değerleri yok sayılarak gözlem dışı görülür ve önerilen modele dayandırılarak geçerli dönemlere ait değerler öngörülür. Modellerin tahmin doğruluğunun değerlendirilmesinde kullanılan istatistikler; Hata Kareler Ortalaması (MSE), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Yüzde Hata (MPE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ve Theil-U istatistiği olarak listelenebilir (Makridakis, 1993).

Bu istatistiklerden yaygın olarak başvuru alanlarının formülü aşağıda yazılmıştır:

$$MAPE = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t| / y_t}{n} * 100$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}$$

Burada;

n: tahminde bulunulan dönem sayısını

y_t : t döneminde gerçekleşen değeri

\hat{y}_t : t dönemi için hesaplanan tahmini değeri belirtmektedir.

Sayılan kriterler içinde Ortalama Mutlak Yüzde Hata'nın (MAPE) tahmin hatalarını yüzde olarak göstermesi ile tek başına bir anlamının olması, diğer kriterlere göre üstünlüğü olarak değerlendirilmektedir (Akgül, 2003:280). Bunun yanı sıra gerçekleştirilen gri tahmin araştırmalarının genelinde hata ölçümlerinde MAPE metodunun kullanılmasından ötürü, araştırmada da test için seçilmiştir.

Gerçekleştirilen tahminler neticesinde ulaşılan hata miktarlarının geçerliliğinin test edilmesi için MAPE değerleri %10'nun altında olan tahmin modellerini 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip modeller olarak kategorilendirilmiştir (Witt ve Witt, 1992).

3.UYGULAMA

Bu bölümde Türkiye yıllık doğal gaz tüketim verileri ve yıllık nüfus verileri analiz edilmiş ve geleceğe yönelik tahmin değerleri hesaplanmıştır. Bu tahmin değerleri

için kullanılan veriler TÜİK'den alınmıştır ve Gri Model (1,1) modeli ile tahmin çalışması yapılarak hesaplanmıştır.

Kuşakçı ve Ayvaz (2015) çalışmalarında, gri tahmin yönteminin etkinliğini Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi üzerinde test etmişlerdir. GM modelinin uzun dönemli tahmin gücünün yüksek olduğuna dair bulgular bulmuşlardır.

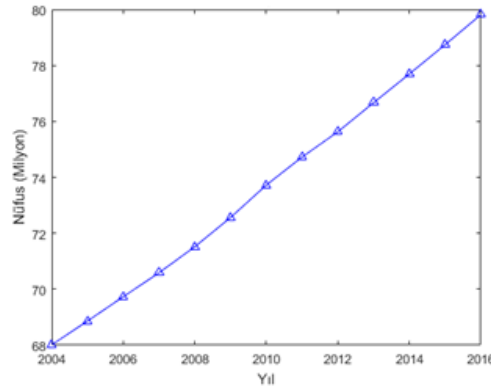
3.1. Gri Model (1,1) Yöntemi ile Doğal Gaz Tüketim ve Nüfus Tahminleri

Gri Model (1,1) modeli için ara işlem sonuçları ve tahmin değerlerini gösteren bir program MATLAB üzerinde çalıştırılmıştır. Bu model için değişkenlerimiz 2004-2016 yılları arasındaki Türkiye'deki nüfus miktarı ve doğal gaz tüketim miktarıdır. Gri Model (1,1) modelini kullanarak, 2004-2016 yıllarındaki Türkiye'deki nüfus miktarı ve doğal gaz tüketim verileri hesaplandı. TÜİK' den alınan değerler ile gerçekleşen değerlerin karşılaştırması yapılarak hata oranları hesaplandı. Hata oranımızın düşük çıkmasıyla modelimizin doğru kurgulandığı anlaşılmıştır.

3.1.1. Salt Veri Setleri

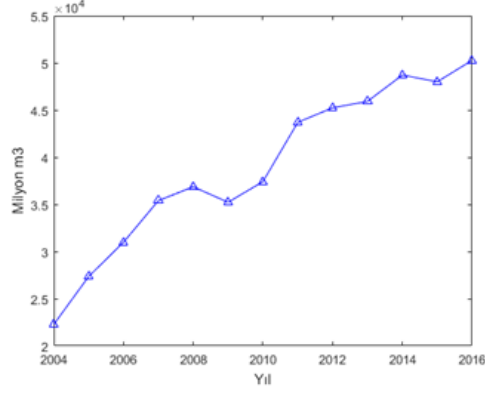
Doğal gaz tüketim ve nüfus değerlerine TÜİK sitesinden ulaşarak sırasıyla milyon m³ ve milyon kişi cinsinden 2004-2016 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır.

Şekil 1'de Türkiye nüfusunun 2004 den 2016 yılına kadar arttığı gözlenmektedir.



Şekil 1. Nüfusun Yıllara Göre Değişimi

Şekil 2'de Türkiye'deki 2004 – 2016 yılları arasındaki doğal tüketim miktarı verilmiştir. Doğal gaz tüketim miktarı 2008 yılından 2009 yılına geçişte azalma yaşamış onun dışında 2004-2016 yılları arasında artış göstermektedir.



Şekil 2. Doğal Gaz Tüketim Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi

Yıllara göre değişen Nüfus miktarını doğal gaz tüketimi ile ilişkisini tablo 2’ de görülmektedir. Türkiye doğal gaz tüketimi 2004 yılında yaklaşık olarak 22 milyon m³ iken 2016 yılında yaklaşık olarak 50 milyon m³ olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Türkiye yıllık nüfusu ve doğal gaz tüketimi (m³), 2014-2016

Yıl	Nüfus	Doğal Gaz Tüketimi (m ³)
2004	68.010.215	22.272.528.240
2005	68.860.539	27.348.213.942
2006	69.729.967	30.982.063.980
2007	70.586.256	35.394.878.230
2008	71.517.100	36.865.051.313
2009	72.561.312	35.218.839.390
2010	73.722.988	37.411.118.370
2011	74.724.269	43.697.409.192
2012	75.627.384	45.241.762.899
2013	76.667.864	45.918.246.078
2014	77.695.904	48.717.179.257
2015	78.741.053	47.999.276.834
2016	79.814.871	50.265.175.516

3.1.2. Gri Model (1,1) ile Nüfus Tahmini

Gri Model (1,1) modeline göre 2004-2016 yılları arasındaki nüfus verilerin tamamı ele alınmıştır. $x^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisidir.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n) \quad n = 13 \quad (3.1)$$

$x^{(0)}$ aşağıdaki Tablo 2’deki nüfus değerleri kullanılarak tanımlanır.

Burada 2004-2016 yılları arasındaki nüfus değerleri kullanılarak $x^{(0)}$ pozitif serisi incelenmektedir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $x^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) n = 13 \quad (3.2)$$

$x^{(1)}$ değerleri;

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, 3, \dots, 13 \quad (3.3)$$

Denklemler yardımı ile Tablo 3'deki değerler elde edilir. Bu işlem birikim oluşturma işlemidir.

Tablo 3. Nüfus Birikim Oluşturma İşlemi (BOİ) Değerleri

Yıl	Nüfus (milyon)
2004	68,01
2005	136,87
2006	206,60
2007	277,19
2008	348,70
2009	421,27
2010	494,99
2011	569,71
2012	645,34
2013	722,01
2014	799,70
2015	878,44
2016	958,26

$x^{(1)}$ dizisinden üretilen $z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad (3.4)$$

Burada $Z^{(1)}$ dizisi art arda gelen $x^{(1)}$ birikim değerlerinin ortalaması ile oluşturulmuş bir dizi halini alır.

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) k = 2, 3 \dots 13 \quad (3.5)$$

Verilen denkleme göre $z^{(1)}$ dizisi Tablo 4' deki gibi oluşmaktadır.

Tablo 4. Nüfus $z^{(1)}$ Dizisi

$z^{(1)}(1)$	102,44
$z^{(1)}(2)$	171,74
$z^{(1)}(3)$	241,89
$z^{(1)}(4)$	312,95
$z^{(1)}(5)$	384,98
$z^{(1)}(6)$	458,13
$z^{(1)}(7)$	532,35
$z^{(1)}(8)$	607,53
$z^{(1)}(9)$	683,67
$z^{(1)}(10)$	760,86
$z^{(1)}(11)$	839,07
$z^{(1)}(12)$	918,35

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, Gri Model (1,1) için aşağıda tanımlandığı gibi olmaktadır;

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)} = b \quad (3.6)$$

Daha sonra a ve b katsayılarını hesaplamada kullanılarak B ve Y matrisleri oluşturulur. Burada Y matrisi aşağıda verilen denkleme göre oluşturulur.

$$Y = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots x^{(0)}(13)]^T \quad (3.7)$$

Denkleme göre oluşan Y matrisi Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Nüfus Y Matrisi

2005	68,86
2006	69,73
2007	70,59
2008	71,52
2009	72,56
2010	73,72
2011	74,72
2012	75,63
2013	76,67
2014	77,70
2015	78,74
2016	79,81

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -z1(1)1 \\ -z1(2)1 \\ \dots \\ -z1(12)1 \end{pmatrix} \quad (3.8)$$

Böylelikle elde edilen B matrisi;

$$B = \begin{pmatrix} -102,44_1 \\ -171,74_1 \\ \dots \\ -918,35_1 \end{pmatrix} \quad (3.9)$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları,

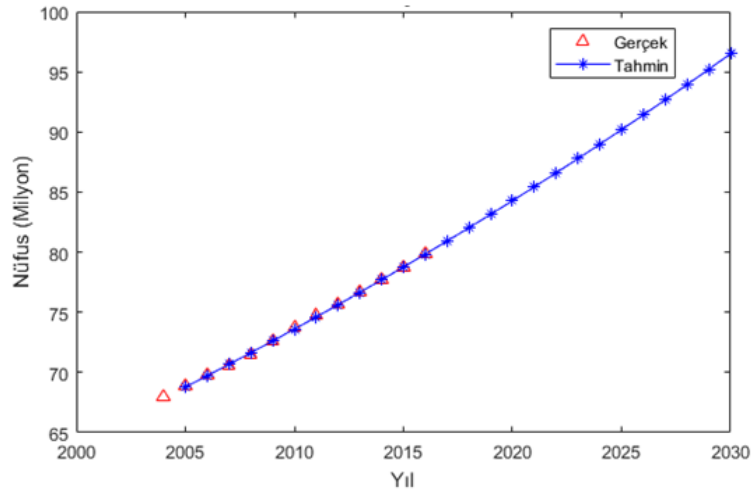
$$a.b^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (3.10)$$

Formülüne göre; a = -0,0135 ve b = 67,3986 değerleri elde edilir.

Tahmin değerleri oluşturulan veri seti Ortalama Mutlak Yüzde Hata yöntemi(MAPE) ile hatası hesaplanır. Nüfus için oluşturulan modelin hatası, Tablo 6'da gerçekleşen değer ve tahmin değerleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 6. Nüfus Değerleri ve Değer ve Tahmin Değerleri

Yıl	Nüfus (milyon)	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)	Hata (%)
2004	68,0102	-	-
2005	68,7847	68,8605	0,1101
2006	69,7228	69,7300	0,0103
2007	70,6737	70,5863	0,1239
2008	71,6376	71,5171	0,1685
2009	72,6146	72,5613	0,0735
2010	73,6050	73,7230	0,1601
2011	74,6088	74,7243	0,1545
2012	75,6264	75,6274	0,0013
2013	76,6578	76,6679	0,0131
2014	77,7033	77,6959	0,0095
2015	78,7630	78,7411	0,0279
2016	79,8372	79,8149	0,0280
MAPE			0,0734

**Şekil 3.** Nüfus Değerlerine Ait Gerçekleşen ve Gri Model (1,1) Modeli İle Tahmin Edilen Değerler

Gri Model (1,1) modeliyle nüfus tahmini hesaplanmıştır. Şekil 3'den görüldüğü gibi 2004 yılından 2016 yılına kadar hesaplanan değerlerde hata oranı %0,074

hesaplanmış böylelikle oluşturduğumuz model ile çok düşük hata oranı ile 2030 yılına kadarki nüfus hesaplaması yapılmıştır.

3.1.3. Gri Model (1,1) ile Doğal Gaz Tüketimi Tahmini

Aşağıda sunulan doğal gaz tüketim değerlerinin tahmini ile ilgili işlemlerde kullanılan formüller, nüfus tahmini işlemlerinde kullanılan formüller ile aynı olup, ilgili tahmin hata değerleri hesaplandıktan sonra tablo ve grafik halinde gösterilmiştir.

2004-2016 yıllarında doğal gaz tüketimi tahmini yaparken kullanacağımız $x^{(0)}$ değişkeni Tablo 2'deki doğal gaz tüketim değerleri gibi tanımlanır.

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $x^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) n = 13 \quad (3.11)$$

Tablo 9. Doğal Gaz Tüketimi BOİ Değerleri

Yıl	Doğal Gaz Tüketimi (milyon m ³)
2004	22.273
2005	49.621
2006	80.603
2007	115.998
2008	152.863
2009	188.082
2010	225.493
2011	269.190
2012	314.432
2013	360.350
2014	409.067
2015	457.066
2016	507.331

$x^{(1)}$ dizisinden üretilen $z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) n=13 \quad (3.12)$$

$x^{(1)}$ dizisinden art arda gelen verilerin ortalaması alınarak, $z^{(1)}$ dizisi Tablo 10'daki gibi oluşturmaktadır.

Tablo 10. Doğal Gaz $z^{(1)}$ Dizisi

$z^{(1)}(1)$	102,44
$z^{(1)}(2)$	171,74
$z^{(1)}(3)$	241,89
$z^{(1)}(4)$	312,95
$z^{(1)}(5)$	384,98
$z^{(1)}(6)$	458,13
$z^{(1)}(7)$	532,35
$z^{(1)}(8)$	607,53
$z^{(1)}(9)$	683,67
$z^{(1)}(0)$	760,86
$z^{(1)}(11)$	839,07
$z^{(1)}(12)$	918,35

Denkleme göre oluşan Y matrisi Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Doğal Gaz Y Matrisi

2005	27.348
2006	30.982
2007	35.395
2008	36.865
2009	35.219
2010	37.411
2011	43.697
2012	45.242
2013	45.918
2014	48.717
2015	47.999
2016	50.265

B matrisi ise,

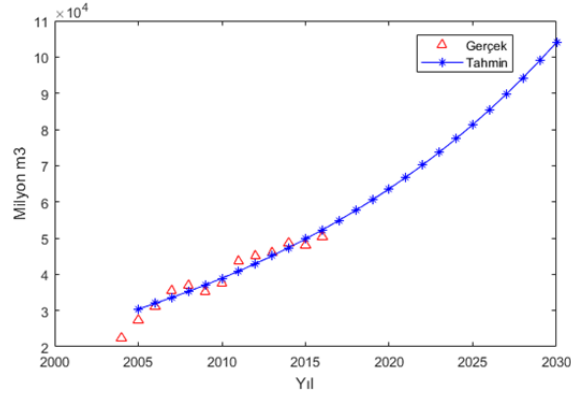
$$B = \begin{pmatrix} -35.947_1 \\ -65.112_1 \\ \dots \\ -482.199_1 \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları, a = -0,049164 ve b= 8.591,1363 değerleri elde edilir.

Doğal gaz tüketimine ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Tablo 12 'deki hata oranları ile birlikte verilmiş, Şekil 8'de ise doğal gaz tüketimine ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 12. Doğal Gaz Tüketimi Gerçekleşen Ve Tahmin Değerleri Ve MAPE Oranları 2004-2016

Yıl	Doğal gaz (milyon m ³)	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)	Hata (%)
2004	22.272,53	-	-
2005	27.348,21	30.428,02	11,26
2006	30.982,06	31.961,37	3,16
2007	35.394,88	33.571,98	5,15
2008	36.865,05	35.263,76	4,34
2009	35.218,84	37.040,80	5,17
2010	37.411,12	38.907,38	4,00
2011	43.697,41	40.868,02	6,47
2012	45.241,76	42.927,47	5,12
2013	45.918,25	45.090,70	1,80
2014	48.717,18	47.362,93	2,78
2015	47.999,28	49.749,68	3,65
2016	50.265,18	52.256,69	3,96
MAPE			4,7392



Şekil 3. Nüfus Değerlerine Ait Gerçekleşen ve Gri Model (1,1) Modeli İle Tahmin Edilen Değerler

GM(1,1) modeli kullanılarak 2004-2030 yıllarındaki doğrudan gaz tahmini hesaplanmıştır. Şekil 4'de görüldüğü gibi 2004 yılından 2016 yılına kadar hesaplanan değerlerde hata oranı %4,74 hesaplanmış böylelikle oluşturduğumuz model %10'nun altında hata oranı ile 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip tahmin modeli olarak kategorilendirilir.

3.2 Araştırma Bulguları ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Gri Model (1,1) yöntemi ile hata değeri düşük tahminler yapıldığı görülmektedir. 2004-2016 yıllarına ait yıllık verilerin kullanıldığı bu çalışmada nüfus MAPE'si 0,074 ile yüzde birin altındaki hata payıyla çok gerçekçi bir tahmin yapılmıştır. Bu çalışma ile 2030 yılına kadar tahmin yapılmıştır ve sonuçlar tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13. 2030 Yılına Kadar Olan Nüfus Tahminleri

Yıl	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)	Yıl	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)
2004	-	2018	82,03
2005	68,78	2019	83,15
2006	69,72	2020	84,28
2007	70,67	2021	85,43
2008	71,64	2022	86,60
2009	72,61	2023	87,78
2010	73,60	2024	88,98
2011	74,61	2025	90,19
2012	75,63	2026	91,42
2013	76,66	2027	92,67
2014	77,70	2028	93,93
2015	78,76	2029	95,21
2016	79,84	2030	96,51
2017	80,93		

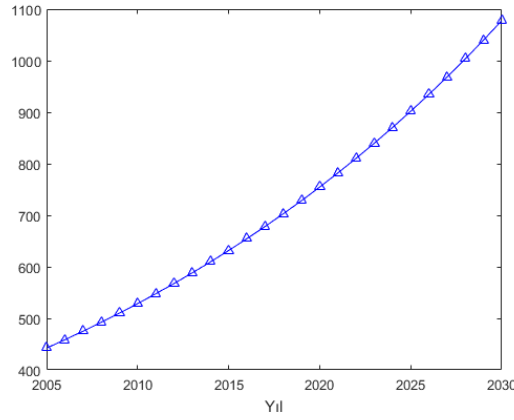
Bu çalışmanın sonucuna göre 2020'de 84,28 milyon ve 2030'da 96,51 milyonluk bir nüfus beklenmektedir. Bu bağlamda nüfusun önümüzdeki 13 yılda %20 civarında artması beklenmektedir.

Bu çalışmanın asıl konusu olan doğal gaz tüketimi tahmini 4,7392 MAPE hata oranı ile tahmin edilmiştir. Yine bu çalışma ile 2030 yılına kadarki tahminleri ve sonuçları tablo 14'de gösterilmiştir.

Tablo 14. 2030 Yılına Kadar Olan Doğal Gaz Tahminleri

Yıl	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)	Yıl	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)
2004	-	2018	57.656,09
2005	30.428,02	2019	60.561,54
2006	31.961,37	2020	63.613,39
2007	33.571,98	2021	66.819,03
2008	35.263,76	2022	70.186,22
2009	37.040,80	2023	73.723,09
2010	38.907,38	2024	77.438,18
2011	40.868,02	2025	81.340,50
2012	42.927,47	2026	85.439,46
2013	45.090,70	2027	89.744,97
2014	47.362,93	2028	94.267,46
2015	49.749,68	2029	99.017,84
2016	52.256,69	2030	104.007,61
2017	54.890,04		

Doğal gaz tüketimimizin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020'de 63.613,39 milyon m³ bir tüketim miktarına, 2030 yılında da 104.007,61 milyon m³'lük tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Şekil 5'de ülkemizdeki yıllık doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı gösterilmektedir.



Şekil 5. Türkiye'deki Yıllık Doğal Gaz Tüketiminin Nüfusa Oranı

Bu çalışmanın en önemli çıktısı doğal gaz ve nüfus oranıdır. Bu oran kişi başına düşen doğal gaz tüketimini vermekte olup, aslında ilerleyen yıllarda bu oranın yükselmesi, Türkiye'nin doğal gaz ihracatına bağımlı hale gelmesine sebebiyet verebileceğinin işaretini vermektedir.

Şekil 5'de görüldüğü gibi 2005 yılında 442,36 olan ülkemizin doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı 2030 yılında 1077,70 olması beklenmektedir ve bu değer de yaklaşık 2.5 kat artış demektir. Bu sonuçlarla birlikte ülkemizin doğal gaz kaynaklarına önem vermesi gelecek politikalarımız adına önemlidir.

Tablo 15’te bu oran detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 15. Doğal Gaz Ve Nüfus Oranı

Yıl	m ³ / kişi	Yıl	m ³ / kişi
2005	442.40	2018	702.87
2006	458.42	2019	728.34
2007	475.05	2020	754.79
2008	492.24	2021	782.15
2009	510.13	2022	810.46
2010	528.63	2023	83.99
2011	547.76	2024	870.29
2012	567.60	2025	901.88
2013	588.19	2026	934.58
2014	609.56	2027	968.44
2015	631.66	2028	100.36
2016	654.52	2029	104.00
2017	678.24	2030	107.77

Bahsedildiği üzere bu oran, kişi başına düşen doğal gaz tüketimini vermekte olup, bu oranın, önümüzdeki 13 yılda yaklaşık % 40 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir. Bu bağlamda doğal gaza bağımlılığın artacağına dair bir yorum yapılabilmekte olup, doğal gazın büyük bir kısmının ithal edildiği gerçeği düşünüldüğünde cari denge ve çevresel göstergeler göz önünde bulundurularak doğal gaz tüketiminin sınırlandırılması ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılması önem taşımaktadır.

4. SONUÇ

Doğal gaz, gerek hammadde olarak gerekse konutlarda ısınma ve sıcak su kaynağı olarak, gerekse sanayide en sık kullanılan enerji kaynaklarından biri olarak ülkemizde bulunur. Yapısı gereği, doğal gaz, diğer tüm yakıtlar göz önünde bulundurulduğunda, izafi olarak çevreye çok az zarar vermektedir. Doğal gaz, yaygın kullanılan bir enerji türü olarak, tüketimi ve talebinin, yıllar geçtikçe arttığı gözlenen bir enerji türüdür. Türkiye bir doğal gaz ülkesi olmakla birlikte milli doğal gaz rezervi 2013’te 6,16 milyar m³ olarak kaydedilmiştir. Doğal gaz kullanım oranları ise, 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat artmış ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir. Doğal gaz rezervleri, her ülkede bulunmayan ve sınırlı olan yapısından ötürü, hesaplanması ve tahmin edilmesi oldukça kritik bir kavram olarak karşımıza çıkar.

Bu bağlamda, bu çalışmada en geniş kullanıma sahip olduğu için birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak isimlendirilen GM(1,1) modeli kullanıldı. Gri tahmin metodunu kullanarak 2030 yılına kadarki Türkiye'deki doğal gaz tüketim değerleri ve nüfus değerleri hesaplandı. Bu hedefle, meydana çıkarılan modelin tahmin doğruluklarının kıyaslanması için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metoduna başvuruldu. GM(1,1) modeliyle hesapladığımız doğal gaz tüketim ve nüfus değerlerinin MAPE oranı %10'luk hata katsayısının çok daha altında çıkarak 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip model kategorisine girmiştir. Elde ettiğimiz katsayı sonucunda modelin doğru kurgulandığını anlaşılmıştır.

Bunun sonucuna göre 2020'de 84,28 milyon ve 2030'da 96,51 milyonluk bir nüfus beklenmektedir. Doğal gaz tüketiminin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020'de 63.613,39 milyon m³ bir tüketim miktarına, 2030 yılında da 104.007,61 milyon m³lük tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Bunun dışında, 2005 yılında kişi başına 442,36 m³ olan doğal gaz tüketiminin, 2030 yılında kişi başına 1.077,70 m³ olması beklenmektedir. Bir diğer ifade ile 2,5 kat artış beklenmektedir.

Bu çalışmada öngörülen değerler kullanılarak, kaynakların türüne göre gerekli olan önlemler ilgili tüm kurumlar açısından önem teşkil etmelidir. Tahmini değerler, gelecekteki yatırımların yönlendirilmesinde büyük önem taşıdığından karar vericiler farklı öngörme yöntemlerini dikkate almalı ve tahmin performansı açısından en iyi tahmin yöntemlerini seçmelidir.

KAYNAKLAR

- Akay, D., Atak, M.,** (2007), "Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey". *Energy*, 32(9), 1670-1675.
- Akgül, M.,** (2003), Biyokütenin Yakıt Potansiyeli Olarak Değerlendirilmesi. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. TMMOB, 3-4 Ekim. Kayseri. 277-288.
- Deng, J.L.,** (1982), The control problems of grey systems, *System & Control Letters*, 5: 288-294.
- Deng, J. L.,** (1989), Properties of multivariable grey model GM (1, N). *The Journal of Grey System*, 1(1), 25-41.
- EPDK,** Doğal gaz Sektör Raporu, (2014), Erişim: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/2500> Erişim Tarihi: 29.03.2017.
- Kaya, K., Taşcı, L.,** (2015), TUTGA ve C Dereceli Nokta Koordinatlarının Gri Sistem ile Tahmin Edilmesi. TMMOB.
- Kusakcı, A. O., Ayvaz, B.,** (2015), Electrical Energy Forecasting for Turkey using Grey Forecasting Techniques with Rolling Mechanism, 2015 2nd International

Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI), Kasım Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

Liu, J., Liu, S., Fang, Z., (2015), Fractional-order reverse accumulation generation GM (1,1) model and its applications. *The Journal of Grey System*, 27(4), 52-63.

Makridakis, S., (1993), Accuracy measures: theoretical and practical concerns. *International Journal of Forecasting*, 9(4), 527-529.

Özkara, Y., (2009), Mevsimsel Ayırıştırma Temelli Gri Tahmin Yöntemi İle Aylık Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

TPAO, Sektör Raporu (2013), Erişim: <http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/2013-YILI-HAM-PETROL-VE-DOGAL-GAZ-SEKTOR-RAPORU.pdf> Erişim Tarihi: 06.03.2017.

TÜİK, <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb>, Erişim Tarihi: 15.03.2017.

Witt, S. F., Witt, C. A., (1992), Modeling and forecasting demand in tourism. Academic Press Ltd.

