

**İş Kazalarının Box-Jenkins ARIMA Tekniği Kullanılarak
Modellenmesi**

Modelling of Work Accidents Using Box-Jenkins ARIMA Technique

Deniz BOZ ERAVCI

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi
Centre for Labour and Social Security Training and Research
deniz.eravci@csgb.gov.tr

Ocak 2018, Cilt 9, Sayı 1, Sayfa: 58-71
January 2018, Volume 9, Number 1, Page: 58-71

P-ISSN: 2146-0000

E-ISSN: 2146-7854

©2010-2018

www.calismailiskileri.org

İMTİYAZ SAHİBİ / OWNER OF THE JOURNAL

Abdurrahim ŞENOCAK
(ÇASGEM Adına / On Behalf of the ÇASGEM)

EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

Dr. Elif ÇELİK

EDİTÖR YARDIMCISI/ASSOCIATE EDITOR

Berna YAZAR ASLAN

TARANDIĞIMIZ İNDEKSLER / INDEXES

ECONLIT - USA
CABELL'S DIRECTORIES - USA
ASOS İNDEKS - TR
INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL - PL
KWS NET LABOUR JOURNALS INDEX - USA

YAYIN TÜRÜ / TYPE of PUBLICATION

PERIODICAL - ULUSLARARASI SÜRELİ YAYIN
YAYIN ARALIĞI / FREQUENCY of PUBLICATION
6 AYLIK - TWICE A YEAR
DİLİ / LANGUAGE
TÜRKÇE ve İNGİLİZCE - TURKISH and ENGLISH

PRINT ISSN

2146 - 0000

E - ISSN

2146 - 7854

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Dr. Serhat AYRIM - ÇSGB
Prof. Dr. Mustafa Necmi İLHAN - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ÇAKIR - Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Merve ÖZAYDIN - Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Nergis DAMA - Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Dr. Elif ÇELİK - ÇASGEM

ULUSLARARASI DANIŞMA KURULU / INTERNATIONAL ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Yener ALTUNBAŞ *Bangor University - UK*
Prof. Dr. Mehmet DEMİRBAĞ *University of Sheffield - UK*
Prof. Dr. Shahrokh Waleck DALPOUR *University of Maine - USA*
Prof. Dr. Tayo FASOYIN *Cornell University - USA*
Prof. Dr. Paul Leonard GALLINA *Université Bishop's University - CA*
Prof. Dr. Douglas L. KRUSE *Rutgers, The State University of New Jersey - USA*
Prof. Dr. Özay MEHMET *University of Carleton - CA*
Prof. Dr. Theo NICHOLS *University of Cardiff - UK*
Prof. Dr. Mustafa ÖZBİLGİN *Brunel University - UK*
Prof. Dr. Yıldırım YILDIRIM *Syracuse University - USA*
Doç. Dr. Kevin FARNSWORTH *University of Sheffield - UK*
Doç. Dr. Alper KARA *University of Hull - UK*
Dr. Sürhan ÇAM *University of Cardiff - UK*

ULUSAL DANIŞMA KURULU / NATIONAL ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Ahmet Cevat ACAR *Türkiye Bilimler Akademisi*
Prof. Dr. Cihangir AKIN *Yalova Üniversitesi*
Prof. Dr. Yusuf ALPER *Uludağ Üniversitesi*
Prof. Dr. Onur Ender ASLAN *TODAİE*
Prof. Dr. İbrahim AYDINLI *Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi*
Prof. Dr. Mustafa AYKAÇ *Kırklareli Üniversitesi*
Prof. Dr. Mehmet BARCA *Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi*
Prof. Dr. Aydın BAŞBUĞ *Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi*
Prof. Dr. Eyüp BEDİR *Gazi Üniversitesi*
Prof. Dr. Vedat BİLGİN *TBMM*
Prof. Dr. Özlem ÇAKIR *Dokuz Eylül Üniversitesi*
Prof. Dr. Erdal ÇELİK *Dokuz Eylül Üniversitesi*
Prof. Dr. Toker DERELİ *Işık Üniversitesi*
Prof. Dr. Gonca BAYRAKTAR DURGUN *Gazi Üniversitesi*
Prof. Dr. E. Murat ENGİN *Galatasaray Üniversitesi*
Prof. Dr. Bülent ERDEM *Cumhuriyet Üniversitesi*
Prof. Dr. Nihat ERDOĞMUŞ *İstanbul Şehir Üniversitesi*
Prof. Dr. Halis Yunus ERSÖZ *İstanbul Üniversitesi*
Prof. Dr. Seyfettin GÜRSEL *Bahçeşehir Üniversitesi*
Prof. Dr. Nükhet HOTAR *TBMM*
Prof. Dr. Erdal Tanas KARAGÖL *Yıldırım Beyazıt Üniversitesi*
Prof. Dr. Aşkın KESER *Uludağ Üniversitesi*
Prof. Dr. Tamer KOÇEL *İstanbul Kültür Üniversitesi*
Prof. Dr. Metin KUTAL *Gedik Üniversitesi*
Prof. Dr. Adnan MAHİROĞULLARI *Cumhuriyet Üniversitesi*
Prof. Dr. Ahmet MAKAL *Ankara Üniversitesi*
Prof. Dr. Hamdi MOLLAMAHMUTOĞLU *Çankaya Üniversitesi*
Prof. Dr. Sedat MURAT *İstanbul Üniversitesi*
Prof. Dr. Süleyman ÖZDEMİR *Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi*
Prof. Dr. Ahmet SELAMOĞLU *Kocaeli Üniversitesi*
Prof. Dr. Haluk Hadi SÜMER *Selçuk Üniversitesi*
Prof. Dr. Dilaver TENGİLİMOĞLU *Atılım Üniversitesi*
Prof. Dr. İnsan TUNALI *Koç Üniversitesi*

Prof. Dr. Fatih UŐAN Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Cavide Bedia UYARGİL İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Recep VARÇIN Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Erinq YELDAN İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi
Prof. Dr. Engin YILDIRIM Anayasa Mahkemesi
Doç. Dr. Yücel UYANIK Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Erdinç YAZICI Gazi Üniversitesi

**Dergide yayınlanan yazılardaki görüşler ve bu konudaki sorumluluk yazar(lar)ına aittir.
Yayınlanan eserlerde yer alan tüm içerik kaynak gösterilmeden kullanılamaz.**

*All the opinions written in articles are under responsibilities of the authors.
The published contents in the articles cannot be used without being cited.*

İş Kazalarının Box-Jenkins ARIMA Tekniği Kullanılarak Modellenmesi

Modelling of Work Accidents Using Box-Jenkins ARIMA Technique

Deniz Boz Eravcı¹

Öz

Bu çalışmada, Türkiye'deki iş kazalarının zaman serileri analizi ile gelecek yıllara ilişkin öngörü modelinin kurulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda SGK 1970-2016 yılları iş kazası verileri üzerinden zaman serileri veri seti oluşturulmuştur. Modellemede yöntem olarak Box-Jenkins ARIMA tekniği kullanılmıştır. Seriyeye ilişkin otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) grafikleri incelenmiş ve Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) test ile serinin 1. fark işleminden sonra durağanlaştığı tespit edilmiştir. Tahmin edilen olası modeller içerisinde AIC (Akaike Bilgi Kriteri), BIC (Bayesci Bilgi Kriteri) ve RMSE (Kare ortalamalarının karekökü) değerleri en küçük olan model seçilmiştir. Ülkemizde iş kazalarının tahmin edilmesine yönelik olarak en iyi modelin ARIMA (1, 1, 0) olduğu tespit edilmiştir. Bu modele göre, 2020 yılında iş kazası sayısının 67463 olacağı tahmin edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Tahmin Modelleri, Zaman serileri, Box-Jenkins- ARIMA, iş kazaları

Abstract

In this study, it was aimed establishing work accident prediction model in Turkey with time series analysis and forecasting the number of work accidents next years. In this context, a time series data set was generated on 1970-2016 SSI work accident data. Box-Jenkins ARIMA technique was used for modelling. Plots of autocorrelation (ACF) and partial autocorrelation (PACF) were displayed and it was determined with Augmented Dickey-Fuller (ADF) test that time series is stationary after 1st difference operation. The model with minimum AIC, BIC and RMSE (Root Mean Square Error) values was choosed. It has been determined that the best model for forecasting work accidents in our country is ARIMA (1, 1, 0) . According to this model, it has been forecasted the number of work accident in 2020 will be 67463.

Keywords: Prediction models, Time series, Box-Jenkins ARIMA, Work accidents.

¹ Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, deniz.eravci@csgb.gov.tr

GİRİŞ

Tüm dünyada en önemli ölüm nedenleri arasında yer alan iş kazaları ülkemizde de binlerce çalışanın yaşamını yitirmesine neden olmaktadır (Erginel & Toptancı, 2017). Bu kazaların ölüm, yaralanma ya da hastalık, üretim kaybı, makine ve ekipmana verdiği zarar gibi sosyal ve ekonomik sonuçları bakımından ülkelere yansıyan pek çok maliyeti bulunmaktadır (Yoon, ve diğerleri, 2013)(Reese & Edison, 2006).Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) 2018 verilerine göre dünyada her yıl en az 2,78 milyon çalışan işe bağlı nedenlerle hayatını kaybetmekte, 374 milyon çalışan da kaza ve hastalık nedeniyle işten uzak kalmaktadır. Ayrıca bu kazaların küresel gelire olan ekonomik maliyetinin %3,94 olduğu tahmin edilmektedir (ILO, 2018). Bu maliyetlerin önlenmesi, kazalara neden olan faktörlerin azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılması, çalışanlara daha sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlanması ile mümkün olacaktır (Jabbari & Ghorbani, 2016).

Ülkemizde sağlıklı ve güvenli çalışma ortamı 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve ilgili yönetmelik hükümleri ile teminat altına alınmıştır. Buna göre ilgili kanunun 3. Maddesinde iş kazası kavramı “İşyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hâle getiren olay” olarak tanımlanmıştır (6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 30.06.2012). İş kazası kavramı 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 13. Maddesinde ise daha ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır. 5510'a göre iş kazası “sigortalının (çalışanın) işyerinde bulunduğu sırada, işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeniyle, bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda, emziren kadın sigortalının iş mevzuatı gereğince çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda, sigortalıların işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedence veya ruhça arızaya uğratan olay” şeklinde tanımlanmıştır (5510 sayılı Sosyal sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, 2006). Sosyal Güvenlik Kurumu'nun yayınladığı iş kazası istatistikleri, 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununda belirtilen bu tanım çerçevesinde tutulan verilerden oluşmaktadır.

Çalışma hayatı yeni üretim teknolojilerinin gelişimi ile her geçen gün daha karmaşık hale gelmektedir. İşyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliklerinin etkili bir şekilde korunabilmesi için teknolojiyle birlikte sağlık ve güvenlik tedbirlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. İş sağlığı ve güvenliğinde ihtiyaca uygun nitelikte iyi uygulamaların geliştirilebilmesi, ulusal politikaların bu çerçevede revize edilebilmesi için ileriye dönük kaza tahminlerini bilmek oldukça önemlidir.

İş kazalarının gelecek yıllara ilişkin tahmininde kaza sayılarının zamana göre değişimlerini dikkate alan zaman serileri analizlerinden faydalanılmıştır. Zaman serileri, olaylara ilişkin gözlem değerlerinin zamana göre aldığı, çoğunlukla günlük, haftalık, aylık, 3 aylık, yıllık, vb gibi periyotlarda derlenen verilerden oluşur (Chatfield, 2003). Zaman serileri analizleri ise, zamana bağlı bu verilere ilişkin stokastik süreci modellemeyi ve geçmiş dönemlere ilişkin gözlem değerleri ile geleceğe ilişkin öngörü yapılmasına olanak sağlayan yöntemlerdir (Kaynar & Taştan, 2009) (Taneja, Ahmad, Ahmad, & Attri, 2016).Zaman serileri analizleri ile tahmin pek

çok sektörde zamana dayalı verilere uygulanır. Yıllık iş kazası sayıları, yıllık meslek hastalıkları sayıları, aylık trafik kazaları sayıları, yıllık GSMH ve GSYİH değerleri, aylık yağış miktarı, günlük ürün stok miktarı ..vb. verilebilecek örnekler arasındadır. (Çelik, 2013)

Bu çalışmanın amacı, 1970-2016 yılları arasında Türkiye'deki iş kazalarının zaman serileri analizinin yapılması, uygun zaman serisi modelinin belirlenmesi ve gelecek yıllara ilişkin iş kazası öngörüsünün yapılmasıdır. 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası kapsamında tutulan iş kazası istatistiklerinin zamana göre değişimlerinin, Türk çalışma hayatında oluşan değişiklikler de göz önünde bulundurulurken yorumlanması, kazaların önlenmesi noktasında geliştirilecek uygulamalar bakımından yol gösterici olabilir.

Gereç ve Yöntem

Gereç

"İş Kazalarının ARIMA (Box-Jenkins) Tekniği Kullanılarak Modellenmesi" araştırmasında SGK tarafından 1970-2016 arasında yıllık olarak yayımlanan İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri kullanılmış, ilgili yıllara ilişkin veri seti Eviews 10 ve SPSS for Windows 25 paket programları ile analiz edilmiştir.

Yöntem

Zaman serisi analizleri gözlemlerin zaman içerisindeki değişimlerini irdeler. Bu nedenle zaman serileri analizi ile tahmin modeli elde etmedeki en temel varsayım, incelenen değişken değerlerinin geçmiş dönem zaman serisi gözlem değerlerine bağlı olmasıdır (Taneja, Ahmad, Ahmad, & Attri, 2016). Zamana ilişkin gözlem değerlerinin birbirine olan iç bağıllığı geçmiş gözlemlerden gelecekteki beklenen değerleri tahmin edilebilmesine olanak sağlar (Bircan & Karagöz, 2003).

t: bugünkü zaman (dönem) olmak üzere;

Z_t : bugünkü zamana(döneme) ilişkin gözlem değerini ifade etmektedir.

t=1,2,3,...,n değerleri için geçmiş zamana(döneme) ilişkin gözlem değerleri; Z_{t-1} , Z_{t-2} ,....., Z_{t-n} şeklinde ifade edilebilir.

Box-Jenkins ARIMA Yöntemi

ARIMA (Karma Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama Modeli) modelleri zaman serilerinin kesikli, doğrusal ve stokastik bir süreç içerdiği durumlarda kullanılır. Model, geleceğe ilişkin istatistiksel tahmin yapılabildiği Otoregresif süreçleri kapsar (Chung, 2001). Bu modeller durağan ya da durağan olmayan ancak fark alınarak durağanlaştırılmış serilere uygulanabilir. ARIMA (p,d,q) modeli, d dereceden fark işlemi yapılmış, serilerin t-dönemindeki değerinin geri dönem değerleri ile aynı döneme ilişkin hata teriminin doğrusal bir fonksiyonu olan AR(p) ve değişkenin t-dönemindeki değerinin aynı dönemdeki hata terimi ve belirli sayıda geri dönem hata terimlerinin doğrusal fonksiyonu olan MA(q) modellerinin bileşkesi olarak ifade edilebilir (İslamoğlu, 2015).

Otoregresif Model AR (p) modeli:

AR (p) modelinde serinin şimdiki değeri, serinin geçmiş değerlerinin doğrusal toplamı ve “e” gibi bir rassal şoktan oluşan sonlu değer olarak ifade edilebilir (Box, Jenkins, Reinsel, & Ljung, 2009).

$$Z_t = f_1 Z_{t-1} + f_2 Z_{t-2} + \dots + f_p Z_{t-p} + e_t \quad (1)$$

f: terimleri bilinmeyen otoregresif katsayı parametresi

e: hata terimi

Hareketli Ortalama Modeli MA(q):

İlgili serinin gecikmeli hata değeri mevcut döneme ilişkin hata değerini etkiliyorsa sürecin hareketli ortalama süreci olduğu söylenebilir. Hareketli ortalama sürecinde değişkenlerin öngörü değeri ile hata değeri arasında bağlantı vardır (Wei, 2006).

$$Z_t = \mu + e_t - \beta_1 e_{t-1} - \beta_2 e_{t-2} - \dots - \beta_q e_{t-q}$$

(2)

μ : Sabit terim

β : bilinmeyen katsayı parametresi

e: geriye doğru rastgele kalıntıların ağırlıklı ortalaması

Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli ARMA (p, q)

Zaman serisi modellerinde az sayıda parametre kullanımı oldukça önemli bir ilkedir. Bu ilkeyi gerçekleştirmek amacıyla bazı hallerde modele hem otoregresif hem de hareketli ortalama parametreleri birlikte ele alınır (Cryer & Chan, 2008, s. 55-85).

$$Z_t = f_1 Z_{t-1} + f_2 Z_{t-2} + \dots + f_p Z_{t-p} + e_t + \mu + e_t - \beta_1 e_{t-1} - \beta_2 e_{t-2} - \dots - \beta_q e_{t-q}$$

(3)

f: terimleri bilinmeyen otoregresif katsayı parametresi

e: geriye doğru rastgele kalıntıların ağırlıklı ortalaması

μ : Sabit terim

Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama Modeli ARIMA (p, d, q)

ARIMA (p, d, q)d. derece durağanlık içeren hem AR (p)hem de MA (q) sürecini içermektedir. Model;

$$Z_t = (1 + f_1)Z_{t-1} + (f_2 - f_1) Z_{t-2} + \dots + (f_p - f_{p-1})Z_{t-p} - f_p Z_{t-p-1} + e_t - \beta_1 e_{t-1} - \beta_2 e_{t-2} - \dots - \beta_q e_{t-q}$$

(4)

şeklinde (Cryer & Chan, 2008, s. 87-97)(Turgut & Temiz, 2015).

Model Kurma ve Uygunluğunu Sınama

Box-Jenkins ARIMA yönteminde doğru model kurabilmenin adımları aşağıda verilmiştir.

a) Serinin Durağanlığı Denetlenir.

Bir zaman serisinin gözlemlerine ilişkin ortalama, varyans ve kovaryansı incelenen zaman içinde değişmiyorsa, bu sürece durağan süreç denir. Aksi halde sürecin durağan olmadığı kabul edilir ve durağanlaştırılır (Gujarati, 2008). Uygulamada serinin durağan olup olmadığı kabaca ACF (otokorelasyon fonksiyonu) ve PACF (Kısmi otokorelasyon fonksiyonu) grafiklerine bakılarak anlaşılabilir. Ancak durağanlığın istatistiksel olarak ortaya konulması Dickey-Fuller (DF), Genişletilmiş Dickey-Fuller Testleri ve Phillips-Perron (PP) testleri ile ortaya konulabilir (Yaffee & McGee, 2000, s. 81-83).

b) Potansiyel model tanımı ve tahmini yapılır.

Modele ilişkin otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) grafikleri çizdirilerek p ve q parametreleri hakkında öngörü sağlanabilir. Seri durağan ise teorik olarak; ACF grafiğinde üstel azalma ve PACF grafiğinde p. gecikmeden sonra azalma beliriyor ise bu modelin AR(p) modeli; tam tersi olarak ACF grafiğinde q. gecikmeden sonra azalma PACF grafiğinde ise üstel olarak bir azalma söz konusu ise, bu modelin MA(q) modeli olduğundan söz edilebilir. Ayrıca hem ACF hem de PACF grafikleri üstel azalma gösteriyor ise modelin ARMA (p,q) modeli olduğu düşünülebilir (Machiwal & Kumar Jha, 2012).

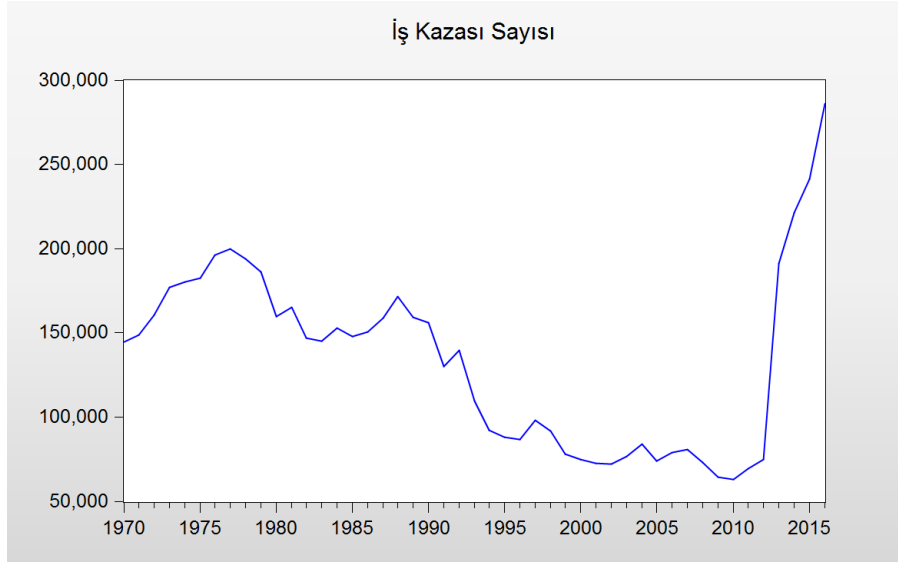
c) Modelin seçimi ve yeterliliği test edilir.

İstatistiksel olarak bir modelin kurulması, ilgili değişkenler arasındaki matematiksel bağıntının formülasyonu ile mümkün olabilmektedir. Bu amaçla yapılan tüm çalışmalar da ortaya konulan matematiksel bağıntının yeterliliği ve duyarlılığı en yüksek olanın seçimine ilişkindir. AIC (Akaike Bilgi Ölçütü) ve BIC (Bayesci Bilgi Ölçütü) Model seçiminde bilgi teorisine dayalı olarak yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. (Kaya & Çankaya, 2013). BIC gerçek modeli tanımlama üzerine tasarlanmış bir bilgi ölçütü iken AIC veri tipine en uygun modelin tasarlanmasına olanak sağlayan bir bilgi ölçütüdür. BIC, AIC bilgi ölçütüne benzer bir yapı göstermesine rağmen, farklı sayıda parametre içeren modeller arasında seçim yapmak için kullanılması önerilen ölçütlerdendir (Alma, 2013). Kurulan olası modellerden en küçük AIC ve BIC değerlerini içeren modelin, veri setini en iyi açıklayan model olduğu kabul edilmektedir (Kaya & Yeşilova, 2012).

Bulgular

1970-2016 yılları arasında Türkiye'deki iş kazası sayılarına ilişkin zaman serisi grafiği Şekil 1. de verilmiştir. Şekil 1.'den de görüldüğü üzere, yıllara göre iş kazaları serisi trend içermektedir ve süreç durağan değildir.

Şekil 1:1970-2016 Yılları İş Kazası Sayılarına İlişkin Zaman Serisi Grafiği



Durağan olmayan iş kazası verilerine ilişkin otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) grafikleri de Şekil 2.'de verilmiştir.

Şekil 2: 1970-2016 Yılları Arası İş Kazaları ACF/PACF Grafikleri

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.832	0.832	34.637	0.000
		2	0.667	-0.080	57.408	0.000
		3	0.481	-0.167	69.532	0.000
		4	0.288	-0.155	73.959	0.000
		5	0.231	0.322	76.873	0.000
		6	0.186	-0.010	78.815	0.000
		7	0.156	-0.086	80.221	0.000
		8	0.130	-0.094	81.213	0.000
		9	0.106	0.143	81.891	0.000
		10	0.065	-0.070	82.152	0.000
		11	0.023	-0.073	82.187	0.000
		12	-0.021	-0.080	82.217	0.000
		13	-0.077	0.001	82.619	0.000
		14	-0.124	-0.063	83.698	0.000
		15	-0.162	-0.033	85.577	0.000
		16	-0.192	-0.056	88.305	0.000
		17	-0.235	-0.122	92.546	0.000
		18	-0.272	-0.067	98.430	0.000
		19	-0.316	-0.060	106.63	0.000
		20	-0.354	-0.052	117.32	0.000

Şekil 2'de verilen ACF ve PACF grafiklerinde serinin trende sahip olduğu görülmüştür. İstatistiksel olarak da serinin durağanlığını sınamak için Genişletilmiş Dickey-Fuller birim kök testi uygulanmıştır.

H_0 : Seri durağan değildir, birim kökü vardır.

H_1 : Seri durağandır, birim kökü yoktur.

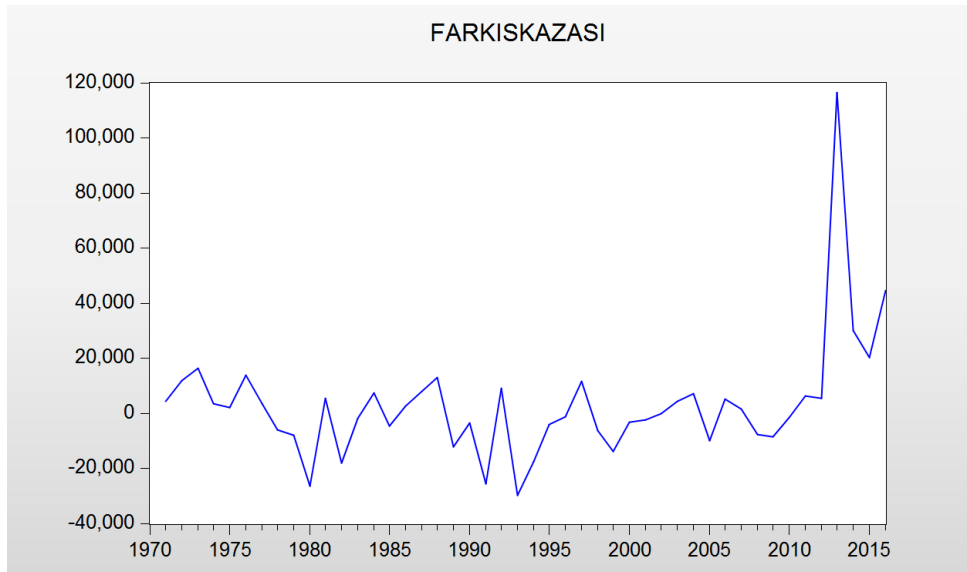
Tablo 1’de Genişletilmiş Dickey-Fuller testine ilişkin istatistiklere yer verilmiştir. Buna göre 1970-2016 yılları arasındaki iş kazaları serisine ilişkin süreç durağan değildir ($p>0,05$).

Tablo 1. Genişletilmiş Dickey-Fuller Birim Kök Testi

Genişletilmiş Dickey Fuller Test İstatistiği	t istatistiği	Olasılık Değeri
Test Kritik Değerleri	0.140718	0.9655
%1 düzeyinde	-3.581152	
%5 düzeyinde	-2.926622	
%10 düzeyinde	-2.601424	

Seriye trendden arındırmak için birinci farkları alınmış ve seriye ilişkin zaman serisi grafiği ile ACF/PACF grafikleri yeniden çizdirilmiş ve alınan fark ile durağanlaşıp durağanlaşmadığı yeniden test edilmiştir.

Şekil 3: Birinci Dereceden Farkı Alınmış Serinin Zaman Serisi Grafiği



Şekil 4: 1970-2016 Yılları İş Kazaları Serisinin Birinci Farkının ACP/PACF Grafikleri

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.278	0.278	3.7876	0.052
		2	0.259	0.197	7.1571	0.028
		3	0.251	0.156	10.399	0.015
		4	-0.018	-0.175	10.416	0.034
		5	-0.025	-0.083	10.449	0.063
		6	-0.038	-0.021	10.529	0.104
		7	-0.015	0.079	10.542	0.160
		8	-0.061	-0.044	10.761	0.216
		9	0.068	0.100	11.034	0.273
		10	0.034	-0.002	11.104	0.349
		11	0.062	0.050	11.346	0.415
		12	0.012	-0.084	11.356	0.499
		13	0.002	-0.006	11.356	0.581
		14	-0.030	-0.042	11.418	0.653
		15	-0.039	0.023	11.527	0.714
		16	0.069	0.108	11.876	0.752
		17	-0.061	-0.073	12.160	0.790
		18	-0.061	-0.103	12.457	0.823
		19	-0.073	-0.082	12.892	0.844
		20	-0.206	-0.152	16.496	0.685

1970-2016 yıllarına ilişkin iş kazası serisinin zaman serisi grafiği ve ACF/PACF grafiklerinden serinin birinci farkında durağanlaştığı ve trendden arındığı görülmektedir. Fark işlemi sonrası serinin durağanlaşmış ve durağanlaşmadığı Genişletilmiş Dickey-Fuller testi (ADF) ile yeniden sınanmıştır.

Tablo 2. Birinci Fark İşlemine İlişkin Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi (ADF)

Genişletilmiş Dickey Fuller Test İstatistiği	t istatistiği	Olasılık Değeri
Test Kritik Değerleri	-4.579236	0.0006
%1 düzeyinde	-3.584743	
%5 düzeyinde	-2.928142	
%10 düzeyinde	-2.602225	

Tablo 2'ye göre seri 1. fark işlemi sonucunda durağan hale geldiğinden ARIMA modelindeki d=1 olmaktadır.

1970-2006 dönemleri tahmin dönemi olarak seçilmiştir. Bu dönem kurulan tahmin modelinin yapısal analiz bakımından başarısının araştırıldığı dönemdir. İş kazası serisi için yapılan parametre tahminleri ve anlamlılıkları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Uygun Modele İlişkin Parametre Tahmini ve Anlamlılığı

Parametreler	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	Anlamlılık
Sabit (c)	121325,7	44746,81	2,711	<0,001; Anlamlı
Fark	1			
AR (1)	0,9585	0,047	20,148	<0,001; Anlamlı

R²= 0,927; F:209,481; p<0,001

Tablo 3’de tahmin edilen parametreler incelendiğinde serinin AR modeline sahip bir seri olduğu görülmektedir. MA modeline ilişkin anlamlı parametre tahmin edilmemiştir bu nedenle q=0’dır. Tahmin edilen uygun modele ilişkin parametre tahmini ve anlamlılığına ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Buna göre uygun olduğu tespit edilen bu modelin açıklayıcılığı R² değeri 0,927’dür ve seçilen model anlamlıdır (F:209,481;p<0,001). Temel alınan döneme göre kurulan modelin yapısal analiz bakımından başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4’de göre tahmin edilen parametreler ile seriye en uygun modelin belirlenmesine yönelik olarak hesaplanan AIC ve BIC değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Model İçin Hesaplanan AIC ve BIC Değerleri

Model	BIC	AIC	RMSE
(2, 1, 0)	19,005	21,759	11716,0
(3, 1, 0)	19,135	21,792	11712,0
(1, 1, 0)	18,814	21,586	11536,6
(0, 1, 0)	18,937	21,754	11583,0

AIC, BIC ve RMSE değerleri en küçük olan model, seri için en uygun ve tahmin ediciliği en yüksek modeli ifade etmektedir. Tablo 4’e göre ARIMA (1, 1, 0) modeli 1970-2006 tahmin dönemine ilişkin iş kazaları serisi için seçilen en uygun modeldir.

ARIMA (1, 1, 0) modeline ilişkin hata terimlerine ilişkin ACF/PACF grafikleri Şekil 5.’de verilmiştir.

Şekil 5: İş Kazası Serisi Hata Terimleri ACF/PACF Grafikleri

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.083	0.083	0.3413	0.559
		2	-0.138	-0.146	1.3024	0.521
		3	0.202	0.234	3.3937	0.335
		4	-0.053	-0.133	3.5395	0.472
		5	-0.029	0.071	3.5852	0.611
		6	0.013	-0.081	3.5942	0.731
		7	-0.040	0.019	3.6844	0.815
		8	-0.084	-0.118	4.0939	0.849
		9	0.032	0.083	4.1551	0.901
		10	0.035	-0.018	4.2322	0.936
		11	0.017	0.086	4.2508	0.962
		12	-0.015	-0.080	4.2661	0.978
		13	-0.055	-0.016	4.4712	0.985
		14	-0.119	-0.175	5.4522	0.978
		15	-0.053	0.013	5.6523	0.985
		16	0.090	0.053	6.2541	0.985
		17	-0.058	-0.022	6.5134	0.989
		18	-0.031	0.006	6.5899	0.993
		19	-0.074	-0.150	7.0323	0.994
		20	-0.113	-0.068	8.1086	0.991

Şekil 5’den de görüldüğü üzere ARIMA (1, 1, 0) modeli hata terimlerine ilişkin değerler belirlenen sınır değerler içerisinde kalmıştır. Artıkların otokorelasyon değerlerinden yararlanılarak Box-Ljung testi ile modelin uygunluğu test edilmiş ve hata terimlerinin bağımsız olduğu yokluk hipotezi kabul edilmiştir ($p > 0,05$; $Q=12,419$). Buna göre tahmin dönemine göre 1970-2016 yılları iş kazası verilerinden elde edilen iş kazaları tahmin model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$X_t = 121325,7 + 0,9585X_{t-1}$$

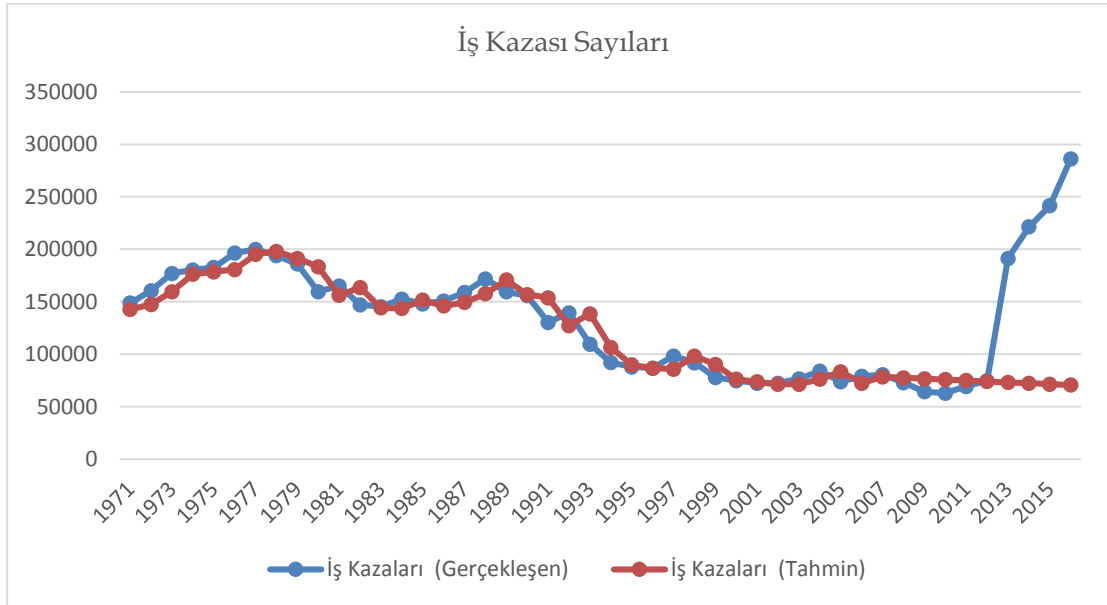
Örneklem içi öngörü dönemi 2007-2016 yılları olarak seçilmiştir. Bu dönem kurulan modelin öngörü bakımından başarılı olup olmadığı araştırıldığı dönemdir. Buna göre iş kazaları tahmin modeline göre 2007-2016 yılına kadar elde edilen örneklem içi (ex-post) öngörü verileri, X_t şapka değerlerinin yerine konulması ile elde edilmiştir. Bu hesaplama göre elde edilen 2007-2016 örneklem içi (ex-post) öngörü verileri Tablo 5.’de verilmiştir.

Tablo 5: 2016 İş kazaları Örneklem İçi (Ex-post) Öngörülleri

Yıllar	İş Kazaları (Gerçekleşen)	İş Kazaları (Tahmin)
2007	80602	78526
2008	72963	77642
2009	64316	76740
2010	62903	75846
2011	69277	74963
2012	74871	74090
2013	191389	73228
2014	221366	72375
2015	241547	71532
2016	286068	70699

Tahmin değerleri ile gerçekleşen değerler arasındaki yakınlık tahminlemenin hassasiyetini gösterir. 2012 yılına kadar iş kazalarında “gerçekleşen” ve “tahmin” değerlerinin birbirine oldukça yakın olması hassasiyetin bir göstergesidir. 2012 yılından sonra gerçekleşen ve tahmin değerlerinin birbirinden uzaklaştığı Şekil 6’da görülmektedir ki bu durum Ülkemizdeki iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları kapsamında iş kazaları bildirimleri açısından anlamlıdır. 2012 yılında 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu yürürlüğe girmiş ve iş kazalarının sağlık hizmet sunucusu ve işveren tarafından bildirim ve süreçleri daha etkin hale getirilmiştir. Bu nedenle 2012 yılından sonra Şekil 6’da verilen iş kazası sayılarına ilişkin grafikteki dramatik yükseliş, etkin hale gelmiş iş kazaları bildiriminin doğal bir sonucudur.

Şekil 6: 1971-2016 İş Kazası Gerçekleşen/Tahmin Değerleri



Örneklem dışı (ex-ante) öngörü dönemi 2017-2020 olarak seçilmiştir. Geleceğin tahmin edilmesi bakımından gerçek anlamda öngörü, örneklem dışı öngörüyle ifade etmektedir. İş kazaları serisine ilişkin 2017-2020 örneklem dışı (ex-ante) öngörülleri Tablo 6.’da verilmiştir.

Tablo 6: 2017-2025 İş Kazaları Ex Ante Ögörüleri

Yıllar	İş Kazaları (Tahmin)
2017	69876
2018	69062
2019	68258
2020	67463

Sonuç

Bu çalışmada, 1970-2006 tahmin dönemi baz alınarak 2007-2016 yıllarına ilişkin iş kazaları verilerinden zaman serisi analizi ile örneklem içi (ex-post) tahmin modeli oluşturulmuş ve iş kazalarının 2017-2020 yıllarına ilişkin örneklem dışı (ex-ante) öngörüsü yapılmıştır. Projeksiyon, 1970-2006 tahmin dönemini kapsayan iş kazası sayılarına göre kurulan ARIMA (1, 1, 0) modeline göre yapılmıştır. Kurulan modelin iş kazalarını tahmin etme başarısını gösteren R2 değeri 0,927 olduğu ve seçilen modelin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir (F:209,481;p<0,001). Box-Ljung testi ile modelin seriye uygun ve tahmin etme başarısı yüksek bir model olduğu istatistiksel açıdan kanıtlanmıştır (p>0,05; Q=12,419; RMSE:11536,6).

ARIMA(1, 1, 0) ile tahmin edilen iş kazası değerleri geçmiş yıllar için gerçekleşen değerler ile oldukça yakındır. Bu durum modelin açıklayıcılığının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örneklem içi (ex-post) öngörü, 2007-2016 yılları arasında yapılmıştır. Öngörü incelendiğinde 2007 yılına ilişkin iş kazası sayısında örneklem içi (ex-post) öngörü 78526 iken, gerçekleşen değer 80602'dir. Öngörü değerleri incelendiğinde, modelin 2012 yılına kadar gerçekleşen seri değerlerine oldukça yakın tahminde bulunduğu, 2012 yılından sonra bir sapma gerçekleştiği görülmektedir. 2013 yılında gerçekleşen değer 191389 iken, öngörü değeri 73228'dir. 2012 yılından sonra iş kazası sayılarındaki "gerçekleşen" ve "tahmin" değerlerinin birbirinden ciddi şekilde sapma göstermesinin 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile "iş kazalarının sağlık hizmet sunucuları ve işverence bildirimini daha etkin hale gelmesi" olduğu düşünülmektedir. 6331 sayılı Kanun ile yürürlüğe giren, iş yerlerindeki etkin İş Sağlığı Güvenliği uygulamalarının iş kazalarını azaltması önemli bir beklentidir. Bu yorumdan hareketle, gelecek yıllarda tahmin edilen iş kazası sayılarının da gerçekleşecek değerlere yakın olabilmesi için 2012 yılındaki mevzuat değişikliği ile değişen iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının seri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak da modellenebileceği örneklem sayısına erişebilmemiz gerekmektedir.

İş kazaları neticesi itibari ile sosyal ve ekonomik pek çok maliyet unsuru içeren bir sağlık ve güvenlik sorunudur. Bu çalışma ile iş kazaları ARIMA (1, 1, 0) ile modellenmiştir. İş kazaları ile mücadelede, geleceğin doğru tahmin edilmesi ve bu doğrultuda politikaların geliştirilip, uygulanması oldukça önemlidir. Ülkemizde çalışanı tehdit eden önemli tehlikelerden olan sağlık ve güvenlik tehlikelerinin azaltılması ve dolayısıyla gerçekleşen iş kazası sayılarında ciddi bir azalışın sağlanması için geleceğin tahmin edilmesi ve bu doğrultuda mevzuatın emrettiği önlemlerin alınması ve bu önlemlerin çalışma hayatının tüm unsurları tarafından uygulanması ile mümkün olabilecektir.

Kaynakça

5510 sayılı Sosyal sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu. (2006, 05 31). Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü Mevzuat Bilgi Sistemi: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.5510&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch> adresinden alındı

- 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (30.06.2012).
<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf> adresinden alındı
- Alma, Ö. G. (2013, Aralık). Performance Comparisons of Model Selection Criteria: AIC, BIC, ICOMP and World's For PLSR. *TÜİK İstatistik Araştırma Dergisi*, 10(3), s. 15-34.
- Bircan, H., & Karagöz, Y. (2003). Box-Jenkins Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(6), s. 49-62.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2009). Stochastic models and their forecasting. G. Box, G. M. Jenkins, & G. C. Reinsel içinde, *Time Series Analysis, Forecasting and Control* (Cilt Fifth Edition, s. 21-126). WILEY.
- Chatfield, C. (2003). *Texts in statistical Science: The Analysis of Time Series* (Cilt Sixth Edition). USA: CHAPMAN&HALL/CRC.
- Chung, S. (2001). Demand modeling and analysis for the management of underground infrastructure systems. *Doktora Tezi*. USA: Purdue University.
- Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). *Time series Analysis with Applications in R* (Cilt Second Edition). USA: Springer.
- Çelik, Ş. (2013). Zaman Serileri Analizi ve Trafik Kazası Verilerine Uygulanması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(4), 43-51.
- Erginel, N., & Toptancı, Ş. (2017). İş Kazası Verilerinin Olasılık Dağılımları ile Modellenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*(22), s. 201-212.
- Gujarati, D. N. (2008). Zaman Serileri Ekonometrisi I: Durağanlık, birim Kökler, Eşbütünleşim. D. N. Gujarati içinde, *Temel Ekonometri* (Ü. Şenesen, & G. Günlük Şenesen, Çev., s. 713). İstanbul: Literatür Yayınları.
- ILO. (2018, Mart 29). *Safety and Health at Work*. International Labour Organization: <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm> adresinden alındı
- İslamoğlu, E. (2015). Aralık Değerli Zaman Serilerinde Kullanılan Modelleme Teknikleri. *EÜFBED-Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2), s. 178-193. doi:<http://dv.doi.org/10.18185/eufbed.04685>
- Jabbari, M., & Ghorbani, R. (2016). Developinf technigues for cause-responsibility analysis of occupational accidents. *Accident Analysis and Prevention*(96), s. 101-107.
- Kaya, M., & Çankaya, E. (2013, Temmuz). Bayes Faktörü, Bayesci Bilgi Ölçütü ve Sapma Model Bilgi Ölçütü Kullanımıyla Bayesci Model Seçiminin Bir Uygulaması. *TÜİK İstatistik Araştırma Dergisi*, 10(2), s. 25-41.
- Kaya, Y., & Yeşilova, A. (2012, Ocak). Karışımli İkili Lojistik Regresyon Modeline İlişkin bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1), s. 39-47.
- Kaynar, O., & Taştan, S. (2009, Temmuz-Aralık). Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay sinir Ağları ve ARIMA Modelinin Karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(33), s. 161-172.
- Machiwal, D., & Kumar Jha, M. (2012). Stochastic Modelling of Time Series. D. Machiwal, & M. Kumar Jha içinde, *Hydrologic Time Series Analysis: Theory and Practice* (s. 85-94). India: Springer.

- Reese, C., & Edison, J. (2006). *Handbook of OSHA Construction Safety and Health*. United states of America: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Taneja, K., Ahmad, S., Ahmad, K., & Attri, S. (2016). Time series analysis of aerosol optical depth over New Delhi using Box-Jenkins ARIMA modelling approach. *Atmospheric Pollution Research*(7), s. 585-596.
- Turgut, D., & Temiz, İ. (2015). Ankara'daki Hava Kirliliği için Zaman Serileri Analizi ve Tahmin: Box-Jenkins Yaklaşımı. *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 3(2), s. 131-138.
- Wei, W. (2006). *Time series analysis*. Addison Wesley Publishing Company.
- Yaffee, A. R., & McGee, M. (2000). Introduction to BoxJenkins Time Series Analysis. A. R. Yaffee, & M. McGee içinde, *Time Series Analysis and Forecastings with Applications of SAS and SPSS* (s. 69-100). Academic Press.
- Yoon, S., Lin, H., Chen, G., Yi, S., Choi, J., & Ru, Z. (2013). Effect of occupational healthand safety management system on work-related accident rate and differencesof occupational health and safety management system awareness betweenmanagers in South Korea's construction industry. *Safety Health Work*(4), s. 201-209.