



ARIMA ve Gri Sistem Modelleri ile Enflasyon Tahmini

Arzu TAY BAYRAMOĞLU

Yrd. Doç. Dr. , Bülent Ecevit Üniversitesi, İİBF İktisat Bölümü
Asst.Prof. ,Bulent Ecevit Univ. Economics and Administrative Sciences
arzutb@beun.edu.tr

Zafer ÖZTÜRK

Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, İİBF İktisat Bölümü
Asst.Prof. ,Bulent Ecevit Univ. Economics and Administrative Sciences
zaferozturk@beun.edu.tr

Öz

Bu çalışmada iktisadi karar birimlerinin önemsedığı ekonomik değişkenlerden biri olan enflasyon oranı ARIMA ve Gri sistem modelleri kullanılarak Türkiye için tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan zaman serileri TÜFE için 2003:1-2016:12 dönemini ÜFE için ise 2006:1-2016:12 dönemini kapsamaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre Tüketici Fiyat Endeksi, ARIMA modeli ile % 0.5 ortalama mutlak yüzde hata ile tahmin edilirken Gri Sistem Modeli ile % 0.8 hata ile tahmin edilmiştir. Üretici Fiyat Endeksinin tahmininde ise ARIMA modeli %1.8 hata ile tahmin yaparken Gri Sistem Modeli %1.1 hata ile tahmin yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Tüketici Fiyat Endeksi'nin tahmininde ARIMA modeli Üretici Fiyat Endeksi'nin tahmininde ise Gri Sistem Modeli daha başarılıdır. Ayrıca hem ARIMA hem de Gri Sistem Modeli tahminleri Tüketici Fiyat Endeksinin, Üretici Fiyat Endeksinin göre daha iyi tahmin etmiştir.

Anahtar Kelimeler: ARIMA, Gri Sistem Modeli, Enflasyon Tahmini, Enflasyon Hedeflemesi, Tüketici Fiyat Endeksi, Üretici Fiyat Endeksi

Inflation Forecasting using ARIMA and Grey System Models

Abstract

In this study, the inflation rate which is one of the economic variables that economic units notice is forecasted using ARIMA and Grey System Models in Turkey. The time series used in the study include 2003: 1-2016: 12 for TUFEE and 2006: 1-2016: 12 for UFE. The findings suggest that the ARIMA model estimated the Consumer Price Index (CPI) with an error of 0.5%, while the Grey System Model forecasted with an error of 0.8%. In the prediction of Producer Price Index (PPI), the ARIMA model forecasted with an error of 1.8%, while the Grey System Model forecasted with an error of 1.1%. According to the results obtained, the Grey System Model is more successful in estimating the PPI, and the ARIMA model is more successful for the CPI. Also, both ARIMA and Grey System Model estimates have predicted the CPI better compared to the PPI.

Keywords: ARIMA, Grey System Models, Inflation Forecast, Inflation Targeting, Consumer Price Index, Producer Price Index

1. Giriş

Enflasyon oranları tüm ekonomik aktörler için en önemli makroekonomik göstergelerden biridir. Bu nedenle ekonomide karar alma süreçlerinde yer alan aktörler enflasyon oranını yakından takip edip tahmin etmeye çalışırlar. İktisadi kararlar bugünkü ve gelecekteki beklenen gelişmelere bağlı olduğundan enflasyonu doğru olarak tahmin etmek alınacak kararlar için büyük önem arz etmektedir.

Enflasyon beklentileri merkez bankalarının para politikalarını, hükümetlerin maliye politikalarını etkilemekte, onların aldığı kararlar da tüm ekonomi üzerinde etkisini göstermektedir. Ayrıca enflasyon beklentileri ekonomideki sözleşmelerden, yatırım ve finansman kararlarına kadar iş dünyasının birçok kararını etkilemektedir. Gelecekteki enflasyonun doğru tahmin edilmesi tüketicilerin, firmaların ve hükümetlerin alacakları kararları daha isabetli hale getirmekte ve başarı şansını artırmaktadır. Bunun sonucunda da ekonomide etkinlik ve verimlilik artmaktadır (Chen vd., 2015, 301).

Enflasyon belirsizliği, ekonomide önemli maliyetler ortaya çıkarmaktadır. Ortaya çıkan bu maliyetlerden özellikle reel ekonomi olumsuz yönde etkilenmektedir. Enflasyonun, ekonomide alınan kararlar üzerinde ciddi etkilerinin bulunması nedeniyle politika yapıcılar enflasyon tahminleri yapmaya ve bu tahminlerde tutarlı olmaya çalışmaktadırlar. Ancak çok sayıda değişken tarafından etkilenen enflasyonu hatasız bir şekilde tahmin etmek kolay olmamaktadır. Mal ve hizmet piyasaları, finansal piyasalar ve işgücü piyasalarında yaşanan gelişmeler, merkez bankaları ve hükümetlerin uyguladıkları politikalar, hatta beklentiler enflasyon üzerinde etkiye sahiptir.

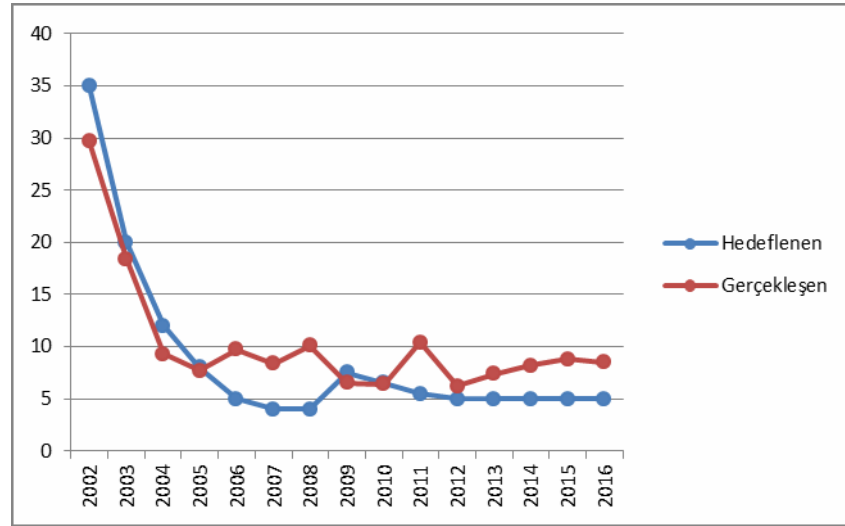
Enflasyonla mücadelede en sık başvurulan yöntemlerden biri enflasyon hedeflemesi rejimidir. İlk olarak 1990 yılında Yeni Zelanda Merkez Bankası tarafından uygulanan enflasyon hedeflemesi rejimi, ardından birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke tarafından uygulanmaya başlanmıştır. Enflasyon hedeflemesi rejimi, hedeflenen enflasyon rakamlarının açıkça ilan edilmesi ve bu hedeflere belirtilen süre içerisinde ulaşılması stratejisinden oluşmaktadır. Eğer ilan edilen hedeflere ulaşılamazsa merkez bankası, hükümete ve kamuoyuna hesap vermektedir (Kara ve Orak, 2008, 7). Bir ara hedef belirlemeden doğrudan nihai hedefe odaklanan enflasyon hedeflemesi rejimi diğer yöntemlerden farklı olarak, para politikası araçlarını geçmiş ya da cari enflasyon yerine gelecekteki enflasyona dayandırmakta ve gelecekteki enflasyonla ilgili rastlantısal tahmin yapmamaktadır. Bu nedenle enflasyon hedefinin çok iyi tasarlanması gerekmektedir (Uğurlu ve Saraçoğlu, 2010, 60). İyi tasarlanmış bir enflasyon hedefi; enflasyon beklentilerini yönetebilmeli, merkez bankasının hesap verebilirliği için bir referans olmalı ve merkez bankasının hedefleri ile uyumlu olmalıdır (Heenan vd., 2006, 17).



Türkiye ekonomisinde 1970'li yıllardan 2000'li yılların başına kadar yüksek oranlı enflasyon yaşanmıştır. Enflasyon oranları özellikle kriz dönemlerinde üç haneli rakamlara ulaşmıştır. Dolayısıyla Türkiye'nin enflasyonla mücadelesi 1970'lerin başlarına kadar gitmektedir. 1970-2000 yılları arasında yaşanan dışsal şoklar, mali disiplinsizlikler, siyasal ve ekonomik istikrarsızlıklar gibi nedenlerle enflasyonla mücadele sürekli başarısız olmuştur. 2000 yılında enflasyonla mücadele programı hazırlanmış ancak program çok ağır bir krizle sonlanmıştır.

Türkiye'de 2000-2001 krizinden sonra enflasyon hedeflemesi rejimi uygulanmaya başlamıştır. 2006 yılına kadar örtük enflasyon hedeflemesi uygulanmış, 2006 yılından itibaren açık enflasyon hedeflemesi rejimine geçilmiştir. Şekil 1'de Türkiye'de 2002-2016 yılları arasında hedeflenen ve gerçekleşen enflasyon oranları gösterilmiştir.

Şekil 1: Türkiye'de hedeflenen ve gerçekleşen enflasyon oranları (2002-2016)



Kaynak: <http://www.tcmb.gov.tr>

Şekil 1'de örtük enflasyon hedeflemesinin uygulandığı 2002-2006 döneminde gerçekleşen enflasyon oranlarının hedeflenenin altında kaldığı açıkça görülmektedir. 2006 yılından itibaren uygulanan açık enflasyon hedeflemesi rejiminde ise 2009 ve 2010 yılları hariç olmak üzere gerçekleşen enflasyon oranı hedeflenen enflasyon oranının üzerinde seyretmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'de enflasyon hedeflemesi rejiminin uygulandığı döneme ilişkin zaman serileri kullanılarak ARIMA ve Gri Sistem Modelleri ile enflasyon oranları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada yaygın literatürden farklı olarak TÜFE'nin yanı sıra ÜFE de tahmin edilmektedir. Ayrıca enflasyon tahmininde diğer çalışmalardan farklı olarak ARIMA modelinin yanı sıra Gri Sistem Modeli de kullanılmaktadır. Bu yönleriyle çalışmanın enflasyon hedeflemesi literatürüne katkı yapması beklenmektedir. Bu doğrultuda izleyen ikinci bölümde enflasyon tahmini



literatürü kısaca özetlenmiş, üçüncü bölümde ekonometrik yöntem tanıtılmış ve analiz sonuçları sunulmuştur. Son olarak da dördüncü bölümde ampirik sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. Literatür Özeti

Literatürde enflasyon tahmini konusunda farklı ekonometrik yöntemlerle yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Enflasyon tahmin yöntemleri arasında GARCH modelleri, Philips eğrisi modelleri, VAR modelleri ve ARIMA modelleri öne çıkmaktadır.

Alnaa ve Ahiakpor (2011), 2000-2010 dönemini kapsayan çalışmalarında Gana için, Meçik ve Karabacak (2011) ise Türkiye için sadece ARIMA modellerini kullanarak yaptıkları enflasyon tahminlerinde başarılı sonuçlara ulaşmışlardır. Tek bir model yerine birden fazla modelin performansının karşılaştırıldığı çalışmalardan Bokhari ve Feridun (2006) Pakistan için VAR ve ARIMA modellerini karşılaştırmışlar ve ARIMA modelinin tahmin gücünün daha iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Önder (2004), Phillips Eğrisi, ARIMA, VAR ve VECM modellerinin enflasyon tahmin başarısını karşılaştırdığı çalışmasında, Phillips eğrisi modelinin diğer modellere göre daha başarılı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Domaç (2004), Türkiye için enflasyon öngörüsü yaptığı çalışmada Mark-Up Modelleri, Parasal Açık Modelleri, Phillips Eğrisi Modeli ve ARIMA Modeli arasında en iyi sonucu Phillips Eğrisi Modelinin verdiğini göstermiştir. Uğurlu ve Saraçoğlu (2010), Türkiye’de enflasyon öngörüsü için naive model, üssel düzeltme modeli ve ARIMA modelini kullanmış ve sonuç olarak en az sapma veren yöntemin ARIMA modeli olduğunu tespit etmişlerdir. Akdoğan vd. (2012) çalışmalarında Türkiye için rassal yürüyüş, SARIMA (Seasonal ARIMA, Mevsimsel ARIMA), Kalman Filtreleme, VAR ve Bayesian VAR modellerinin kısa dönem enflasyon tahmin başarılarını karşılaştırmışlardır. Enflasyon tahmininde en başarılı modelin Bayesian VAR modeli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Öztürk vd. (2014), çalışmalarında Türkiye’de enflasyon tahmini için ARMA, Genelleştirilmiş Phillips Eğrisi, Yeni Keynesyen Phillips Eğrisi, Hodrick-Prescott ve Kalman Filtreleme yöntemlerini kullanmışlardır. En başarılı tahmin sonucu veren modelin Hodrick-Prescott filtreleme ile doğal işsizlik oranı kullanılarak (NAIRU) elde edilen enflasyonun üçgen modeli olduğu ortaya konmuştur. Akdağ ve Yiğit (2016), Türkiye için 2004-2013 verilerini kullanarak yapmış oldukları çalışmalarında ARIMA ve Yapay Sinir Ağları modellerinin enflasyon tahmin başarılarını karşılaştırmış ve ARIMA yönteminin daha başarılı sonuç verdiği bilgisine ulaşmışlardır.

Belirsizlik nedeniyle modellenmesi zor olan istatistiki ve ekonometrik çalışmalarda modelleme kolaylığı sağlayan gri sistem teorisi işletme ve finans alanında, enerji tüketimi ile ilgili tahminlerde, çeşitli mal ve hizmetlerin fiyatlarının tahmininde kullanılmaktadır. Akay ve Atak (2007),



1970-2004 dönemi verileri ile gri sistem modelini kullandıkları çalışmalarında Türkiye'nin genel elektrik talebini %96,31, endüstriyel elektrik talebini ise %94,93 başarı ile tahmin etmişlerdir. Bayramoğlu (2016), gelişen Avrupa ülkeleri (Çek Cumhuriyeti, Polonya, Türkiye ve Romanya) ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkeleri (Kazakistan, Rusya, Ukrayna, Özbekistan) için 2015 verilerini kullanarak beş yıllık elektrik tüketim talebini gri sistem modeli ile tahmin etmiş ve bu ülkelerde gelecek beş yıl için elektrik talebinde önemli bir değişiklik olmadığını öngörmüştür.

Çukur vd. (2007), finansal değişkenlerin tahmininde gri sistem modellerini kullandıkları çalışmalarında İMKB Ulusal 100 Endeksi'nin ve ABD Doları'nın 1990-2004 arası günlük ve aylık kapanış değerlerini tahmin etmişlerdir. Çalışmada elde edilen tahmin değerlerinin gerçek değerlerle %50'nin üzerinde örtüştüğü görülmüştür. Kayacan vd. (2010), çalışmalarında Fourier serileri ve geliştirilmiş gri modeller kullanarak Euro-Dolar paritesini başarılı bir şekilde tahmin etmişlerdir. Wu ve Chen (2011), gri sistem modelleri ile döviz kuru tahmini yaptıkları çalışmalarında ABD Doları - Yuan paritesinin küresel kriz sonrasındaki değerlerini gelecek altı ay için periyodik olarak %99,94 başarı ile tahmin etmişlerdir. Askari ve Askari (2011), Londra piyasası altın fiyatlarını gri sistem ve ARIMA modelleri ile tahmin ederek modellerin performanslarını karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, en başarılı modelin %15,31 hata oranı ile geliştirilmiş gri sistem modeli olduğunu ortaya koymuştur. Erden ve Ceviz (2015), gri sistem modellerini kullanarak Türkiye'nin büyüme oranı faktör analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada büyüme oranına etki eden en önemli faktörün dolar kuru, en az etki eden faktörün enflasyon oranı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3. Ekonometrik Yöntem ve Analiz

İktisadi zaman serilerinin geçmiş dönem değerlerinden elde edilen bilgiye dayalı olarak gelecek dönemlerin tahmini ekonomi ve finans alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada enflasyon oranları, doğrusal zaman serisi tahmin yöntemlerinden ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama) yöntemi ve Gri Sistem Modellerine dayalı yöntem ile tahmin edilmiştir.

3.1. Box- Jenkins Yöntemi

Zaman serilerinin tahminlemede kullanılan doğrusal ekonometrik yöntemlerden en sık kullanılanı Box-Jenkins metodolojisinin takip edildiği ve teknik olarak ARMA modelleri olarak bilinen yöntemdir. Box-Jenkins yöntemine göre herhangi bir değişken Denklem 1'de gösterildiği gibi kendi geçmiş değerleri ve stokastik hata terimlerinin geçmiş değerleri kullanılarak modellenmektedir. Ortalaması ve varyansı zaman içerisinde sabit olmayan, diğer bir ifadeyle durağan olmayan zaman serilerinin tahminlemede ise model ARIMA haline dönüşmektedir. Bu modellerin genel gösterimi



ARIMA (p, d, q) şeklindedir. Burada “p” Otoregresif (AR) Modelin, “q” Hareketli Ortalama (MA) Modelinin derecesi, “d” ise fark alma derecesidir.

$$Y_t = \theta + \alpha_1 Y_{t-p} + \beta_0 \mu_t + \beta_1 \mu_{t-q} \quad (1)$$

ARIMA yöntemiyle tahmin yapılırken izlenen Box-Jenkins metodolojisi dört aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada uygun fark derecesi (d) değeri için değişkenlerin durağanlık analizi yapılır, AR (p) ve MA (q) değeri için ise otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları incelenir. İkinci olarak elde edilen p, d ve q'ya göre ARIMA modeli tahmin edilir. Üçüncü aşamada tahmin edilen modelin mümkün olan diğer ARIMA modelleri arasında en iyi model olup olmadığı, modelin hata terimlerinin “white noise” (beyaz gürültü) özelliği gösterip göstermediği kontrol edilir ve son olarak geleceğe dönük tahmin yapılır (Gujarati, 2004, 837-841).

3.2. Gri Sistem Teorisi

1982 yılında Tayland'lı profesör Deng Julong tarafından ortaya atılan Gri Sistem Teorisi, az sayıda veriye ve kısmi bilgiye sahip olunan belirsizlik problemlerini aşmada kullanılmaktadır. Son yıllarda ekonomi ve finans alanında yoğun şekilde kullanılmaya başlanan Gri Sistem Teorisi'ne göre; analiz edilen sistemi oluşturan parametreler, sistemin yapısı, sınırları ya da davranışı hakkında bilgi eksikliği söz konusudur. Bu bilgi eksikliği sistemin, tam bilgiye sahip olunan beyaz sistem ile hiçbir bilgiye sahip olunmayan siyah sistem arasında yani gri bir yapıda olmasına neden olmaktadır.

Gri Sistem Teorisi'nin temel çalışma alanlarını; sistem analizi, değerlendirme, modelleme, tahmin, karar verme, kontrol ve optimizasyon teknikleri oluşturmaktadır. Çalışmamızda kullanılan gri sistem modellemesi var olan bilgilerin gri sistem ile yeniden tanımlanması, sınıflandırılması ve tahminlemesi olarak tanımlanabilir (Liu ve Forrest, 2011, 2). Bu şekilde elde edilen gri tahminler, ARMA, VAR, eşanlı denklem sistemleri gibi ekonometrik tahmin yöntemlerine dayalı tahminlere bir alternatif oluşturabilmektedir.

Gri Sistem Teorisi'nde, GM (h,N) modelinde yer alan “GM” ifadesi, “Gri Model”i, parantez içerisinde yer alan “h” ifadesi gri modelin derecesini, “N” ifadesi ise modelin değişken sayısını temsil etmektedir. Gri Sistem Teorisi kapsamında kullanılan çeşitli gri modellerden bahsetmek mümkündür. Literatürde yer alan birçok ampirik analiz, GM(1,1) modelinin hem performans hem de programlamada basit olması gibi üstünlükleri açısından başarılı olduğunu ve daha çok tercih edildiğini ortaya koymaktadır.

GM(1,1) birinci dereceden, tek değişkenli gri modeli ifade etmektedir. GM(1,1) modeli, zaman serisi halindeki veriler arasındaki ilişkileri bulmak, bu ilişkilere göre modelleme yapmak ve sonrasında elde edilen modelle tahmin işlemini gerçekleştirmek için kullanılır. GM(1,1) modelinin



diferansiyel denklemi, anlık değişimlere karşı uyarlama yapabilen katsayılara sahiptir. Diğer bir deyişle GM(1,1) modeli, tahmin için uygun olan yeni veriyi modele uyarlayabilen, böylece etkin tahminler gerçekleştirebilen bir modeldir. GM(1,1) modelinde kullanılan tüm verilerin değerlerinin pozitif olması ve zaman serilerinin günlük, haftalık, aylık, yıllık gibi aynı frekansta olma ön koşulu vardır (Kayacan vd., 2010, 1785).

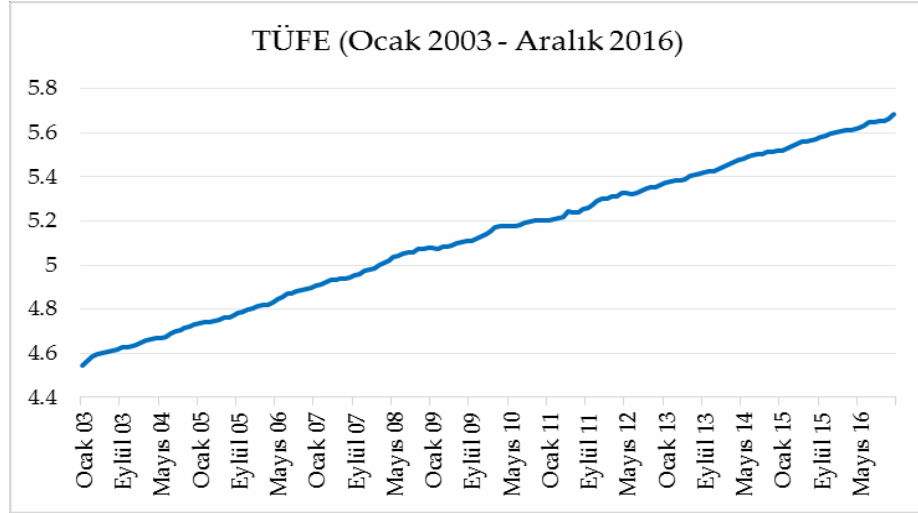
Gri tahmin yönteminde oluşturulan gri modelde çeşitli aşamalar uygulanmaktadır (Yao ve Chi, 2004, 1208-1209). Bu aşamalar: i) Mevcut orijinal verilerden $X^{(0)}$ gibi bir zaman serisi oluşturulur (Denklem 2), ii) Orijinal serilerden Birikimli Üretim İşlemi (BÜİ) ile yeni bir birikimli zaman serisi $X^{(1)}$ elde edilir (Denklem 3). iii) Birikimli zaman serisi değerleri ile birinci dereceden gri diferansiyel eşitlik oluşturulur (Denklem 4). iv) a ve b katsayıları en küçük kareler yöntemi (EKKY) ile tahmin edilir (Denklem 5 ve 6). v) a ve b katsayılarının belirlenmesinin ardından, geleceği tahmin işlemini gerçekleştirmek için birinci dereceden beyazlaştırılmış bir gri diferansiyel eşitlik oluşturulur (Denklem 7). vi) Elde edilen birinci dereceden beyazlaştırılmış gri diferansiyel eşitlik ile birikimli zaman serisi olan $X^{(1)}$ 'in tahmini değerleri elde edilir (Denklem 8). vii) Birikimli seri $X^{(1)}$ 'in tahmini değerleri ile Ters Birikimli Üretim İşlemi yapılarak tahmin değerleri elde edilir (denklem 9). Aşamaları belirtilen işlem adımlarını gösteren denklem notasyonları Ek 3'te yer almaktadır.

3.3. Analiz Sonuçları

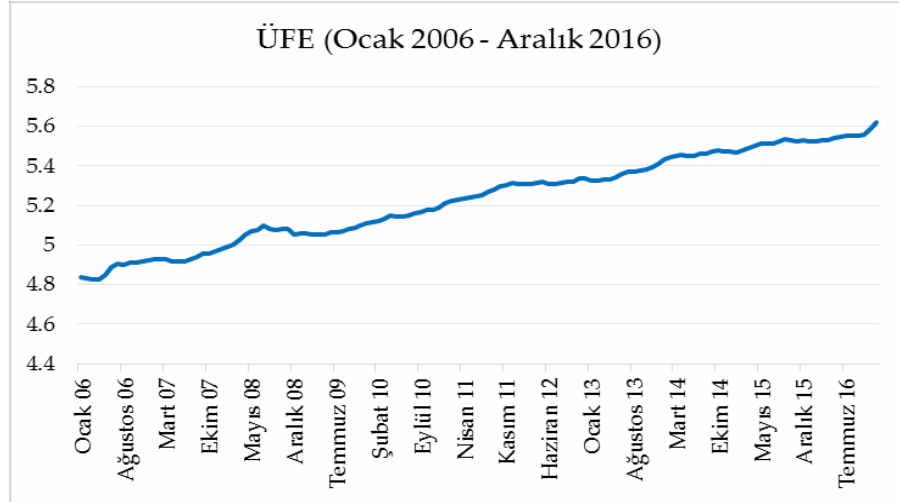
Çalışmada tahmini yapılan Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE, 2003=100) ve Yurtiçi Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE, 2003=100) serileri TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) veri tabanından elde edilmiştir. TÜİK veri tabanında yer alan TÜFE serisi 2003:1-2016:12 dönemini, ÜFE serisi ise -2005 yılından itibaren hesaplanmaya başlandığından- 2006:1-2016:12 dönemini kapsamaktadır. Logaritmik dönüşümü yapılmış ve mevsimsel etkilerden arındırılmış olan TÜFE ve ÜFE serileri Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmektedir.

Şekil 2: TÜFE Serisi





Şekil 3: ÜFE Serisi



ARIMA modeli seçiminde önemli adımlardan biri serilerin durağanlık analizlerinin yapılmasıdır. Tablo 1'de TÜFE ve ÜFE serilerine uygulanan ADF (1979) birim kök testinin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 1: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF (düzey)	ADF (I=1)	ADF (I=2)
TÜFE			
Sabitli model	-1.253403 (-3.472813)	-6.065328*	
Sabit ve trendli model	-1.971802 (-4.018349)	-6.184317*	-8.087930*
Sabitsiz ve trendsiz model	5.311039 (-2.579967)	-0.981503	



ARIMA ve Gri Sistem Modelleri ile Enflasyon Tahmini

UFE			
Sabitli model	-0.493703 (-3.486064)	-4.881632*	
Sabit ve trendli model	-4.516204* (-4.030157)		
Sabitsiz ve trendsiz model	4.320592 (-2.582872)	-2.233912**	

Not: “*”, “**”, %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde durağanlığın sağlandığını ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler k=12 için Akaike bilgi kriterine göre hesaplanan MacKinnon %1 anlamlılık düzeyindeki kritik değerlerdir.

Tablo 1’de görüldüğü gibi TÜFE değişkeni için sabitsiz ve trendsiz model ikinci farkta diğer modeller ise birinci farkta durağandır. ÜFE değişkeni için sabit ve trendli model seviye itibariyle, diğer modeller ise birinci farkta durağandır. ARIMA model seçiminde iki değişkenin de birinci farkları alınarak model oluşturulmuştur.

Bilgi kriterleri göz önüne alınarak seçilen optimum ARIMA modeli TUFEE için ARIMA(6,1,2), UFE için ARIMA (8,1,1) olarak elde edilmiştir. Bu modellere ilişkin sonuç tabloları Ek.1 ve Ek.2’de yer almaktadır.

Optimize edilen GM (1,1) modelinde ise en iyi gecikme uzunluğu k=4, en iyi alfa değeri (horizontal adjustment coefficient, yatay düzeltme katsayısı) ise 0.4 olarak elde edilmiş ve bu parametrelere dayalı olarak tahmin yapılmıştır.

TÜFE için 2016 yılının ilk altı ayı için elde edilen ARIMA ve GM tahmin sonuçları Tablo 2’de, ÜFE için elde edilen tahminler ise Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 2: ARIMA ve GM Tahmin Sonuçları (TÜFE)

Dönem	Gerçekleşen Değerler	ARIMA Tahmin	ARIMA MAPE	GM Tahmin	GM MAPE
2016M01	274.44	272.34	0.770	261.15	0.543
2016M02	274.38	274.38	0.001	264.33	1.360
2016M03	274.27	276.12	0.668	267.37	1.620
2016M04	276.42	278.00	0.568	266.49	0.265
2016M05	278.02	279.95	0.688	267.33	0.615
2016M06	279.33	281.81	0.880	267.33	0.820
		MAPE Ort.	0.596	MAPE Ort.	0.871

Tahmin modellerinin gerçekleşen ve tahmin değerleri ile MAPE (Mean Absolute Percent Error, Ortalama Mutlak Yüzde Hata) değerleri karşılaştırıldığında ARIMA modelinin GM modeline göre daha başarılı olduğu görülmektedir. TÜFE’yi ARIMA modeli % 0.5 hata ile tahmin ederken GM % 0.8 hata ile tahmin etmiştir.

Tablo 3: ARIMA ve GM Tahmin Sonuçları (ÜFE)

Dönem	Gerçekleşen Değerler	ARIMA Tahmin	ARIMA MAPE	GM Tahmin	GM MAPE
-------	----------------------	--------------	------------	-----------	---------

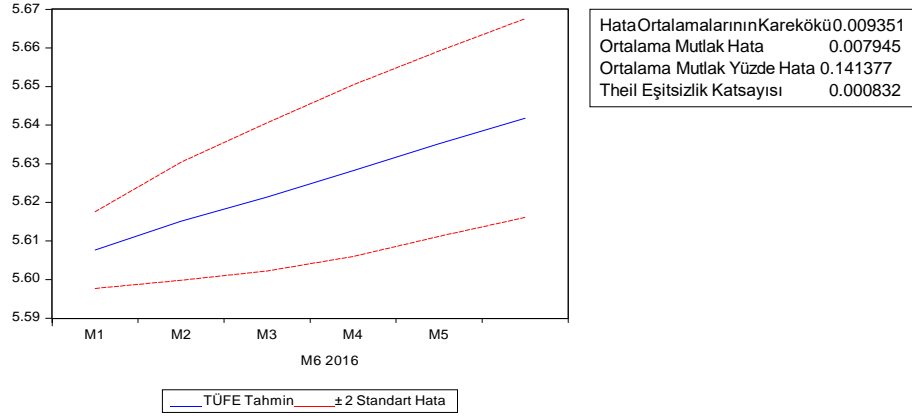


2016M01	250.67	252.70	0.810	248.62	0.815
2016M02	250.16	253.87	1.484	251.87	0.688
2016M03	251.17	256.75	2.220	254.53	1.341
2016M04	252.47	259.49	2.782	252.05	0.165
2016M05	256.21	260.97	1.858	251.91	1.677
2016M06	257.27	262.45	2.015	252.40	1.891
		MAPE Ort.	1.862	MAPE Ort.	1.096

Tablo 3'te yer alan ARIMA ve GM sonuçları ÜFE için değerlendirildiğinde her iki model tahminlerinin de TÜFE'ye göre daha başarısız olduğu görülmektedir. ÜFE'nin tahmininde GM modeli ARIMA'ya göre daha düşük bir ortalama hata ile daha başarılı bir tahmin gerçekleştirmiştir.

Öngörü performansını değerlendirilmesinde tahmin değeri ile gerçek değer arasındaki sapmaya dayalı bazı istatistikler önem arz etmektedir. Bu istatistikler Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmektedir. Bu performans istatistikleri RMSE (Hata Ortalamalarının Karekökü), MAE (Ortalama Mutlak Hata), MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata), TIC (Theil Eşitsizlik Katsayısı) olarak sıralanmaktadır. ARIMA modellerinden elde edilen istatistiklere bakıldığında 0'a çok yakın olarak başarılı bir şekilde elde edildiği görülmektedir.

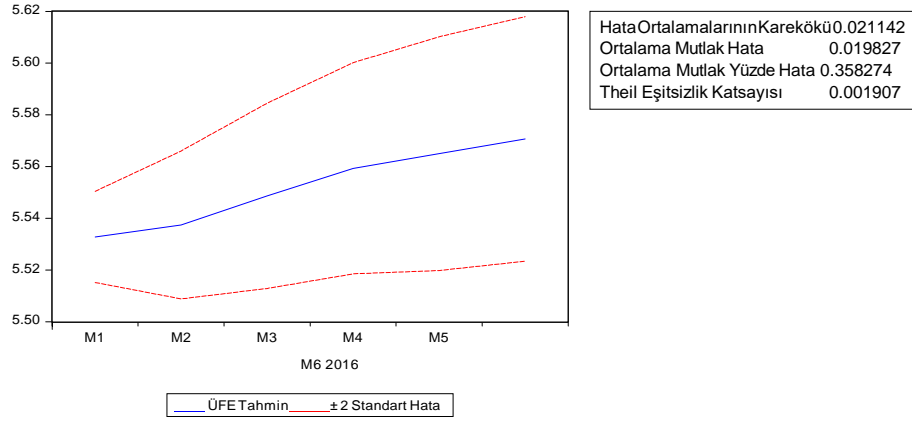
Şekil 4: ARIMA (6,1,2) Modeli ile Elde Edilen Enflasyon Tahmin Serisi (TÜFE)



Şekil 5: ARIMA (8,1,1) Modeli ile Elde Edilen Enflasyon Tahmin Serisi (ÜFE)



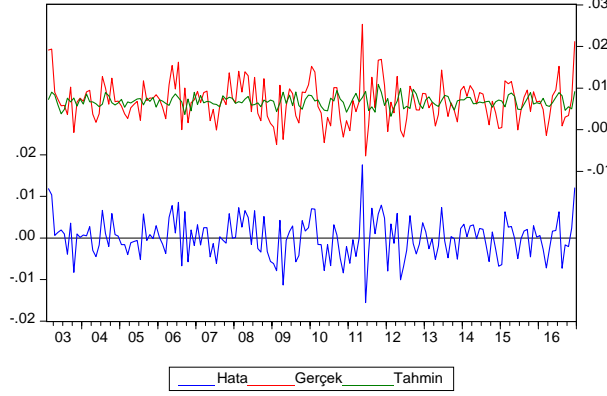
ARIMA ve Gri Sistem Modelleri ile Enflasyon Tahmini



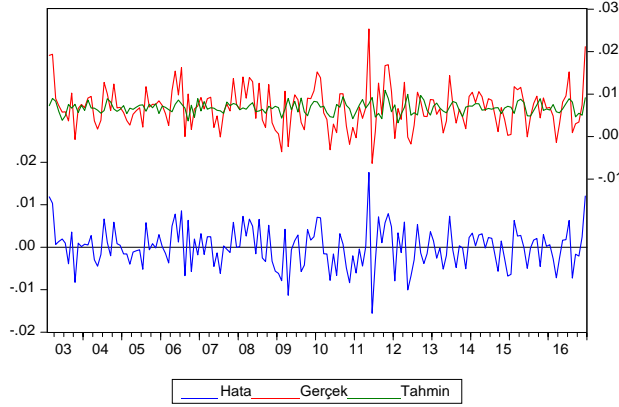
Şekil 6 ve Şekil 7'de ise durağan olan ve otokorelasyon problemi olmayan ARIMA modellerinin hata terimlerinin dağılımları gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 6 ve Şekil 7'de gerçekleşen enflasyon ile tahmin edilen enflasyon değerlerinin birbirine yakın oldukları görülmektedir. Buna göre bu modellerin enflasyon tahmini için uygun modeller olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 6: ARIMA (6,1,2) Tahmin Modelinin Hata Terimleri (TÜFE)



Şekil 7: ARIMA (8,1,1) Tahmin Modeli Hata Terimleri (ÜFE)



4. Sonuç

Bu çalışmada ekonomideki karar birimlerinin önem verdiği iktisadi değişkenlerin başında gelen enflasyon oranlarından tüketici ve üretici fiyat endeksleri doğrusal zaman serisi tekniklerinden ARIMA modeli ve gri sistem modellerinden GM(1,1) ile tahmin edilmiştir.

ARIMA ve gri sistem tahmin performansları karşılaştırıldığında temel olarak iki sonuca ulaşılmıştır. Sonuçlardan ilki TÜFE tahmininde ARIMA modelinin ÜFE tahmininde ise Gri sistem modelinin daha başarılı sonuçlar vermesidir. Sonuçlardan ikincisi ise hem ARIMA hem de gri model tahminlerinin TÜFE değişkenini ÜFE'ye göre daha düşük hata payıyla tahmin etmiş olmasıdır. Enflasyon hedeflemesi politikasında hedeflenen enflasyonun TÜFE olarak ilan edilmesinin TÜFE tahminlerinin başarısını arttırdığı düşünülmektedir. TÜFE değişkenine göre 36 veri daha az gözlemlenerek oluşturulan ÜFE tahmininde Gri Sistem Modelinin daha iyi sonuçlar vermesi ise veri seti daraldıkça Gri Sistem Modelinin



performansının ARIMA modelinin performansına göre iyileştiği şeklinde yorumlanabilir.

Tüketici fiyat endeksi tahmininde ARIMA yönteminin gri sistem modeli yöntemine göre daha iyi sonuçlar vermesi literatürde yer alan ARIMA ve bulanık mantık yöntemlerinden yapay sinir ağları karşılaştırmasına dayalı çalışmaların sonuçları ile paralellik arz etmektedir. Diğer yandan çalışmada TÜFE için oluşturulan ARIMA (6,1,2) modeli performans istatistikleri (Şekil 4’de gösterilen RMSE, MAE, MAPE, TIC), Türkiye için ARIMA yöntemi ile enflasyon tahmini yapan çok sayıda çalışmadan daha başarılı olarak elde edilmiştir. Bu durumun ise çalışmadaki analiz döneminin tamamının enflasyon hedeflemesi dönemi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu doğrultuda Türkiye’de enflasyon hedeflemesi uygulamasına geçişin enflasyon tahminlerinin başarı yüzdesini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- Akay, D. & Atak, M. (2007). Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey, *Energy*, 32, 1670–1675.
- Akdağ, M., & Yiğit, V. (2016). Box-Jenkins ve yapay sinir ağı modelleri ile enflasyon tahmini. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(2).
- Akdoğan, K., Başer, S., Chadwick, M.G., Ertuğ, D., Hülagü, T., Kösem, S., Ögünç, F., Özmen, M.U. & Tekatlı, N. (2012). Short term inflation forecasting models for Turkey and a forecast combination analysis, *TCMB Working Paper*, No: 12/9.
- Alnaa, S. E. & Ahiakpor, F. (2011). ARIMA (autoregressive integrated moving average) approach to predicting inflation in Ghana. *Journal of Economics and International Finance*, 3(5), 328-336.
- Askari, M. & Askari, H. (2011). Time series grey system prediction-based models: Gold price forecasting. *Trends in Applied Sciences Research*, 6, 11, 1287-1292.
- Bayramoğlu, M. F. (2016). Future electricity demand of the emerging european countries and the CIS countries. *International Journal of Finance & Banking Studies*, 5(6), 15-23.
- Bokhari, S. M. H. & Feridun, M. (2006), Forecasting infalation through econometric models: An empirical study on Pakistani data. *Doğuş University Journal*, 7, 1, 39-47.
- Chen, X., Jiang, K., Liu, Y., & Su, Z. (2015, August). Inflation prediction for China based on the Grey Markov model?. In *Grey Systems and Intelligent Services (GSIS), 2015 IEEE International Conference on* (301-306). IEEE.



- Çukur, S., Kotil, E. & Eryiğit, R. (2007), Finansal değişkenlerin gri modelle tahmini, *İMKB Dergisi*, 9, 35, 11-20.
- Dickey, D.A. & Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of American Statistical Association*, 74(366): 427-431.
- Domaç, İ. (2004). Explaining and forecasting inflation in Turkey. *World Bank Policy Research Working Paper*, 3287.
- Erden, C. & Ceviz, E., (2015). Gri sistem teorisi kullanılarak Türkiye'nin büyüme oranı faktörlerinin analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 361-369.
- Gujarati, D. (2004). Basic econometrics. The McGraw-Hill Companies.
- Heenan, G., Peter, M., & Roger, S. (2006). Implementing inflation targeting: Institutional arrangements, target design, and communications. *IMF Working Paper No. 278*
- Kara, A. H., & Orak, M. (2008). Enflasyon hedeflemesi. *Krizler, Para ve İktisatçılar*, Ed. Ercan Kumcu, İstanbul: Remzi Kitabevi, 81-157.
- Kayacan, E., Ulutaş, B. & Kaynak, O. (2010). Grey system theory-based models in time series prediction, *Expert Systems with Applications*, 37, 1784-1789.
- Liu, S., & Forrest, J. Y. L. (2011). Grey systems: theory and applications. Springer: Berlin. <http://10.1007/978-3-642-16158-2>.
- Meçik, O., & Karabacak, M. (2011). ARIMA modelleri ile enflasyon tahminlemesi: Türkiye uygulaması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22, 177-198.
- Önder, A. Ö. (2004) Forecasting inflation in emerging markets by using the Phillips curve and alternative time series models, *Emerging Markets Finance and Trade*, 40:2, 71-82.
- Öztürk, F., Tokatlıoğlu, I., & Ardor, H. N. (2014). Türkiye ekonomisi için ARIMA ve Phillips eğrisi modellerinin enflasyon tahmin performanslarının karşılaştırılması: 1995-2014. *Ekonomik Yaklaşım*, 25(92), 19-53.
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB). (2016). Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS), <http://evds.tcmb.gov.tr/>.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2016). İstatistiksel Tablolar, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1076.
- Uğurlu, E., & Saraçoğlu, B. (2010). Türkiye'de enflasyon hedeflemesi ve enflasyonun öngörüsü. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 57-72.



Wu, H. and Chen, F. (2011). The application of grey system theory to exchange rate prediction in the post-crisis era, *International Journal of Innovative Management, Information & Production*, 2, 2, 83-89.

Yao, A. W. L. & Chi, S C. (2004). Analysis and design of a Taguchi-Grey based electricity demand predictor for energy management systems, *Energy Conversion and Management*, 45, 1205-1217.



EK 1: TÜFE için ARIMA (6,1,2) Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Std.Hata	t-İstatistiği	Olasılık Değ.
C	0.006792	0.000408	16.63750	0.0000
AR(1)	0.161819	0.068496	2.362456	0.0194
AR(2)	-0.155470	0.854273	-0.181992	0.8558
AR(3)	-0.012263	0.150352	-0.081564	0.9351
AR(4)	-0.220052	0.092857	-2.369792	0.0190
AR(5)	0.076554	0.085698	0.893302	0.3731
AR(6)	0.005364	0.175031	0.030645	0.9756
MA(2)	0.129857	0.875366	0.148346	0.8823
SIGMASQ	2.26E-05	2.39E-06	9.452351	0.0000
R ²	0.072322	Akaike Bilgi Kriteri		-7.750141
Düzeltilmiş R ²	0.025351	Schwarz Bilgi Kriteri		-7.582106
Log likelihood	656.1368	Hannan-Quinn Bilgi Kriteri.		-7.681939
F-statistic	1.539706	Durbin-Watson istatistiği		1.930539
Prob(F-statistic)	0.147507			

EK 2: ÜFE için ARIMA (8,1) Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Std.Hata	t-istatistiği	Olasılık Değ.
C	0.005820	0.000119	48.77395	0.0000
AR(1)	1.245751	0.086060	14.47539	0.0000
AR(2)	-0.348342	0.158175	-2.202258	0.0296
AR(3)	-0.009147	0.233097	-0.039239	0.9688
AR(4)	0.052520	0.215006	0.244271	0.8074
AR(5)	-0.239569	0.141985	-1.687284	0.0941
AR(6)	0.334862	0.123655	2.708032	0.0078
AR(7)	-0.039770	0.154390	-0.257594	0.7972
AR(8)	-0.188669	0.118825	-1.587791	0.1150
MA(1)	-0.999997	422.2418	-0.002368	0.9981
SIGMASQ	6.44E-05	0.001012	0.063660	0.9493
R ²	0.285286	Akaike Bilgi Kriteri		-6.607577
Düzeltilmiş R ²	0.225727	Schwarz Bilgi Kriteri		-6.366148
Log likelihood	443.7963	Hannan-Quinn Bilgi Kriteri		-6.509473
F-statistic	4.789933	Durbin-Watson istatistiği		1.981908
Prob(F-statistic)	0.000009			



Ek 3: GM(1,1) Modeli Denklem Notasyonları

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) = (x^{(0)}(k); \quad k = 1, 2, 3, \dots, n; \quad n \geq 4) \quad (2)$$

$$X^{(1)} = \{x^1(1), x^1(2), x^1(3), \dots, x^1(n)\} = (x^1(k); \quad k = 1, 2, 3, \dots, n; \quad n \geq 4) \quad (3)$$

$$x^{(0)}(k) + a \cdot z^{(1)}(k) = b, \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad Y_N = \begin{bmatrix} x^{(1)}(2) \\ x^{(1)}(3) \\ \vdots \\ x^{(1)}(n) \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad A = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$A = (B^T B)^{-1} B^T Y_N = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b \quad (7)$$

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (8)$$

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) \quad (9)$$