



Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi  
Yıl: 2021 Cilt-Sayı: 14(2) ss: 559-577

Academic Review of Economics and Administrative Sciences  
Year: 2021 Vol-Issue: 14(2) pp: 559-577

<http://dergipark.org.tr/tr/pub/ohuiibf/>

ISSN: 2564-6931

DOI: 10.25287/ohuiibf.741258

Geliş Tarihi / Received: 25.05.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 02.03.2021

Yayın Tarihi / Published: 12.04.2021

Araştırma Makalesi  
Research Article

## ARIMA VE GRI TAHMİN MODELLERİNDE FOURIER SERİSİ MODİFİKASYONU: TÜRKİYE ENFLASYONU UYGULAMASI

Buğra BAĞCI<sup>1</sup>

### Öz

Günümüzde birçok merkez bankası enflasyonu kontrol altında tutarak fiyat istikrarını sağlayan istikrarlı bir ekonomik yapı kurmaya çalışmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler diğer makroekonomik dengeleri de olumsuz etkilediği için yüksek enflasyon üzerine yoğunlaşmaktadırlar. Bu yönüyle fiyat istikrarının sürdürülmesi birçok ülkenin politika yapıcılarının ana hedefi haline gelmiştir. Özellikle enflasyon verilerinin tahmini, çok geniş kitleleri etkilemesi bakımından daha da önemli hale gelebilmektedir. Enflasyon verileri de, önemi göz önünde bulundurularak çalışmamızda kullanılmıştır. Bu anlamda tahmin etmek kadar, yapılan tahminin doğruluğunun da hayati olduğu düşünülmüştür. Bu çalışmada öncelikle, literatürde sıkça kullanılan iki farklı tahmin tekniği olan ARIMA modeli ve GM(1,1) modeli ile Türkiye’de enflasyon oranı tahmin edilerek hata terimleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu hata terimleri, Fourier serileri yardımıyla modifiye edilerek yeni tahmin değerleri elde edilmiş ve doğruluk oranları artırılmıştır. Orijinal modeller ile yapılan tahminlemelerde ARIMA modelinin GM(1,1) modelinden daha başarılı olduğu görülmüştür. Sonrasında, Fourier modifikasyonu uygulanmış ve bu modellerin modellerin orijinal modellerden çok daha başarılı sonuçlar ürettiği, en başarılı sonucun da Fourier modifikasyonlu GM(1,1) modeline ait olduğu görülmüştür. Gelecek dönem tahminlerinde de benzer durum söz konusu olmuştur. Türkiye açısından bakıldığında enflasyonun ciddi bir düşüş eğilimi göstermeyeceği ve bu konu üzerine yoğunlaşılması gerektiği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler** : Tahmin modelleri, ARIMA Model, Gri Tahmin Modeli, Fourier Hata Düzeltmesi, Enflasyon Tahmini.

**Jel Sınıflandırması** : A10, C13.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Hitit Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, bugrabagci@hitit.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3268-3702.

### Atıf/Citation (APA6):

Bağcı, B. (2021). Arıma ve gri tahmin modellerinde Fourier serisi modifikasyonu: Türkiye enflasyonu uygulaması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 559-577. <http://doi.org/10.25287/ohuiibf.741258>.

## FOURIER SERIES MODIFICATION IN ARIMA AND GREY PREDICTION MODELS: A CASE OF TURKEY'S INFLATION

### Abstract

Many central banks are trying to establish a stable economic structure that ensures price stability by keeping inflation under control. Especially developing countries concentrate on high inflation since it affects other macroeconomic balances negatively. In this respect, maintaining price stability has become the main goal of many countries' policy makers. In particular, the estimation of inflation data can become even more important as it affects a wide audience. Inflation data was also used in our study, considering its importance. In this sense, it is known that the accuracy of the prediction is as vital as the forecast. In this study, two different estimation techniques commonly used in the literature that ARIMA model and GM (1,1) model estimated the Turkey's inflation rate and the error terms are calculated. These error terms were modified with the Fourier series and new prediction values were obtained and their accuracy rates were increased. It has been observed that the ARIMA model is more successful than the GM (1,1) model on the models installed with the original models. Then, it has been observed that the models with Fourier modification produced much more successful results than the original models, and the most successful result belonged to the Fourier modified GM(1,1) model. A similar situation occurred in the future projections. From the perspective of Turkey, where inflation will not showing a downward trend seriously and said that it should focus on this issue.

**Keywords** : Forecasting Models, ARIMA Model, Grey Prediction Model, Fourier Residual Modification, Forecasting Inflation.

**Jel Codes** : A10, C13.

### GİRİŞ

Geleceğin belirsiz bir yapıya sahip olması insanları daima korkutmuştur. Bu korku, zaman içinde belirsizliği mümkün olduğunca azaltma arzusunu artırmıştır. Çünkü insanlar bu belirsizliği azalttığı sürece gelecekle ilgili daha sağlıklı planlar ve programlar yapabileceklerdir.

Tüm çalışma alanlarında olduğu gibi sosyal bilimler alanında da gelecekteki olayları öngörmek önemlidir. Geleceği olabildiğince doğru bir şekilde tahmin etmek, bugünden kritik kararlar alarak, plan ve programları belirlemek hayati öneme sahip olabilmektedir. Bu şekilde, gelecek için iyi bir tahmin, geleceğin belirsizliğinden kaynaklanan korku ve kaygıyı da azaltacaktır (Orhunbilge, 1999: 1).

Özellikle sosyal bilimler alanında öngörü çalışmalarının büyük bir kısmında zaman serileri kullanılmaktadır. Zaman serisi tahmini, geçmiş ve mevcut veri noktalarından elde edilen bilgilere dayanarak bir sistemin gelecekteki değerlerinin tahmin edildiği süreci ifade etmektedir. Zaman serisi tahmin modelleri sosyal bilimler alanında, özellikle hisse senedi endeksleri, döviz kurları, büyüme oranları, enflasyon verileri ve faiz oranları gibi finansal piyasalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Makul bir hata payı ile tahmin yapabilmek, bireylerin, şirketlerin ve hükümetlerin ekonomi politikasını değiştirebilir ve finansal aktörler tarafından daha planlı eylemler sağlayabilmektedir (Kayacan ve ark., 2010: 1784).

Makroekonomik göstergeler, özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan günümüze kadar olan dönemde yaygın araştırma konularındandır. Enflasyonun birçok ülkede ekonomik krizlere yol açması, bu değişkenin diğer ekonomik göstergelerden daha fazla dikkat çekmesine neden olmuştur. Bu sebeple, enflasyonu kontrol altında tutmak ve gelecekteki değerlerini tahmin etmek önemlidir. Diğer bir deyişle, enflasyon oranının yatırım kararları, faiz oranları gibi birçok değişken üzerinde etkili olduğu ve nihayetinde kamu refah düzeyini doğrudan etkilediği söylenebilir. Bu etkiler nedeniyle, enflasyon oranının doğru tahmin edilmesi bireyleri, yatırımcıları, hükümetleri hatta tüm paydaşları etkilemektedir.

Enflasyon, bir ekonomideki mal ve hizmet fiyatlarındaki sürekli ve genel artışı ifade etmektedir. Günümüzde birçok merkez bankası enflasyonu kontrol altında tutarak fiyat istikrarını sağlayan istikrarlı bir ekonomik yapı kurmaya çalışmaktadır (TCMB, 2020). Merkez Bankası'nın para politikası kararları, fiyat istikrarının bir göstergesi olan enflasyon oranının zaman içinde düşük ve istikrarlı bir şekilde sürdürülmesi için alınmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler diğer makroekonomik dengeleri de olumsuz etkilediği için yüksek enflasyon üzerine yoğunlaşmaktadırlar. Bu yönüyle fiyat istikrarının sürdürülmesi birçok ülkenin politika yapıcılarının ana hedefi haline gelmiştir.

Para politikasının etkisinin bir gecikme süresine sahip olmasından dolayı politika yapıcılar enflasyon yolunda sık sık güncellemelere ihtiyaç duymaktadır. Politika yapıcılar, enflasyon tahmini yoluyla gelecekteki olası enflasyon hakkında önceden bilgi alabilirler (Bokil & Schimmelpfennig, 2005: 3). Dolayısıyla özellikle para politikası yapıcılarının enflasyon öngörüsü ile cari dönemde çeşitli politika kararları alması zorunluluğunu doğurmaktadır. Burada enflasyon oranının tahmin edilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bunların yanında enflasyon oranının doğru tahmin edilmesinin makroekonomik politikalarından, riskten korunma stratejilerine ve hatta hane halklarının finansal kararlarına kadar geniş bir yelpazede ilgili kararlara fayda sağlayacağı şüphesizdir (Bernanke, 2007). Hatta varlık fiyatlarının bile beklenmedik enflasyon haberlerine göre değiştiği durumlar dahi görülmektedir (Gürkaynak ve ark., 2004: 2).

Etkilediği ve etkilendiği birçok alan olması sebebiyle enflasyonun gelecek dönemlerde alabileceği değerlerin tahmin edilmesi hayati önem taşımaktadır. Çünkü gelecekte yükselme eğiliminde olan bir enflasyon oranı için cari dönemden alınabilecek tedbirler mümkün olabilmektedir. Ayrıca Yeni Zelanda Merkez Bankası tarafından öncüsü olunan ve sonrasında birçok ülke tarafından da uygulamaya çalışılan enflasyon hedeflemesi de yine bu düşünceyle paralellik göstermektedir. Enflasyon hedeflemesi rejiminde, merkez bankaları da politikalarını gelecekteki enflasyon beklentilerine göre belirlemektedirler.

Türkiye'de enflasyon hedefleri üç yıllık dönemlerde Merkez Bankası tarafından Türk Hükümeti ile birlikte belirlenmektedir. Enflasyon hedefinin 2 puan altı ve üstü belirsizlik aralığı olarak belirlenmiştir. Yılsonu enflasyonunun belirsizlik aralığının dışında olması durumunda, Merkez Bankası hesap verme yükümlülüğü nedeniyle Hükümete açık bir mektup yazar. Bu nedenle, enflasyon oranının tahmini ve tahminin yüksek doğruluk seviyesi özellikle önemlidir (Kara & Orak, 2008: 7).

Enflasyon oranının tahmin edilmesi, beklenti anketleri yoluyla veya geçmiş dönem değerlerinin tek değişkenli ya da çok değişkenli olarak çeşitli ekonometrik analizlerle ele alınması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Literatür sürekli olarak daha esnek modellerin geliştirilmesi ve var olan tekniklerin geliştirilmesi ile genişlemektedir.

Bu bilgiler ışığında çalışmamızın amacının temelde iki alt amaçtan meydana geldiği söylenebilir. Bunlardan biri yukarıda öneminden bahsedilen ekonomik bir değişken olan enflasyon oranının doğru tahmin edilmesidir. İkinci alt amaç ise, hâlihazırda yaygın olarak kullanılan zaman serisi analiz yöntemlerinin doğruluk oranlarının artırılmasıdır. Burada söz konusu bu çaba bazen yeni tekniklerin geliştirilmesi şeklinde olurken bazen de var olan tekniklerin modifikasyonuna dayanmaktadır. Bu alt amaçlar birleştirildiğinde çalışmamızın ana amacı, mevcut tahmin yöntemlerinin (ARIMA ve GM(1,1)) Fourier serileri yardımıyla geliştirilerek önemli ekonomik değişkenlerden olan Türkiye'de enflasyon oranının mümkün olduğu kadar doğru tahmin edilmesi olarak açıklanabilir.

Bu düşüncelerden hareketle çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu katkının birinci boyutu tahmin edilen ekonomik değişken olan enflasyon olmasıdır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin yapısal sorunlarından biri haline gelen ve ülkemizde de sürekli gündemde yer alan enflasyonun daha doğru şekilde tahmin edilmesi büyük önem arz etmektedir. Çünkü hem politika yapıcılar hem de diğer paydaşlar tarafından yakından izlenerek geleceğe yönelik kararlar alınmaktadır. Çalışmanın literatüre olan katkısının ikinci boyutu ise, yaygın olarak kullanılan yöntemlerin modifiye edilmesi ile daha doğru değerler üretmesini sağlamaktır. Hem akademik çalışmalarda hem de gerçek hayat problemlerinde modellerin farklı bakış açılarıyla kullanılabileceğini göstermesi bakımından da önemli bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda, Türkiye’de enflasyon oranı, hem ARIMA hem de GM(1,1) tahmin modelleri ile tahmin edilmiş, sonrasında her iki model de Fourier serileri yardımıyla modifiye edilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kullanılan modeller karşılaştırıldığında, Fourier serileri yardımıyla modifiye edilen sonuçların başarılı tahmin değerleri ürettiği görülmüştür. Bunun yanında bu başarılı olan modeller yardımıyla geleceğe yönelik tahminlerde Türkiye’de enflasyon oranının keskin olmayan düşüşler gösterebileceği anlaşılmıştır.

Çalışmamızın ilerleyen bölümleri şu şekilde tasarlanmıştır. Birinci bölümde, enflasyon oranının tahmin edilmesi ve Fourier serileri ile yapılmış modifikasyon çalışmalarına ilişkin literatür özeti sunulmuştur. İkinci bölümde, kullanılan orijinal tahmin yöntemlerinden Box-Jenkins ve Gri tahmin modelleri ile Fourier Modifikasyon açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde, kullanılan veri seti ve özellikleri yer almaktadır. Dördüncü bölüm, çalışmanın temel bulgularını içerirken, çalışmamız genel sonuç, yorum ve öneriler ile sonlandırılmaktadır.

## I. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmamızın bu kısmında literatür taramasına yer verilmekle beraber söz konusu araştırma iki bölümde ele alınmıştır. İlk olarak literatürde yapılan enflasyon oranı tahmini çalışmalarına yer verilirken, ikinci bölümde Fourier serileri ile yapılan modifikasyon çalışmalarına ait bilgiler verilmektedir.

Enflasyon tahmini ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları şöyle sıralanabilir: Meyler ve ark. (1998), çalışmalarında İrlanda enflasyon oranını tahmin etmek için ARIMA modellerini kullanmış ve ARIMA modellerinin seçimi için Box-Jenkins ve ceza fonksiyonu yöntemlerini incelemişlerdir. Ele aldıkları dönem itibariyle ARIMA modelinin enflasyon oranını yüksek doğruluk oranıyla tahmin ettiğini göstermişlerdir. Stock ve Watson (1999), çalışmalarında 12 aylık ABD enflasyon oranını tahmin etmek için Philips eğrisinin kullanımını yeniden değerlendirmişlerdir. Beklenen şekilde Philips eğrisinin sonuçlarının genelde güvenilir olduğundan bahsetmişlerdir. Fakat dönem dönem farklı makroekonomik değişkenlerin modele eklenip çıkarılmasıyla da iyi sonuçlar elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Moshiri ve Kameron (2000), enflasyon oranını tahmin etmek için yapay sinir ağlarını ve geleneksel ekonometrik modelleri kullanmışlar ve sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Enflasyon tahmini için kurdukları yapay sinir ağı modelinin geleneksel yaklaşımlardan daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Hubrich (2005), hem tek değişkenli hem de çok değişkenli zaman serilerinde alt endekslerin Euro bölgesindeki enflasyon tahmini üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda alt endekslerle kurulan modellerin daha başarısız sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Nakamura (2005), ABD’nin enflasyon oranını tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanmış ve kurulan sinir ağı modellerinin otoregresif modellerden daha iyi performans gösterdiğine karar vermiştir. İncelediği çalışmalarda otoregresif modellerin üstünlüğü ile karşılaşmış olsa da yapay sinir ağlarına çeşitli iyileştirmelerle bu üstünlüğün sona ereceğinden bahsetmiştir. Ayrıca tek değişkenli modellerde dahi gecikme değerleri kullanılarak doğruluğu yüksek tahminler yapılabileceğini ifade etmiştir. Inoue ve Kilian (2008), çalışmalarında ABD’nin enflasyon oranını tahmin etmek için 3 farklı algoritma önermişlerdir. Çalışmalarında enflasyonun çok önemli bir ekonomik değişken olduğu ve enflasyon oranına ait başarılı tahmin sonuçları üretmelerine rağmen daha başarılı olabilecek modellerin varlığından da bahsetmişlerdir. Erilli ve ark. (2010), Türkiye’de enflasyon oranını yapay sinir ağları ile tahmin etmişlerdir. İleri ve geri beslemeli sinir ağı modellerinin kullanıldığı çalışmada, ayrıca bu modellerden elde edilen sonuçlar yine yapay sinir ağları temelli bir melez yaklaşımla kombine edilmiştir. Uğurlu ve Saraçoğlu (2010), çalışmalarında Naive model, Üstel Düzeltme modeli ve ARIMA modelini kullanarak Türkiye’de enflasyon verilerini tahmin etmiş ve ARIMA modelini diğer yöntemlere göre başarılı bulmuşlardır. Ayrıca gelecek dönemlere yönelik tahminlerinde sonraki ilk iki dönemde enflasyon oranının artacağı, sonrasında ise düşüşe geçeceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte Türkiye’de enflasyon kararsızlığının tekrar baş gösterebileceğini düşünmüşlerdir. Meçik ve Karabacak

(2011), çalışmalarında Türkiye’de enflasyon tahmini için ARIMA modellerini kullanmışlar ve en başarılı sonucu veren ARIMA modelini seçmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda literatüre paralel şekilde ARIMA modelinin küçük hata oranlarıyla tahmin ürettiğini ifade etmişlerdir. Koop ve Korobilis (2012), çalışmalarında dinamik model kullanarak Philips eğrisine göre ABD enflasyon oranını tahmin etmişlerdir. Çalışmalarında çok değişkenli kurulan modellere de odaklanarak dinamik modellerle diğer statik modelleri karşılaştırdıklarında dinamik modellerin üstün olduğunu tespit etmişlerdir. Luis ve Hector (2013), çalışmalarında Meksika enflasyon oranını tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Burada kurulan ağdaki nöron sayısını sürekli değiştirerek daha güvenilir sonuçlar elde etmeye çalışmışlardır. Ayrıca kurdukları sinir ağı modelinin enflasyonun çok dalgalı dönemlerinde yüksek hata oranı ile, geçiş dönemlerinde daha yüksek hata oranı ile, daha durağan dönemlerde ise daha düşük hata oranı ile tahminler ürettiğini tespit etmişlerdir. Bunun yanında bazı dönemler için Meksika merkez bankasından daha iyi enflasyon oranı tahminleri elde ettiklerini göstermişlerdir. Ögünç ve ark. (2013), çalışmalarında enflasyonu tahmin etmek için çeşitli yöntemlerin performansını değerlendirmiştir. Tek değişkenli ve çok değişkenli modeller kullanmanın yanında lineer olmayan yöntemlere de başvurmuşlardır. Bu aşamada çok değişkenli kurulan modellerin kısmen daha doğru sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Ayrıca modellerin çeşitli kombinasyonlarının enflasyon oranını tahmin etmede hata oranlarını azalttığını da tespit etmişlerdir. Groen ve ark. (2013), çalışmalarında Bayes modelini kullanarak ABD enflasyonunu tahmin etmiştir. Enflasyonu çok değişkenli modellerle inceleyebilmek adına 15 bağımsız değişken belirlemişlerdir. Kurdukları modelin esnek bir model olduğunu ifade etmektedirler. Chen ve ark. (2015), çalışmalarında Çin enflasyon oranını tahmin etmek için gri markov modelini kullanmıştır. 8 yıllık küçük örneklem verisiyle yapılan analizlerde, Çin’de enflasyon oranının 2013 yılı sonrasında yavaş bir yükselişe geçeceğini göstermişlerdir. Küçük gözlemlerle analizlerde özellikle tercih edilen Gri modelin kullanılması tahmin doğruluğunu artırmıştır. Thakur ve ark. (2016), enflasyonun önemi ve doğru tahmin edilmesinin hayati olması ile beraber, geri beslemeli yapay sinir ağı yaklaşımıyla Hindistan enflasyon verilerini tahmin etmişlerdir. Kurdukları modele bazı makroekonomik değişkenleri de eklemişler ve tahmin doğruluğunun tatmin edici bir boyutta olduğunu ifade etmişlerdir. Garcia ve ark. (2017), çalışmalarında Brezilya enflasyon oranını tahmin etmek için çok değişkenli ekonometrik modeller kullanmıştır. Ayrıca, bu modellerden elde edilecek kombinasyon sonuçlarının daha başarılı olduğunu göstermişlerdir. Tay Bayramoğlu ve Öztürk (2017), Türkiye’de ÜFE ve TÜFE verilerinin tahminlerinde ARIMA modelini ve GM(1,1) modelini kullanarak iki yöntemin tahmin performansını karşılaştırmışlardır. Her iki modelin de TÜFE verilerinin tahmin edilmesinde daha başarılı sonuçlar ürettiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca gözlem sayısı küçüldükçe Gri modellerin ARIMA modeline göre daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Görüldüğü üzere, enflasyonun tahmini için birçok çalışma yapılmış ve şüphesiz bu çalışmaların ortak gayesi, incelenen verinin daha doğru tahmin edilmesi olmuştur. Burada, yüksek tahmin doğruluğu için farklı yöntemlerin geliştirildiği ve kullanıldığı görülmektedir. Fakat yapılan tahminlerin doğruluk değerinin artırılmasında yeni teknikler geliştirmenin yanında, mevcut yöntemlerin modifiye edilmesi de literatürde karşılaşılan bir diğer durumdur. Tahmin sonuçlarından elde edilen hata terimlerine uygulanan Fourier serisi yaklaşımı modifikasyonu da bu tekniklerden bir tanesidir.

Fourier serileri ile modifikasyon uygulanarak yapılan çalışmalar incelendiğinde karşılaşılan çalışmalar şöyle sıralanabilir. Kayacan ve ark. (2010) çalışmalarında Dolar/Euro paritesini tahmin etmede Gri modelleri kullanmışlar ve sonrasında modellerden elde edilen tahmin değerlerini Fourier serileri ile modifiye etmişlerdir. Sonuç olarak, Fourier serileri ile elde edilen sonuçların hata oranlarının çok düşük olduğunu göstermişlerdir. Saremi ve ark. (2011) çalışmalarında su kaynaklarının doğru kullanılması için nehir akış miktarını ele almış ve oluşturulan zaman serisini ARIMA, PARMA ve Kalman Filtre ile tahmin etmişlerdir. Sonrasında bu 3 modeli de Fourier serileri ile modifiye ederek tahminlerin doğruluk oranlarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak Fourier serileri ile yapılan tahminlerin hata oranlarının çok küçük olduğunu göstermişlerdir. Wang ve ark. (2012) çalışmalarında Çin’in kuzeybatı elektrik şebekesi için elektrik talebini mevsimsel ARIMA (SARIMA) ve onun hata terimlerinin modifikasyonu ile tahmin etmiştir. Ele alınan dönemlere ait 51 gözlemlerle veri setini tahmin ederken kullanılan tüm teknikleri hata oranlarına göre karşılaştırdıklarında Fourier serileri ile modifiye edilen modellerin elektrik talebini tahmin etmede yüksek doğruluk oranına sahip olduğunu

göstermişlerdir. Afshar ve Fahmi (2012) çalışmalarında İran için aylık yağış miktarını tahmin etmede yalnızca Fourier serilerini kullanmışlardır. Çalışmalarında 16 yıllık yağış verisini analiz etmişler ve Fourier serilerinin başarılı sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Jiang ve ark. (2013) çalışmalarında Çin'in Jiangsu eyaletine ait nüfus hareketliliğini Gri tahmin modelleri ile tahmin etmişlerdir. Çalışmanın devamında kalıntılar Fourier serileri ile tekrar değerlendirilip yeni tahminler elde edildiğinde Fourier serileri ile elde edilen sonuçların çok yüksek doğruluk oranına sahip olduğunu göstermişlerdir. Nguyen ve ark. (2013) çalışmalarında 2012 yılı verileriyle Tayvan için hava kargo taşımacılığı miktarını tahmin etmek için mevsimsel ARIMA (SARIMA) ve onun hata terimleri modifikasyonu ile tahmin yapmışlardır. Diğer çalışmalara benzer şekilde Fourier modifikasyonlu ARIMA modelinin çok yüksek doğruluk oranıyla tahminler ürettiğini göstermişlerdir. Shu ve ark. (2014) çalışmalarında Hong Kong ve Kaohsiung limanlarından topladıkları konteyner kargo taşımacılığına ait verilerle mevsimsel ARIMA (SARIMA) ve onun hata düzeltmeleri modifikasyonu kullanarak tahminde bulunmuşlardır. Shu ve ark. (2014) çalışmalarında Yeni Zellanda'ya gelen turist sayısını tahmin etmek için SARIMA ve hata düzeltmeleri modifikasyonu kullanmışlardır. Hata düzeltmeleri yaparken Fourier serilerini kullanmışlardır. Sonuç olarak Fourier serileri yardımıyla elde ettikleri tahmin değerlerini gerçek değerlere çok yakın olduğunu göstermişlerdir. Nan ve Thanh (2015) çalışmalarında doğrusal olmayan Gri Bernoulli modelini Fourier serileri ile modifiye etmişlerdir. Orijinal ve modifiye edilmiş modellerin hata oranlarını karşılaştırdıklarında Fourier serileri ile elde edilen sonuçların doğruluk oranlarının çok yüksek olduğunu göstermişlerdir. Iwok ve Udoh (2016) çalışmalarında tüketici fiyat endeksi (TÜFE) verisini kullanarak ARIMA, ARIMA'nın Fourier modifikasyonu ve Wavelet yöntemlerini karşılaştırmışlar, kullandıkları veriye Wavelet yönteminin daha çok uyduğunu göstermişlerdir. Nguyen ve ark. (2019) çalışmalarında doğrusal olmayan Gri Bernoulli ve farklı tahmin tekniklerini karşılaştırmışlardır. Doğrusal olmayan Gri Bernoulli modelinin Fourier serileri ile modifikasyonu sonucu ise en doğru tahminlerin yapıldığını tespit etmişlerdir. Eze ve ark. (2020) çalışmalarında Bishop Shannahan Hastanesinde hamilelik sırasında sıtma hastalığı sıklık oranını ARIMA ve Fourier düzeltmesi modellenmesini kullanarak tahminleme yapmışlardır. ARIMA yönteminden elde edilen sonuçlara Fourier serileri dönüşümü uyguladıklarında tahmin doğruluğunun çok yükseldiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak Fourier modifiyeli ARIMA modelinin tahmin başarısını göstermişlerdir. Bağcı (2020) çalışmasında döviz kuru tahmininde öncelikle üstel düzeltme ve hareketli ortalamalar yöntemlerini kullanmıştır. Sonrasında tahmin hatalarını düşürmek amacıyla Fourier serilerini kullanmış ve Fourier serileri ile düzeltilen tahmin değerlerinin gerçek değerlere yaklaştığını göstermiştir.

Literatür özetlerinden de görüleceği üzere, çalışmamızın temellerini oluşturan enflasyon oranı tahmini ve Fourier serisi modifikasyonuna ait birçok başarılı çalışma bulunmaktadır. Buradan, çalışmamız ele alınan konu ve yöntem itibarıyla sağlam temellere oturduğu anlaşılmaktadır.

## II.YÖNTEM

### II.I. Box-Jenkins Tahmin

Tek değişkenli zaman serilerinin gelecek dönem tahminlerinde kullanılan Box-Jenkins yöntemi, literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Box ve Jenkins, ele alınan zaman serisi sisteminin rassal yapıda olduğu ve veri üretme sürecinin stokastik bir yapıda olduğu düşüncesiyle hareket etmişlerdir (Box ve ark., 2015). Box-Jenkins yöntemi; durağan doğrusal modeller, durağan olmayan doğrusal modeller ve mevsimsel modeller olarak 3 ana başlık altında toplanabilmektedir.

Durağan doğrusal modeller, sisteme ait gözlem değerlerinin sabit bir ortalama etrafında yerleştiğini ve verinin sürekli ortalama değiştirerek bir trende sahip olmaması durumunu ifade etmektedir. Durağan modeller de kendi arasında otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modelleri olarak sınıflandırılabilir.

Zaman serilerine ait modellemelerde, ele alınan değişkenin geçmiş dönemlerde aldığı değerlerin ve cari dönem hata teriminin, değişkenin gelecek dönemlerde alacağı değerlere etkisi olduğu durumlarda otoregresif (AR) süreç söz konusudur. AR modellerin genel ifadesi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \dots + \Phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada  $p$ , bağlı olunan geçmiş dönem değerini ifade etmektedir (Box ve ark., 2015: 52).

Zaman serilerine ait modellemelerde, ele alınan değişkenin geçmiş dönemlerde aldığı değerlere ait ve cari döneme ait hata teriminin, değişkenin gelecek dönemlerde alacağı değerlere etkisi olduğu durumlarda hareketli ortalama (MA) süreci söz konusudur. MA modellerin genel ifadesi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

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

Burada  $q$ , bağlı olunan geçmiş dönem hata terimi ifade etmektedir (Box ve ark., 2015: 53).

Zaman serilerine ait modellemelerde, ele alınan değişkenin geçmiş dönemlerde aldığı değerler, geçmiş dönemlere ait hata terimleri ve cari dönem hata teriminin, değişkenin gelecek dönemlerde alacağı değerlere etkisi olduğu durumlarda otoregresif hareketli ortalama (ARMA) süreci söz konusudur. ARMA modellerin genel ifadesi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \dots + \Phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

Ele alınan sistemin durağan olması durumunda AR, MA ve ARMA modelleri sistemi modellemek için kullanılabilir. Fakat incelenen sistemler genelde durağan olmamaktadır. Durağan olmayan sistemlerin, durağan hale getirildikten sonra Box-Jenkins yöntemleri uygulanması gerekmektedir. Sistemin durağan hale getirilebilmesi için en sık kullanılan yöntem fark alma işlemidir. Yeteri sayıda fark alınarak seriler durağan hale getirildikten sonra AR ve MA dereceleri belirlenmelidir. Durağan olmayan sistemlerin genel ifadesi ARIMA( $p,d,q$ ) şeklinde gösterilirken, ARIMA modelinde  $p$  AR derecesini,  $d$  alınan fark sayısını,  $q$  ise MA derecesini göstermektedir (Box ve ark., 2015: 94-95).

## II.II. Gri Tahmin

1980'li yıllarda Ju-Long Deng tarafından önerilen gri sistem teorisi belirsiz ve eksik bilgili sistemlerin analizi için belirsizliği çözebilecek bir teodir (Deng, 1982: 288). Gri sistem, belirli bir verinin doğal düzenini ortaya çıkarmaya çalışmaktadır (Liu ve ark., 2014: 21). Gri sistemde teorik olarak stokastik süreç, belli bir aralık veya uzayda değişkenlik gösteren gri değişken olarak kabul edilmektedir (Wu ve ark., 2015: 490). Gri tahminleme ise, gri sistem teorisini baz alarak en az 4 gözlemle çalışan ve birçok alana başarıyla uygulanmış bir yaklaşımdır.

Gri sistemlerde kurulan modellerin dereceleri farklılık göstermektedir. Gri sistemin derecesi, modellemede kullanılan gri diferansiyel denklemin derecesinden gelmektedir. Gri sistemlerde öngörü amacıyla kullanılan birkaç farklı teknik olmakla beraber, en çok kullanılan GM(1,1) modelidir. Ele aldığı sistemin kendi geçmiş değerlerinden hareketle sistemin hareketini modelleyen GM(1,1) modeli, çok farklı alanlarda sıklıkla uygulanmıştır. Fakat sosyal bilimler özelindeki çalışmalarda bu sıklığa rastlanmamaktadır.

Birinci dereceden tek değişkenli model olan GM(1,1) modeli, tahminleme konularında gayet başarılı sonuçlar vermiştir (Deng, 1989: 1).

GM(1,1) modeline ait işlemleri vermeden önce, modelin adında bulunan simgelerin ne anlama geldiği;

**GM:** Grey Model

**(1,1):** (1. Dereceden Diferansiyel Denklem, 1 Değişken)

şeklinde açıklanabilir.

Çalışmamızda da kullanılacak olan GM(1,1) modelinin çalışma prensibi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

Negatif olmayan orijinal veri dizisi  $X^{(0)}$  aşağıdaki gibi olsun.

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

Burada,  $n$  gözlem sayısını göstermektedir.

Ele alınan sisteme ait verileri gri sistemlerle analize uygun hale getirmek için, orijinal veri dizisinden, birinci dereceden toplam üretim operatörü kullanarak monoton olarak artan,

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

dizisi elde edilmektedir.

Burada,

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (6)$$

dir.

GM(1,1) modelini şekillendirmek ve modelde yer alan katsayıların hesaplanması amacıyla, birinci dereceden ortalama değer operatörü kullanılarak;

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (7)$$

dizisi elde edilir.

Burada,

$$z^1(k) = \alpha x^1(k) + (1 - \alpha)x^1(k - 1) \quad (8)$$

dir.

Genellikle kullanılan durulaştırma tekniği eşit ağırlıklı olduğundan  $\alpha = 0,5$  alınır ve (8) denklemi;

$$z^{(1)}(k) = 0,5 \cdot x^{(1)}(k) + 0,5 \cdot x^{(1)}(k - 1)$$

şekline dönüşmüş olur.

GM(1,1) gri diferansiyel denkleminin en küçük kareler tahmincisi,

$$x^0(k) + az^1(k) = b \quad (9)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Burada, GM(1,1) modelinin kullanılarak tahminde bulunulması için (9) denkleminde yer alan  $a$  ve  $b$  parametrelerini bilinmesi koşulu açıktır. (Wen, 2004) çalışmasında bu parametreleri bulmak için en iyi yöntemin en küçük kareler yöntemi olacağını açıklamıştır.

(9) denklemi her bir  $k$  değeri için açılacak olursa;

$$\begin{aligned} x^0(2) + az^1(2) &= b \\ x^0(3) + az^1(3) &= b \\ x^0(4) + az^1(4) &= b \\ &\dots\dots\dots \\ x^0(n) + az^1(n) &= b \end{aligned}$$

denklem sistemi elde edilecektir.

Bu eşitlikleri matris şeklinde yazmak, aşağıdaki şekilde mümkün olacaktır.

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (12)$$

(10) – (12) denklem takımıyla paralel olacak şekilde matris gösterimlerine ait eşitlik;

$$Y = B\hat{a} \quad (13)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Buradan,

$$\hat{a} = [B^T B]^{-1} B^T Y \quad (14)$$

şeklinde çözüm denklemi elde edilir.

Buradan hareketle,

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dt} + ax^{(1)}(k) = b \quad (15)$$

eşitliğiyle verilen birinci dereceden türevlenebilir diferansiyel denklemin çözümü;

$$x^{(1)}(t) = \left[ x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-at} + \frac{b}{a} \quad (16)$$

şeklinde elde edilir.

$x^{(1)}(t)$  nin  $(k + 1)$  noktasındaki çözümü;

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left[ x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (17)$$

ve dolayısıyla,

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (18)$$

tahmin denklemi elde edilir.

Dikkat edilecek olursa, işlemlerin başında orijinal veri, birikimli hale dönüştürülmüş ve oluşturulan birikimli veri üzerinden işlemler gerçekleştirilmiştir. Son durumda elde edilen seri tekrar;

$$\hat{x}^{(0)}(k + 1) = \alpha^{(1)} \hat{x}^{(1)}(k + 1) = \hat{x}^{(1)}(k + 1) - x^{(1)}(k) \quad (19)$$

eşitliği kullanılarak geri birikimle orijinal haline dönüştürülür ve tahmin sonuçları elde edilmiş olur. Dolayısıyla GM(1,1) modeli ile sisteme ait verilerin tahmin değerleri elde edilmiş olur (Deng, 1989: 5-9).

### II.III. Fourier Serileri İle Modifikasyon

Tahmin yöntemlerinin birçok alanda başarıyla uygulanabilir olmasına rağmen bazı durumlarda hata oranlarının yüksek olduğu görülebilmektedir. Bu durumda, söz konusu tahmin yöntemini kullanmamak yerine yöntem modifiye edilebilmektedir. Burada amaç, tahmin doğruluğu daha yüksek sonuçlar elde etmektir. Çalışmamızda kullanılacak olan iyileştirme yöntemi Fourier serilerine dayanmaktadır.

Birçok çalışmada, tahmin modellerinin bazı dönüşümlerle daha iyi sonuçlar verebileceği gösterilmiştir (Tan & Lu, 1996; Tan & Chang, 1996; Guo ve ark., 2005). Tahmin sonuçlarına ait hata terimleri, Fourier serileri kullanılarak düzenlenebilir ve bu şekilde daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir (Tan & Chang, 1996).

Fourier modifikasyonu, tahmin değerlerine ait hata terimleri üzerine yoğunlaşmaktadır.

$x^{(0)}(k)$ , gerçek gözlem değeri ve  $\hat{x}^{(0)}(k)$  o gözlemin tahmin edilen değeri olmak üzere,

$$\varepsilon^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k) \quad (20)$$

şeklinde hata terimleri hesaplanmaktadır.

Tahmin sonuçlarına ait hata terimleri dizisi;

$$\varepsilon^{(0)} = (\varepsilon^{(0)}(1), \varepsilon^{(0)}(2), \dots, \varepsilon^{(0)}(n)) \quad (21)$$

şeklinde yazılabilir.

Bu şekilde elde edilen hata terimleri dizisi aşağıdaki gibi Fourier serisine açılacaktır.

$$\varepsilon^{(0)}(k) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{i=1}^z \left[ a_i \cos\left(\frac{2\pi i}{T}k\right) + b_i \sin\left(\frac{2\pi i}{T}k\right) \right], \quad k = \overline{2, n} \quad (22)$$

Burada  $n$  gözlem sayısı olmak üzere,

$$T = n - 1, \quad z = \frac{n - 1}{2} - 1 \quad (23)$$

dir.

Eşitliklerden de anlaşılacağı üzere  $T$  bir tamsayıdır ve  $z$  ise bir tamsayı olarak seçilir.

Hata terimlerine ait Fourier serisi açılımı incelendiğinde;

$$\varepsilon^{(0)} = PC \quad (24)$$

şeklinde iki matrisin çarpımı şeklinde yazılabilecektir.

Burada,

$$C = [a_0, a_1, b_1, \dots, a_n, b_n]^T \quad (25)$$

$$P = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi}{T}2\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{T}2\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi z}{T}2\right) & \sin\left(\frac{2\pi z}{T}2\right) \\ \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi}{T}3\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{T}3\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi z}{T}3\right) & \sin\left(\frac{2\pi z}{T}3\right) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{2} & \cos\left(\frac{2\pi}{T}n\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{T}n\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi z}{T}n\right) & \sin\left(\frac{2\pi z}{T}n\right) \end{bmatrix} \quad (26)$$

dir.

Burada  $C$  katsayılar matrisini hesaplamak için en küçük kareler tekniği kullanılır ve aşağıdaki denklem elde edilir.

$$C = (P^T P)^{-1} P^T \varepsilon^{(0)} \quad (27)$$

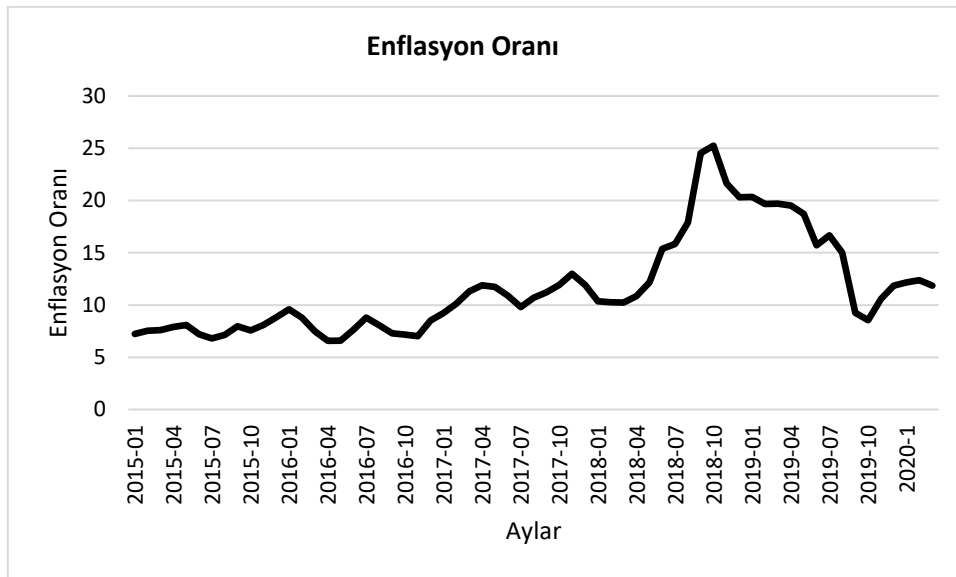
Bu şekilde hata terimleri Fourier serisi açılımı ile düzeltilmiş olur. Düzeltilmiş hata terimleri,

$$x_f(k) = \hat{x}^{(0)}(k) + \varepsilon_f(k) \quad (28)$$

şeklinde kullanılarak yeni tahmin değerleri elde edilir (Kayacan ve ark., 2010: 1787).

### III. VERİ SETİ VE ÖZELLİKLERİ

Çalışmamız, doğası gereği tek değişken üzerinden tasarlanmış olup bu değişken, Türkiye’de gerçekleşen enflasyon oranını temsilen TÜFE olmuştur. Çalışmada enflasyon oranına ait 1 Ocak 2015-31 Mart 2020 tarihleri arasındaki aylık veriler kullanılmıştır. Veriler, Türkiye’de en güvenilir veri sağlayıcılardan biri olan TÜİK’ten elde edilmiştir. Analizlere alınan değişkende, söz konusu tarih aralığında herhangi bir eksik veriye rastlanmamıştır. Kullanılan enflasyon oranı verisine ait zaman grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil 1. Ocak 2015-Mart 2020 Dönemi Aylık Enflasyon Oranı (TÜFE)

Ele alınan dönem itibariyle Türkiye’de enflasyon oranına ait grafik incelendiğinde 2016 yılının sonlarına kadar olan dönemde enflasyonun daha istikrarlı hareket ettiği görülmektedir. Bunun yanında 2017 yılında başlayan yükseliş trendi 2018 yılı sonlarına kadar sürmüştür. Ekim 2018 yılında en yüksek noktaya ulaştıktan sonra bir düşüş trendi başlamış olup bu durumun 2019 yılı sonlarında düzeltmeye başladığı anlaşılmaktadır.

#### IV. AMPİRİK BULGULAR

Çalışmamızda Ocak 2015-Mart 2020 dönemine ait aylık enflasyon oranı verileri ayrı ayrı ARIMA modeli ve GM(1,1) modeli ile tahmin edilmiştir. Her bir gözleme ait elde edilen tahmin değerleri yardımıyla hata terimleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu hata terimlerine, Fourier serileri modifikasyonu uygulanarak hatalar düzeltilmiş ve söz konusu iki modele ait yeni tahmin sonuçları elde edilmiştir. Dolayısıyla toplam 4 farklı modelde tahminler gerçekleştirilmiştir. Bu anlamda, kullanılan model isimleri ve çalışmamızda kullanılan kısa isimleri aşağıda ifade edilmiştir.

*GM(1,1)*: GM(1,1) Model (1.Dereceden, 1 Değişkenli Gri Model)

*ARIMA*: ARIMA Model (Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli)

*F-GM(1,1)*: Fourier Serileri İle Modifiye Edilmiş GM(1,1) Model

*F-ARIMA*: Fourier Serileri İle Modifiye Edilmiş ARIMA Model

Ele alınan verilerle ilk olarak ARIMA modeli kurulmuştur. Bu anlamda öncelikle serinin durağan yapıda olup olmadığının kontrolü için birim kök incelemesi yapılmıştır. Burada ADF (Augmented Dickey-Fuller) testi kullanılmıştır. ADF test sonucuna göre seri birim kök içermektedir ve dolayısıyla durağan değildir. Serinin durağan hale getirilmesi için 1. fark alınmıştır. Elde edilen fark serisine ait ADF test sonucu aşağıda verilmiştir.

**Tablo 1. ADF Test Sonuçları**

		Sabit		Sabit ve Trend	
		t-istatistiği	p-değeri	t-istatistiği	p-değeri
<b>Kritik Değer</b>	% 1	-3.507215	0.000	-3.681973	0.001
	% 5	-2.604746		-3.546099	
	% 10	-1.946447		-2.911730	
		-1.613238		-2.593551	

Tablo 1’e göre, fark serisinin durağan olduğu görülmektedir. Böylece, ARIMA ( $p, d, q$ ) modelinde  $d = 1$  olduğu belirlenmiştir. Modelin AR ve MA derecelerini temsil eden  $p$  ve  $q$  belirlenirken gerekli denemeler yapılarak  $p = 4$  ve  $q = 0$  durumlarının anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Böylece kurulan model ARIMA (4,1,0) şeklinde yazılabilmektedir. Ayrıca seride mevsimsellik kontrolü yapılmış ve mevsimselliğe rastlanmamıştır. Bu durum, SARIMA modelinde mevsimsellik derecelerinin (0,0) bulunmasıyla da teyit edilmiştir.

Enflasyon oranının tahmininde kullanılan ikinci yöntem ise, Gri tahmin yöntemlerinden GM(1,1) modelidir. Doğrusal regresyon modeline benzer olan GM(1,1) modelinin çözümünde de en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Az gözlem sayılı durumlarda da çalışabilen GM(1,1) modeli, çalışmamızda, ARIMA modeliyle karşılaştırıldığı için kısmen fazla gözlem ile kurulmuştur.

ARIMA ve GM(1,1) modeli ile elde edilen tahmin sonuçları ile gerçek değerler ve hata oranları aşağıdaki tablo 2’de yer almaktadır.

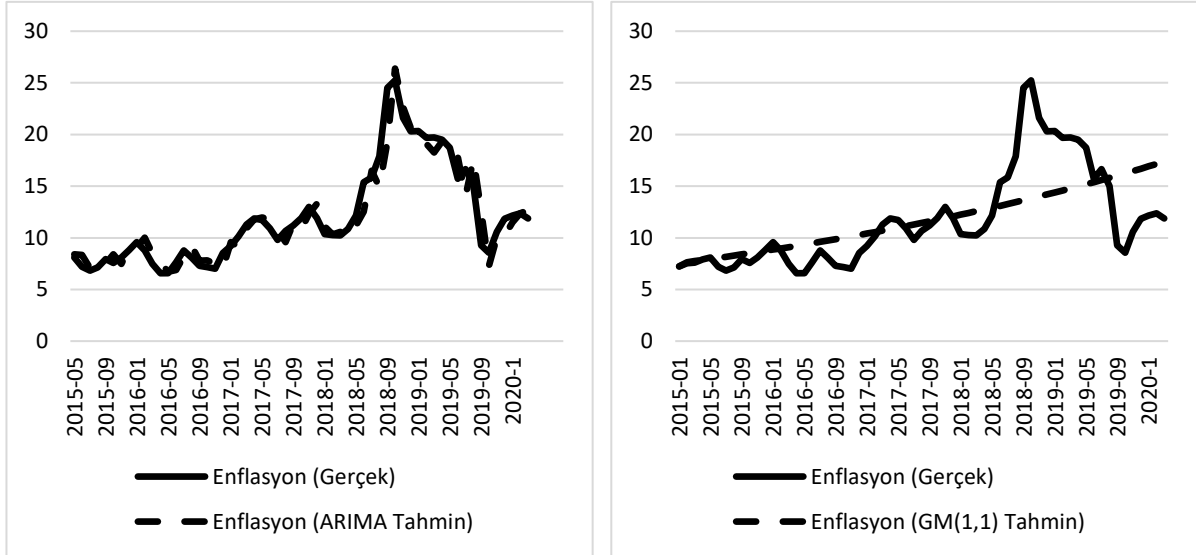
Tahminlerin doğruluk değerlerinin hesaplanması için tahminlere ait hata oranları hesaplanmıştır. Hata oranlarının hesaplanmasında ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) kullanılmıştır. Bu hesaplamada kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\Delta^{(0)}(k) = \left( \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right) \quad (29)$$

**Tablo 2. Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler**

Tarih	Gerçek Değer	ARIMA Tahmini	GM(1,1) Tahmini
2015-01	7,24	-	7,24
2015-02	7,55	-	7,63
2015-03	7,61	-	7,74
2015-04	7,91	-	7,84
2015-05	8,09	8,09	7,95
2015-06	7,20	7,20	8,06
...	...	...	...
2020-02	12,37	12,37	17,15
2020-03	11,86	12,67	17,38
<b>Hata (MAPE)</b>		<b>0,083</b>	<b>0,201</b>

Hesaplanan hata oranları ARIMA modelinin üstünlüğünü göstermektedir. Bu iki modelin kurulmasıyla elde edilen tahminlere ait grafikler ise aşağıda verilmiştir.



**Şekil 2. ARIMA ve GM(1,1) Modellerine Ait Tahmin Sonuçları**

Grafiklerden de anlaşılacağı üzere, ARIMA modeli, GM(1,1) modeline göre enflasyon serisinin zaman seyrine daha uygun bir yol izlemektedir.

ARIMA ve GM(1,1) modelinin gelecek dönem tahminlerine ilişkin yapılan hesaplamalarda tablo 3 elde edilmiştir.

**Tablo 3. Gelecek Döneme İlişkin Tahmin Edilen Değerler**

Tarih	Gerçek Değer	ARIMA Tahmini	GM(1,1) Tahmini
2020-04	10,94	12,40	17,45

Orijinal modellerin bir sonraki dönem tahminleri incelendiğinde geçmiş dönem verilerine paralel şekilde ARIMA modelinin GM(1,1) modeline göre gerçek değere daha yakın tahminler ürettiği görülmektedir.

Analizlerin ikinci aşamasında, hem ARIMA hem de GM(1,1) modeli ile elde edilen tahminlere ait hata terimlerine Fourier dönüşümü uygulanmıştır. Burada gerekli olan parametreler  $n = 63$  olmak üzere;

$$T = n - 1 = 62 \text{ ve } z = \frac{n - 1}{2} - 1 = 30$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Bu şekilde, Fourier dönüşümü matrisi ile kalıntılar yeniden değerlendirilmiş ve elde edilen tahmin değerleri yeniden hesaplanmıştır.

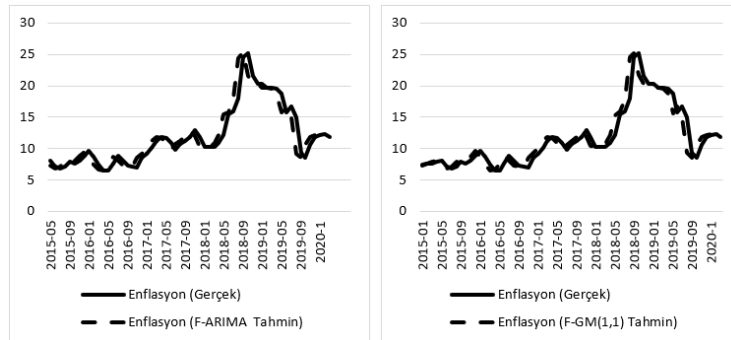
F-ARIMA ve F-GM(1,1) modeli ile elde edilen tahmin sonuçları ile gerçek değerler ve hata oranları aşağıdaki tablo 4'te yer almaktadır.

**Tablo 4. Gerçek Değerler ve Modifiye Edilmiş Tahmin Değerleri**

Tarih	Gerçek Değer	F-ARIMA Tahmini	F-GM(1,1) Tahmini
2015-01	7,24	-	7,24
2015-02	7,55	-	7,51
2015-03	7,61	-	7,65
2015-04	7,91	-	7,87
2015-05	8,09	8,16	8,13
2015-06	7,20	7,24	7,16
...	...	...	...
2020-02	12,37	12,41	12,33
2020-03	11,86	11,82	11,90
<b>Hata (MAPE)</b>		<b>0,004</b>	<b>0,003</b>

Burada hesaplanan hata oranlarının birbirine çok yakın olmasının yanında, orijinal modellerden çok farklı ve başarılı sonuçlar göze çarpmaktadır.

Bu şekilde, elde edilen yeni tahminlere ilişkin grafikler aşağıda yer almaktadır.



**Şekil 3. F-ARIMA ve F-GM(1,1) Modellerine Ait Tahmin Sonuçları**

Burada, Fourier serileri ile modifiye edilen modellerin yeni tahmin değerlerinin, gerçek değerlerle çok yakın seyrettiği görülmektedir.

F-ARIMA ve F-GM(1,1) modelinin gelecek dönem tahminlerine ilişkin yapılan hesaplamalarda aşağıdaki tablo elde edilmiştir.

**Tablo 5. Gelecek Döneme İlişkin Tahmin Edilen Değerler**

Tarih	Gerçek Değer	F-ARIMA Tahmini	F-GM(1,1) Tahmini
2020-04	10,94	11,02	10,88

Gelecek dönemlere ilişkin tahminler incelendiğinde Fourier serileri ile yapılan düzeltmenin geçmiş dönem verilerinde olduğu gibi burada da başarılı sonuçlar üretebildiği görülmektedir.

Elde edilen tüm tahmin sonuçlarına ait hata oranları aşağıdaki tablo 6'da birlikte yer almaktadır.

**Tablo 6. Orijinal ve Fourier Modifiyeli Modellere Ait Tahmin Hataları**

HATA ORANI	ARIMA Model	GM(1,1) Model	F-ARIMA Model	F-GM(1,1) Model
MAPE	0,083	0,201	0,004	0,003

Hesaplanan hata oranlarına bakıldığında, modellerin orijinal halleri arasından en iyi sonucun ARIMA tekniğine ait olduğu görülmektedir. Tüm modeller karşılaştırıldığında ise, Fourier dönüşümlü modellerin çok daha doğru sonuçlar ürettiği göze çarpmaktadır. Yapılan modifikasyon işleminin başarılı tahminler yaptığı ve gerçek hayatta kullanılmaya daha uygun olduğu anlaşılmaktadır.

## SONUÇ

Öncelikle çalışmamızda, literatürde sıkça üzerinde çalışılan tahmin ve tahmin doğruluğu üzerine yoğunlaşmıştır. Literatürde gerek tek değişkenli gerekse çok değişkenli birçok tahmin tekniği olduğu bilinmektedir. Güncel çalışmalar, yeni tahmin yöntemleri geliştirmek ya da mevcut tahmin sonuçlarının doğruluğunun artırılması için gerekli modifikasyonun yapılmasına yönelmektedir. Çalışmamızda da literatürde sık kullanılan Box-Jenkins tahmin yöntemleri ve Gri tahmin modellerinin tahmin doğruluğu araştırılmış ve Fourier serisi kullanarak tahmin doğruluğu arttırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, teknik olarak tahmin doğruluğunun artırılması için gerekli modifikasyonu ana amaç edinen çalışmamızda, kullanılan veri setinin de özellikle devlet yöneticileri, şirketler ve bireyler için hayati öneme sahip olan enflasyon değişkeni olması, sonuçları değerli kılmıştır. Enflasyon verisinin gelecekte alması muhtemel değerlerinin önceden tahmin edilmesinin para politikalarından maliye politikalarına, şirketlerin yatırım kararlarından bireylerin hane halkı bütçe denge hesabına kadar çok geniş bir yelpazede etkili olduğu bilinmektedir. Bu sebeple bu ekonomik göstergenin doğru tahmin edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu düşünceyle hazırlanmış bu çalışmanın sonuçları da enflasyonun gelecek dönem tahmin doğruluğunun, kullanılan söz konusu analiz teknikleriyle artırıldığını ve daha isabetli sonuçlar elde edilebildiğini göstermiştir. Bu durumun literatürde yapılmış Fourier serisi modifikasyonuna dayalı tahmin çalışmalarına benzer şekilde gerçekleştiği söylenebilir.

Sonuçlara göre, ele aldığımız dönem ve değişken bağlamında orijinal ARIMA modeli ve GM(1,1) modeli karşılaştırıldığında, ARIMA modeli daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu iki yöntem de Fourier serisi yardımıyla modifiye edildiğinde, tahmin doğruluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Hatta hata oranı en yüksek yöntem olan GM(1,1) yönteminin Fourier serileri ile modifiye edildiğinde en doğru sonucu

ürettiği görülmektedir. Özetle, birbirinden farklı altyapıya sahip iki farklı tahmin yöntemi de, Fourier serileri ile modifiye edildiğinde tahmin sonuçlarının doğruluk değerlerinin ciddi anlamda arttığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, enflasyon oranının tahmin edilmesinde tahmin sonuçları bu şekilde modifiye edilerek daha doğru sonuçlar elde edilebilir ve böylece tahmin sonuçlarının belirsizlik aralığı dışına çıkması engellenebilmektedir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, orijinal modellerle elde edilen tahminlerin, TCMB tarafından belirlenmiş belirsizlik aralığı (nokta tahminin 2 puan altı ve üstü) dışına çıktığı görülmektedir. Fakat Fourier serileri modifikasyonu ile elde edilen tahmin değerlerinin bu belirsizlik aralığının içerisinde yer aldığı görülmektedir. Bu durum da, Merkez Bankasının daha doğru tahminler yaparak, hem piyasalara hem de hükümete karşı daha fazla güven telkin etmesine yardımcı olabilmenin yanında, kendi politikalarını belirlerken daha gerçekçi verilerle hareket etme imkanı sağlayacaktır. Gelecek dönem tahminlerine ilişkin elde edilen ve gerçekleşen değerler karşılaştırıldığında ise, Türkiye’de enflasyon oranında ciddi düşüşlerin yaşanmayacağı ve fiyat istikrarını sağlamak için daha yoğun çalışmalar yapılması gerektiği söylenebilir.

Çalışmamızda enflasyon verisi tek değişkenli olarak analiz edilmiştir. Fakat literatürde de görülebileceği üzere bazı çalışmalarda enflasyon çok değişkenli olarak genellikle diğer makroekonomik değişkenlerle birlikte ele alınmaktadır. Bizim çalışmamızda bu durum kullanılan analiz teknikleri ile ilgilidir. Bu durumun çalışmanın bir kısıtı olmasının yanında aynı zamanda sonraki çalışmalara da yol gösterici niteliğinde olduğu söylenebilir.

## KAYNAKÇA

- Afshar, N. R., & Fahmi, H. (2012). Rainfall forecasting using Fourier series. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 6(9), 1258–1262.
- Bağcı, B. (2020). Hareketli ortalamalar ve üssel düzeltme yöntemlerinin tahmin gücünün artırılması: Türkiye’de döviz kuru tahmini. *Turkuaz Uluslararası Sosyo-Ekonomik Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 2, 1–12.
- Bernanke, B. (2007). *Inflation expectations and inflation forecasting* (No. 306). Board of Governors of the Federal Reserve System (US).
- Bokil, M., & Schimmelpfennig, A. (2005). Three attempts at inflation forecasting in Pakistan. *International Monetary Fund Working Paper*, 45(3), 341–368.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: Forecasting and control*. New York: John Wiley & Sons.
- Chen, X., Jiang, K., & Liu, Y. (2015). Inflation prediction for China based on the Grey Markov model? In *2015 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services (GSIS)* (pp. 301-306). IEEE.
- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. *Sys. & Contr. Lett.*, 1(5), 288–294.
- Deng, J. L. (1989). Introduction to grey system theory. *The Journal Of Grey System*, 1(1), 1–24.
- Erilli, N. A., Eğrioğlu, E., Yolcu, U., Aladağ, Ç. H., & Uslu, V. R. (2010). Türkiye’de enflasyonun ileri ve geri beslemeli yapay sinir ağlarının melez yaklaşımı ile öngörüsü. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11(1), 42–55.
- Eze, C. M., Asogwa, O. C., Onwuamaeze, C. U., Eze, N. M., & Okonkwo, C. I. (2020). On the fourier residual modification of ARIMA models in modeling malaria incidence rates among pregnant women. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 9(1), 1–7.
- Garcia, M. G., Medeiros, M. C., & Vasconcelos, G. F. (2017). Real-time inflation forecasting with high dimensional models: The case of Brazil. *International Journal of Forecasting*, 33(3), 679–693.
- Groen, J. J., Paap, R., & Ravazzolo, F. (2013). Real-time inflation forecasting in a changing world. *Journal of Business & Economic Statistics*, 31(1), 29–44.
- Guo, Z., Song, X., & Ye, J. (2005). A Verhulst model on time series error corrected for port throughput forecasting. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 881–891.
- Hubrich, K. (2005). Forecasting euro area inflation: Does aggregating forecasts by HICP component improve forecast accuracy?. *International Journal of Forecasting*, 21(1), 119–136.

- Inoue, A., & Kilian, L. (2008). How useful is bagging in forecasting economic time series? A case study of US consumer price inflation. *Journal of the American Statistical Association*, 103(482), 511–522.
- Iwok, I. A., & Udoh, G. M. (2016). A Comparative study between the ARIMA-Fourier Model and the Wavelet model. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 7(6), 137–144.
- Jiang, C., Wang, J., Le, Y., Shang, J. B., & Shi, Y. S. (2013). Population spatial migration tendency forecasting with Grey model and Fourier series. *Applied Mechanics and Materials*, 409-410, 69–74. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.409-410.69>.
- Kara, A. H., & Orak, M. (2008). Enflasyon hedeflemesi. Ercan Kumcu (Ed.), *Krizler, Para ve İktisatçılar* (s. 81–157). İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Kayacan, E., Ulutas, B., & Kaynak, O. (2010). Grey system theory-based models in time series prediction. *Expert Systems With Applications*, 37(2), 1784–1789.
- Kenny, G., Meyler, A., & Quinn, T. (1998). *Forecasting Irish inflation using ARIMA models* (No. 3/RT/98). Central Bank of Ireland.
- Koop, G., & Korobilis, D. (2012). Forecasting inflation using dynamic model averaging. *International Economic Review*, 53(3), 867–886.
- Liu, S. F., Yang, Y. J., Wu, L. F., & Xie, N. M. (2014). *Grey System Theory and Its Application* (6 Baskı). Çin: Science Press.
- Luis, J., & Hector, J. (2013). Forecasting Mexican inflation using neural networks. In *CONIELECOMP 2013, 23rd International Conference on Electronics, Communications and Computing*.
- Meçik, O., & Karabacak, M. (2011). ARIMA modelleri ile enflasyon tahminlemesi: Türkiye uygulaması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 11(22), 177–198.
- Meyler, A., Kenny, G., & Quinn, T. (1998). *Forecasting Irish inflation using ARIMA models*. Central Bank and Financial Services Authority of Ireland.
- Moshiri, S., & Cameron, N. (2000). Neural network versus econometric models in forecasting inflation. *Journal of Forecasting*, 19(3), 201–217.
- Nakamura, E., (2005). Inflation forecasting using a neural network. *Economics Letters*, 86(3), 373–378.
- Nguyen N. T., Phan V. T., & Malara Z. (2019). Using Fourier series to improve the prediction accuracy of nonlinear Grey Bernoulli model. In: Nguyen N., Gaol F., Hong TP., Trawiński B. (eds.) *Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11431. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14799-0\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14799-0_31).
- Nguyen, T. L., Chen, P. J., Shu, M. H., Hsu, B. M., & Lai, Y. C. (2013). Forecasting with Fourier residual modified ARIMA model: The case of air cargo in Taiwan. In *Diversity, Technology, and Innovation for Operational Competitiveness: Proceedings of the 2013 International Conference on Technology Innovation and Industrial Management* (pp. 5-135). To Know Press.
- Orhunbilge, N. (1999). *Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat Endeksleri*. İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Öğünç, F., Akdoğan, K., Başer, S., Chadwick, M.G., Ertuğ, D., Hülagü, T., ..., Tekatlı, N. (2013). Short-term inflation forecasting models for Turkey and a forecast combination analysis. *Economic Modelling*, 33, 312–325.
- Saremi, A., Pashaki, M. H. K., Sedghi, H., Rouzbahani, A., & Saremi, A. (2011). Simulation of river flow using Fourier series models. In *International Conference on Environmental and Computer Science*, 19, 133–138.
- Shu, M. H., Hung, W. J., Nguyen, T. L., Hsu, B. M., & Lu, C. (2014). Forecasting with Fourier residual modified ARIMA model-An empirical case of inbound tourism demand in New Zealand. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 13(1), 12–21.
- Shu, M. H., Nguyen, T. L., Hsu, B., Lu, C., & Huang, J. C. (2014). Forecasting cargo throughput with modified seasonal ARIMA models. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 13, 171–181.
- Soybilgen, B., (2015). *Three essays on forecasting* (Doktora Tezi). İstanbul: Bilgi Üniversitesi.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1999). Forecasting inflation. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 293–335.
- Tan, C. L., & Chang, S. P. (1996). Residual correction method of Fourier series to GM(1,1) model. In *Proceedings Of The First National Conference On Grey Theory And Applications* (pp. 93-101). Kauhsiung, Taiwan.
- Tan, C.L., & Lu, B. F. (1996). Grey Markov chain forecasting model. In *Proceedings Of The First National Conference On Grey Theory And Applications* (pp. 157-162), Kauhsiung, Taiwan.

- Tay Bayramoğlu, & A., Öztürk, Z. (2017). ARIMA ve gri sistem modelleri ile enflasyon tahmini. *Itobiad: Journal of the Human & Social Science Researches*, 6(2), 760–775.
- Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası. (2020). *Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, Fiyat İstikrarı ve Enflasyon*. Erişim adresi:  
<https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Temel+Faaliyetler/Para+Politikasi/Fiyat+Istikrari+ve+Enflasyon/>.
- Thakur, G. S. M., Bhattacharyya, R., & Mondal, S. S. (2016). Artificial neural network based model for forecasting of inflation in India. *Fuzzy Information and Engineering*, 8(1), 87–100.
- Uğurlu, E., & Saraçoğlu, B. (2010). Türkiye’de enflasyon hedeflemesi ve enflasyonun öngörüsü. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 57–72.
- Wang, C., & Phan, V. (2015). An improved nonlinear Grey Bernoulli model combined with Fourier series. *Mathematical Problems in Engineering*, 1–7.
- Wang, Y., Wang, J., Zhao, G., & Dong, Y. (2012). Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China. *Energy Policy*, 48, 284–294.
- Wen, K. L. (2004). *Grey systems*. Tucson: Yang’s Scientific Press.
- Wu, L., Liu, S., Liu, D., Fang, Z., & Xu, H. (2015). Modelling and forecasting CO2 emissions in the BRICS (Brazil, Russia, India, China, And South Africa) countries using a novel multi-variable Grey model. *Energy*, 79, 489–495.

**Etik Beyanı** : *Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu beyan ederim. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmadığını, tüm sorumluluğun çalışmanın yazarına ait olduğunu beyan ederim.*

**Ethics Statement** : *The author declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In case of detection of a contrary situation, ÖHÜİBF Journal does not have any responsibility and all responsibility belongs to the author of the study.*

---