



Box-Jenkins ve Gri Tahmin Yöntemleri İle Türkiye’de Hava Yolu Ulaşım Talebinin Tahmini

Dr. Sultan KUZU¹

Dr. Bahadır Fatih YILDIRIM²

Öz

Günümüzde artan rekabet koşulları ve teknolojik gelişmeler hava yolu sektörünü de etkilemiş özellikle insanların zamanı etkin kullanma isteği bu sektörde artan bir trende neden olmuştur. Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (EUROSTAT), hava ulaşımına ilişkin 2012 yılı istatistiklerine göre Türkiye’de 130 milyon 352 bin yolcu havayolu ulaşımını tercih etmiş ve son bir yılda yolcu talebindeki artış yaklaşık 13 milyon olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de hava ulaşımı kullanan kişi sayısındaki artış, 28 AB ülkesindeki toplam artıştan 7 milyon 137 bin fazla olmuştur. Çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) tarafından yayınlanan Ulaştırma (havayolu) istatistiklerinden faydalanılarak ulaşım talebi tahmin etmek için uygun bir model belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Zaman Serisi Analizi tekniklerinden, Box Jenkins Yöntemi ve Gri Tahmin Yöntemleri ile modeller denenerek, her iki yöntem için de uygun modeller belirlenmiştir. Ayrıca mevcut dönem ve bir sonraki dönem tahminleri yapılmış, bulgular mukayese edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava Yolu Taşımacılığı, Talep Tahmini, Box Jenkins Yöntem, Gri Tahmin Yöntemi

Jel Kodu: C13, C63, C80

Air Transportation Demand Forecast in Turkey With Box-Jenkins and Grey Prediction Methods

Abstract

Nowadays, increasing competitive conditions and technological developments have also affected the airline industry, especially people request to use of time efficiently caused in an increasing trend in this sector. Statistical Office of the European Union (EUROSTAT), according to statistics from the year 2012 relating to air transport, In Turkey, 130 million 352 thousand passengers have opted to air transport and over the last year increasing in passenger demand amounted to approximately 13 million. Increase in the number of people who use air transport in Turkey, a total increase of 28 EU countries has been more than 7 million 137 thousand. In this study, Turkey Statistical Institute (TSI), published by Transportation (airline) benefiting from the statistics to estimate the demand for transport was to determine an appropriate model. For this purpose, the technique of Time Series Analysis, Box Jenkins Method and Grey Prediction Method by testing with models, models suitable for both methods was determined. It also estimates the current period and made a subsequent period, the findings were compared.

Keywords: Air Transportation, Demand Forecasting, Box Jenkins Method, Grey Prediction Method

Jel Codes: C13, C63, C80

Makale Geliş: 27/11/2017
Hakeme Gönderilme: 29/11/2017
Kabul: 18/12/2017

¹ İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, sultan.kuzu@istanbul.edu.tr

² İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi, bahadurf.yildirim@istanbul.edu.tr

1. Giriş

Ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmasının önemli unsurlarından biri olan sivil havacılık faaliyetleri, yaşanan savaşlar, ekonomik krizler vb. olumsuzluklara rağmen 1980'li yıllar sonrasında sürekli bir büyüme içine girmiş ve yıllık ortalama %4-%5 artışlar yaşanmıştır. Türkiye'de hava yolu taşımacılığı daha hızlı gelişmekte olup son 10 yılda yıllık %20'lere varan artışlar gerçekleşmiştir. Ülkemizde son on yıldır uygulanan politikalar sonucunda, havayolu şirketlerimizin uçak sayısı %233, koltuk kapasitesi %264, kargo kapasitesi %502 artmış, yurt içi ve dışı uçulan nokta sayısı 341'e ulaşmıştır. Uçak teknolojisi ile sağlanan daha hızlı, daha güvenli, daha konforlu ulaşımın yanı sıra bilet fiyatlarında gerçekleşen iyileştirmeler, hava yolu ulaşımının diğer ulaşım modları içindeki payını da artırmıştır. Ülkemizde havacılık sektöründe istihdam edilen personel sayısı 2003 yılında 65.000 iken bu rakam 2015 yılında 191.716'ya yükselmiştir. Ülkemiz havacılık sektörü cirosu ise 2003 yılında 2.2 Milyar \$ iken, ciro miktarı 2015 yılında 23,4 Milyar \$'a ulaşmıştır (SHGM, 2016). Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO) tarafından yayımlanmış 2015 yılı verilerine göre ülkemiz RPK-Ücretli Yolcu Kilometre istatistiğinde dünyada 10. sırada yer almış olup, 2035 yılında 8. Sıraya yükseleceği öngörülmüştür (SHGM, 2016).

Uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan çalışmalara göre hava taşımacılığında mevcut büyümenin 2030'lı yıllara kadar süreceği öngörülmektedir. Hava taşımacılığı sektöründe beklenen büyüme eğilimi, sektörde faaliyet gösteren firmalar ve politika belirleyiciler için talep tahminini önemli kılmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmada Türkiye için hava taşımacılığında talep tahmini için zaman serileri analizi yöntemlerinden olan Box Jenkins ve Gri tahmin yöntemleri ile gelecek döneme ait değerler elde edilmeye çalışılacaktır.

2. Literatür Araştırması

Literatürde Box Jenkins ve Gri Tahmin Yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar oldukça fazladır. Hsu ve Wen (1998), asya-pasifik bölgesinde bölge uçuş pazarında bulunan on ülke çifti arasındaki havayolu yolcu trafiği tahminlemesi için birinci dereceden tek değişkenli gri sistem modeli GM(1,1) geliştirdiler. ARIMA ve çoklu regresyondan daha iyi sonuç veren GM(1,1) modeline göre 2000 yılı için büyümenin %11 oranında olacağını tahmin etmişlerdir. Yao vd. (2003) elektrik enerjisi tahminlemesi konusunda yaptıkları çalışmada çok kısa dönemler için elektrik talebinin tahminlemesine yönelik gri tabanlı adaptif bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Sonuçta, yüksek enerji tüketen işletmelerde işlem maliyetlerini koruyan bir sonuç elde etmişlerdir. Hsu (2003) ise; gri tahminleme yöntemlerini geleneksel yöntemler ile karşılaştırdığı çalışmanın sonucunda, entegre devre sistemleri için talep tahminlemesinde, GST'nin kısa dönemlik tahminler için daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Akay ve Atak (2007), 1970-2004 dönemi verilerini kullanarak, gri tahmin yöntemi ile 2006-2015 dönemi toplam ve sanayi sektörü elektrik talebini tahmin etmiştir. Huang ve Jane (2009), hisse senedi tahminlemesi ve portföy seçimi için eksojen otoregresif hareketli ortalama (ARX), gri sistem ve kaba küme (RS) teorilerini kullanarak hibrit bir model geliştirmişlerdir. Sonuçta, seçilen hisse senetlerinde geri dönüş oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Zheng ve Liu (2009), yaptıkları çalışmada kaza tahmin modellerini incelemiş ve bu modelleri iki gruba ayırmışlardır. Bunları zaman serileri tahmin metotları (zaman serileri yöntemi, Markov zincir yöntemi, gri model ve sinirsel ağlar) ve nedensellik metotları (senaryo analizleri, regresyon metot ve Bayesiyen ağları) olarak sınıflandırmıştır. Askari ve Askari (2011) ise, gri zaman serisi modeli olarak altın fiyatlarının tahminlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Fourier serisi kullanarak yapılan geliştirme, ARIMA (Box-Jenkins) modeli ile performansları değerlendirmişlerdir. Sonuçta, geliştirilen gri yöntemin daha iyi olduğunu sayısal bir örnek ile göstermişlerdir. Atalay vd. (2012) 1977-2006 yılları arasında meydana gelen aylık trafik kaza verileri (şehir içi ve şehir dışı toplamı) kullanılarak Box Jenkins zaman serisi analiz yöntemi ile modelleme yapılmıştır. En uygun ARIMA modeli belirlenmiş, bu modelden elde edilen tahmin değerleri ve gerçek kaza değerleri kullanılarak regresyon eğrisi çizilmiş ve korelasyon katsayısı belirlenmiştir. Solak (2013), Türkiye'nin toplam petrol talebi ve ulaştırma sektörü petrol talebi 2012-2020 dönemi için Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) modeli ile tahmin edilmiştir.

Literatürde araştırmasının ikinci kısmında ise havayolu taşımacılığına ilişkin yapılan tahmin modelleri incelenmiştir. Lawrence vd. (2003) ise çalışmalarında no-show rate tahmini için yolcu bazlı tahmin modeli

geliştirmişlerdir. Dupuis vd. (2012), Air Canada firması için LAD (Logical Analysis of Data) yöntemi kullanarak overbook uçuşlar için önemli bir parametre olan show rate tahmin modeli geliştirmişlerdir. Scarpel (2013) yaptığı çalışmada São Paulo Uluslararası Havalimanı için aylık yolcu sayısı bazlı bir tahmin modeli geliştirmiştir. Gillen ve Hasheminia (2013), çalışmalarında Kanada havayolu pazarında yolcu gruplarının talep boyutlarını tahmin etmek üzere tahmin modeli oluşturmaya çalışmışlardır. Xie vd. (2014), kısa dönem yolcu talebini tahmin etmek için hibrit mevsimsel düzgünleştirme yöntemini ve en küçük kareler destek vektör regresyon modelini kullanmışlardır. Önder ve Kuzu (2014), yolcu, uçuş ve yük taşımacılığını ayrı ayrı değerlendirip, üstel düzgünleştirme yöntemleri ile 2023 yılına kadar tahmin yapmışlardır. Polat ve Şen (2015) Türkiye'deki 1970-2013 yılları arası havayolu ile taşınan yolcu sayılarına ait verileri temel zaman serileri analizleri ve Chow'un yapısal kırılma (Chow's Break Point) testini kullanılarak analiz etmiş, 2001 yılındaki kanun değişikliğinden sonra serinin trendinin arttığı bu durumda seride yapısal bir kırılmaya sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Pehlivanoglu, Atık (2016) klasik zaman serileri analizi ve genetik algoritma teknikleri ile 2007-2015 yılları arasını incelemiş, 2020 tahminlerinde uçak sayılarının %23, yolcu sayılarının %50 ve kargo taşımacılığının %34 artacağını ileri sürmüşlerdir.

3. Veri Seti ve Kullanılan Yöntemler

Çalışmada TÜİK tarafından yayımlanan ulaştırma istatistiklerinden havayolu istatistikleri kullanılmış, 2002-2012 dönemine ait yolcu sayılarında oluşan veri seti ile talep tahmin modelleri geliştirilmiştir.

3.1. Box-Jenkins Tahmin Yöntemleri

Box-Jenkins tahmin yöntemleri, tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahmininde kullanılan yöntemlerden biridir. Box and Jenkins (1976), zamana bağlı olayların rassal karakterde olaylar olduğu, bu olaylarla ilgili serilerin stokastik süreç olduğu varsayımına dayanarak bu yöntemi geliştirmişlerdir. Box-Jenkins tahmin yöntemlerinde rassal değişkenin zaman içinde ard arda aldığı değerler arasında mevcut olan iç bağımlılık en etkili bir şekilde dikkate alınır. Bu nedenlerden dolayı söz konusu modellere doğrusal stokastik modeller adı verilmektedir (Özmen, 1986).

Box-Jenkins tahmin yöntemleri,

- i. durağan doğrusal stokastik modeller
- ii. durağan olmayan doğrusal stokastik modeller
- iii. mevsimsel modeller

olmak üzere üç başlık altında incelenir. Ancak bu çalışmada, yıllık verilerin kullanılması nedeniyle mevsimlik modellere yer verilmemiştir.

3.1.1. Durağan Doğrusal Stokastik Modeller

Durağan doğrusal stokastik modeller, istatistiksel bir dengeyi ifade etmektedir. Özellikle, gözlem değerleri sabit bir ortalama etrafında değişim gösterdiğinde bu modeller kullanılmaktadır (Kayım, 1985). Bu modeller otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modelleri olarak adlandırılmaktadır.

i. Otoregresif Modeller (AR)

Otoregresif modeller, bir zaman serisinin herhangi bir dönemindeki gözlem değerini, aynı serinin geçmiş dönemlerine ait gözlem değerlerine ve hata terimine bağlı olarak açıklayan modellerdir. Otoregresif modeller içerdikleri geçmiş dönem gözlem değeri sayısına göre isimlendirilirler. AR(p) modelinin genel gösterimi;

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (1)$$

ii. Hareketli Ortalama Modeller (MA)

Hareketli ortalama modeller, bir zaman serisinin herhangi bir dönemindeki gözlem değerini, aynı dönemdeki hata terimi ve daha önceki belirli sayıda dönemin hatasına bağlı olarak açıklayan modellerdir. Hareketli ortalama modelleri içerdikleri geçmiş dönem hata terimi sayısına isimlendirilirler (Naylor et al., 1972). MA(q) modelinin genel gösterimi;

$$Y_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2)$$

iii. Otoresif Hareketli Ortalama Modeller (ARMA)

Otoresif hareketli ortalama modeller, AR ve MA modellerinin bir kombinasyonudur. Zaman modellenmesinde esneklik sağlamak ve hesaplanacak parametre sayısını en aza indirmek için geliştirilmiştir (Box and Jenkins, 1976). Otoresif hareketli ortalama modellerde bir zaman serisinin herhangi bir dönemine ait gözlem değeri, ondan önceki belirli sayıda gözlem değerlerinin ve hata teriminin doğrusal bileşimi olarak ifade edilmektedir. ARMA modeli p terimli AR ve q terimli MA modelinin bir kombinasyonu olarak alındığında; $p+q$ terim içerir ve ARMA (p, q) şeklinde yazılır. Model;

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (3) \text{ şeklinde yazılmaktadır.}$$

3.1.2. Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik Modeller

Ortalaması ve varyansı zaman içinde değişmeyen, kovaryansı yani ortak varyansı ise hesaplandığı döneme değil, sadece bu iki dönem arasındaki mesafeye bağlı olan serilere durağan zaman serileri adı verilmektedir. Durağan zaman serilerini daha iyi açıklamak için Y_t stokastik zaman serisi;

- $E(Y_t) = \mu$
- $var(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$
- $\gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$

özelliklerini taşımaktadır.

Zaman serisinin durağan olduğu durumlarda AR, MA veya ARMA modellerinden uygun olanları kullanılmaktadır. Ancak zaman serilerinin çoğu, zaman boyunca değişen belirli bir stokastik sürecin özelliklerini taşıması nedeniyle durağan değildir (Pindyck and Rubinfeld, 1998). Durağan olmayan serilerin analiz edilebilmesi için durağan hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Durağanlaştırma uygun dereceden farklarının alınması ile yapılabilmektedir. Durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülen serilere uygulanan modellere integre modeller veya “durağan olmayan doğrusal stokastik modeller” adı verilmektedir. Durağan olmayan doğrusal stokastik modeller, belirli sayıda (d sayıda) fark alınan serilere uygulanan AR ve MA modellerinin bir kombinasyonudur. Eğer otoresif parametresi olan $\phi(B)$ 'nin derecesi p , hareketli ortalama parametresi $\theta(B)$ 'nin derecesi de q ise ve d kez fark alma işlemi yapılmışsa, bu modele (p, d, q) dereceden otoresif integre hareketli ortalama modeli adı verilir ve ARIMA(p, d, q) şeklinde yazılır (Box and Jenkins, 1976).

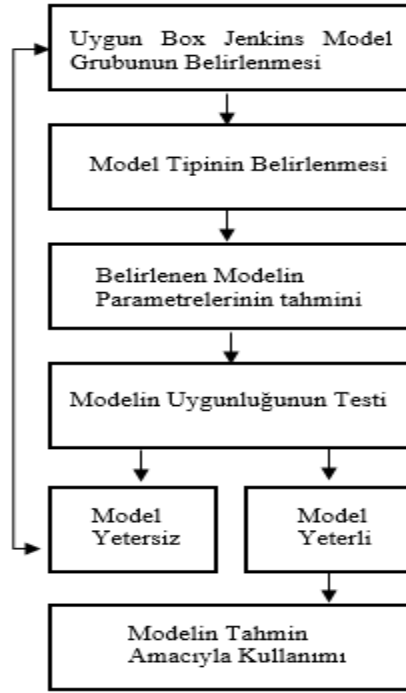
ARIMA(p, d, q) modelinin genel ifadesi;

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (4)$$

olarak verilmektedir. (W_t fark alınmış seri)

Fark alma derecesi $d=0$ olduğunda, yani seri orijinal değerler itibariyle durağan ise bu durumda, ARIMA(p, d, q) modeli AR, MA, ARMA modellerinden birine dönüşmektedir. Bu nedenle ARIMA(p, d, q) modeli esnek bir modeldir. Modelleme aşaması Şekil 1.'de şematize edilmiştir.

Şekil 1. Box-Jenkins yönteminde modelleme aşamaları (Madalla, 1992)



3.2. Gri Tahmin Yöntemi

Gri Teori, Prof. Ju Long Deng (1982;1989) tarafından küçük örneklem ve eksik bilgi içeren problemlerin çözümünde kullanılmak üzere yeni bir metodoloji olarak önerilmiştir (Liu vd., 2011: 1). Gri Teoride ana kavramlardan birisi, bilginin az olduğu durumlar veya tamamlanmamış durumlar altında kontrol edilebilen sistemler olmasıdır (Yamaguchi vd., 2007: 401). Bu nedenle Gri teori, belirsizliğin ve yarı karmaşıklığın sayısallaştırılmasında alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir (Baş, 2010: 63).

Geçtiğimiz son yirmi yıl içerisinde, eski teorilerdeki çalışmaların kullanımındaki azalma ve yeni bir teori geliştirme ihtiyacıyla gri sistem teorisinde kayda değer gelişmeler olmuştur. Gelişmeler gerek teorik gerekse pratik uygulama alanlarında sıkça kullanılmaya başlanmıştır (Tsai vd., 2005: 536). Gri sistem teorisinde yapılan çalışmalar ve gelişmelere göre teorisinin çalışma alanları gruplandığında Gri Tahmin (GT)'in ayrı bir başlık olarak ele alındığı görülmektedir (Wen, 2004:2).

GT yönteminde gerçek hayat problemlerinde temel özellik olarak anılan yetersiz ve eksik bilgi varsayımları altında modellemeler yapılmakta ve bu modellere göre kararlar alınmaktadır (Liu ve Lin, 2006). GT yöntemi birçok disiplinde geleceğe yönelik verilerin tahmini için kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Akay ve Atak, 2006: 1671; Song, 1992). GT yöntem sayesinde basit ve küçük bir hesaplama çabası ile gerekli olan tahmin modeli oluşturulması yöntemin avantajlarından (Akay ve Atak, 2006: 1671).

GT yöntemi, kümülatif üreten operatör (Accumulated Generating Operator - AGO), tersine kümülatif operatörü (Inverse Accumulating Generating Operator - IAGO) ve gri model (Grey Model - GM) olarak isimlendirilen üç temel operatöre sahiptir. Çalışma kapsamında birinci dereceden tek değişkenli gri model GM(1,1) modeli kullanılmıştır. GT yönteminde izlenen adımlar aşağıda özetlenmiştir (Liu ve Lin, 2006; 2011):

Adım 1. Veri setinin oluşturulması

n örnek sayısına sahip orijinal zaman serisi aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (5)$$

AGO operatörü kullanılarak $x^{(0)}$ serisi kümülatif toplamlardan oluşan ve monoton olarak artan,

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (6)$$

serisine dönüştürülür. AGO operatörü ile $x^{(1)}$ serisi,

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (7)$$

eşitliği ile elde edilir.

Adım 2. Katsayıların belirlenmesi

GM(1,1) modeli orijinal formda Eşitlik (8)'de gösterildiği gibi yazılır.

$$x^{(0)}(k) + a \cdot x^{(1)}(k) = b \quad (8)$$

Katsayıları belirlemek amacıyla $x^{(1)}$ serisindeki değerlerin yakın komşu ortalamalarından elde edilen $z^{(1)}$ serisi,

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)), \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

eşitliği kullanılarak oluşturulur. $z^{(1)}$ serisinin kullanıldığı GM(1,1) modeli temel formda yazılmış olur ve

$$x^{(0)}(k) + a \cdot z^{(1)}(k) = b, \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

şeklinde gösterilir. Eşitlik (10)'da yer alan k , zaman noktalarını; a , gelişme katsayısını; b ise sürücü katsayısını ifade etmektedir. En küçük kareler yöntemi kullanılarak $[a \ b]^T$,

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = [B^T B]^{-1} B^T Y \quad (11)$$

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix}$$

denklem sisteminin çözümü ile elde edilir.

Adım 3. GT denkleminin elde edilmesi

Belirlenen a ve b katsayılarına göre, Eşitlik (10)'da yer alan diferansiyel denklemin çözülmesi ile GT denklemi elde edilmektedir.

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (12)$$

Eşitlik (12)'de $x^{(1)}(0)$, $x^{(0)}(1)$ alınarak işlem yapılır. $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ üzerinde tersine kümülatif operatörü IAGO ile işlem yapılarak $\hat{x}^{(0)}(k)$, k zaman noktasındaki tahmin değerleri elde edilir. IAGO operatörü kullanılarak $\hat{x}^{(0)}(k)$ serisi,

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1) \quad (13)$$

ya da

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) \cdot e^{-ak} \cdot (1 - e^a) \quad (14)$$

eşitliği ile elde edilir. Eşitlik (14)'e göre $(k+H)$ zaman noktasındaki tahmin değeri (Kayacan vd, 2010: 1786),

$$\hat{x}^{(0)}(k+H) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) \cdot e^{-a(k+H-1)} \cdot (1 - e^a) \quad (15)$$

eşitliği ile bulunur.

4. Analiz Bulguları

Çalışmada bölüm 2'de bahsedildiği üzere TÜİK tarafından yayımlanan havayolu istatistikleri kullanılmış, 2002-2016 dönemine ait yolcu sayılarından oluşan zaman serisi ile Box Jenkins ve Gri Tahmin modelleri oluşturulmuştur. Literatürde tahminde kullanılacak model oluşturulurken birden fazla analiz yöntemi uygulanması durumunda yöntemlerin tahmin doğruluklarını saptamak ve hangi yöntemin model kurmaya daha uygun olduğunu belirlemek amacıyla Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) istatistiği kullanıldığı görülmektedir (Çuhadar vd., 2009). Bu çalışmada talep tahmini modeli oluşturmak için kullanılan Box-Jenkins ve Gri Tahmin modellerinin karşılaştırılması için MAPE istatistik değerlerinden yararlanılmıştır. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) istatistiği,

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t}}{n} \cdot 100 \quad (16)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır. Burada $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ olmak üzere,

Y_t : t dönemindeki gözlem değerini,

\hat{Y}_t : t dönemi için hesaplanan tahmin değerini,

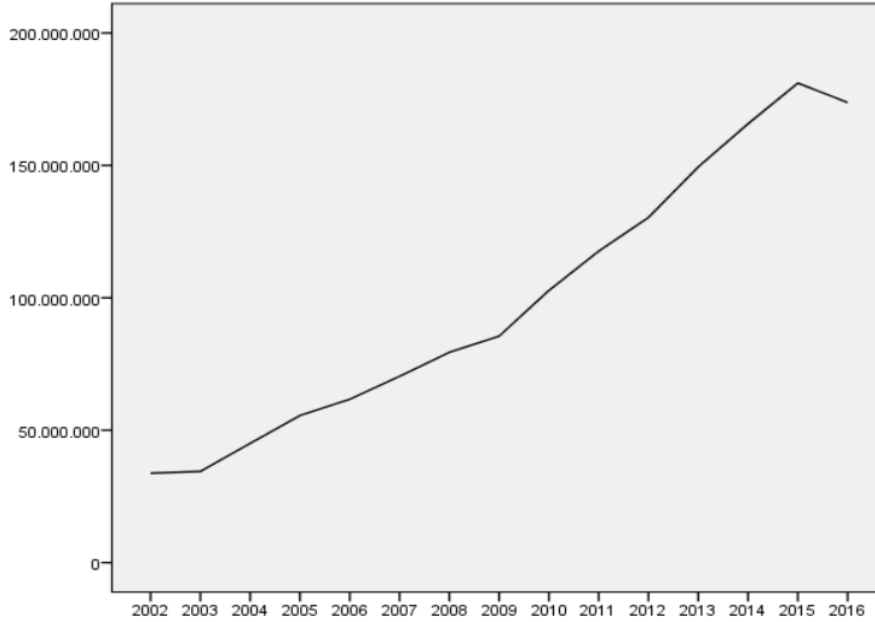
n : Tahmin yapılan dönem sayısını,

e_t : t dönemindeki tahmin hatasını göstermektedir.

MAPE istatistik değerine göre modellerin değerlendirilmesinde; Witt and Witt (1992), MAPE istatistiki %10'un altında olan tahmin modellerini yüksek doğruluk derecesine sahip, %10–20 arasında olan modelleri ise doğru tahmin modelleri olarak sınıflandırmışlardır. Lewis (1982) ise MAPE istatistiki %10'un altında olan modelleri çok iyi, %10–20 arasında olan modelleri iyi, %20–50 arasında olan modelleri kabul edilebilir ve %50'nin üzerinde olan modelleri ise yanlış ve hatalı olarak sınıflandırmıştır.

4.1. Box-Jenkins Modelleri

Çalışmada 2002-2016 yılları arasındaki hava yollarını kullanan yolcu sayıları kullanılmıştır. Bu amaçla yıllık veri setine Box-Jenkins modelleri uygulanmış ve bunlar arasındaki en uygun model seçilerek ileriye yönelik tahminler yapılmıştır. 2002-2016 yılları arasındaki yolcu sayısının genel eğilimi Grafik 1.'de görülmektedir.

Grafik 1. 2002-2016 Yolcu Sayısı

Yolcu sayısı değişkenine ait düzeydeki otokorelasyon grafikleri incelendiğinde, serinin düzeyde durağan olmadığı gözlenmiştir. İlk farkı alınmış serinin otokorelasyon grafiği incelendiğinde ise, anlamlı otokorelasyona rastlanmamış bu nedenle serinin ilk farkı alındığında durağanlaştığına karar verilmiştir. Tablo 1.'de ilk farkı alınmış serinin otokorelasyon katsayıları verilmiştir.

Tablo 1. Farkı alınmış serinin otokorelasyon değerleri

Otokorelasyonlar						
Seri: yolcu_sayisi						
Gecikme	Otokorelasyon Katsayıları	Std. Hatalar	Box-Ljung İst.			
			Değer	Serbestlik	Sig.	
1	0.069	0.241	0.081	1	0.775	
2	-0.006	0.231	0.082	2	0.960	
3	-0.032	0.222	0.103	3	0.991	
4	-0.059	0.211	0.181	4	0.996	
5	-0.137	0.200	0.649	5	0.986	
6	-0.202	0.189	1.788	6	0.938	
7	-0.067	0.177	1.931	7	0.964	
8	-0.083	0.164	2.187	8	0.975	
9	-0.022	0.149	2.208	9	0.988	
10	-0.017	0.134	2.225	10	0.994	
11	-0.098	0.116	2.943	11	0.991	
12	-0.092	0.094	3.899	12	0.985	

İlk farkı alınmış seri için uygun ARIMA modelleri denenmiştir. Buna göre en uygun model ARIMA (1,1,0) olarak bulunmuştur.

ARIMA (1,1,0) Modeli;

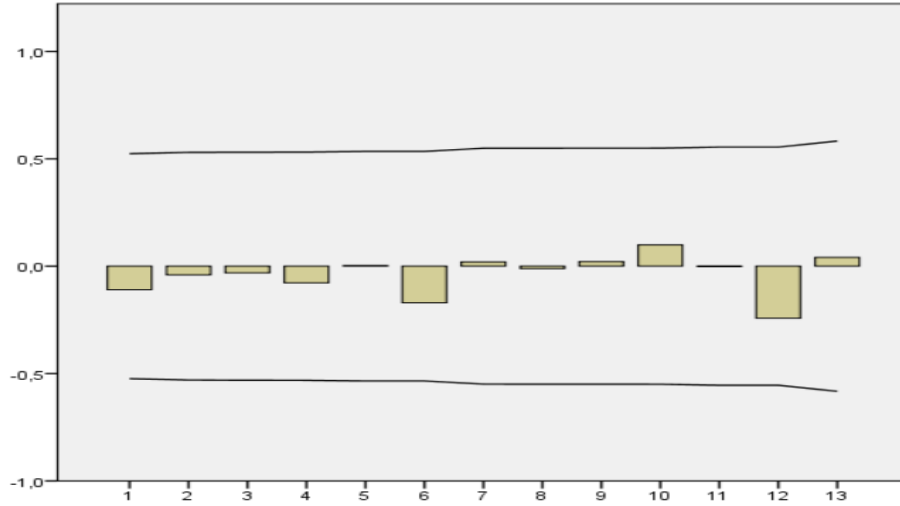
$$Z_t = (1 + \phi_1)Z_{t-1} + \phi_1 Z_{t-2} + e_t \quad (17)$$

ϕ_1 parametresinin tahmini yapılan analiz sonucunda 0,757 olarak bulunmuştur. Bu durumda model (6) nolu denklem şekline dönüşmektedir.

$$Z_t = 1,757 Z_{t-1} + 0,757 Z_{t-2} + e_t \quad (18)$$

Grafik 2'deki modelden elde edilen hataların otokorelasyonları incelendiğinde, hatalarda anlamlı bir otokorelasyona rastlanmamıştır.

Grafik 2. Hataların Otokorelasyon Grafiği



ARIMA (1,1,0) Modeli ile gözlenen, tahmini değerler ve tahmin hatası değerleri Tablo 2. de gösterilmiştir.

Tablo 2. ARIMA (1,1,0) Modeli ile Gözlenen, Tahmini Değerler ve Tahmin Hatası

Yıllar	Yolcu Sayısı	Tahmini Yolcu Sayısı	Tahmin Hatası
2002	33.755.452		
2003	34.424.340	33.755.452	668.888
2004	45.034.589	34.930.467	10.104.121
2005	55.545.473	53.063.046	2.482.426
2006	61.684.203	63.498.744	-1.814.541
2007	70.352.867	66.329.196	4.023.670
2008	79.438.289	76.912.185	2.526.103
2009	85.508.508	86.312.955	-804.447
2010	102.800.392	90.101.661	12.698.730
2011	117.620.469	115.884.643	1.735.825
2012	130.351.620	128.834.377	1.517.242
2013	149.430.421	139.984.900	9.445.520
2014	165.720.234	163.866.778	1.853.455
2015	181.074.531	178.046.247	3.028.283
2016	173.743.537	192.692.667	-18.949.130

Kurulan ARIMA (1,1,0) modeli ile 2017 yılı için tahmin yapılmak istenirse Eşitlik (6) kullanılır. Uygun geçmiş dönem değerleri kullanılarak 2017 için beklenen yolcu sayısının 168.196.393 olacağı tahmin edilmektedir.

4.2. Gri Tahmin Modeli

2002-2016 yılları arasındaki hava yollarını kullanan yolcu sayılarından oluşturulan $x^{(0)}$ serisine AGO operörü uygulanarak $x^{(1)}$ serisi elde edilmiştir. Gri tahmin modeli GM (1,1) temel formda yazıldıktan sonra elde edilen

denklem sistemi en küçük kareler yöntemi kullanılarak $[a \ b]^T$ elde edilmiştir. Belirlenen a ve b katsayılarına göre Eşitlik (10)'da yer alan diferansiyel denklemin çözülmesi ile GT denklemi,

$$389.597.343,20 \cdot e^{0,112172k} - 355.841.891,20 \quad (19)$$

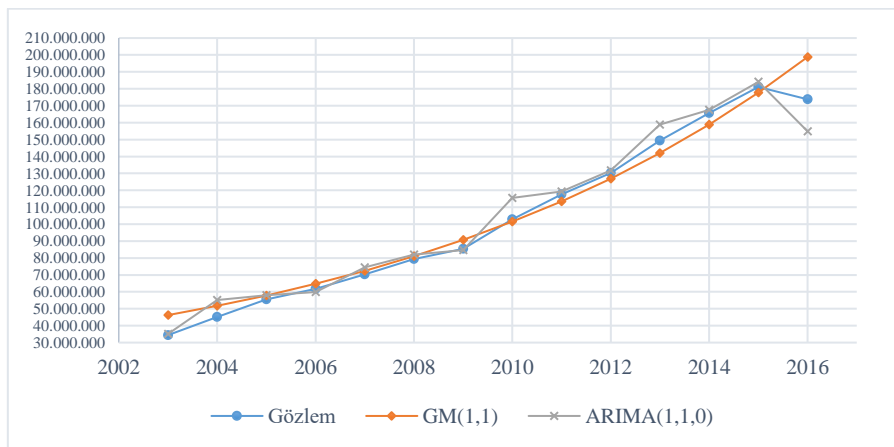
olarak elde edilmiştir. Elde edilen GM(1,1) modeli üzerinde IAGO operatörü kullanılarak $\hat{x}^{(0)}(k)$ serisi oluşturulmuştur. GM (1,1) Modeli ile gözlenen, tahmini değerler ve tahmin hatası değerleri Tablo 3. te gösterilmiştir.

Tablo 3. GM (1,1) Modeli ile Gözlenen, Tahmini Değerler ve Tahmin Hatası

Yıllar	Yolcu Sayısı	Tahmini Yolcu Sayısı	Tahmin Hatası
2002	33.755.452		
2003	34.424.340	46.247.442	11.823.102
2004	45.034.589	51.737.279	6.702.690
2005	55.545.473	57.878.791	2.333.318
2006	61.684.203	64.749.335	3.065.132
2007	70.352.867	72.435.453	2.082.586
2008	79.438.289	81.033.958	1.595.669
2009	85.508.508	90.653.154	5.144.646
2010	102.800.392	101.414.203	-1.386.189
2011	117.620.469	113.452.652	-4.167.817
2012	130.351.620	126.920.133	-3.431.487
2013	149.430.421	141.986.281	-7.444.140
2014	165.720.234	158.840.868	-6.879.366
2015	181.074.531	177.696.191	-3.378.340
2016	173.743.537	198.789.750	25.046.213

Kurulan GM (1,1) modeli ile 2017 yılı için Eşitlik (15) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu beklenen yolcu sayısının 222.387.234 olacağı tahmin edilmiştir. ARIMA (1,1,0) ve GM (1,1) modellerinden elde edilen bulgular ve gözlenen değerler Grafik 3.'te gösterilmiştir.

Grafik 3. ARIMA (1,1,0) ve GM (1,1) modellerinden elde edilen bulgular ve gözlenen değerler



ARIMA (1,1,0) ve GM (1,1) modellerinden elde edilen bulgular doğrultusunda modelleri karşılaştırma için MAPE istatistik değerleri hesaplanmıştır. Modellere ait tahmin hatası değerleri, mutlak tahmin hatası ve ortalama mutlak tahmin hatası MAPE istatistikleri Tablo 4. de gösterilmiştir.

Tablo 4. ARIMA (1,1,0) ve GM (1,1) modellerine ait MAPE istatistikleri

Yıl	Yolcu Sayısı	ARIMA (1,1,0)		GM (1,1)	
		Tahmin Hatası	Mutlak Yüzde Hata	Tahmin Hatası	Mutlak Yüzde Hata
2002	33.755.452	-	-	-	-
2003	34.424.340	668.888	1,94%	11.823.102	34,35%
2004	45.034.589	10.104.121	22,44%	6.702.690	14,88%
2005	55.545.473	2.482.426	4,47%	2.333.318	4,20%
2006	61.684.203	-1.814.541	2,94%	3.065.132	4,97%
2007	70.352.867	4.023.671	5,72%	2.082.586	2,96%
2008	79.438.289	2.526.103	3,18%	1.595.669	2,01%
2009	85.508.508	-804.448	0,94%	5.144.646	6,02%
2010	102.800.392	12.698.731	12,35%	-1.386.189	1,35%
2011	117.620.469	1.735.826	1,48%	-4.167.817	3,54%
2012	130.351.620	1.517.242	1,16%	-3.431.487	2,63%
2013	149.430.421	9.445.520	6,32%	-7.444.140	4,98%
2014	165.720.234	1.853.455	1,12%	-6.879.366	4,15%
2015	181.074.531	3.028.283	1,67%	-3.378.340	1,87%
2016	173.743.537	-18.949.131	10,91%	25.046.213	14,42%
		MAPE _{ARIMA(1,1,0)}	5,47%	MAPE _{GM(1,1)}	7,31%

Tablo 4’de gösterilen MAPE istatistikleri değerlendirildiğinde tahmin değerlerinin “yüksek doğruluk derecesine” sahip (Witt ve Witt, 1992) oldukları görülmektedir. Lewis (1982)’nin çalışmasında kullandığı MAPE istatistik sınıflandırmasına göre ise tahmin modelleri “çok iyi” sınıfında yer almıştır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada 2002-2016 yılları arasında hava yolu taşımacılığını kullanan yolcu sayıları Box Jenkins ve Gri tahmin yöntemleri ile analiz edilerek bu veriler ışığında mevcut ve gelecek dönem tahmini yapılmıştır. Bu tahminler aynı yıllarda gözlenen değerler ile karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar ve hata oranları doğrultusunda, kurulan modellerin sağlıklı tahminlerde bulunduğunu göstermiştir.

Box-Jenkins ve Gri tahmin modellerinin karşılaştırılmasında MAPE istatistik değerlerinden yararlanılmıştır. Bu değerlere göre Box Jenkins yönteminin %5,47, Gri tahmin yönteminin ise %7,31 hata ile tahminde bulunduğu saptanmıştır. 2015 yılına kadar artan bir trende sahip yolcu sayısı serisinde 2016 yılında yaşanan düşüşün kurulan modellerde hata oranını yükselttiği gözlenmektedir. Box Jenkins yöntemi ile kurulan ARIMA(1,1,0) modeli, yolcu sayısında 2016 yılında gerçekleşen düşüşe aynı yönlü tepki vermiş olmasına rağmen yaklaşık %11 oranında bir hata ile tahminde bulunmuştur. Diğer yandan GM(1,1) modelinin yaşanan düşüşe tepki vermediği ve artan trendi devam ettirecek bir tahmin değeri ürettiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, Box Jenkins tahmin yönteminin bu veri seti için daha iyi tahmin değerleri ürettiğini göstermektedir. Modellerden üretilen 2017 tahminlerini kıyaslamak üzere yayımlanmış resmi bir istatistik bulunmamasıyla birlikte DHMİ tarafından yayımlanan güncel Ekim 2017 sonu yolcu taşıma istatistikleri (164.519.351 yolcu) 2016/2017 artış oranını yaklaşık %10 olarak raporlamaktadır. 2017 yılı sonuna kadar yaklaşık olarak bu oran korunduğu durumda her iki modelin yaklaşık mutlak hata oranlarını üreteceği ancak hataların ters yönlü olacağı ifade edilebilir. Bu durumda, 2017 yılı sonunda ARIMA(1,1,0) modeli tahmini gerçekleştirecek değerin altında, GM(1,1) modeli üzerinde olabilecektir.

Literatürde Box Jenkins yönteminin uzun dönemli serilerin tahmininde daha etkin olduğu, Gri Tahmin yönteminin ise kısa dönemli verilerin tahmininde daha etkin olduğu konusunda yaygın bir görüş vardır. Bu çalışmada da veri setinde 3-4 yıllık kısaltmalara gidilmiş bu durumlarda Gri tahminin daha başarılı (hatası

küçük) olduğu tespit edilmiştir. Ancak 15 yıllık bir dönemde yapılan analizler Box Jenkins'in daha güçlü olduğunu göstermiştir.

Zaman serileri analizlerinde buradaki 2 tahmin yönteminden başka tekniklerde bulunmaktadır. Tek bir değişken için Üstel Düzgünleştirme Teknikleri ile geleceğe ait tahminler yapılabilmesi ile birlikte ilgili olduğu düşünülen başka değişkenlerin etkisinde modellenerek tahmin ve politikalar belirlenebilir.

2002-2016 dönemi verilerinin kullanılması ile elde edilen her iki model de hesaplanan MAPE istatistikleri gözönüne alındığında gerek sektörde yer alan firmalar, gerek sektör üzerine politika geliştiren kurumların faydalanabileceği bir tahmin modeli olarak izleyen dönemler için güncellenerek kullanılabilir. Aylık veya çeyreklik verilerin elde edilmesi halinde mevsim etkisinin talep üzerine etkisini gözönünde bulunduran modeller kurulabilir. Çünkü ulaşım faaliyetlerinin bir kısmını turizm oluşturmakta, bu turistik faaliyetlerinde mevsimden etkilendiği bilinmektedir. Türkiye'de son yıllarda hızla artan havayolu ulaşım talebi ve ülkenin havayolu trafiğinde hub olarak konumlandırıldığı göz önünde bulundurulursa izleyen çalışmalarda yolcu taşıma istatistiklerinin iç hat ve dış hat olarak ayrı başlıklarda ele alınarak ayrı ayrı modeller kurulması önerilebilir. Ayrıca havayolu kargo taşımacılığı istatistiklerinin kullanıldığı modellerin incelendiği çalışmalar, politika geliştiriciler için faydalı olacaktır.

Kaynakça

- Akay, D., Atak, M., “Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey”, *Energy*, 32 1670-1675, 2007.
- Askari, Mehdi ve Hadi Askari (2011), “Time Series Grey System Prediction-based Models: Gold Price Forecasting”, *Trends in Applied Sciences Research*, 6 (11), 1287-1292.
- Baş, M., (2010), “İşletmelerde Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Gri İlişkisel Analiz Tekniği, Tekstil ve Deri Sektöründe Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Box, G.E.P. and Jenkins, G.M., 1976, *Time Series Analysis Forecasting and Control*, Revised Edition, Holden Day Inc., California, 170p.
- Christine Dupuis, Michel Gamache, Jean-François Pagé, Logical analysis of data for estimating passenger show rates at Air Canada, *Journal of Air Transport Management*, Volume 18, Issue 1, January 2012, Pages 78-81, ISSN 0969-6997, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2011.10.004>.
- Çuhadar, M., Güngör, İ. ve Göksu, A., 2009, Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini ve Zaman Serisi Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14 (1): 99-114.
- David Gillen, Hamed Hashemina, Estimating the demand responses for different sizes of air passenger groups, *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 49, March 2013, Pages 24-38, ISSN 0191-2615, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2012.11.004>.
- Deng, Ju-Long, (1982), “Control Problem of Grey System”, *System and Control Letters*, Vol. 5, pp. 288-294.
- Deng, Ju-Long, (1989), “Introduction to Grey System Theory”, *The Journal of Grey System*, Vol. 1, pp. 1-24.
- Gang Xie, Shouyang Wang, Kin Keung Lai, Short-term forecasting of air passenger by using hybrid seasonal decomposition and least squares support vector regression approaches, *Journal of Air Transport Management*, Volume 37, May 2014, Pages 20-26, ISSN 0969-6997, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2014.01.009>.
- HSU, Chaug-Ing ve Yuh-Horng Wen (1998), “Improved Grey Prediction Models for the Trans-Pacific Air Passenger Market” *Transportation Planning and Technology*, 22, 87-107.
- HSU, Li-Chang (2003), “Applying the Grey Prediction Model to the Global Integrated Circuit Industry”, *Technological Forecasting & Social Change*, 70(6), 563–574.
- Kayacan, E., Ulutas, B., Kaynak O., “Grey system theory-based models in time series prediction Expert Systems with Applications”, 37 (2) (2010), pp. 1784–1789.
- Kayım, H., 1985, *İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri*, Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları No:11, Ankara, 160s.
- Lewis, C.D., 1982, *Industrial and Business Forecasting Methods*, Butterworths Publishing: London, 40p.
- Liu, S., Jeffrey F., Yingjie Y., (2011), "A Brief Introduction to Grey Systems Theory" *Grey Systems and Intelligent Services (GSIS)*, 2011 IEEE International Conference, 15-18 September 2011, pp. 1-9. doi: 10.1109/GSIS.2011.6044018
- Liu, S., Lin, Y., (2006), “Grey information: theory and practical applications”, Londra, Springer.
- Liu, S., Lin, Y., (2011), “Grey Systems Theory and Applications”, Berlin, Springer. <http://rave.ohiolink.edu/ebooks/ebc/9783642161582>.
- Madalla, G.S., 1992, *Introduction to Econometrics*, Macmillan Publishing Company, Second Edition, New York, 631p.

- Naylor, T.H., Seaks, T.H. and Wichern, D.W., 1972, Box Jenkins Methods: An Alternative to Econometrics Models, *International Statistical Review*, 40 (2): 123-137.
- Önder, Emrah & Kuzu, Sultan, Forecasting Air Traffic Volumes Using Smoothing Techniques, January 16, 2014, *Journal Of Aeronautics And Space Technologies*, January 2014, Vol.7, No. 1, pp.65-85.
- Özmen, A., 1986, Zaman Serisi Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 156s.
- Pehlivanoglu, Volkan & Atık, İlhan, Time Series Forecasting Via Genetic Algorithm for Turkish Air Transport Market, *Journal Of Aeronautics And Space Technologies*, July 2016, Vol. 9 No. 2 pp.23-33.
- Pindyck, R.S. and Rubinfeld, D.L., 1998, *Econometric Models and Economic Forecasts*, Irwin/ McGraw-Hill International Edit, Singapore, 603p.
- Richard D. Lawrence , Se June Hong , Jacques Cherrier, Passenger-based predictive modeling of airline no-show rates, *Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, August 24-27, 2003, Washington, D.C. [doi>10.1145/956750.956796]
- Rodrigo Arnaldo Scarpel, Forecasting air passengers at São Paulo International Airport using a mixture of local experts model, *Journal of Air Transport Management*, Volume 26, January 2013, Pages 35-39, ISSN 0969-6997, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.10.001>.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), (2016), “Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- Solak, A.O. (2013), “Türkiye'nin Toplam Petrol Talebi ve Ulaştırma Sektörü Petrol Talebinin Arıma Modeli ile Tahmin Edilmesi” *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, s.131-142.
- Song, S., “The application of grey system theory to earthquake prediction in Jiangsu area” *Journal of Grey Systems* 4(4) 359–367, 1992.
- Şen, Hülya & Polat, Hakkı, Havayolu Taşımacılığı Kanunlarındaki Değişikliğin Türkiye’deki Havayolu Yolcu Taşımacılığı Üzerine Etkilerinin Araştırılması, *Alphanumeric Journal*, 2015, Vol. 3, No.1, pp.89-98.
- Tsai, C. H., Chang, C.L. and Chen, L. (2003), “Applying Grey Relational Analysis to the Vendor Evaluation Model”, *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, Vol. 11, No. 3, pp. 45-53.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Ulaştırma İstatistikleri / Havayolu İstatistikleri, Çevrimiçi, http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=376, 10.04.2017.
- Wen, K. L., (2004), *Grey Systems: Modeling and Prediction*, Yang’s Scientific Research Institute, Yang’s Scientific Press, Vol. 4, October.
- Witt, S.F. and Witt, C., 1992, *Modeling and Forecasting Demand in Tourism*, Academic Press: London, 137p.
- Yamaguchi, D., Li, G. D. and Nagai, M., (2007), “A Grey-Rough Set Approach For Interval Data Reduction of Attributes”, *Rough Sets and Intelligent Systems Paradigms*, Berlin, Springer Berlin Heidelberg.
- YAO, Albert W. L.; Chi, S. C. Ve Chen, J. H. (2003), “An improved Grey-based approach for electricity demand forecasting”, *Electric Power Systems Research*, 67, 217-224.
- Zheng X., Liu M. 2009. An overview of accident forecasting methodologies, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, (22), 484–491.