

TÜRKİYE’DE DÖVİZ PİYASASININ ETKİNLİĞİNİN FOURIER BİRİM KÖK TESTLERİYLE ANALİZİ

Özge BUZDAĞLI¹

Gönderim tarihi: 27.05.2022

Kabul tarihi: 15.08.2022

Öz

Çalışmada Türkiye'nin döviz piyasasının zayıf formda etkin olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu amaçla Dolar/TL ve Euro/TL'ye ait nominal döviz kuru verileri 2001:03-2021:11 dönemi için analiz edilmiştir. Fourier fonksiyonlarına dayalı birim kök testleri aracılığıyla yapılan analizlerde her iki kur serisinin durağan olduğu, dolayısıyla Türkiye’de döviz piyasasının zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre döviz kurlarının geçmişteki değerlerine bakılarak gelecekte alacağı değerlerin tahmin edilebileceği ve döviz piyasasındaki işlemcilerin anormal kar fırsatlarını yakalayabilecekleri söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Etkin Piyasa Hipotezi, Döviz Piyasası, Türkiye, Fourier Birim Kök Testi

JEL Sınıflaması: C22, F31, G14

THE ANALYSIS OF FOREIGN EXCHANGE MARKET EFFICIENCY BY FOURIER UNIT ROOT TESTS IN TURKEY

Abstract

This study investigates whether Turkey's foreign exchange market is efficient in a weak form. For this purpose, the data of nominal exchange rates of dollar/TL and euro/TL for the period 2001:03-2021:11 were analyzed. The analyzes using unit root tests based on Fourier functions showed that both exchange rate series are stationary and therefore the foreign exchange market in Turkey is not efficient in a weak form. Accordingly, it can be said that by looking at the past values of the exchange rates, the future values can be predicted and traders can perceive abnormal profit opportunities in the foreign exchange market.

Keywords: Efficient Market Hypothesis, Foreign Exchange Market, Turkey, Fourier Unit Root Test

JEL Classification: C22, F31, G14

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, ozgetatlici@atauni.edu.tr;
<https://orcid.org/0000-0002-2798-9889>

1. Giriş

Bretton Woods sisteminin 1973’te yıkılmasından sonra ülkelerin daha çok dalgalı döviz kuru rejimine yönelmeleriyle birlikte kurlarda oynaklık artış göstermiştir. Döviz kurlarının denge değerlerinden sapmalar göstermesi, dış ticaret yapan firmaların yanı sıra yerli ve yabancı yatırımcıların, politika yapıcıların, özel sektörde ve kamuda faaliyet gösteren şirketlerin kur tahminlerinde nasıl bir yöntem izlemeleri gerektiğine dair soruları ön plana çıkarmıştır. Bu kapsamda piyasa etkinliği kavramı kur tahminleri için önemli bir çıkış noktasıdır.

Piyasa etkinliği ya da diğer bir ifadeyle etkin piyasa hipotezi (EPH) 1960’lı yıllarda Fama’nın öncülüğünde yapılan çalışmalarda ortaya atılmış olup, finans literatüründe sıkça tartışılan konular arasında yer almaktadır. Bu hipotez, varlık piyasalarında fiyatların davranışı ile ilgilidir. Fama’ya göre sermaye piyasasının birincil rolü, ekonominin sermaye stokunun mülkiyetinin tahsis edilmesidir. Genel anlamda ideal olan, fiyatların kaynak tahsisi için doğru sinyaller verdiği bir piyasadır. Diğer bir deyişle menkul kıymet fiyatlarının herhangi bir zamanda mevcut tüm bilgileri "tamamen yansıttığı" varsayımı altında firmaların üretim-yatırım kararları alabildiği ve yatırımcıların, şirketlerin faaliyetlerinin mülkiyetini temsil eden menkul kıymetler arasından seçim yapabildiği bir piyasadır. Fiyatların her zaman mevcut tüm bilgileri "tamamen yansıttığı" bir piyasaya etkin piyasa denir (Fama, 1970: 383). EPH, ekonomik aktörler tarafından bilginin verimli bir şekilde kullanılmasına dayandığından, bilgi etkinliği olarak da adlandırılır. EPH, piyasa temsilcilerinin rasyonel beklentilere sahip olmasını ve onları varlık alıp satmaktan alıkoyan hiçbir işlem maliyetinin olmamasını gerektirir (Giannellis ve Papadopoulos, 2009: 155).

“Etkin piyasa” terimi başlangıçta hisse senedi piyasasına uygulanmıştır, ancak kavram kısa sürede diğer varlık piyasalarına genelleştirilmiştir (Beechey vd, 2000: 1). Piyasa etkinliği, yatırımcılar, finansal analistler, finans yöneticileri ve döviz kullanan tüm ilgili paydaşlar için döviz piyasasında da önemli bir rol oynamaktadır. Aslında EPH, modern döviz teorisinin temel taşı olarak kabul edilmekte ve hem rasyonel beklentiler hipotezini hem de yatırım araçlarının riskten bağımsız davranışını hesaba katmaktadır. Ayrıca fazla getiri sağlayan farklı ticaret stratejilerine ve döviz fiyatlarının mevcut bilgileri yansıtmadığına odaklanmaktadır. Bilindiği gibi yatırımcılar aşırı değerli ve düşük değerli para birimlerinin kâr fırsatlarından motive olurlar. Bu nedenle, yatırım analistlerinin yanlış fiyatlandırılmış para birimleri arayışı ve sonraki işlemleri (arbitraj mekanizması) piyasayı verimli kılar ve fiyatların gerçek değerleri yansıtmasına neden olur. Ayrıca, etkin bir döviz piyasası asgari düzeyde devlet müdahalesi gerektirir ve yatırımcılar döviz işlemlerinden anormal getiri elde edemezler. Aksine, piyasa etkinsizliği döviz kuru hareketlerinin geliş-

mesine neden olabilir ve kârlı döviz işlemleri için fırsatlar sunar. Döviz piyasası etkin değilse, fiyatlandırma sistemi, sermayenin verimli bir şekilde tahsis edilmesini önleyerek, bütün ekonomiyi olumsuz yönde etkileyebilir (Amelot vd, 2017: 2105).

EPH’de piyasa etkinliği 3 seviyede incelenmektedir (Kumar ve Joshi, 2014: 6):

1. Zayıf formda etkinlik: Mevcut fiyatlar geçmiş fiyat verilerinde yer alan tüm bilgileri yansıtıyorsa, piyasanın zayıf formda etkinliğe sahip olduğu söylenir. Fiyatı belirleyen bilgi seti sadece fiyatların geçmişini içerir. Piyasa getirisinin bağımsız olduğunu ve geçmiş getiri oranlarının gelecekteki oranlar üzerinde hiçbir etkisi olmadığını belirtir.

2. Yarı güçlü formda etkinlik: Eğer cari fiyatlar bütün piyasa katılımcıları tarafından bilinen bilgileri, dolayısıyla tüm kamuya açık bilgileri tam olarak yansıtıyorsa, piyasanın yarı güçlü etkinlik sergilediği söylenir.

3. Güçlü formda etkinlik: Mevcut fiyatlar, herhangi bir piyasa katılımcısı tarafından bilinen tüm kamuya açık ve ayrıcalıklı bilgileri tam olarak yansıtıyorsa, piyasa güçlü formda etkindir. Burada ayrıcalıklı bilgi, piyasa yapımcılarının, şirket yöneticilerinin ve yatırım yöneticilerinin zaman ve para harcayarak içeriden elde ettikleri özel bilgileri ifade eder.

EPH, finansal veya parasal piyasaların etkin olduğunu, yani bu piyasalardaki finansörlerin geçmiş verileri kullanarak gelecekteki döviz kurlarını tahmin edemeyeceğini belirtir (Firoj ve Khanom, 2018: 99). Fiyat değişikliklerinin önceki fiyatlardan rastgele sapmalar olarak nitelendirildiği bu hipotez, finans literatüründe sıkça kullanılan bir terim olan “rassal yürüyüş” fikriyle ilişkilidir. Rassal yürüyüş hipotezine göre eğer bilgi akışı engellenmezse ve bilgi anında varlık fiyatlarına yansıtılırsa, yarınki fiyatlar sadece yarının haberlerini yansıtacak ve bugünün fiyat değişikliklerinden bağımsız olacaktır. Ancak haber, tanımı gereği tahmin edilemez ve rassaldır, aksi halde haber değildir. Dolayısıyla bir finansal varlığın değerindeki bu tür hareketler de tahmin edilemez ve rassal olacaktır. Bir günden diğerine haberler, varlığın fiyatını değişen yönlerde ve değişen büyüklüklerde etkileyecektir (Malkiel, 2003: 59; Kumar ve Joshi, 2014: 6). Diğer bir ifadeyle ardışık fiyat değişiklikleri ilişkisizdir ve piyasadan normalin dışında kâr elde etmek mümkün değildir (Kumar ve Kamaiyah, 2016:104).

Fama’nın EPH’yi öne sürmesinden bu yana, özellikle gelişmiş ülkelerdeki döviz piyasaları, farklı ekonometrik teknikler kullanılarak kapsamlı bir şekilde etkinlik testlerine tabi tutulmuştur. Bu teknikler temel olarak (i) bir para birimi için spot döviz kurunun rassal bir yürüyüş sergileyip sergilemediğini, (ii) bir para birimi için vadeli döviz kurunun o para birimi için gelecekteki spot döviz kurunun sapmasız bir tahmincisi olup olmadığını ve (iii) birkaç para birimi arasında eşbütünleşme ilişkilerinin olup olmadığını belirlemeyi amaçla-

maktadır. Birinci tip testler zayıf formda etkinliği sınarken, ikinci ve üçüncü tip testler yarı güçlü formda etkinliği tespit etmekte kullanılmaktadır (Mohamed ve Banu, 2015: 333).

Bu çalışmada Türkiye’nin döviz piyasasının zayıf formda etkin olup olmadığı araştırılmaktadır. Türkiye özelinde yapılmış diğer çalışmalardan farklı olarak en güncel analiz yöntemlerinden Fourier tipi birim kök testlerine yer verilmektedir. Çalışmanın takip eden bölümünde literatürde döviz piyasalarının etkinliğini araştıran çalışmalar özetlenmekte, üçüncü bölümde veri ve yöntemle değinilmekte, dördüncü bölümde ise ampirik bulgular tartışılmaktadır. Çalışma sonuç bölümüyle tamamlanmaktadır.

2. Literatür İncelemesi

Döviz piyasalarının etkinliği literatürde çok ilgi gören ve tartışılan konular arasındadır. Uluslararası literatürde piyasa etkinliği daha çok varyans oranı testleriyle analiz edilirken, ulusal literatürde geleneksel ve yapısal kırılmalı birim kök testleri ile eşbütünleşme testlerinden yararlandığı görülmektedir. Bu bölümde öncelikle uluslararası literatürde yer alan çalışmalara yer verilmekte, ardından Türkiye özelinde yapılan çalışmalar sunulmaktadır. Tek ülke ve çok ülkenin incelendiği çalışmalar Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1: Çeşitli Ülkeler/Ülke Grupları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Yazar(lar)/Yıl	Dönem/Frekans	Ülke(ler)	Yöntem	Sonuç
Wickremasinghe (2008)	1986:01-2004:12 Aylık veriler	Sri Lanka	LB Q-testi ve KPSS testi	Piyasa zayıf ve yarı güçlü form- da etkin değil.
Azad (2009)	1998:01-2007:07 Günlük ve hafta- lık veriler	12 Asya-Pasifik ülkesi	Panel birim kök testleri ve varyans oranı testleri	Yüksek frekanslı (günlük) verilerin analiz sonuçlarında döviz piyasaları etkin, orta (haftalık) frekanslı verilerin analiz sonuçlarında döviz piyasaları etkin değil.
Chen (2009)	08.01.1998- 30.07.2008 Haf- talık veriler	10 Pasifik Hav- zası ülkesi	Varyans oranı testleri	Döviz piyasaları zayıf formda etkin değil.

Tablo 1: Çeşitli Ülkeler/Ülke Grupları Üzerine Yapılan Çalışmalar (Devam)

Yazar(lar)/Yıl	Dönem/Frekans	Ülke(ler)	Yöntem	Sonuç
Giannellis ve Papadopoulos (2009)	1999:01-2006:02 Aylık veriler	Polonya, Çekya ve Slovakya	Lojistik Yumuşak Geçişli Otoregresif Modeli (LSTAR)	Polonya döviz piyasası etkin, Çekya döviz piyasası etkin değil. Slovakya döviz piyasası ise yarı etkin.
Chiang vd. (2010)	01.01.1998-23.08.2006 Günlük veriler	Japonya, Kore, Tayvan ve Filipinler	Geleneksel ve parametrik olmayan varyans oranı testleri	Tayvan hariç tüm ülkelerde döviz piyasası zayıf formda etkin.
İbrahim vd. (2011)	2000-2007 Haftalık veriler	30 OECD ülkesi	ADF, PP ve KPSS birim kök testleri	OECD döviz piyasası zayıf formda etkin.
Chaudhry ve Javid (2012)	1995:01-2010:11 Aylık veriler	Hindistan, Bangladeş, Sri Lanka ve Pakistan	Birim kök, eşbü-tünleşme ve nedensellik analizi	Söz konusu ülkelerin döviz piyasaları zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin değil.
Kumar ve Kamaiah (2014)	1994:01-2013:12 Aylık veriler	Bulgaristan, Hırvatistan, Çekya, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya, Slovakya ve Slovenya	Bireysel ve ortak varyans oranı testleri	Hırvatistan, Çekya ve Bulgaristan döviz piyasaları daha kısa bir gecikmede zayıf formda etkin, diğer ülke döviz piyasaları ise etkin değil.
Kumar ve Joshi (2014)	02.04.2004-30.03.2012 Günlük veriler	Hindistan	Varyans oranı testi	Piyasa zayıf formda etkin.
Bashir vd. (2014)	2006:07-2013:12 Aylık veriler	Pakistan	OLS analizi	Döviz piyasası etkin değil.
Mohamed ve Banu (2015)	2000:01-2013:09 Aylık veriler	Hindistan	Panel ve zaman serisi birim kök testleri	Döviz piyasası zayıf formda etkin.

Tablo 1: Çeşitli Ülkeler/Ülke Grupları Üzerine Yapılan Çalışmalar (Devam)

Yazar(lar)/Yıl	Dönem/Frekans	Ülke(ler)	Yöntem	Sonuç
Kumar ve Kamaiah (2016)	1994:04-2014:09 Aylık veriler	BRICS ülkeleri	Varyans oranı testleri	BRICS ülkelerinde döviz piyasaları zayıf formda etkin değil.
Amelot vd. (2017)	2012:01-2016:12 Günlük veriler	Mauritius	ADF ve PP birim kök testleri ve Granger nedensellik testi	Piyasa zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin değil.
Firoj ve Khanom (2018)	01.01.2010-30.11.2017 Günlük veriler	Bangladeş	ADF, PP ve KPSS ve Johansen eşbütünleşme testi	Döviz piyasası zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin değil.

Tablo 1'de görüldüğü gibi uluslararası literatürde piyasa etkinliğine dair bir görüş birliği yoktur. İncelenen çalışmaların yarısında döviz piyasasının etkin olduğu sonucuna ulaşıırken (Giannellis ve Papadopoulos (2009), Chiang vd. (2010), İbrahim vd. (2011), Kumar ve Joshi (2014), Mohamed ve Banu (2015)), yarısında ise piyasanın etkin olmadığı tespit edilmiştir (Wickremasinghe (2008), Chen (2009), Kumar ve Kamaiah (2014), Bashir vd. (2014), Kumar ve Kamaiah (2016)). Bazı çalışmalarda incelenen piyasanın zayıf formda etkin ancak yarı güçlü formda etkin olmadığı dikkat çekmektedir (Chaudhry ve Javid (2012), Amelot vd, (2017), Firoj ve Khanom (2018)). Çalışmalarda ulaşılan sonuçların farklılık göstermesi elbette veri dönemlerinin, analiz yöntemlerinin ve ele alınan ülkelerin farklılığından kaynaklanmaktadır. Ancak verilerin frekanslarının da bu farklılıkta rol oynadığı Azad (2009)'a ait çalışmada ortaya konmuştur. Yazar, 12 Asya-Pasifik ülkesini incelediği çalışmada, yüksek frekanslı (günlük) verilerle yaptığı analiz sonuçlarında döviz piyasalarının etkin, orta (haftalık) frekanslı verilerin analiz sonuçlarında ise piyasaların etkin olmadığını gözlemlemiştir. Dolayısıyla verilerin frekanslarına göre de piyasa etkinliğinin farklılık gösterdiği söylenebilir.

Literatürde döviz piyasasının etkinliğine yönelik Türkiye üzerine yapılmış çalışmalar az sayıda olup, Tablo 2'de özet olarak sunulmuştur.

Tablo 2: Türkiye Üzerine Yapılan Çalışmalar

Yazar(lar)/Yıl	Dönem/Frekans	Yöntem	Sonuç
Özün ve Erbaykal (2009)	02.01.2006-25.03.2008 Günlük veriler	ARDL ve Toda-Yamamoto Nedensellik Testi	Türk döviz piyasası bilgi etkinliğine sahip.
Akal vd. (2012)	2005-2010 Günlük veriler	ADF birim kök testi ile Koşu (Run) testi	Türk döviz piyasası etkin değil.
Çağlı ve Mandacı (2013)	09.02.2005-17.09.2012 Haftalık veriler	Carrion-i Silvestre vd. (2009) birim kök testleri ve Maki eşbütünleşme testi	Türk döviz piyasası etkin.
Çiçek (2014)	07.02.2005-26.07.2013 Günlük veriler	ADF ve PP birim kök testleri ile Johansen eşbütünleşme testi	Döviz piyasası zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin değil.
Berke vd. (2014)	2006:04-2013:12 Aylık veriler	ADF, PP ve LM birim kök testleri ile Maki Eşbütünleşme testi	Döviz piyasası zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin değil.
Mike (2018)	2003: Q1-2015: Q4 Çeyreklik veriler	ADF ve PP birim kök testleri ile Johansen eşbütünleşme testi	Döviz piyasası yarı güçlü formda etkin.
Özdemir vd. (2018)	02.01.2006-30.05.2018 Günlük veriler	ARFIMA-FIGARCH modelleri	Türk döviz piyasası zayıf formda etkin değil.
Özkan (2020)	07.02.1999-09.02.2020 Haftalık veriler	Genelleştirilmiş Spektrel (GS) testi	Türk döviz piyasasının etkinliği dönemsel değişimler göstermektedir.
Başarır ve Serel (2021)	2010:01-2020:09 Aylık veriler	ADF, PP ve Zivot Andrews birim kök testleri ile Engle-Granger ve Gregory Hansen eşbütünleşme testleri	Döviz piyasası zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin değil.

Türk döviz piyasası üzerine yapılan çalışmaların çoğunda piyasanın etkin olduğu (Özün ve Erbaykal (2009), Çağlı ve Mandacı (2013), Mike (2018)), az sayıda çalışmada piyasanın etkin olmadığı (Akal vd. (2012), Özdemir vd. (2018)) gözlenmektedir. Bazı çalışmalarda da piyasanın zayıf formda etkin, ancak yarı güçlü formda etkin olmadığı tespit edilmiştir (Çiçek (2014), Berke vd. (2014), Başarır ve Serel (2021)). Özkan (2020)'ye ait çalışmada ise piyasa etkinliğinin dönemsel değişimler gösterdiği bulgusuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla Türkiye'de döviz piyasasının etkinliği hakkında ortak bir görüşün olmadığını söylemek mümkündür.

Hem uluslararası hem de ulusal literatürde döviz piyasasının etkinliğinin analiz edilmesinde Fourier fonksiyonlarına dayalı birim kök testlerinden yararlanılan çalışmalara rastlanılmaması, bu çalışmayı diğerlerinden farklı kılarak, literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. Veri ve Yöntem

Çalışmada Türkiye’nin döviz piyasasının zayıf formda etkin olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla Dolar/TL ve Euro/TL’ye ait nominal döviz kuru verileri kullanılmıştır. Alış ve satış kurlarının ortalaması olarak ele alınan seriler 2001:03-2021:11 dönemi için analiz edilmiştir. EPH’nin geçerliliğini araştırabilmek için döviz kurlarının piyasada serbestçe belirlenebilir olması diğer bir ifadeyle dalgalı kur rejiminin benimsenmesi gerekir. Türkiye’de dalgalı kur rejimine 22 Şubat 2001 itibariyle geçilmesinden dolayı analiz dönemi Mart 2001’den başlatılmıştır. Döviz kurlarına ait veriler Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası’nın resmi internet sitesinden elde edilmiş ve doğal logaritmaları alınarak modelde incelenmiştir.²

Zayıf formda etkinliğin araştırılmasında nominal kur serisinin rassal yürüyüş davranışına uygun hareket edip etmediği sorgulanmaktadır. Bunun için birim kök testleri uygulanır. Çünkü kur serisi rassal yürüyüş sergiliyorsa birim köke sahiptir ve bu da döviz piyasasının zayıf formda etkin olduğu anlamına gelir. Serinin durağan çıkması ise piyasanın etkin olmadığı şeklinde yorumlanır. Çalışmada Fourier tipi birim kök testlerinden Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010)’a ait FADF ve FKSS, Ranjbar vd. (2018)’e ait FSollis ve Güriş (2019)’a ait FKruse testleri uygulanmıştır. Fourier birim kök testinin temel avantajı, Fourier fonksiyonları aracılığıyla ani değişimler yerine kademeli değişimleri dikkate almalarıdır. Bu nedenle Fourier birim kök testlerinde kırılma sayıları ve biçimleri önemli değildir (Hep-sağ, 2020: 33).

¹ Analizlerde Win Rats 8.1 paket programından yararlanılmıştır.

3.1. Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010)

Fourier ADF (FADF) ve KSS (FKSS) Birim Kök Testi

FADF ve FKSS testleri Perron (1989), Zivot ve Andrews (1992) ve Bai ve Perron (2003)'e ait yapısal kırılmalı birim kök testlerinin alternatifi olarak nitelendirilebilir. Bu testlerde trigonometrik değişkenler kullanılarak ve ortalamaya dönüş hızındaki asimetrilere izin verilerek kırılmalar modellenmektedir. Testler iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada analizde kullanılan zaman serisine ait model Fourier fonksiyonlar kullanılarak tahmin edilmektedir. Söz konusu model (1) nolu eşitlikteki gibidir (Christopoulos ve Leon-Ledesma: 2010, 1081).

$$y_t = \delta_0 + \delta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + v_t \quad (1)$$

k, frekans sayısını, t trendi, T örneklem büyüklüğünü, π pi sayısını (3,1416), v_t hata terimini temsil etmektedir. (1) nolu eşitlikte uygun frekans sayısının (k) bilinmesi halinde yapısal kırılmaların varlığı test edilebilir. Uygun frekans sayısının bulunması için (1) nolu eşitlik, k'ya 1'den 5'e kadar değer verilerek ayrı ayrı tahmin edilir ve kalıntı kareler toplamını minimum yapan k değeri uygun olarak seçilir. Ardından modelin kalıntıları elde edilir.

Testlerin ikinci aşamasında kalıntılara birim kök testi uygulanmaktadır. Bunun için önerilen doğrusal ve doğrusal olmayan modeller (2), (3) ve (4) no'lu eşitlikte gösterilmektedir.

$$\Delta v_t = \alpha_1 v_{t-1} + \sum_{j=1}^p \beta_j \Delta v_{t-j} + u_t \quad (2)$$

$$\Delta v_t = \rho v_{t-1} \left((1 - \exp(-\theta \Delta v_{t-i}^2)) \right) + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta v_{t-j} + u_t, i = 1, 2, \dots, L \quad (3)$$

$$\Delta v_t = \lambda_1 v_{t-1}^3 + \sum_{j=1}^p \beta_j \Delta v_{t-j} + u_t \quad (4)$$

(2) no'lu model Fourier ADF (FADF) testi olarak adlandırılmakla birlikte aslında doğrusal standart bir ADF regresyonudur. (3) ve (4) no'lu modeller ise üssel yumuşak geçişli otoregresif (ESTAR) sürece sahip olup, doğrusal olmayan modeller olarak kabul edilmektedir. Model (3), Kılıç ve de Jong (2006) tarafından geliştirilen birim kök testine karşılık gelmektedir. Model (4) ise Kapetanios vd. (2003) tarafından öne sürülen KSS testinin Fourier fonksiyonlarıyla (FKSS) formüle edilmiş halidir. FADF ve FKSS testlerinde sıfır hipotez birim kökün varlığını ifade etmektedir. Monte Carlo simülasyonu aracılığıyla k'nın 1'den 5'e kadarki değerleri ve 100, 250 ve 500 gözlem için belirlenmiş kritik değerler ile hesaplanan test istatistik değerleri karşılaştırılarak sıfır hipotezin red ya da reddedilmeme durumuna karar verilir.

İkinci aşamada sıfır hipotezin reddedilmesi (serinin durağan bulunması) durumunda Fourier terimlerinin (δ_1 ve δ_2) anlamlılığı F testi yardımıyla sınamaktadır. F testi için kritik

değerlerde Becker vd. (2006)'nın çalışmaları referans alınmaktadır. Testte $H_0: \delta_1 = \delta_2 = 0$ iken alternatif hipotez $H_1: \delta_1 = \delta_2 \neq 0$ şeklinde olup, sıfır hipotezin reddedilmesi Fourier terimlerinden en az birinin anlamlı olduğunu ve dolayısıyla FADF veya FKSS testinin kullanılmasının uygun olduğunu ifade etmektedir.

3.2. Ranjbar, Chang, Elmi ve Lee (2018) Fourier SOLLIS (FSOLLIS) Birim Kök Testi

Ranjbar vd. (2018), SOLLIS (2009)'a ait asimetrik üssel yumuşak geçişli otoregresif süreçli (AESTAR) doğrusal olmayan birim kök testini, Fourier fonksiyonları aracılığıyla yumuşak kırılmaları dahil ederek genişletmiş ve söz konusu testi Fourier SOLLIS (FSOLLIS) olarak adlandırmışlardır. FSOLLIS birim kök testi de iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada Fourier fonksiyonlarıyla (5) nolu eşitlikteki model tahmin edilmektedir (Ranjbar vd., 2018: 53).

$$y_t = Z_t \lambda + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_t \quad (5)$$

k , frekans sayısını, t trendi, T örneklem büyüklüğünü, π pi sayısını (3,1416), ε_t hata terimini temsil etmektedir. Z ise sabit veya sabit ve trendden oluşan dışsal bir regresördür. Uygun frekans sayısı (k) Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010)'nın FADF ve FKSS testlerinde de bahsedildiği şekilde bulunmaktadır. Modelin kalıntıları elde edildikten sonra ikinci aşamaya geçilir. Bu aşamada kalıntılar AESTAR modeli kullanılarak test edilmektedir. AESTAR modeli üssel ve lojistik fonksiyonu bir arada bulunduran bir modeldir. Sıfır hipotez birim kökün varlığını, alternatif hipotez ise simetrik veya asimetrik ESTAR doğrusal dışılık durağanlığı ifade etmektedir. Yazarlar Monte Carlo simülasyonu aracılığıyla k 'nın 1'den 5'e kadarki değerleri ve 100, 200, 300 ve 500 gözlem sayısını dikkate alarak hem sabitli hem de sabitli trendli model için kritik değerler hesaplamışlardır. Test istatistiği ile kritik değerler karşılaştırılarak sıfır hipotezin red veya reddedilmeme durumuna karar verilir.

Sıfır hipotezin reddedilmesi (durağanlık) halinde üçüncü bir aşama söz konusudur. Bu aşamada Fourier terimlerinin anlamlılığı F-testiyle sınımlanmaktadır. F-testi için kritik değerlerde Becker vd. (2006)'nın çalışmasından yararlanılmaktadır. Hesaplanan test istatistiği tablo kritik değerinden büyükse Fourier terimlerinden en az birinin anlamlı olduğu ve dolayısıyla FSOLLIS test sonuçlarının kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılır.

3.3. Güriş (2019) Fourier Kruse (FKruse) Birim Kök Testi

Güriş (2019), yapısal kırılmaları ve doğrusal dışılığı birlikte bünyesinde barındıran esnek bir Fourier tipi birim kök testi geliştirmiş ve bunu Fourier Kruse (FKruse) testi olarak adlandırmıştır. Bu testte yapısal kırılmalar Fourier fonksiyonu aracılığıyla modellenirken, doğrusal dışılık ESTAR modeliyle ortaya konmaktadır. Testin aşamaları Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010)'un çalışmasıyla benzer şekilde olup, aşağıdaki gibidir (Güriş, 2019: 3058):

1. aşama: (6) nolu eşitlikteki doğrusal olmayan deterministik bileşenli model tahmin edilir.

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi k^* t}{T}\right) + \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi k^* t}{T}\right) + v_t \quad (6)$$

k^* , uygun frekans sayısını temsil etmekte olup, Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010)'nın çalışmasında bahsedildiği şekilde elde edilmektedir. Model tahmin edildikten sonra kalıntılar çekilmektedir.

$$v_t = y_t - \alpha_0 - \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi k^* t}{T}\right) - \alpha_2 \cos\left(\frac{2\pi k^* t}{T}\right) \quad (7)$$

2. aşama: (7) no'lu eşitlikten elde edilen kalıntılar kullanılarak (8) nolu eşitlikteki model tahmin edilir ve test istatistikleri hesaplanır.

$$\Delta v_t = \delta_1 v_{t-1}^3 + \delta_2 v_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^p \varphi_j \Delta v_{t-j} + \varepsilon_t \quad (8)$$

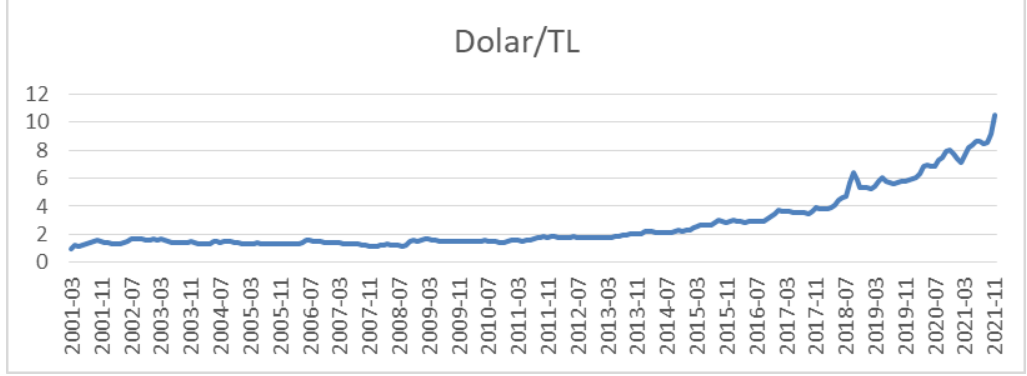
FKruse testine ait kritik değerler Monte Carlo simülasyonu aracılığıyla 50, 100, 250 ve 500 gözlem ile k^* 'nin 1'den 5'e kadarki değerleri için hem sabitli hem de sabitli trendli model üzerinden belirlenmiştir. Sıfır hipotezi birim kök şeklinde kurulan testin sonucunda hesaplanan test istatistiği tablo kritik değerinden büyük olduğunda sıfır hipotez reddedilir ve serinin durağan olduğuna karar verilir.

3. aşama: Serinin durağan çıkması durumunda Fourier terimlerinin anlamlılığı F testi yardımıyla sınımlanmaktadır. Kritik değerler için Becker vd. (2006)'nın çalışması referans alınmaktadır. Sıfır hipotez $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = 0$, alternatif hipotez $H_1: \alpha_1 = \alpha_2 \neq 0$ şeklinde olup, sıfır hipotezin reddedilmesi sonucunda serinin kırılmalı deterministik bir fonksiyon etrafında durağan olduğu söylenir.

4. Analiz Sonuçları

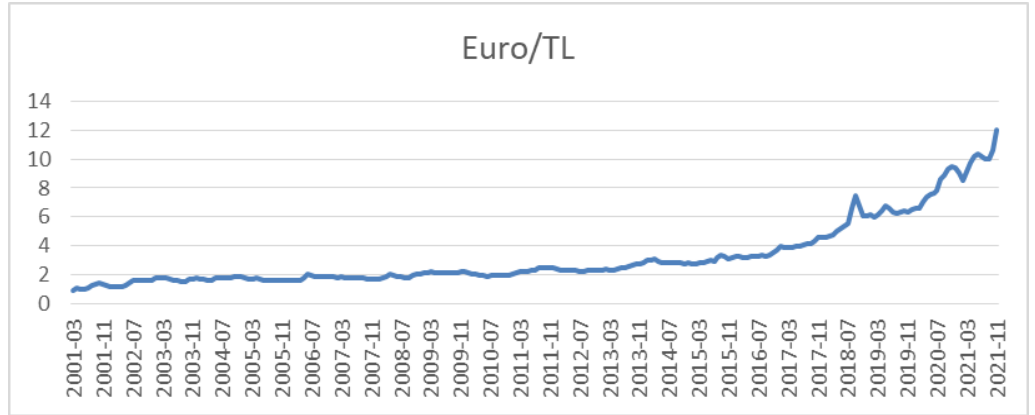
Çalışmada kullanılan Dolar/TL ve Euro/TL kurlarına ait gerçek değerlerin zaman içindeki seyri Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmektedir.

Şekil 1: Dolar/TL Kurunun Seyri



Kaynak: TCMB

Şekil 2: Euro/TL Kurunun Seyri



Kaynak: TCMB

Şekil 1 ve 2'de görüldüğü gibi hem Dolar/TL hem de Euro/TL kuru 2002-2008 döneminde neredeyse sabit düzeyde seyrederken, 2008 küresel finansal krizin etkisiyle 2008'in 10.ay1 itibariyle artış trendine girmiş ve günümüze kadar bu trendi sürdürmüştür.

Türkiye'de döviz piyasasının zayıf formda etkinliği, Fourier birim kök testlerinden FADF, FKSS, FSollis ve FKrusse testleriyle analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: Fourier Fonksiyonlarına Dayalı Birim Kök Testi Sonuçları

	DOLAR/TL				EURO/TL			
	k	Test istatistiği	Kritik değer	F-ist*	k	Test istatistiği	Kritik değer	F-ist*
FADF	1	-4,34320	-4,34	1035,75239	1	-4,76152	-4,34	584,82494
FKSS	1	-5,11079	-4,10	1035,75239	1	-5,77755	-4,10	584,82494
FSollis	1	13,72368	9,282	1035,75239	1	17,02794	9,282	584,82494
FKruse	1	26,14231	18,14	1035,75239	1	34,13464	18,14	584,82494

Not: Seriler logaritmik olup, tüm testler sabitli ve trendli model üzerinden ve %5 önem düzeyi dikkate alınarak yapılmıştır. k uygun frekans sayısını göstermektedir. *: F-testi için kritik değer 4,972 olup, Becker vd. (2006)'nın çalışmasından alınmıştır.

FADF ve FKSS testlerinin sonucunda %5 önem düzeyinde hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerden mutlak değerce büyük oldukları için sıfır hipotez reddedilmiştir. Böylece hem Dolar/TL hem de Euro/TL kur serilerinin durağan oldukları görülmüştür. Serilerin durağan olduklarına karar verildiği için Fourier terimlerinin anlamlılığına bakılması gerekmektedir. F istatistik değerlerinin kritik değer olan 4,972'den büyük olması nedeniyle sıfır hipotez reddedilmiştir. Dolayısıyla her iki kur serisinde de Fourier terimlerinden en az birinin anlamlı olduğu ve FADF ve FKSS testlerinin sonuçlarının kullanılabilceği tespit edilmiştir. Serilerin durağan çıkması döviz piyasasının zayıf formda etkin olmadığını göstermiştir.

FSollis ve FKruse testlerinin sonuçlarında da her iki kur serisi için hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerden büyük çıkmış, dolayısıyla birim kök sıfır hipotezi reddedilerek serilerin durağan olduklarına karar verilmiştir. Bunun üzerine Fourier terimlerinin anlamlılığı yine F testiyle sınanmış ve sonuçta Fourier terimlerinden en az birinin anlamlı olduğu görülmüştür. Böylece bu testlerin sonuçlarının kullanılabilceğine karar verilmiştir. Her iki test sonucunda da kur serilerinin durağan çıkması döviz piyasasının zayıf formda etkin olmadığını işaret etmektedir.

Analizlerden elde edilen sonuçlar Akal vd. (2012) ve Özdemir vd. (2018)'in çalışmalarındaki bulgularla örtüşürken; Özün ve Erbaykal (2009), Çiçek (2014), Berke vd. (2014), Başarır ve Serel (2021)'in çalışmalarındaki bulgulardan farklılık göstermektedir. Bu farklılığın, söz konusu analizlerde geleneksel ve yapısal kırılmalı birim kök testlerinin kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü Fourier fonksiyonlarına dayalı birim kök testlerine kıyasla daha güçsüz olan bu tür testlerde aslında durağan özellik gösteren bir seri birim köklü olarak bulunabilmektedir. Bu da aslında etkin olmayan bir döviz piyasasının, etkin bir piyasaymış gibi kabul edilmesine neden olabilmektedir.

5. Sonuç

Çalışmada Türkiye’de döviz piyasasının zayıf formda etkinliğinin araştırılması amacıyla Dolar/TL ve Euro/TL kurlarının 2001:03-2021:11 dönemine ait verileri kullanılarak, Fourier fonksiyonlarına dayalı FADF, FKSS, FSollis ve FKruse birim kök testleriyle analiz yapılmıştır. Tüm birim kök testlerinin sonuçlarında her iki kur serisinin de durağan olduğu tespit edilmiştir. Kur serilerinin durağan çıkması, rassal yürüyüş sergilemediklerini göstermiştir. Diğer ifadeyle Türkiye’de döviz piyasasının zayıf formda etkin olmadığı ortaya çıkmıştır.

Döviz kuru tahminleri hem gerçek kişiler hem de işletmeler ve hükümetler için büyük önem arz eder. Kur riskinden korunma, dış finansmana yönelme, dış yatırım yapma, nakit akımı, ithal girdi kullanımı, dış borçlanma gibi konularda doğru döviz kuru tahminleri yapabilmek, alınacak kararların başarısını etkilemektedir. Türkiye’deki gibi zayıf formda etkin olmayan bir döviz piyasasında işlem yapan kişiler ve kurumlar döviz kuru hareketlerini en iyi tahmin eden modeller geliştirerek anormal karlar elde etme imkanına sahiptirler. Bununla birlikte etkin olmayan bir piyasada mevcut fiyatlar denge fiyatlarını yansıtmadığından hükümetler açısından bu durum bir piyasa başarısızlığı olarak yorumlanmalıdır. Denge fiyatlarından sapmaların daha fazla işsizlik, düşük çıktı veya daha yüksek fiyatlar şeklinde toplumun maruz kalacağı ek maliyetlere dönüşmesi kaçınılmazdır ve bunu önlemek için düzenleyici politikalara ihtiyaç vardır. Etkin olmayan bir döviz piyasasında hükümet/merkez bankası döviz kurlarını etkilemenin, döviz kuru oynaklığını azaltmanın ve farklı ekonomik politikaların sonuçlarını değerlendirmenin en iyi yolunu belirleyebilir. Bu bağlamda merkez bankası bağımsızlığı, ödemeler bilançosu dengesinin iyileştirilmesi, siyasi istikrarın sağlanması, ülke riskinin düşürülerek özellikle doğrudan yabancı yatırımların özendirilmesi, ulusal paranın değerinin korunarak para ikamesinin caydırılması, ülkede barış ve güven ortamının tesis edilmesi, para politikasında şeffaf ve öngörülebilir uygulamalara yer verilmesi vb. döviz piyasasının etkinliğinin sağlanmasında izlenebilecek politikalar arasında sayılabilir.

Kaynakça

- AKAL, M., E. BİRGİLİ ve S. DURMUSKAYA, (2012), “İMKB30, İMKB100, Dolar ve Avro Futures Piyasalarının Etkinliğinin Testi”, *Business and Economics Research Journal*, 3(4), ss.1-20.
- AMELOT, L.M.M, S.A. USHAD and M. LAMPORT, (2017), “Testing the Efficient Market Hypothesis in an Emerging Market: Evidence from Forex Market in Mauritius”, *Theoretical Economics Letters*, 7, pp.2104-2122.
- AZAD, A.S.M.Sohel. (2009), “Random Walk and Efficiency Tests in the Asia-Pacific Foreign Exchange Markets: Evidence from the Post-Asian Currency Crisis Data”, *Research in International Business and Finance*, 23, pp.322–338.
- BASHIR, R., R. SHAKIR, B. ASHFAQ and A. HASSAN, (2014), “The Efficiency of Foreign Exchange Markets in Pakistan: An Empirical Analysis”, *The Lahore Journal of Economics* 19(1), pp.133–149.
- BAŞARIR, Y. ve A. SEREL, (2021), “Türkiye Döviz Piyasasında Etkin Piyasalar Hipotezinin Davranışsal Finans Açısından Tespiti”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 19(3), ss.77-93.
- BEECHEY, M., D. GRUEN and J. VICKERY, (2000), “The Efficient Market Hypothesis: A Survey”, *Research Discussion Paper*, 01, Economic Research Department Reserve Bank of Australia.
- BERKE, B., B. ÖZCAN, ve H.I. DİZDARLAR, (2014), “Döviz Piyasasının Etkinliği: Türkiye için Bir Analiz”, *Ege Akademik Bakış*, 14(4), ss.621-636.
- CHAUDHRY, S.A. and A.Y. JAVID, (2012), “Efficiency of the Foreign Exchange Markets of South Asian Countries”, *PIDE Working Papers*, 82.
- CHEN, S. (2009), “Random Walks in Asian Foreign Exchange Markets: Evidence from New Multiple Variance Ratio Tests”, *Economics Bulletin*, 29(2), pp.1296-1307.
- CHIANG, S.M., Y.H. LEE, H.M. SU and Y.P. TZOU, (2010), “Efficiency Tests of Foreign Exchange Markets for Four Asian Countries”, *Research in International Business and Finance*, 24, pp.284–294.
- CHRISTOPOULOS, D.K. and M.A. LEO'N-LEDESMA, (2010), “Smooth Breaks and Non-Linear Mean Reversion: Post-Bretton Woods Real Exchange Rates”, *Journal of International Money and Finance*, 29, pp.1076–1093.
- ÇAĞLI, E.Ç. and P.E. MANDACI, (2013), “The Long-Run Relationship Between The Spot and Futures Markets Under Multiple Regime-Shifts: Evidence From Turkish Derivatives Exchange”, *Expert Systems with Applications*, 40, pp.4206–4212.
- ÇİÇEK, M. (2014), “A Cointegration Test For Turkish Foreign Exchange Market Efficiency”, *Asian Economic and Financial Review*, 4(4), pp.451-471.

- FAMA, E.F. (1970), “Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work”, *The Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- FIROJ, M. and S. KHANOM, (2018), “Efficient Market Hypothesis: Foreign Exchange Market of Bangladesh”, *International Journal of Economics and Financial Issues*, 8(6), pp.99-103.
- GIANNELLIS, N. and A.P. PAPADOPOULOS, (2009), “Testing for Efficiency in Selected Developing Foreign Exchange Markets: An Equilibrium-Based Approach”, *Economic Modelling* 26, pp.155–166.
- GÜRİŞ, B. (2019), “A New Nonlinear Unit Root Test With Fourier Function”, *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 48(10), pp.3056–3062.
- HEPSAĞ, A. (2020), “Convergence in Primary Energy Consumption Per Capita Among European Countries: Evidence From Fourier Unit Root Tests”, *IAI Academic Conference Proceedings, International Virtual Academic Conference, Üsküp/Makedonya*, 32-36.
- İBRAHİM, J., Y. LONG, H. GHANI, and S.I.M. SALLEH, (2011), “Weak-Form Efficiency of Foreign Exchange Market in the Organisation for Economic Cooperation and Development Countries: Unit Root Test”, *International Journal of Business and Management*, 6(6), pp.55-65.
- KUMAR, A.S and B. KAMAIAH, (2014), “Efficient Market Hypothesis: Some Evidences from Emerging European Forex Markets”, *The Romanian Economic Journal*, 17(52), pp.27-44.
- KUMAR, A.S and B. KAMAIAH, (2016), “Efficiency, Non-Linearity and Chaos: Evidences From BRICS Foreign Exchange Markets”, *Theoretical and Applied Economics*, 23(1), pp.103-118.
- KUMAR, V.R. and G. JOSHI, (2014), “Testing Efficient Market Hypothesis in the Foreign Exchange Market”, *International Journal of Research in Commerce & Management*, 5(8), pp.4-16.
- MİKE, F. (2018), “Faiz Oranı Paritesi ve Etkin Piyasa Hipotezinin Gelişen Piyasa Ekonomileri İçin Test Edilmesi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), ss.65-86.
- MOHAMED, M.S. and M.A.S. BANU, (2015), “Study on Weak-Form Efficiency of Foreign Exchange Markets of Developing Economies: Some India Evidence”, *International Journal of Management*, 6(1), pp.331-342.
- ÖZDEMİR, A., G. VERGİLİ ve İ. ÇELİK, (2018), “Döviz Piyasalarının Etkinliği Üzerinde Uzun Hafızanın Rolü: Türk Döviz Piyasasında Ampirik Bir Araştırma”, *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, 12(1), ss.87-107.
- ÖZKAN, O. (2020), “Zayıf Form Piyasa Etkinliği Kapsamında Türkiye Döviz Piyasası Üzerine Ampirik Bir Çalışma”, *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(2), ss.471-484.

- OZUN, A. and E. ERBAYKAL, (2009), “Detecting Risk Transmission from Futures to Spot Markets Without Data Stationarity Evidence From Turkey’s Markets”, *The Journal of Risk Finance* Vol. 10(4), pp.365-376.
- RANJBAR, O., T. CHANG, Z. ELMI, and C. LEE, (2018), “A New Unit Root Test Against Asymmetric ESTAR Nonlinearity with Smooth Breaks”, *Iran. Econ. Rev.*, 22(1), pp.51-62.
- TCMB (2021), www.tcmb.gov.tr
- WICKREMASINGHE, G.B. (2008), “Predictability of Exchange Rates in Sri Lanka: A Test of The Efficient Market Hypothesis”, *Asian Academy of Management Journal of Accounting and Finance*, 3(2), pp.43-59.