

Toprak Radon (^{222}Rn) Gazı Anomalilerinin ARIMA Analizi

Miraç Kamışlıoğlu^{1,*}, Fatih Külahcı¹, Seçil Niksarlıoğlu¹

¹Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye

*Yazışılan yazar e-posta: m:kamislioglu@gmail.com

Alınış: 05 Mayıs 2014, Kabul: 17 Temmuz 2014

Özet: Zaman serileri analizi, istatistik, ekonomi, fizik ve mühendislik gibi bilim dallarında geniş uygulama alanına sahiptir. Zaman serisi analizi, değişkenlerin gelecekteki değerlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, bir deprem öncüsü olarak bilinen toprak radon gazı (^{222}Rn) ölçümleri ile bir zaman serisi oluşturulmuştur. Bu veriler kullanılarak, otoregresif süreçler (ARIMA) yardımıyla dinamik sistem modellemesi yapılmıştır. ARIMA; zaman serileri analizinde, zaman içerisinde rastgele gerçekleşen bir stokastik (olasılıksal) sürecin veya hatalarının modellenmesidir. ARIMA modeli, temelde Box-Jenkins modeline dayanmaktadır. Box-Jenkins modeli, tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahmin ve kontrolünde kullanılan istatistiksel tabanlı bir yöntemdir. Elde edilen sonuçlar, ARIMA modellerinin tahmin konusundaki başarısını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Zaman Serileri Analizi, Radon Gazı (^{222}Rn), ARIMA

ARIMA Analysis of Soil Radon (^{222}Rn) Gas Anomalies

Abstract: Time series analysis, has wide applications in statistics, economics, physics and engineering such disciplines. This method used for estimate correctly future values of the variables. In this study, is formed a time series with soil radon gas (^{222}Rn) measurements known as a pioneer of an earthquake. Dynamic system modelling was performed with autoregressive (ARIMA) modelling process by used these measurements. ARIMA; time series analysis is modelled of the recoverable over time a random stochastic (probabilistic) process or its errors. ARIMA model is based on Box-Jenkins model. Box-Jenkins model is a statistically based method which is used forward-looking forecasting and control of univariate time series. The obtained results, ARIMA model is indicating success in predict subject.

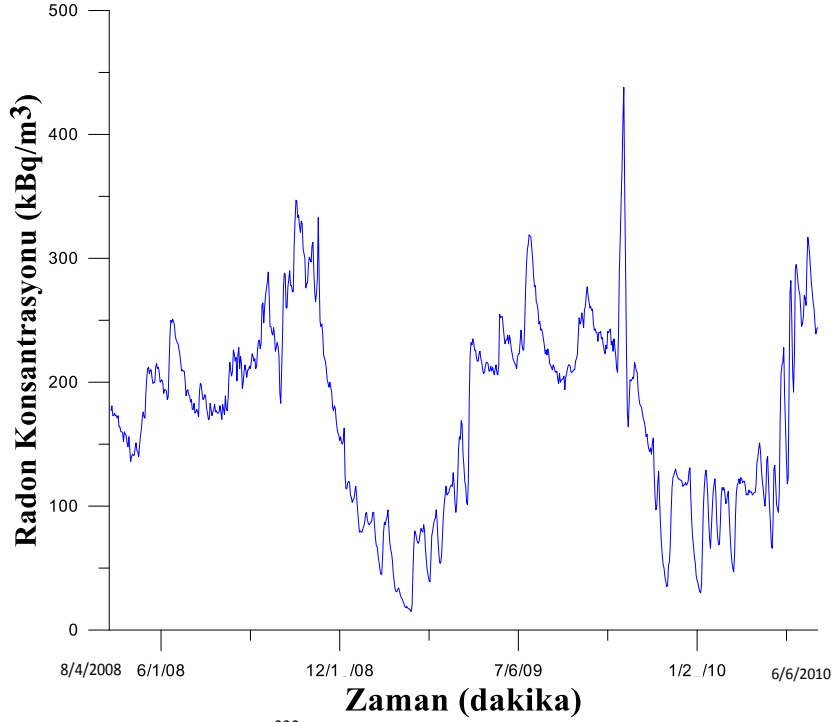
Key words: Time Series Analysis, Radon Gas (^{222}Rn), ARIMA

1. Giriş

Doğada, ^{222}Rn yer katmanlarında ve uranyum kaynaklarında bulunur. Radonun doğal kaynağı olarak bilinen toprak ve kayalar, yüksek seviyelerde uranyum içerirler. Uranyum; granit, fosfat, şeyl ve zift gibi yapılarda bol miktarda bulunur. ^{222}Rn gazının deprem ve diğer çevresel parametrelerle olan ilişkisini anlamak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. ^{222}Rn gazının yarı ömrü 3.82 gündür ve ^{238}U bozunma serisinde α -yayan bir soygazdır [1].

Radon konsantrasyonunun mevsimsel değişimi deniz seviyesinden olan yüksekliğe göre, dağlık bölgelerde, sıcaklık ve rüzgâr değişimine göre farklılık göstermektedir. Aynı zamanda coğrafik bölgenin jeolojik yapısına bağlı olarak çevreye yayılım göstermektedir. Bir bölgede radonun varlığı, o bölgenin tektonik hareketlere sahip olabileceğinin bir sonucu olduğundan toprak ve yeraltı sularındaki sürekli radon ölçümü bir deprem habercisi niteliği taşımaktadır. Yeryüzüne çıkan toprak gazının ihtiva ettiği radon miktarı, (aktif fay hatları boyunca dolaşan ve derin kuyulardan elde edilen) yeraltı sularında olduğu kadar önemli deprem habercilerinden biridir [2].

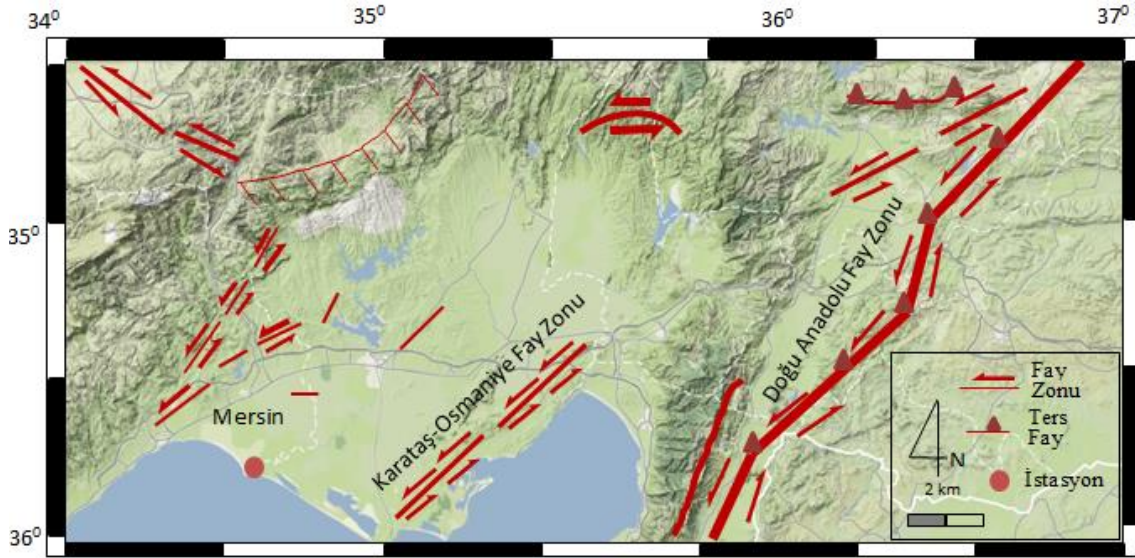
Bu alışmada, Mersin bölgesinden alınan ^{222}Rn gazı ölüm sonuçları, zaman serisi şeklinde kaydedilmiş ve bu veriler ARIMA analizi için kullanılmıştır. y_1, y_2, \dots, y_T şeklinde kaydedilmiş ^{222}Rn gazı veri setini göz önüne aldığımızda, alınan ölümlerin zamanla değişim grafiği şekil 1'deki gibidir. Çalışmada kullanılan ^{222}Rn verileri için, 08/04/2008 tarihinden 06/06/2010 tarihine kadar olan zaman aralığında günlük, 15 dakikada bir alınan ölümler kullanılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada durağan olmayan zaman serisi durağanlaştırılarak ARIMA analizi yapılmıştır. Durağanlaştırılan zaman serisi (ARIMA) yönteminin sonuçları alınan, toprak ^{222}Rn gazı verileri için parametrelerin kontrolü yapılmıştır.



şekil 1. ^{222}Rn verilerinin zaman serisi analizi [1]

2. Materyal ve Metot

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), 550 km uzunluğunda yaklaşık olarak KD-GB yönünde uzanımlı sol yanal atımlı faylardan oluşan geçişli fay niteliğindedir. DAFZ, Anadolu ve Arap levhaları arasında sınır oluşturur. Doğu Anadolu Fayı, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile keşiştiği Karlıova'dan başlayarak K 66° D doğrultusunda uzanmaktadır. Kuzeydoğu, Karlıova'da, Kuzey Anadolu fayı ile buluştuğu l kavşaktan itibaren güney batıya doğru uzanır. DAFZ'nun Kahramanmaraş güneybatısına olan devamı yine sol yönlü DAF'lar tarafından temsil edilir. Bunlar Karataş, Osmaniye ve Yumurtalık fay zonlarıdır. Bu çalışmada kullanılan veriler bu fay zonları yakınında bulunan Mersin yerleşkesinden alınmıştır, şekil 2'de gösterilmektedir [3].



Şekil 2. Araştırma alanı ve Radon ölçüm istasyonu [3].

Zaman serisini incelemek, incelenen verilerin karakteristiğini belirlemek için önemli bir adımdır. Böyle tek boyutlu bir zaman serisi şeklinde kayıt edilmiş sinyaller bize sistemin dinamik özellikleri hakkında bilgi verir. Zaman serisi analizinde; literatürde en bilinen yöntem otoregresif bütünleşmiş hareketli ortalama yöntemi olan ARIMA'dır. Bu yöntemin temel varsayımı; ele alınan serinin kesikli ve durağan olmasıdır. Zaman serisi analizi genellikle iki amaç için kullanılır. Birincisi; gözlenen serinin artışını veren stokastik (tahmini) mekanizmayı modellemek ve anlamak, ikincisi ise serinin geçmişine bakarak serinin tahmini veya kestirimini yapmaktır [4-5,6].

Serilerin gelecek değerlerini tahmin edebilmek için ARIMA modelinin belirlenmesi gerekmektedir. ARIMA modelinin temeli Box-Jenkins metoduna dayanmaktadır. Box-Jenkins yaklaşımı zaman serisi verileri analizi için oldukça yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Yöntemin avantajları arasında, incelenen serinin durağan ya da durağan olmaması ve mevsimsel unsur öğelerine bakılmaksızın bilgisayar programlamalarıyla bir çözüme kavuşturulabilmesidir [7]. Box-Jenkins yönteminde temel adımlar kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- i. Durağanlığa ulaşabilmek amacıyla serinin yeterli sayıda farkları alınır,
- ii. Deneme niteliğinde bir potansiyel model tanımı yapılır,
- iii. Potansiyel modelin kestirimi yapılır,
- iv. Ayırt edici kontrole başvurulur,
- v. Ön kestirim ve kontrol için model kullanılır.

Genel olarak ARIMA modellerinin temsilinde kullanılan notasyon: ARIMA(p,d,q) şeklindedir. Notasyonda p ve q sırasıyla ilgili modelin standart otoregresif ve standart hareketli ortalama derecelerini gösterirken, d serinin durağanlaştırılabilmesi için kaçınıcı dereceden standart farkının alınması gerektiğini göstermektedir [8-9].

$$Y_t = m + a_1 y_{t-1} \dots \dots \dots a_p y_{t-p} + u_t - b_1 u_{t-1} \dots \dots \dots - b_q u_{t-q} \quad (1)$$

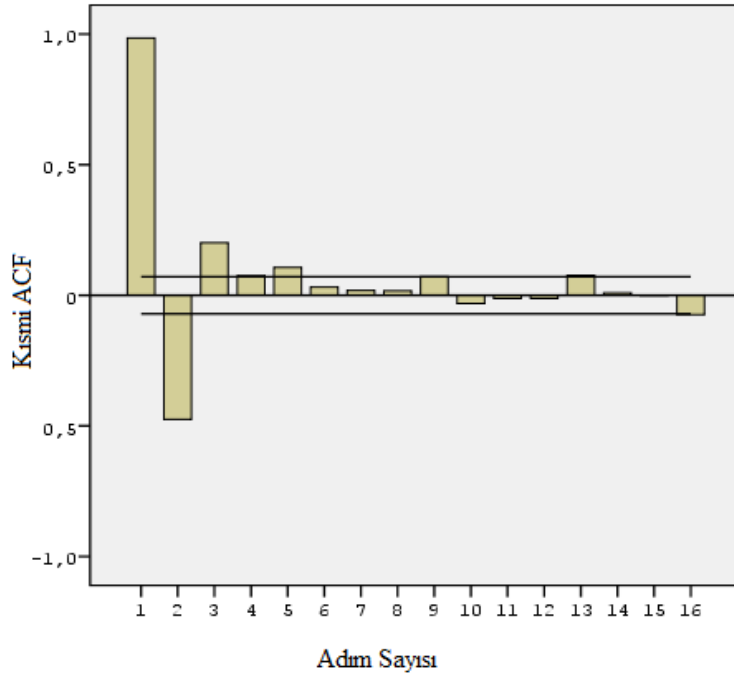
Eşitlik 1’de, $y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$, d dereceden farkı alınmış gözlem değerlerini, a_1, a_2, \dots, a_p , p dereceden farkı alınmış gözlem değerleri için u sabit değeri, $u_t, u_{t-1}, \dots, u_{t-q}$ hata terimlerini ve b_1, \dots, b_q hata terimleri ile ilgili katsayıları göstermektedir. Tablo 1’de zaman serisinin durağanlık testinin sonuçları verilmiştir. Regresyon denkleminde elde edilen bu katsayılar için tabloda da verildiği gibi R-kare değerinin pozitif olması ve RMSE (ortalama hata kareleri karekökü) ifadesinin 0’a yakın olması önerilen modelin uygunluğunu göstermektedir. Sabit (R-kare), R-kare ve RMSE değerlerinin minimum maksimum ve ortalama değerleri için aynı kalması verilen serinin durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. ²²²Rn verileri için oluşturulan serinin durağanlık testi sonuçları.

Eğri İstatistiği	Ortalama	Minimum	Maksimum	Oran
Sabit (R-kare)	.292	.292	.292	.292
R-kare	.979	.979	.979	.979
RMSE	11.018	11.018	11.018	11.018

3. Bulgular

Zaman serisi analizinde ARIMA modeli için Box-Jenkins model kurma yaklaşımı teorik olarak anlatılmıştır. ARIMA modelinin oluşturulması için durağan olmayan veri seti fark alma yöntemleriyle durağan hale getirilmiş, bunun için otokorelasyon fonksiyonları (ACF) kullanılmıştır. Zaman serisinin modellenmesinde durağanlık kavramı önemli olduğundan serinin durağan olup olmadığına bakılmıştır. Zaman serilerinin modellenmesinde en çok kullanılan yöntem regresyon analizidir. Regresyon analizinde bilindiği gibi modelin açıklayıcı değişkenlerinin arasında ilişki olduğu varsayımı yapılarak modelleme yapılır. Zaman serileri analizinde korelasyondan çok otokorelasyonun olması modelleme için önemlidir. Bu yüzden, çalışmada logaritması alınmış serinin artan bir trende sahip olup-olmadığı yani durağan olmadığı, ACF ile belirlendi. Seriyi oluşturan veriler arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu varsayan ve bu doğrusal ilişkiyi modellemeyen ARIMA modelleri durağan ya da çeşitli istatistiksel yöntemlerle durağan hale getirilen zaman serilerine başarıyla uygulanan bir modeldir. Durağan olmayan ancak fark alma işlemleriyle durağan hale getirilerek uygulanan modeller stokastik modellerdir. Modelin belirlenmesi aşamasında AR ve MA’nın derecesini belirlemek için logaritması alınmış serinin otokorelasyon grafiklerine bakılır. Bir zaman serisinin gözlem değerleri için başlangıçta p ve q’nun kaçınıcı dereceden olması gerektiği bilinmez. Bu derecelerin tespiti kısmi otokorelasyon ile yapılır. Kısmi korelasyon diğer bütün gecikmeli gözlemlerin etkisinden arındırıldıktan sonra değişken ile değişkenin herhangi bir gecikmesiyle elde edilen ilişkiyi inceler. Bu ilişkiyi belirleyen katsayıya da kısmi otokorelasyon katsayısı denir. Serinin ACF grafiğine bakıldığında (Şekil 3) otokorelasyon değerlerinin giderek azalan bir yapıda olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Kısmi otokorelasyon fonksiyonu

Logaritması alınmış serinin durağanlaştırılması için bir defa farkı alındığından fark derecesinin bir olduğu anlaşılmıştır. Dolayısıyla bütün bunlara bakılarak modelin ARIMA(2,1,0) olduğu karar verilmiştir.

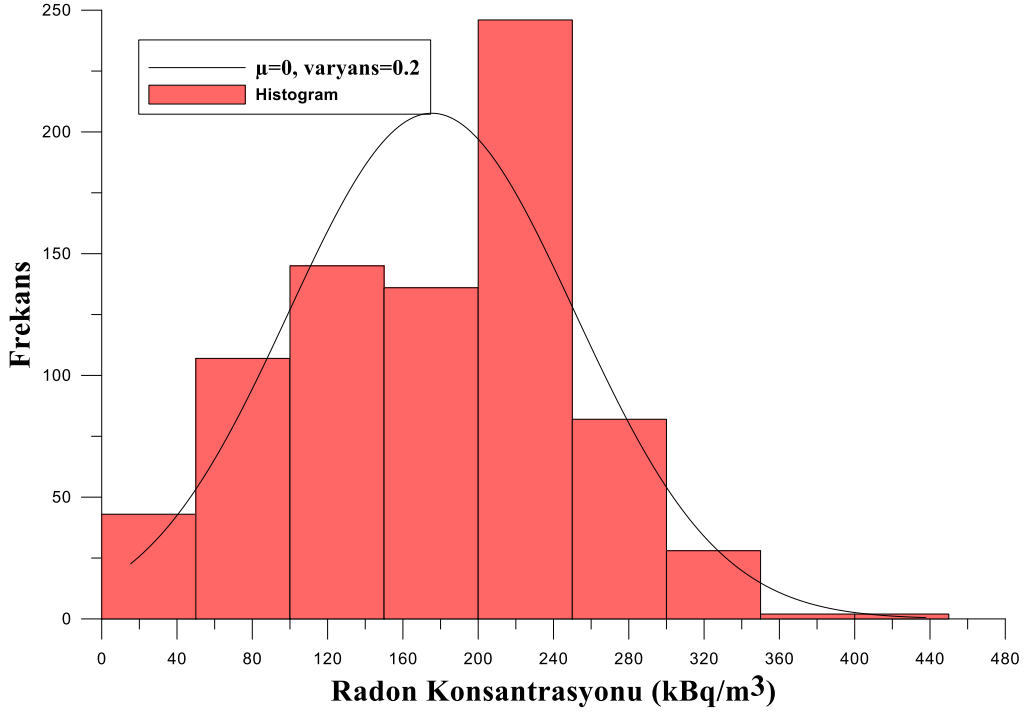
Tablo 3. ²²²Rn verileri için oluşturulan ARIMA modeli ile parametrelerin tahmini

Değişken	Katsayı	Standart hata	t-İstatistiği
C	0.047	0.001	26.512
AR(1)	1.272	0.085	11.930
AR(2)	-0.354	0.083	-4.224
MA(0)	-0.980	0.011	-80.198

Verilerimiz için en uygun regresyon modeli;

$$Y_t = 0.047 + 1.273y_{t-1} - 0.35y_{t-2} + 0.98y_{t-3} \quad (2)$$

Denklem (2) ile verilmiştir. Birinci farklar serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerine bakarak geçici ARIMA (p,d,q) modelinin ARIMA (2,1,0) modeline benzediği söylenmesi doğrudur. Tablo 3'te regresyon denklemindeki sabitinin (C), AR(1), AR(2) ve MA(0) sürecinin standart hata ve t-istatistik sonuçlarının ARIMA (2,1,0) modeline uyduğu sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4. ²²²Rn verileri için Frekans dağılımı.

²²²Rn konsantrasyon değerleri için elde edilen histogram grafiği Şekil 4 ile verilmiştir. Histogram grafiğinden geçirilen eğrinin standart sapması 0 ve varyansının 0 ile 1 arasında olması, bu eğrinin normal dağılıma uyduğunu göstermektedir.

4. Sonuç ve Yorum

Topraktan alınan ²²²Rn verileri ile bir zaman serisi oluşturularak Box-Jenkins yaklaşımı kullanılan serinin modellenmesi yapıldı. Bunun için, logaritması alınmış serinin artan bir trende sahip olup-olmadığı yani durağan olmadığı, otokorelasyon fonksiyonu ile belirlendi. ARIMA yönteminin en önemli özelliği kısa dönem yordama açısından yüksek başarı göstermesi olduğundan yapılan çalışmada başarılı sonuçlar elde edildi. 08/04/2008 tarihinden 06/06/2010 tarihine kadar olan zaman aralığında günlük, 15 dakikada bir alınan ²²²Rn ölçümleri üzerinde uygulanan Box-Jenkins metodu ile yapılan tahmininde oluşturulan serinin logaritmik değerleri alınarak model ARIMA(2,1,0) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca uygulanan bu modelin için uygun istatistik hesaplanarak, tahmin hatalarının tesadüfi olarak dağıldığına ve modelin tahminleme için uygun olduğuna karar verilmiştir.

Teşekkür ve Bilgi

Bu çalışma; 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programı tarafından desteklenmektedir. Bu çalışmanın yapılması için desteklerini esirgemeyen Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na, Deprem Dairesi Başkanı Dr. Murat NURLU'ya ve Sayın Bengi ERAVCI'ya teşekkür ederiz. Bu çalışma Adım Fizik Günleri III 2014'de poster olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Tanner A.B., 1964. Physical and Chemical Control on Distribution of Radium-226 and Radon-222 in Ground Water near Great Salt Lake, Utah, in *The Natural Radiation Environment*, edited by J. A. S. Adams and W. M. Lowder, University of Chicago Pres, Chicago, pp. 253-276.
- [2] Planinić J., Vuković B., Radolić V., 2004. Radon time variations and deterministic chaos, *Journal of Environmental Radioactivity*, 75: 35-45.
- [3] McKenzie D. P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30: 109-185.
- [4] Kūlahcı F., Ően Z., 2014. On the correction of spatial and statistical uncertainties in systematic measurements of ²²²Rn for earthquake prediction, *Survey in Geophysics*, 35: 449-478.
- [5] Hosking J. R.M., 1996. Asymptotic distributions of the sample mean, autocovariance, and autocorrelations of long- memory time series, *Journal of Econometrics*, 73: 261-284.
- [6] Sevüktekin M., Nargeleçekenler M., 2005. Zaman Serileri Analizi, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım, p. 124-62.
- [7] Narayanan P., Basistha A., Sarkar S., Sachdeva K., 2013. Trend Analysis and ARIMA modeling of pre-monsoon rainfall data for western India, *Comptes Rendus Geoscience*, 345: 22-27.
- [8] Wang Y., Wang J., Zhao G., Dong Y., 2012. Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China, *Energy Policy*, 48: 284-294.
- [9] Erdoğan E., 2006. Zaman Serilerinde ARIMA Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, 142s.

Fatih KÜLAHCI e-posta: fatihkulahci@firat.edu.tr

Seçil NİKSARLIOĞLU e-posta: sniksarlioglu@firat.edu.tr