

Geleneksel Para ve Kripto Varlıklar Arasında İkame Dinamikleri: Bitcoin ve M2 Para Arzı Üzerine Bir Analiz

İpek Melahat YURTTAGÜLER^{1*}, Sinem KUTLU HORVATH²

¹ Doç. Dr. İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, ipeksa@istanbul.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-3368-3787

² Doç. Dr. İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, sinemkut@istanbul.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9392-2458

* Sorumlu yazar: ipeksa@istanbul.edu.tr

Öz: Literatürde parasal ikame kavramı, ekonomik birimlerin portföy tercihlerinde yerli para yerine alternatif değer saklama ya da mübadele araçlarını tercih etmeleri şeklinde tanımlanmakta ve çoğunlukla enflasyon, finansal istikrarsızlık ile güven faktörleriyle ilişkilendirilmektedir. Dijitalleşme süreciyle birlikte ortaya çıkan kripto varlıklar ise bu geleneksel çerçeveye yeni bir boyut ekleyerek, parasal ikamenin yalnızca yabancı para birimleriyle sınırlı kalmayan bir olguya dönüşmesine neden olmuştur. Bu çalışma, Bitcoin ile geleneksel para arzı arasındaki ilişkinin niteliğini inceleyerek kripto varlıkların parasal ikame potansiyelini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda Bitcoin, ABD M2 para arzı ve küresel risk algısını temsil eden VIX endeksi arasındaki dinamik ilişkiler 2015M05–2025M12 dönemine ait aylık veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada değişkenlerin durağanlık özellikleri ADF ve KPSS birim kök testleriyle incelenmiş, ardından Toda–Yamamoto yaklaşımı doğrultusunda düzey değerlerle genişletilmiş VAR modeli tahmin edilmiştir. Modelden elde edilen etki-tepki fonksiyonları, kümülatif etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması sonuçları değişkenler arasındaki dinamik aktarım mekanizmasını değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Bulgular, Bitcoin’in kendi içsel şoklarından güçlü biçimde etkilendiğini, küresel risk algısındaki artışların Bitcoin üzerinde negatif etkiler oluşturduğunu ve M2 para arzındaki değişimlerin Bitcoin üzerindeki etkisinin zaman içerisinde artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak sonuçlar, Bitcoin’in geleneksel para arzına karşı güçlü bir parasal ikame aracı olmaktan ziyade, risk algısı, likidite koşulları ve piyasa içi dinamikler tarafından şekillenen finansal bir varlık niteliği taşıdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitcoin, Para Arzı, Kripto Varlıklar, Parasal İkame, Toda–Yamamoto VAR

Jel Kodları: E41, E42, C32

Substitution Dynamics Between Traditional Money and Crypto Assets: An Analysis of Bitcoin and the M2 Money Supply

Atıf: Yurttagüler, İ., M. & Kutlu, Horvath, S. (2026). Geleneksel Para ve Kripto Varlıklar Arasında İkame Dinamikleri: Bitcoin ve M2 Para Arzı Üzerine Bir Analiz, *Politik Ekonomik Kuram*, 10(3), 1253-1274. <https://doi.org/10.30586/pek.1908715>

Geliş Tarihi: 12.03.2026
Kabul Tarihi: 06.09.2026



Telif Hakkı: © 2026. (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: In the literature, the concept of monetary substitution is defined as economic units preferring alternative stores of value or exchange instruments instead of domestic currency in their portfolio choices and is mostly associated with inflation, financial instability, and trust factors. Cryptocurrencies, which emerged with the digitalization process, have added a new dimension to this traditional framework, causing monetary substitution to become a phenomenon not limited solely to foreign currencies. This study aims to evaluate the monetary substitution potential of cryptocurrencies by examining the nature of the relationship between Bitcoin and the traditional money supply. In this context, the dynamic relationships between Bitcoin, the US M2 money supply, and the VIX index, representing global risk perception, are analyzed using monthly data from 2015M05–2025M12. The stationarity properties of the variables are examined using the ADF and KPSS unit root tests, and then an extended VAR model with level values is estimated in accordance with the Toda–Yamamoto approach. The impulse response functions, cumulative impulse response functions, and variance decomposition results obtained from the model are used to evaluate the dynamic transmission mechanism between the variables. The findings reveal that Bitcoin is strongly affected by its own internal shocks, that increases in global risk perception have negative effects on Bitcoin, and that the impact of changes in the M2 money supply on Bitcoin increases over time. Overall, the results indicate that Bitcoin is not so much a strong

monetary substitute for the traditional money supply, but rather a financial asset shaped by risk perception, liquidity conditions, and intra-market dynamics.

Keywords: Bitcoin, Money Supply, Crypto Assets, Monetary Substitution, Toda–Yamamoto VAR

Jel Codes: E41, E42, C32

1. Giriş

Trampa ekonomisinden mübadele ekonomisine geçiş süreciyle birlikte, değişimi kolaylaştıran ve para olarak tanımlanan araçların yaygın biçimde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Para, en genel anlamıyla, ekonomik aktörler tarafından değişim sürecinde genel kabul gören bir mübadele aracı olarak tanımlanmaktadır. Bu genel kabul, paranın tarihsel ve kurumsal koşullara bağlı olarak farklı biçimler alabileceğine işaret etmektedir. Nitekim Menger (1892), paranın kökenini merkezi bir otoritenin iradesine değil, bireylerin mübadele süreçlerinde daha yüksek satılabilirliğe sahip malları tercih etmelerine dayandırarak, paranın kendiliğinden gelişen bir piyasa kurumu olduğunu ileri sürmüştür. Bu çerçevede para, mübadele aracı, değer saklama aracı ve hesap birimi işlevlerini eş zamanlı olarak yerine getiren, somut ya da soyut bir ekonomik varlık olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla paraya ilişkin tanımların, büyük ölçüde onun işlevsel özelliklerinden ve tarihsel gelişim sürecinden hareketle şekillendiği söylenebilir.

Geleneksel para sistemleri, büyük ölçüde devlet otoritesi tarafından desteklenen ve merkez bankaları tarafından ihraç edilen itibari para (fiatmoney) rejimi üzerine inşa edilmiştir. Modern ekonomilerde para arzının düzenlenmesi ve fiyat istikrarının sağlanması, merkez bankalarının temel görev alanı kapsamında, başta açık piyasa işlemleri, politika faiz oranları ve zorunlu karşılıklar olmak üzere çeşitli para politikası araçları aracılığıyla yürütülmektedir. Bu çerçevede merkez bankaları, makroekonomik istikrarın tesisinde kilit bir rol üstlenmektedir (Bernanke, 2005). Bununla birlikte, dijitalleşme sürecinin hız kazanması ve finansal teknolojilerde yaşanan yenilikler, geleneksel parasal yapının dışında konumlanan ve para benzeri işlevler üstlenebilen yeni araçların ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu gelişmeler, paranın tanımı, ihraç süreci ve parasal otoritenin sınırları konusunda mevcut kuramsal ve kurumsal çerçevenin yeniden tartışılmasını gerekli kılmaktadır (Bank for International Settlements, 2020). Bu çerçevede, merkezi bir parasal otorite tarafından ihraç edilmeyen ve dağıtık ağlar üzerinde çalışan kripto varlıklar, geleneksel para sistemlerine alternatif bir değer transfer mekanizması sunmaktadır (ECB, 2019). Dağıtık defter teknolojisi (blockchain) üzerine inşa edilen bu yapılar, işlemlerin merkezi bir aracıya ihtiyaç duyulmaksızın, kriptografik yöntemler aracılığıyla doğrulanmasını ve kayıt altına alınmasını mümkün kılmaktadır (Nakamoto, 2008; Böhme et al., 2015). Böylece işlem kayıtları şeffaf, geriye dönük olarak değiştirilemez ve ağ katılımcıları tarafından kolektif biçimde denetlenebilir bir nitelik kazanmaktadır. Bu yaklaşımın kuramsal ve teknik temelleri, Nakamoto (2008) tarafından ortaya konulmuş ve parasal güvenin merkezi kurumlar yerine algoritmik kurallara ve dağıtık mutabakat mekanizmalarına dayandırılabilirliği ileri sürülmüştür. Bu bağlamda kripto varlıkların en bilinen örneği olan Bitcoin, önceden belirlenmiş ve sınırlı arz yapısı, merkeziyetsiz işleyişi ve sansüre karşı görece dayanıklılığı sayesinde, itibari para rejimlerinin dayandığı devlet temelli parasal egemenlik anlayışından önemli ölçüde ayrılmaktadır (Yermack, 2013). Söz konusu özellikler, kripto varlıkları yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda paranın doğası ve kurumsal temellerine ilişkin teorik tartışmaları yeniden canlandıran bir olgu hâline getirmektedir.

Paranın evrimi, teknolojik dönüşümler ve finansal krizlerin yarattığı güven arayışı ile tarihsel süreçte yeni bir evreye girmiştir. Özellikle 2008 küresel finans krizinin ardından ortaya çıkan Bitcoin, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymayan yapısıyla paranın

geleneksel işlevlerini sorgulanır hale getirmiştir. Günümüzde kripto varlıklar, yalnızca bir yatırım aracı olmanın ötesine geçerek, değişim aracı, değer saklama ve sınırlı da olsa hesap birimi işlevlerini üstlenme potansiyeli taşımaktadır. Bu durum, geleneksel finansal sistemin likidite döngüsü ve para arzının bileşenleri üzerinde yapısal bir dönüşümü tetiklemektedir (Hacibedel ve Perez Saiz, 2023). Kripto varlıkların bir değer saklama aracı olarak yükselişinin, bankacılık sistemindeki mevduat hacmini ve dolayısıyla para çarpanı mekanizmasını doğrudan etkileme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

Kripto varlıkların piyasa değerindeki dramatik artış ve finansal sisteme entegrasyonu, geleneksel para arzı ile olan etkileşimini ampirik bir tartışma odağına taşımıştır. Özellikle Bitcoin'in sınırlı arz yapısı ve spekülasyon özellikleri, para talebi ve likidite tercihi üzerinde alternatif bir ikame kanalı oluşturup oluşturmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Bu çalışma, söz konusu ikame dinamiklerini geleneksel parasal büyüklüklerden biri olan M2 para arzı ile Bitcoin arasındaki ilişki üzerinden ABD ekonomisine ilişkin veriler ile incelemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı ARDL sınır testi (Pesaran vd., 2001) aracılığıyla araştırılmakta; kısa dönem dinamikler ve şok aktarım mekanizması ise değişkenlerin düzey değerleriyle çalışmaya olanak tanıyan Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımı doğrultusunda genişletilmiş VAR modeli ile tahmin edilmektedir. Çalışma, kripto varlıkların geleneksel para politikası aktarım mekanizmaları ve parasal büyüklükler üzerindeki olası etkilerine ilişkin literatüre ampirik kanıt sunmayı hedeflemektedir.

Bu çerçevede, çalışmanın izleyen bölümlerinde öncelikle geleneksel para ile kripto varlıklar arasındaki ilişkiyi ele alan kavramsal ve teorik literatür incelenmektedir. Daha sonra araştırmanın metodolojik çerçevesi kapsamında kullanılan ekonometrik yöntem, model yapısı ve veri seti ayrıntılı biçimde açıklanmaktadır. Bunu takiben, uzun ve kısa dönem ampirik analiz bulguları sunulmakta ve elde edilen sonuçlar etki-tepki fonksiyonları ile varyans ayrıştırması çerçevesinde değerlendirilmektedir. Çalışma temel olarak, Bitcoin'in geleneksel para arzındaki değişimlere karşı bir parasal ikame aracı olarak davranıp davranmadığı ve küresel risk algısının bu ilişki üzerindeki rolünün ne olduğu sorularına cevap aramaktadır. Bu yönüyle araştırma, kripto varlıkların parasal ikame literatüründeki konumunu para arzı ve finansal belirsizlik dinamikleri çerçevesinde değerlendirerek mevcut literatüre ampirik katkı sunmayı amaçlamaktadır. Son olarak çalışma, elde edilen bulguların genel değerlendirmesinin yapıldığı sonuç bölümü ile tamamlanmaktadır.

2. Geleneksel Para ve Kripto Varlıklar: İkame İlişkisi Üzerine Kavramsal ve Teorik Çerçeve

Parasal ikame tartışmalarının teorik çerçevesinin doğru biçimde anlaşılabilmesi için bazı temel kavramların netleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda, "para benzeri varlık", paranın temel işlevlerinden bazılarını (değer saklama, değişim aracı veya hesap birimi olma gibi) kısmen yerine getirebilen, ancak yasal ödeme aracı niteliği taşımayan finansal araçları ifade etmektedir. Parasal ikame olgusu ise literatürde, ekonomik birimlerin portföy tercihlerinde yerli para yerine alternatif değer saklama ya da mübadele araçlarına yönelmesi olarak tanımlanmakta ve genellikle enflasyon, finansal istikrarsızlık ve güven unsurlarıyla ilişkilendirilmektedir (Khan ve Agénor, 1992). Dijitalleşme süreciyle birlikte ortaya çıkan kripto varlıklar, bu klasik çerçeveye yeni bir boyut kazandırarak, parasal ikamenin yalnızca yabancı para birimleriyle sınırlı olmayan bir olgu hâline gelmesine yol açmıştır. Özellikle Bitcoin'in sınırlı arz yapısı, merkeziyetsiz işleyişi ve spekülasyon yatırım aracı olarak algılanması, geleneksel para talebi ve likidite tutma davranışları üzerinde potansiyel ikame etkileri yaratmaktadır. Bu bağlamda, kripto varlıklar ile geleneksel parasal büyüklükler arasındaki ilişkinin kavramsal olarak netleştirilmesi, söz konusu etkileşimlerin ampirik olarak analiz edilebilmesi açısından kritik önem taşımaktadır.

İktisat teorisinde paranın temel işlevleri (değer saklama, değişim aracı, hesap birimi) üzerinden hareket edildiğinde, kripto varlıklar ile geleneksel paralar arasındaki ilişki, literatürde sıklıkla ikame ve tamamlayıcılık kavramları çerçevesinde ele alınmaktadır (Levulytė ve Šapkauskienė, 2021; Marmora, 2021). Kripto varlıkların, özellikle parasal genişleme, enflasyonist baskı, finansal baskılama, sermaye kontrolleri veya güven kaybı dönemlerinde, geleneksel paranın bazı işlevlerini kısmen üstlenmesi ikame etkisine işaret ederken; tamamlayıcılık ilişkisi, kripto varlıkların özellikle risk öngörüsü ile birlikte hareket ederek, mevcut parasal sistemi tamamen dışlamak yerine, ödeme altyapıları, portföy çeşitlendirmesi veya finansal inovasyon kanalları üzerinden sistemi desteklemesi olarak yorumlanmaktadır (Dyhrberg, 2016; Bouri vd., 2017). Bununla birlikte, bu ilişkinin yönü ve yoğunluğu kripto varlığın niteliğine ve içinde bulunulan makroekonomik bağlama göre farklılaşabilmektedir.

Kripto varlıklar içinde öncü ve en bilinen örnek olarak kabul edilen Bitcoin, herhangi bir merkezi otoriteye ihtiyaç duymaksızın, dağıtık defter teknolojisi (blokzincir) üzerinde çalışan, işlemlerin kriptografik yöntemlerle doğrulandığı ve arz artışının önceden belirlenmiş kurallarla sınırlandırıldığı bir dijital varlık olarak tanımlanabilir. Bu özellikler, Bitcoin'i hem geleneksel itibari paradan hem de mevcut dijital ödeme araçlarından yapısal olarak ayırmaktadır.

Bitcoin'in sınırlı arz yapısı, merkeziyetsiz işleyişi ve ihraççıya dayanmayan yapısı, özellikle değer saklama aracı işlevi bağlamında literatürde yoğun tartışmalara konu olmuştur. Bazı çalışmalar, arzının önceden belirlenmiş olması nedeniyle Bitcoin'in enflasyonist ortamlarda bir korunma aracı olarak değerlendirilebileceğini savunurken (Baur vd., 2018; Choi ve Shin, 2022; Rodriguez ve Colombo, 2025), diğer çalışmalar yüksek fiyat oynaklığının bu işlevin istikrarlı biçimde yerine getirilmesini engellediğini ileri sürmektedir (Cheah ve Fry, 2015; Baur ve Dimpfl, 2021). Söz konusu oynaklık, Bitcoin'in yalnızca değer saklama aracı olma kapasitesini değil, aynı zamanda hesap birimi ve değişim aracı işlevlerini de sınırlandırmakta; mal ve hizmetlerin fiyatlarının Bitcoin cinsinden belirlenmesini zorlaştırarak günlük ekonomik işlemlerde yaygın kullanımını kısıtlamaktadır. Bu çerçevede, kripto varlıklar, geleneksel paraların tam anlamıyla ikamesi olmaktan ziyade, çoğu zaman spekülasyon nitelik taşıyan bir yatırım aracı olarak değerlendirilmektedir (Yermack, 2013; Corbet vd., 2018). Ayrıca, kripto varlıkların güvenilirliği devlet garantisine değil, matematiksel algoritmalar ve ağ güvenliğine dayandığından, bu durum parasal işlevlerin kurumsal temeli açısından geleneksel para sistemlerinden belirgin biçimde ayrışmalarına yol açmaktadır. Bu bağlamda, kripto varlıklar, mevcut koşullar altında paranın tüm işlevlerini eş zamanlı olarak yerine getiren araçlar olmaktan ziyade, çoğunlukla spekülasyon bir yatırım aracı veya alternatif finansal varlık olarak görülmektedir (Roubini, 2018). Kısa vadeli fiyat hareketlerinin küresel risk algısı ve yatırımcı duyarlılığına yüksek derecede bağımlı olması, kripto paraların geleneksel parasal göstergelerden ziyade finansal piyasa dinamikleriyle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Sovbetov, 2018; Shahzad vd., 2019).

Geleneksel para arzı, genellikle merkez bankalarının kontrolünde olan ve ekonomik faaliyetleri desteklemek amacıyla kullanılan bir politika aracıdır. M2 para arzı gibi geniş tanımlı parasal büyüklükler, dolaşımdaki nakit paranın yanı sıra vadesiz ve vadeli mevduatları da kapsayarak ekonomideki likidite koşullarını yansıtmaktadır (Mishkin, 2019; Mankiw, 2021). Para arzındaki artışların, enflasyon beklentileri, faiz oranları ve varlık fiyatları üzerinde önemli etkiler yarattığı bilinmektedir (Friedman, 1968; Woodford, 2003). Bu bağlamda, Bitcoin'in bazı özellikleri, onu geleneksel para sistemine karşı olası bir alternatif olarak öne çıkarabilmektedir. Arzının önceden belirlenmiş olması ve merkezi otorite müdahalesine tabi olmaması, özellikle parasal genişleme ve enflasyon endişelerinin arttığı dönemlerde Bitcoin'in enflasyona karşı korunma aracı olarak değerlendirilebilmesine imkân tanımaktadır (Smales, 2024).

Literatürde Bitcoin ile geleneksel para arzı ve makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkinin niteliği konusunda ortak bir görüş birliği yoktur. Bir grup çalışma,

parasal genişleme dönemlerinde Bitcoin fiyatlarının genel olarak yükselme eğilimi gösterdiğini ve bunun Bitcoin'in enflasyona karşı korunma (hedge) aracı olabileceğine işaret ettiğini ileri sürmektedir (Dyhrberg, 2016; Baurvd., 2018; Bouri vd., 2017). Özellikle bazı ampirik analizler, geniş tanımlı para arzı M2 ile Bitcoin fiyatı arasında uzun dönemli eş bütünleşme ilişkileri tespit ederek, para arzındaki genişlemenin Bitcoin üzerindeki likidite tetikleyici etkisini vurgulamaktadır (Llanos vd., 2026). Örneğin M2 para arzı ile Bitcoin fiyatı arasında anlamlı bir uzun dönem bağlantı ve elastikiyet bulunduğu, Bitcoin fiyatının para arzındaki artışlara karşı duyarlı olduğu sonucuna ulaşan çalışmalar mevcuttur (Kokabian, 2025).

Bununla birlikte, Bitcoin'in enflasyon koruma özelliği üzerine yapılan çalışmaların sonuçları karmaşıktır. Bazı araştırmalar, Bitcoin fiyat değişimlerinin beklenen enflasyon oranı üzerindeki etkisini ve bu değişimlerin enflasyon beklentilerini tetiklediğini göstererek Bitcoin'in çok sınırlı da olsa bir enflasyon hedge işlevi görebileceğini öne sürmektedir (Blau vd., 2021; Conlon vd., 2021; LiuveValcarcel, 2024). Diğer çalışmalarda ise Bitcoin'in sözde enflasyonla ilişkisi belirli bağlamlara ve fiyat endekslerine bağlı olarak değişmektedir; örneğin sadece belirli enflasyon göstergelerine göre hedge özellikleri gözlemlenebilmekte veya bu özellik COVID-19 sonrası dönemde zayıflamaktadır (Rodriguez ve Colombo, 2025). Buna karşılık farklı bir literatür grubu, Bitcoin fiyat hareketlerinin büyük oranda spekülasyon dinamikleri, yatırımcı duyarlılığı, küresel risk algısı ve finansal piyasa belirsizlikleri tarafından belirlendiğini vurgulamaktadır (Gurdgiev ve O'Loughlin, 2020; Gaies vd., 2023; Sakariyahu vd., 2024). Bu yaklaşımda Bitcoin, parasal göstergelerden ziyade makroekonomik belirsizlik (örneğin ekonomik politika belirsizliği) ve risk iştahının bir fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir. Çeşitli ampirik bulgular (örneğin bazı VAR ve GARCH temelli analizler), Bitcoin fiyatlarının para arzı ve enflasyon gibi makro değişkenlerle istikrarlı ve tutarlı bir şekilde ilişkilendiğini göstermemekte, bunun yerine fiyatların risk varlıklarına benzer davranışlar sergilediğini öne sürmektedir (Baş vd., 2023). Başka bir çalışma da, Bitcoin'in geleneksel merkez bankası politikalarına sistematik tepki verdiğini, bu yüzden tamamen bağımsız bir enflasyon hedge aracı olduğuna dair kanıt bulunmadığını iddia etmektedir (Pietrzak, 2023).

Bu tartışmalar çerçevesinde literatürde, Bitcoin'in para arzı, enflasyon ve makroekonomik değişkenlerle ilişkisi konusunda hem destekleyici hem de eleştirel ampirik kanıtlar bulunmaktadır. Bazı çalışmalar, Bitcoin'i sınırlı arzı sayesinde enflasyondan koruyan bir varlık olarak değerlendirirken, diğerleri yüksek fiyat oynaklığı, spekülasyon hareketleri ve makro politika şokları nedeniyle bu genellenmenin mümkün olmadığını savunmaktadır (Cheah ve Fry, 2015). Ayrıca, geleneksel para arzı ile Bitcoin arasındaki ilişkinin zaman boyutu da önem arz etmektedir. Uzun dönemde parasal genişleme ile Bitcoin arasında belirli bir denge ilişkisi bulunabileceği tartışılırken (Dyhrberg, 2016; Baurvd., 2018; Kristoufek, 2015), kısa dönemde fiyat hareketleri daha çok şoklar, beklentiler ve yatırımcı duyarlılığı üzerinden şekillenmektedir (Corbetvd, 2018; Ciaian vd., 2017). Bu durum, Bitcoin'in bazı özellikleri ile parasal ikame potansiyelini gündeme getirir de mevcut piyasa koşullarında bu varlığın daha çok risk algısı ve finansal piyasa dinamikleriyle şekillenen bir yatırım aracı olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Dolayısıyla, Bitcoin'in geleneksel para arzına karşı ikame mi yoksa tamamlayıcı bir unsur mu olduğu sorusu, özellikle kısa dönem dinamiklerini dikkate alan ampirik analizlerle ele alınmaya devam etmektedir.

3. Yöntem

Makroekonomik değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin analizinde çok değişkenli zaman serisi modelleri önemli bir metodolojik araç sunmaktadır. Özellikle politika şoklarının ve finansal oynaklık kaynaklı etkilerin sistematik biçimde incelenmesinde Vektör Otoregresyon (VAR), Toda-Yamamoto VAR ve Yapısal Vektör Otoregresyon (SVAR) modelleri gibi modeller yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, değişkenler arasındaki uzun dönem bilgiyi kaybetmeden kısa dönem

dinamiklerini analiz eden bir yöntem olan Toda-Yamamoto VAR yöntemi benimsenmiştir. Öte yandan değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı ise ARDL Sınır Testi yaklaşımı ile test edilmiştir. Özetle çalışmada, ARDL ile tespit edilen uzun dönem ilişkisinin ardından, söz konusu ilişkinin kısa dönem dinamikleri düzey değerlerle tahmin edilen Toda-Yamamoto VAR modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Böylece uzun dönem bulgularının dinamik açıdan sağlamlığı da sınanmıştır.

3.1. Vektör Otoregresif (VAR) Modeli

VAR modeli, Sims (1980) tarafından geliştirilen ve çok değişkenli zaman serilerinde önsel teorik kısıtlar dayatmaksızın tüm değişkenleri içsel kabul eden bir modelleme yaklaşımıdır. Geleneksel eşanlı denklem sistemlerinin aksine VAR modeli, değişkenler arasında katı nedensellik yönleri belirlemeden, sistemin veri tarafından şekillenmesine olanak tanımaktadır (Stock ve Watson, 2001).

Vektör otoregresyon (VAR) yaklaşımı, çok değişkenli bir sistemde yer alan her bir değişkenin, hem kendi gecikmeli değerleri hem de sistemdeki diğer değişkenlerin gecikmeli gözlemleri aracılığıyla açıklandığı dinamik bir eşitlikler bütünüdür ifade etmektedir (Stock ve Watson, 2001). Bu çerçevede, modelde yer alan tüm değişkenler esasen içsel olarak ele alınmakta ve karşılıklı etkileşimler simetrik biçimde yapılandırılmaktadır. Bununla birlikte, analizin gerektirdiği durumlarda modele dışsal değişkenlerin dâhil edilmesi de mümkündür (Lütkepohl, 2005). Geleneksel eşanlı denklem sistemlerinde değişkenler arasında katı bir içsel-dışsal ayrımı yapılırken, VAR metodolojisi bu tür önsel teorik sınıflandırmalara ihtiyaç duymadan, değişkenler arası ilişkilerin veri tarafından belirlenmesine imkân tanımaktadır (Sims, 1980).

VAR modelleri ekonometri literatüründe çoğunlukla doğrudan politika tasarımı yapmaktan ziyade, sistemde yer alan değişkenler arasındaki dinamik etkileşimleri analiz etmek ve kısa vadeli öngörüler üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda temel odak, yapısal parametrelerin tek tek tahmin edilmesinden çok, değişkenlerin zaman içinde birbirlerini nasıl etkilediklerinin ortaya konulmasıdır. Nitekim Sims (1980) ile Sims, Stock ve Watson (1990), VAR analizinin esas amacının belirli katsayıların ekonomik yorumundan ziyade, değişkenler arasındaki karşılıklı ve eşanlı etkileşim mekanizmasını incelemek olduğunu vurgulamaktadır. Bu çerçevede VAR modelleri, parametre merkezli bir tahmin yaklaşımından ziyade, sistemin dinamik yapısını ve şokların yayılım sürecini anlamaya yönelik bir analitik araç olarak değerlendirilmektedir (Enders, 2015).

Genel formu ile (k) değişkenli ve (p) gecikmeli bir VAR(p) modeli aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + u_t \quad (1)$$

Burada;

(Y_t), (k X 1) boyutlu içsel değişkenler vektörünü,

(A_i), katsayı matrislerini,

(u_t), indirgenmiş form hata terimleri vektörünü sembolize etmektedir.

Hata terimleri için:

$$E(u_t) = 0, \quad E(u_t u_t^t) = \Sigma_u \quad (2)$$

varsayımı yapılmaktadır. Ancak indirgenmiş form hata terimleri genellikle eşanlı korelasyona sahiptir. Bu durum, şokların doğrudan ekonomik anlamda yorumlanmasını güçleştirmektedir (Lütkepohl, 2005).

VAR modelinin başlıca avantajları, değişkenler arasındaki ilişkilerin analizinde sağladığı esneklik ve dinamik yapıyı ortaya koyabilme kapasitesinden kaynaklanmaktadır. Bu model, değişkenler arasında önsel teorik kısıtlar dayatmaksızın tüm değişkenleri sistem içinde içsel olarak ele alabilmekte ve böylece ilişkilerin veri tarafından belirlenmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca VAR yaklaşımı, ekonomik

değişkenler arasındaki dinamik etkileşimleri sistematik bir biçimde modelleyebilmekte ve zaman içinde ortaya çıkan şokların yayılım mekanizmasını inceleme imkânı sunmaktadır. Bunun yanında model, etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması gibi analiz araçları aracılığıyla, yapısal şokların büyüklüğünü, yönünü ve değişkenler üzerindeki göreceli önemini değerlendirmeye olanak sağlayarak ekonometrik analizlerde önemli bir analitik çerçeve sunmaktadır. Bununla birlikte standart VAR modeli, gözlemlenen hata terimlerini yapısal şoklardan ayıramadığı için politika analizlerinde sınırlı yorum gücüne sahiptir. Bu sınırlılık, yapısal modellerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (Sims, 1980; Bernanke, 1986; Lütkepohl, 2005; Enders, 2015).

3.2. Toda-Yamamoto VAR Modeli

Geleneksel VAR modellerinin uygulanabilmesi için serilerin durağan olması gerektiği kabul edilmektedir. Bu nedenle uygulamalarda seriler çoğunlukla birinci farkları alınarak modele dâhil edilmektedir. Bununla birlikte, fark alma işlemi, değişkenlerin düzey değerlerinde yer alan uzun dönem bilgi içeriğinin kaybolmasına neden olabilmektedir. Özellikle eşbütünleşik değişkenlerin farklarının alınması, uzun dönem dinamiklerinin modelden uzaklaşmasına ve etki-tepki analizlerinin yalnızca kısa dönem dalgalanmalarını yansıtmaya yol açabilmektedir (Hamilton, 1994; Enders, 2015).

Toda ve Yamamoto (1995), bu sorunun giderilebilmesi amacıyla değişkenlerin düzey değerleriyle tahmin edilen genişletilmiş VAR yaklaşımını önermiştir. Yaklaşımın temel mantığı, serilerin bütünleşme dereceleri farklı olsa dahi değişkenlerin düzey değerlerinin korunması ve modele sistemde yer alan en yüksek bütünleşme derecesi kadar ilave gecikme eklenmesidir. Böylece serilerin uzun dönem bilgi içeriği korunurken modelin asimptotik özellikleri de güvence altına alınmaktadır (Toda ve Yamamoto, 1995; Dolado ve Lütkepohl, 1996).

Lütkepohl (2005), düzey değerlerle tahmin edilen VAR modellerinin özellikle dinamik analizlerde daha fazla bilgi içerdiğini ve sistemde meydana gelen şokların zamana yayılan etkilerinin daha sağlıklı yorumlanmasına imkân verdiğini belirtmektedir. Benzer şekilde Enders (2015), düzey VAR modellerinin ekonomik değişkenlerin ortak hareketlerinin incelenmesinde fark modellerine kıyasla daha güçlü sonuçlar üretebildiğini ifade etmektedir.

Bu çalışmada, değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olduğu ve birim kök testi öncesi belirsizliklerin bulunduğu durumlarda, Toda ve Yamamoto (1995) ile Dolado ve Lütkepohl (1996) tarafından bağımsız olarak geliştirilen ve literatürde "TY-DL" yaklaşımı olarak anılan yöntem tercih edilmiştir. Bu yaklaşımın temel avantajı, değişkenlerin seviye değerleriyle çalışabilmesi ve uzun dönem bilgisini koruyarak, eşbütünleşme ön testlerine ihtiyaç duymaksızın VAR modeli tahminine olanak tanımasıdır (Mavrotas ve Kelly, 2001; Rambaldi ve Doran, 1996). Bu özellikleri nedeniyle Toda-Yamamoto yaklaşımı, özellikle makroekonomik ve finansal zaman serisi analizlerinde yaygın bir kabul görmektedir (Zapata ve Rambaldi, 1997; Hacker ve Hatemi-J, 2006).

Toda-Yamamoto yaklaşımının temel mantığı, VAR modeline eklenen ilave gecikmeler aracılığıyla asimptotik dağılım teorisini geçerli kılmaktır. Bu yöntemde ilk adım, uygun bilgi kriterleri (Akaike, Schwarz veya Hannan-Quinn) kullanılarak optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesidir. İkinci adımda, serilerin maksimum bütünleşme derecesi $d_{\max}$ tespit edilmektedir. Üçüncü adımda ise $(p + d_{\max})$ gecikme uzunluğuna sahip bir VAR modeli tahmin edilmekte ve nedensellik testleri, ilk p gecikmeye ait katsayılar üzerinden uygulanmaktadır (Toda ve Yamamoto, 1995).

Toda-Yamamoto genişletilmiş VAR modeli şu şekilde tahmin edilmektedir:

$$Y_t = c + \sum_{i=1}^{p+d_{\max}} A_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

p : bilgi kriterleri ile belirlenen optimal gecikme uzunluğunu,

$d_{\max}$: sistemdeki değişkenlerin en yüksek bütünleşme derecesini ifade etmektedir.

3.3. ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin belirlenmesinde Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (Autoregressive Distributed Lag-ARDL) sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. ARDL yöntemi, farklı bütünleşme derecelerine sahip değişkenler arasında uzun dönem ilişkilerin analiz edilmesine olanak sağlayan esnek bir eşbütünleşme yaklaşımıdır. Geleneksel Johansen (1988, 1991) ve Engle-Granger (1987) eşbütünleşme yöntemlerinden farklı olarak, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin aynı bütünleşme derecesine sahip olmasını zorunlu kılmamaktadır. Değişkenlerin $I(0)$ ve $I(1)$ olmaları durumunda güvenilir sonuçlar üretebilen ARDL yaklaşımı, hiçbir değişkenin $I(2)$ olmaması koşuluyla uygulanabilmektedir (Pesaran vd., 2001).

ARDL yaklaşımının en önemli avantajlarından biri, küçük örneklerde etkin tahminler sağlayabilmesi ve değişkenlere farklı gecikme uzunlukları atanmasına olanak vermesidir. Ayrıca yöntemin hem kısa dönem dinamiklerini hem de uzun dönem katsayılarını aynı model içerisinde tahmin edebilmesi, makroekonomik ve finansal zaman serileri analizlerinde yaygın olarak tercih edilmesini sağlamaktadır (Narayan, 2005; Pesaran ve Shin, 1999).

ARDL yaklaşımı, değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olabilmesi, küçük örneklerde güvenilir tahminler sağlaması ve kısa dönem ile uzun dönem ilişkilerini aynı model içerisinde birlikte değerlendirebilmesi nedeniyle son yıllarda makroekonomi, finans ve enerji ekonomisi alanlarında en yaygın kullanılan yöntemlerden biri hâline gelmiştir (Pesaran vd., 2001; Narayan, 2005).

4. Veri Seti

Bitcoin ile geleneksel para arzı arasındaki ilişkinin niteliği, yalnızca eşanlı korelasyonlar veya standart VAR modelleri aracılığıyla tam olarak ortaya konulamamaktadır. Parasal genişleme, küresel risk algısı ve finansal piyasa beklentileri gibi faktörlerin eş zamanlı olarak etkileşim içinde olması, bu ilişkinin altında yatan yapısal mekanizmaların ayrıştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, Bitcoin'in geleneksel para arzına karşı bir ikame aracı olarak işlev görüp görmediğini değerlendirebilmek için, parasal şoklar ile finansal ve risk kaynaklı şokların ayrı ayrı tanımlanması gerekmektedir.

Bu çalışma, söz konusu ihtiyaca yanıt verebilmek amacıyla Toda-Yamamoto yaklaşımı doğrultusunda düzey değerlerle genişletilmiş VAR modeli yöntemini benimsemektedir. Çalışmada ele alınan değişkenlere ait kısa ve uzun dönemli ilişkiler araştırılmaya çalışılmıştır. Parasal genişlemeyi temsil eden M2 para arzı şokları ile küresel risk algısını yansıtan VIX şokları ayrı ayrı tanımlanarak, Bitcoin'in bu yapısal şoklara verdiği tepkiler etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması aracılığıyla analiz edilmektedir. Böylece, Bitcoin'in kısa dönemde geleneksel para arzına karşı bir ikame aracı olarak davranıp davranmadığı ampirik olarak test edilebilmektedir.

Çalışmada, Bitcoin ile geleneksel para arzı arasındaki ilişkinin analiz edilebilmesi amacıyla ABD verilerinden oluşan aylık frekansta üç değişken kullanılmıştır: Bitcoin (BTC), geniş tanımlı para arzı (M2) ve küresel risk algısını temsil eden VIX endeksi. Analiz dönemi 2015:05–2025:12 aralığını kapsamaktadır. Çalışma döneminin başlangıç tarihi, Bitcoin piyasasının görece olgunlaşmaya başladığı ve işlem hacminin belirgin şekilde arttığı dönemi esas alacak şekilde belirlenmiştir.

Bitcoin verileri ABD doları cinsinden aylık kapanış değerlerinden elde edilmiştir. Finansal zaman serilerinin karakteristik özellikleri dikkate alınarak ve Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımının düzey değerlerle çalışma gerekliliği doğrultusunda, Bitcoin serisi doğal logaritmik dönüşüme tabi tutulmuştur. Bu dönüşüm, serinin doğrusal olmayan yapısını yumuşatarak değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin daha sağlıklı biçimde modellenmesine olanak sağlamaktadır. Analiz, Bitcoin'in seviye hareketleri üzerinden

uzun dönem bilgi içeriğini koruyarak, kısa dönem şok aktarım mekanizmasını incelemeye odaklanmaktadır.

Geleneksel para arzını temsil etmek amacıyla geniş tanımlı para arzı göstergesi olan M2 kullanılmıştır. M2, dolaşımdaki nakit para ile birlikte vadesiz ve vadeli mevduatları kapsamakta olup, ekonomideki toplam likidite koşullarını yansıtan temel göstergelerden biridir (Mishkin, 2019). Para arzındaki değişimlerin varlık fiyatları üzerindeki etkileri, parasal aktarım mekanizmasının önemli bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Friedman, 1969). Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımının düzey değerlerle çalışma gerekliliği doğrultusunda, M2 değişkeni Bitcoin ve VIX serileriyle tutarlılık sağlamak amacıyla doğal logaritmik dönüşüme tabi tutulmuş. Bu yaklaşım, para arzına ilişkin uzun dönem bilgi içeriğinin korunmasına ve değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin seviye değerler üzerinden analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.

Bitcoin fiyatlarının yalnızca parasal göstergelerden değil, aynı zamanda küresel finansal risk algısından da etkilendiği yönündeki bulgular literatürde geniş yer tutmaktadır (Bouri vd., 2017). Bu nedenle, modele kontrol değişkeni olarak Chicago Board Options Exchange (CBOE) tarafından hesaplanan VIX endeksi dahil edilmiştir. VIX, piyasa oynaklığı beklentilerini ve yatırımcı duyarlılığını yansıtan bir gösterge olarak kabul edilmekte ve "korku endeksi" olarak adlandırılmaktadır. VIX serisi aylık ortalama değerler üzerinden analize dahil edilmiş ve diğer değişkenlerle tutarlılığı sağlamak amacıyla doğal logaritmik dönüşüme tabi tutulmuştur. Böylece küresel risk algısındaki değişimlerin Bitcoin üzerindeki dinamik etkileri, Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımı çerçevesinde etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması aracılığıyla değerlendirilebilmektedir.

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan veri seti ve dönüşümler, Bitcoin ile geleneksel para arzı arasındaki kısa dönem dinamik ilişkisinin incelenmesine uygun bir çerçeve sunduğu düşünülmektedir.

5. Ampirik Bulgular

5.1. Birim Kök Testleri

VAR modelinin elde edilebilmesi ve sistemin dinamik özelliklerinin sağlıklı biçimde analiz edilebilmesi için serilerin durağan olması gerekmektedir. Durağanlık koşulunun sağlanıp sağlanmadığını belirlemek amacıyla çalışmada kullanılan değişkenlere Genişletilmiş Dickey-Fuller (AugmentedDickey-Fuller, ADF) ve KPSS birim kök testleri uygulanmış ve sonuçlar Tablo 1'de raporlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, para arzı ve Bitcoin değişkenlerinin düzey değerlerinde birim kök içerdiği, dolayısıyla durağan olmadıkları sonucuna varılmıştır. Buna karşılık serilerin birinci farkları alındığında durağanlık koşulunun sağlandığı tespit edilmiştir. Öte yandan, VIX endeksinin düzey değerinde durağan olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF (DüzyeDeğerleri)	ADF (Birinci Fark)
VIX	-4.672023 (0.0002)	-
M2	-1.263060 (0.8922)	-4.065056 (0.0016)
BTC	-2.191634 (0.4899)	-7.608789 (0.0000)

¹Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. Birim kök test spesifikasyonu sabitli olarak ele alınmıştır.

Değişkenler	KPSS (DüzyeDeğerleri)	KPSS (Birinci Fark)
VIX	0.300434 (0.463000)	-
M2	0.190275 (0.146000)	0.218099 (0.463000)
BTC	0.209578 (0.146000)	0.147434 (0.463000)

²Parantez içindeki değerler %5 anlamlılık seviyesinde kritik değerleri göstermektedir. Birim kök test spesifikasyonu sabitli olarak ele alınmıştır.

Çalışmada kullanılan serilerin bütünleşme dereceleri incelendiğinde VIX değişkeninin düzeyde durağan (I(0)), Bitcoin ile M2 para arzı serilerinin ise birinci dereceden bütünleşik (I(1)) olduğu belirlenmiştir. Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımının temel avantajı, değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olması durumunda dahi düzey değerleriyle analiz edilebilmesine olanak tanımasıdır. Bu yaklaşım, serilerin farkları alınarak durağanlaştırılmasını gerektirmediğinden, değişkenlerin seviye değerlerinde yer alan uzun dönem bilgi içeriğinin korunmasını sağlamaktadır (Toda ve Yamamoto, 1995; Dolado ve Lütkepohl, 1996). Dolayısıyla, birim kök testi sonuçları değişkenler arasında farklı bütünleşme derecelerinin varlığını göstermekle birlikte, bu durum Toda-Yamamoto yaklaşımı çerçevesinde tahmin edilecek genişletilmiş VAR modelinin uygulanabilirliğini sınırlandırmamakta; aksine, söz konusu yaklaşımın tercih edilmesinin temel gerekçesini oluşturmaktadır.

5.2. ARDL Sınır Testi ve Uzun Dönem İlişki Analizi

Çalışmada ilk olarak değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu nedenle eşbütünleşme yöntemlerine başvurulmuştur. Birim kök testleri sonucunda VIX değişkeninin düzeyde durağan [I(0)], Bitcoin ve M2 para arzı değişkenlerinin ise birinci farkta durağan [I(1)] olduğu belirlenmiştir. Değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olması, klasik eşbütünleşme yöntemlerinin (Engle-Granger, 1987; Johansen, 1988) uygulanabilirliğini sınırlandırırken, I(0) ve I(1) özellik gösteren serilerin birlikte analiz edilmesine olanak tanıyan Otoregresif Dağıtılmış Gecikmeler (Autoregressive Distributed Lag - ARDL) yaklaşımını uygun bir yöntem haline getirmektedir. Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığını araştırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda, Bitcoin, M2 para arzı ve küresel risk algısı arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı ARDL sınır testi aracılığıyla değerlendirilmiştir. Böylece değişkenler arasındaki ilişkinin uzun dönem denge boyutunun yanı sıra, Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımı ile incelenen kısa dönem şok dinamiklerinin birlikte analiz edilmesi suretiyle daha kapsamlı bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

Çalışmada tahmin edilen ARDL modeli şu şekilde formülize edilebilir:

$$BTC_t = f(M2_t, VIX_t) \quad (4)$$

$$\Delta BTC_t = \alpha + \sum \beta_i \Delta BTC_{t-i} + \sum \gamma_i \Delta M2_{t-i} + \sum \delta_i \Delta VIX_{t-i} + \lambda ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

ARDL modelinde optimum gecikme uzunluğu Akaike Bilgi Kriteri (AIC) esas alınarak belirlenmiştir. Akaike bilgi kriterinin en düşük olduğu gecikme uzunluğu uygun gecikme uzunluğu olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda bağımlı ve bağımsız değişkenler için maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak tanımlanmış ve en düşük AIC değerini veren ARDL(1,0,1) modeli tercih edilmiştir.

ARDL yaklaşımında bir sonraki aşama, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını araştırmak amacıyla sınır testi (Bounds Test) kapsamında F-istatistiğinin değerlendirilmesidir. Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen sınır testi, değişkenlerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olduğu durumlarda uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin araştırılmasına imkân tanımaktadır. Bu kapsamda hesaplanan F-istatistiği, ilgili kritik alt ve üst sınır değerleri ile karşılaştırılmaktadır. F-istatistiğinin üst sınır kritik değerini aşması durumunda değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu, alt sınır kritik değerinin altında kalması durumunda ise eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığı kabul edilmektedir. F-istatistiğinin alt ve üst sınır değerleri arasında yer alması halinde ise test sonuçları belirsiz kabul edilmekte ve değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiye yönelik kesin bir sonuca ulaşılamamaktadır.

Tablo 2. ARDL Sınır Testi Sonuçları

k	F İstatistiği	Alt Sınır (%1)	Üst Sınır (%1)	Alt Sınır (%5)	Üst Sınır (%5)	Alt Sınır (%10)	Üst Sınır (%10)
2	15.58325	4.13	5	3.1	3.87	2.63	3.35

Tablo 2'de yer alan ARDL sınır testi sonuçlarına göre hesaplanan F-istatistiği 15,583 olarak bulunmuştur. Söz konusu değer, %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri için belirlenen üst sınır kritik değerlerinin tamamından yüksektir. Bu bulgu, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Dolayısıyla Bitcoin, M2 para arzı ve VIX değişkenleri arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Başka bir ifadeyle, kısa dönemde ortaya çıkan sapmalara rağmen söz konusu değişkenler uzun dönemde ortak bir denge etrafında hareket etme eğilimi göstermektedir.

ARDL sınır testi sonuçları değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir. Ancak bu bulgu tek başına Bitcoin ile M2 para arzı arasında güçlü bir ikame ilişkisi olduğu anlamına gelmemektedir. Uzun dönemli ilişkinin yönü ve gücü, uzun dönem katsayı tahminleri üzerinden ayrıca değerlendirilmelidir.

Tablo 3. ARDL Uzun Dönem Katsayı Tahminleri

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olasılık (p)
M2	4.5071	3.0397	1.4828	0.1407
VIX	-0.7316	0.4066	-1.7992	0.0744
Sabit	15.7361	7.0904	2.2193	0.0283

Not: Katsayılar ARDL(1,0,1) modeline ait uzun dönem tahminlerini göstermektedir.

ARDL modeli kapsamında elde edilen uzun dönem katsayı tahminleri, Bitcoin, M2 para arzı ve VIX değişkeni arasındaki uzun dönemli ilişkinin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi sunmaktadır. Sonuçlara göre M2 para arzı katsayısı pozitif (4,5071) olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,1407$). Bu bulgu, para arzındaki değişimlerin Bitcoin üzerinde uzun dönemde sistematik ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermektedir. Dolayısıyla Bitcoin ile geleneksel para arzı arasında güçlü bir parasal ikame ilişkisinin varlığına yönelik yeterli ampirik kanıt elde edilememiştir.

VIX değişkenine ait katsayı ise negatif (-0,7316) olup %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,0744$). Bu sonuç, küresel risk algısındaki artışların uzun dönemde Bitcoin getirilerini olumsuz etkilediğine işaret etmektedir. Başka bir ifadeyle, piyasalardaki belirsizlik ve risk algısının yükseldiği dönemlerde Bitcoin'in performansının zayıfladığı görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ARDL sınır testi sonuçları değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğunu ortaya koyarken, uzun dönem katsayı tahminleri söz konusu ilişkinin ağırlıklı olarak küresel risk koşulları tarafından şekillendiğini göstermektedir. Buna karşılık M2 para arzının Bitcoin üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, Bitcoin'in geleneksel para arzına karşı güçlü bir ikame aracı olduğu yönündeki görüşü desteklememektedir. Bitcoin'in para arzı dinamiklerinden ziyade risk algısına duyarlı bir finansal varlık olarak hareket ettiği tahmin edilmektedir.

Tablo 4. Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	p
ECT(-1)	-0.6352	0.0000

Not: ECT(-1), uzun dönem denge ilişkisinden sapmaları gösteren hata düzeltme terimidir. Katsayının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa dönem dengesizliklerinin zaman içerisinde uzun dönem dengeye yakınsadığını göstermektedir.

ARDL modeline dayalı hata düzeltme mekanizması sonuçları, değişkenler arasında tespit edilen uzun dönemli ilişkinin kısa dönem dinamikler üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Hata düzeltme teriminin [ECT(-1)] katsayısı -0,635 olarak tahmin edilmiş ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,01$). Negatif işaretli ve anlamlı hata düzeltme katsayısı, modelin uzun dönem dengeye yakınsama özelliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Katsayının mutlak değeri dikkate alındığında, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %63,5'inin bir sonraki dönemde giderildiği anlaşılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, Bitcoin, para arzı ve küresel risk algısı arasında uzun dönem denge ilişkisinden meydana gelen sapmalar zaman içerisinde düzelmekte ve sistem yeniden dengeye yönelmektedir. Bu bulgu, ARDL sınır testi sonucunda tespit edilen eşbütünleşme ilişkisini desteklemekte ve değişkenler arasında uzun dönemli bir denge mekanizmasının varlığına işaret etmektedir.

Ayrıca hata düzeltme katsayısının 0 ile -1 aralığında yer alması, sistemin dengeye aşırı tepki vermeden ve istikrarlı bir şekilde yakınsadığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, Bitcoin ile M2 para arzı ve VIX değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğunu ve kısa dönemli sapmaların zamanla ortadan kalktığını ortaya koymaktadır.

ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak değişkenler arasında uzun dönemli ilişkisinin varlığı araştırılmıştır. Elde edilen bulguların yalnızca uzun dönem denge ilişkisiyle sınırlı kalmaması ve dinamik etkileşimlerin düzey değerler üzerinden incelenebilmesi amacıyla, Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımı doğrultusunda genişletilmiş VAR modeli tahmin edilmiştir. Bu yaklaşım sayesinde hem değişkenlerin uzun dönem bilgi içeriği korunmuş hem de etki-tepki fonksiyonları, kümülatif etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması analizleri aracılığıyla ARDL bulgularının dinamik açıdan tutarlılığı değerlendirilmiştir. Böylece çalışmada uzun dönem ilişkisini ortaya koyan ARDL sonuçları, düzey değerlerle tahmin edilen Toda-Yamamoto VAR analizi ile desteklenerek bulguların sağlamlığı sınanmıştır.

5.3. Toda-Yamamoto VAR Modeli Bulguları

Klasik Granger (1969) nedensellik yaklaşımında analizlerin güvenilir sonuçlar verebilmesi için serilerin öncelikle durağanlaştırılması gerekmektedir. Buna karşılık Toda ve Yamamoto (1995) tarafından geliştirilen yaklaşımda, değişkenlerin durağanlık derecelerine bağlı olarak dönüştürülmesi zorunlu değildir. Başka bir ifadeyle, seriler düzey değerleriyle modele dâhil edilmekte ve bu sayede veri setinin içerdiği uzun dönem bilgi korunmaktadır. Serilerin düzey değerleriyle kullanılması, fark alma işlemi nedeniyle oluşabilecek bilgi kaybını önleyerek modelin daha fazla bilgi içermesine ve elde edilen tahminlerin daha güvenilir olmasına katkı sağlamaktadır (Çil Yavuz, 2006).

Yetersiz gecikme seçimi modelde otokorelasyon sorununa yol açarak tahminlerin yanlış ve tutarsız olmasına neden olabilirken, gereğinden fazla gecikme kullanımı ise parametre sayısını artırarak etkinliği düşürmekte ve serbestlik derecesini azaltmaktadır. Bu nedenle gecikme uzunluğu genellikle Akaike (AIC), Schwarz (SC) ve Hannan-Quinn (HQ) gibi bilgi kriterleri yardımıyla belirlenmektedir (Lütkepohl, 2005). Toda-Yamamoto yaklaşımının uygulanmasında ilk aşama, uygun gecikme uzunluğunun (p) standart VAR modeli yardımıyla belirlenmesidir. Ardından sistemde yer alan değişkenlerin en yüksek bütünleşme derecesi (d_{max}) tespit edilmekte ve bu değer optimal gecikme uzunluğuna eklenerek genişletilmiş VAR modeli oluşturulmaktadır. Böylece tahmin edilecek model,

VAR($p+d_{\max}$) biçiminde ifade edilmekte ve analizler değişkenlerin düzey değerleri üzerinden gerçekleştirilmektedir.

Tablo 5. Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-128.3494	NA	0.001670	2.118538	2.186771	2.146256
1	533.0790	1280.184	4.49e-08	-8.404501	-8.131570	-8.293630
2	584.0487	96.18458	2.28e-08	-9.081430	-8.603802*	-8.887406*
3	595.8249	21.65319*	2.19e-08*	-9.126209*	-8.443883	-8.849032
4	600.7282	8.778409	2.34e-08	-9.060132	-8.173108	-8.699802
5	604.9263	7.312747	2.53e-08	-8.982682	-7.890960	-8.539199
6	609.6849	8.058901	2.72e-08	-8.914272	-7.617852	-8.387636
7	611.9579	3.739472	3.04e-08	-8.805772	-7.304654	-8.195983
8	614.2025	3.584189	3.41e-08	-8.696815	-6.990999	-8.003872

Modelin gecikme uzunluğu öncelikle Akaike Bilgi Kriteri (AIC), SchwarzBayesyen Bilgi Kriteri (SC), Hannan-Quinn Bilgi Kriteri (HQ) ve Son Tahmin Hatası (FPE) gibi bilgi kriterleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bilgi kriterlerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda optimal gecikme uzunluğu Akaike Bilgi Kriteri (AIC) baz alınarak üç ($p = 3$) olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, analizde Toda ve Yamamoto (1995) yaklaşımı benimsendiğinden, tahmin edilecek VAR modelinin gecikme uzunluğu yalnızca optimal gecikme sayısı ile sınırlandırılmamıştır.

Toda ve Yamamoto (1995) yaklaşımına göre, modelin güvenilir istatistiksel özelliklere sahip olabilmesi amacıyla, optimal gecikme uzunluğuna sistemde yer alan değişkenlerin en yüksek bütünleşme derecesini ($d_{\max}$) temsil eden ilave gecikmeler eklenmektedir. Bu uygulama, değişkenlerin düzey değerleriyle analiz edilmesine olanak sağlarken, farklı bütünleşme derecelerinden kaynaklanabilecek asimptotik sapmaların azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Toda ve Yamamoto, 1995; Dolado ve Lütkepohl, 1996).

Bu çalışmada gerçekleştirilen birim kök testleri sonucunda değişkenler arasında en yüksek bütünleşme derecesinin $I(1)$ olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla sistem için ($d_{\max} = 1$) olarak kabul edilmiştir. Bu doğrultuda optimal gecikme uzunluğu olan ($p=3$)'e bir gecikme eklenmiş ve analizler VAR($p+d_{\max}$)=VAR(4) modeli üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu model spesifikasyonu, Toda ve Yamamoto (1995) yaklaşımının önerdiği teorik çerçeve ile uyumlu olup, değişkenlerin düzey değerlerindeki bilgi içeriğini koruyarak dinamik ilişkilerin ve şok aktarım mekanizmasının güvenilir biçimde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yaklaşım, serilerin düzey değerleriyle tahmin yapılmasına imkân tanırken, modelin dinamik yapısının korunmasını ve etki-tepki fonksiyonları ile varyans ayrıştırması analizlerinin daha güvenilir biçimde elde edilmesini sağlamaktadır (Lütkepohl, 2005).

Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımı doğrultusunda tahmin edilen genişletilmiş VAR(4) modelinin ekonometrik yeterliliği, seri korelasyon, değişen varyans ve istikrar testleri aracılığıyla değerlendirilmiştir. İlk olarak, LM testi sonuçları, modelin hata terimlerinde otokorelasyon bulunmadığını göstermektedir. Tüm gecikmeler için elde edilen olasılık değerlerinin %5 anlamlılık düzeyinin üzerinde olması, hata terimlerinin seri korelasyon içermediğine ve modelde belirlenen gecikme yapısının dinamik ilişkileri yeterli düzeyde temsil ettiğine işaret etmektedir. White değişen varyans testi sonuçları da hata terimlerinin sabit varyans varsayımını sağladığını göstermekte ve modelde heteroskedastisite probleminin bulunmadığını ortaya koymaktadır. Son olarak, ters

karakteristik kökler (InverseRoots of AR Characteristic Polynomial) incelendiğinde tüm köklerin birim çember içerisinde yer aldığı belirlenmiş, böylece tahmin edilen genişletilmiş VAR modelinin dinamik açıdan istikrarlı olduğu doğrulanmıştır. Tanısal testlerden elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Toda–Yamamoto yaklaşımıyla tahmin edilen VAR(4) modelinin etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması analizleri için gerekli ekonometrik varsayımları sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 6. Otokorelasyon LM Test Sonuçları

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	5.773137	9	0.7624	0.639970	(9, 267.9)	0.7624
2	3.926163	9	0.9162	0.433744	(9, 267.9)	0.9162
3	3.368063	9	0.9479	0.371704	(9, 267.9)	0.9479
4	6.475078	9	0.6916	0.718714	(9, 267.9)	0.6916
5	9.152716	9	0.4233	1.020973	(9, 267.9)	0.4234

White heteroskedastisite testi sonucu ($p = 0.1261$) ise %5 düzeyinde değişen varyans olmadığına işaret etmektedir.

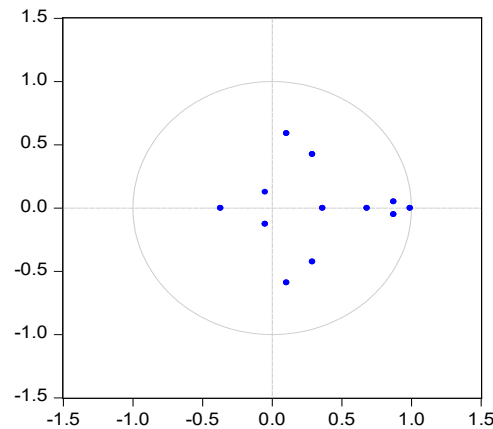
Tablo 7. White Test Sonuçları (Heteroskedasticity Tests)

Joint test:

Chi-sq	df	Prob.
509.4418	474	0.1261

Son olarak, ters karakteristik köklerin tamamının birim çember içerisinde yer alması ($|\lambda| < 1$) modelin istikrarlı olduğunu ve hareketli ortalama temsiline sahip bulunduğunu göstermektedir.

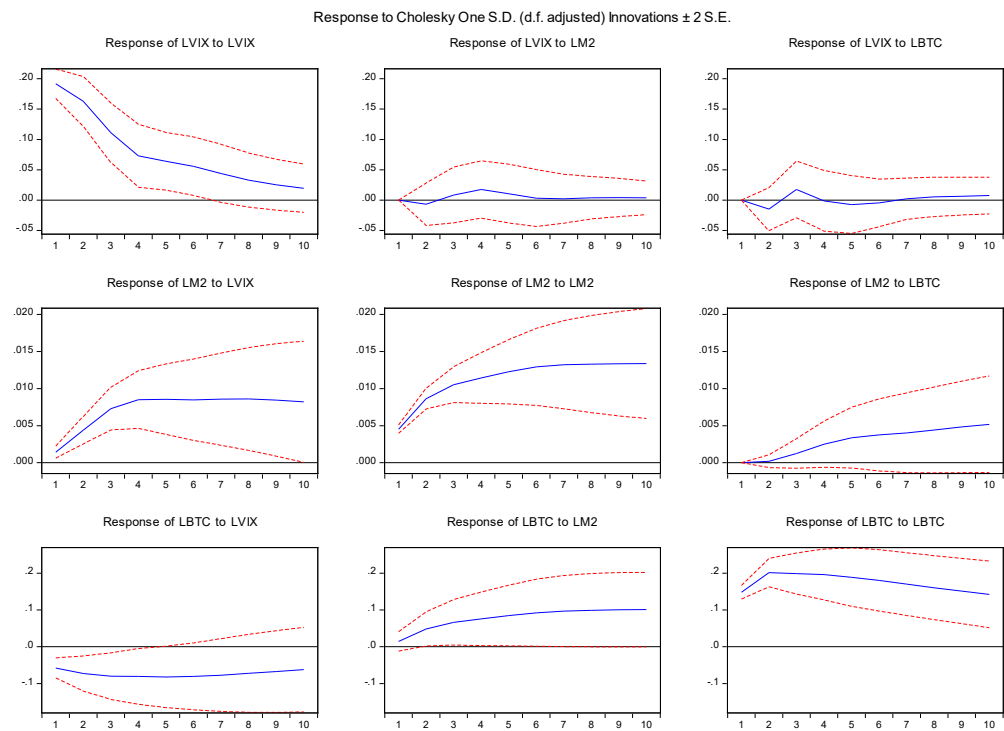
Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Şekil 1. Toda–YamamotoVAR Modeli için AR Ters Birim Kök Çemberi

Genel olarak değerlendirildiğinde, modelin temel varsayımları karşıladığı ve bu nedenle etki-tepki ve varyans ayrıştırması analizleri güvenle yorumlanabilir nitelikte olduğu söylenebilmektedir.

Tanısal test sonuçları, Toda–Yamamoto yaklaşımı doğrultusunda tahmin edilen genişletilmiş VAR(4) modelinin istikrarlı olduğunu ve temel ekonometrik varsayımları sağladığını göstermektedir. Bu nedenle modelden elde edilen dinamik ilişkilerin daha ayrıntılı biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması analizlerine geçilmiştir. Etki-tepki fonksiyonları, sistemde yer alan değişkenlerden birine gelen beklenmedik bir şokun diğer değişkenler üzerindeki zaman içindeki etkisini ortaya koyarken; varyans ayrıştırması, her bir değişkendeki tahmin hatası varyansının hangi oranda kendi şoklarından ve hangi oranda sistemdeki diğer değişkenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu bağlamda söz konusu analizler, Bitcoin, M2 para arzı ve küresel risk algısı arasındaki dinamik aktarım mekanizmasının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 2. Etki Tepki Fonksiyonları

Etki-tepki fonksiyonları incelendiğinde, sistemde meydana gelen şokların değişkenler üzerindeki etkilerinin genel olarak zaman içerisinde zayıfladığı ve modelin istikrarlı bir dinamik yapıya sahip olduğu görülmektedir. LVIX'in kendi şokuna verdiği tepki pozitif başlamakta ve ilerleyen dönemlerde kademeli olarak azalarak dengeye yaklaşmaktadır. Bu durum, küresel risk algısındaki şokların belirli bir süre kalıcılık gösterdiğini ancak etkinin zamanla sönümlendiğini ortaya koymaktadır.

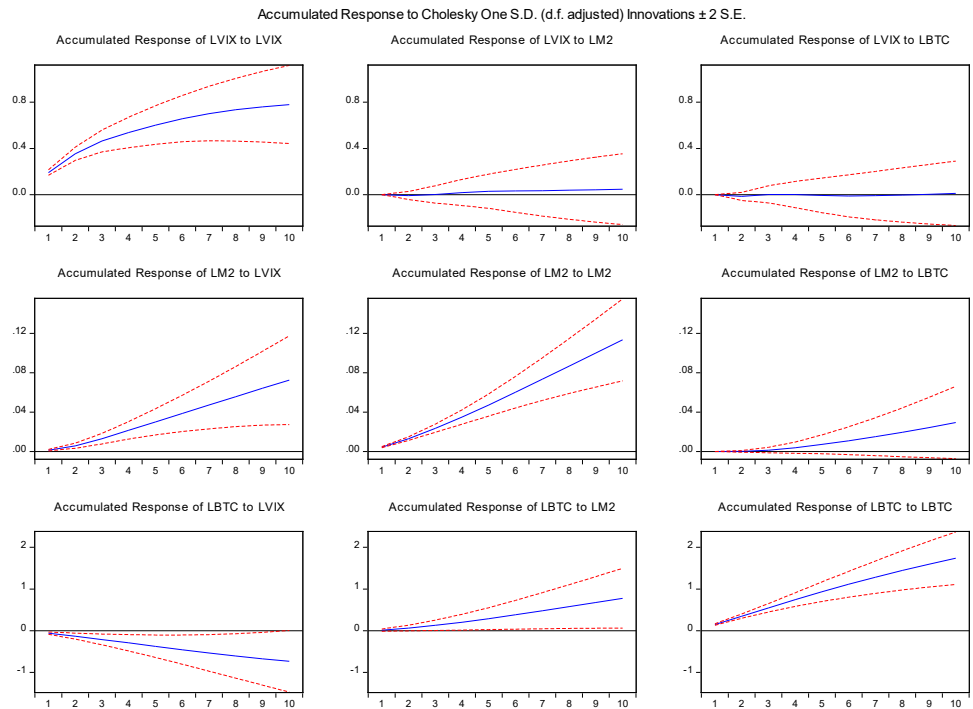
LM2'nin LVIX şokuna verdiği tepki pozitif yönlüdür. Bu bulgu, küresel risk algısındaki artışların para arzı üzerinde belirli bir gecikmeyle yukarı yönlü bir etki yaratabileceğini göstermektedir. Söz konusu tepki özellikle ilk dönemlerde güçlenmekte, daha sonraki dönemlerde ise yataylaşarak kalıcı olmayan bir yapıya dönüşmektedir.

LBTC'nin LVIX şokuna verdiği tepki ise negatif yönlüdür. Bu sonuç, küresel risk algısındaki artışların Bitcoin üzerinde baskılayıcı bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, risk algısının yükseldiği dönemlerde Bitcoin'in güvenli liman niteliğinden ziyade riskli finansal varlık davranışı sergilediği söylenebilir.

LM2 şokunun LBTC üzerindeki etkisi pozitif olmakla birlikte sınırlı ve kademeli bir görünüm sergilemektedir. Bu durum, para arzındaki genişlemenin Bitcoin üzerinde yukarı yönlü bir etki yaratabildiğini, ancak bu etkinin güçlü ve ani bir ikame mekanizmasından ziyade zamana yayılan sınırlı bir aktarım biçiminde gerçekleştiğini göstermektedir.

LBTC'nin kendi şokuna verdiği tepki pozitif ve görece güçlüdür. Bu bulgu, Bitcoin fiyat dinamiklerinin önemli ölçüde kendi içsel piyasa koşullarından ve geçmiş şoklarından etkilendiğine işaret etmektedir. Ancak tepkinin zamanla azalması, Bitcoin piyasasında ortaya çıkan şokların kalıcı olmakla birlikte giderek zayıflayan bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Genel olarak etki-tepki fonksiyonları, Bitcoin'in kısa ve orta vadede hem küresel risk algısından hem de para arzındaki değişimlerden etkilendiğini ancak en belirgin tepkinin kendi içsel şokları ve risk algısı üzerinden ortaya çıktığını göstermektedir. Bu bulgular, Bitcoin'in geleneksel para arzına güçlü bir ikame aracı olmaktan ziyade, risk algısı ve piyasa içi dinamikler tarafından şekillenen finansal bir varlık niteliği taşıdığı yönündeki değerlendirmeyi desteklemektedir.



Şekil 3. Kümülatif Etki Tepki Fonksiyonları

Kümülatif etki-tepki fonksiyonlarından elde edilen bulgular, Bitcoin fiyat dinamiklerinin hem küresel risk algısındaki değişimlerden hem de para arzındaki gelişmelerden etkilendiğini göstermektedir. Özellikle VIX kaynaklı şokların Bitcoin üzerinde zaman içerisinde biriken negatif etkiler oluşturması, küresel belirsizliklerin Bitcoin piyasasını baskıladığını ortaya koymaktadır. Buna karşılık M2 para arzındaki genişleme Bitcoin fiyatları üzerinde kümülatif ve pozitif bir etki yaratmakta, bu durum likidite koşullarındaki iyileşmenin Bitcoin talebini desteklediğine işaret etmektedir. Ayrıca Bitcoin ve M2'nin kendi şoklarına verdikleri güçlü kümülatif tepkiler, her iki değişkenin yüksek düzeyde içsel süreklilik gösterdiğini ortaya koyarken, VIX'in diğer değişkenlerden kaynaklanan şoklara sınırlı tepki vermesi küresel risk algısının daha çok dışsal gelişmeler tarafından şekillendiğini düşündürmektedir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Bitcoin piyasasının küresel risk koşullarına duyarlı olmakla birlikte genişleyici para politikalarından da destek alan bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

Etki-tepki fonksiyonları, yapısal şokların değişkenler üzerindeki zamana yayılmış etkilerini ortaya koymakla birlikte, bu şokların göreceli önemini nicel olarak değerlendirememektedir. Bu nedenle, değişkenlerde gözlenen dalgalanmaların hangi oranda hangi yapısal şoklardan kaynaklandığını belirleyebilmek amacıyla varyans ayrıştırması analizine başvurulmuştur. Varyans ayrıştırması, tahmin hatası varyansının bileşenlerini ayrıştırarak sistemdeki şokların göreceli katkısını ortaya koymakta ve özellikle Bitcoin'deki oynaklığın risk, parasal ve kendi iç dinamiklerinden ne ölçüde etkilendiğini değerlendirmeye imkân sağlamaktadır.

Tablo 8. Varyans Ayrıştırması Bulguları

Period	VarianceDecomposition of LVIX:			
	S.E.	LVIX	LM2	LBTC
1	0.191661	100.0000	0.000000	0.000000
2	0.252004	99.57931	0.073777	0.346913
3	0.276051	99.14257	0.156428	0.701005
4	0.286053	98.82478	0.520201	0.655018
5	0.293404	98.68665	0.627672	0.685674
6	0.298720	98.69840	0.617522	0.684077
7	0.301960	98.71488	0.610062	0.675057
8	0.303818	98.68307	0.619490	0.697437
9	0.304971	98.62734	0.635119	0.737539
10	0.305719	98.55684	0.647123	0.796035

Period	VarianceDecomposition of LM2:			
	S.E.	LVIX	LM2	LBTC
1	0.004744	9.054711	90.94529	0.000000
2	0.010778	18.24444	81.72215	0.033409
3	0.016778	26.43104	73.01338	0.555579
4	0.022150	29.91829	68.49310	1.588609
5	0.026937	30.32817	67.03366	2.638175
6	0.031280	29.84585	66.76167	3.392482
7	0.035252	29.41059	66.61259	3.976817
8	0.038896	29.04959	66.39959	4.550817
9	0.042256	28.61977	66.22188	5.158348
10	0.045369	28.10007	66.12296	5.776963

Period	VarianceDecomposition of LBTC:			
	S.E.	LVIX	LM2	LBTC
1	0.159639	13.11389	0.813035	86.07308
2	0.271493	11.76297	3.422709	84.81432
3	0.352383	12.17568	5.584140	82.24018
4	0.418343	12.36614	7.244709	80.38915
5	0.473992	12.63342	8.833463	78.53312
6	0.521746	12.83292	10.42075	76.74634
7	0.562611	12.92226	11.93233	75.14541
8	0.597818	12.91382	13.32173	73.76445
9	0.628420	12.84204	14.60596	72.55201
10	0.655160	12.72176	15.81131	71.46694

CholeskyOrdering: LVIX LM2 LBTC

Varyans ayrıştırması sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, her üç değişkenin tahmin hatası varyansının büyük ölçüde kendi şokları tarafından açıklandığı görülmektedir. Bununla birlikte, dönemler ilerledikçe değişkenler arasındaki karşılıklı etkileşimin arttığı dikkat çekmektedir. Özellikle Bitcoin değişkenine ilişkin tahmin hatası

varyansında M2 para arzının açıklayıcılık gücü zaman içerisinde belirgin biçimde artarken, VIX'in katkısı daha sınırlı ancak istikrarlı bir seyir izlemektedir. Benzer şekilde, M2 para arzının tahmin hatası varyansının açıklanmasında küresel risk göstergesi olan VIX'in katkısının dönemler itibarıyla yükseldiği görülmektedir. Buna karşın VIX değişkeninin tahmin hatası varyansının neredeyse tamamının kendi şokları tarafından açıklanması, küresel risk algısının sistem içerisindeki diğer değişkenlerden görece bağımsız hareket ettiğine işaret etmektedir. Genel olarak varyans ayrıştırması bulguları, Bitcoin dinamiklerinin ağırlıklı olarak kendi içsel yapısından kaynaklanmakla birlikte, zaman içerisinde para arzındaki değişimlerden de giderek daha fazla etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, etki-tepki fonksiyonlarından elde edilen bulguları desteklemekte ve para arzındaki değişimlerin Bitcoin piyasası üzerindeki etkisinin kısa dönemle sınırlı kalmayıp orta vadede de önemini koruduğunu göstermektedir.

Dolayısıyla varyans ayrıştırması sonuçları, ARDL modeliyle elde edilen uzun dönem ilişkisini dinamik analiz perspektifinden desteklemekte ve Bitcoin fiyatlarının açıklanmasında para arzının zaman içerisinde artan bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık VIX değişkeninin büyük ölçüde kendi şokları tarafından açıklanması, küresel risk algısının sistem içerisinde daha dışsal bir karakter sergilediğini göstermektedir.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Bitcoin'in sınırlı arzı ve merkeziyetsiz yapısı, geleneksel para sistemine alternatif olup olamayacağı tartışmasını parasal ikame ve para talebi çerçevesinde yeniden gündeme getirmiştir. Literatürde Bitcoin, enflasyonist ortamlarda bir değer saklama aracı olarak görülmekle birlikte, yüksek oynaklığı nedeniyle spekülative bir finansal varlık olarak da değerlendirilmektedir. Bu çalışma, Bitcoin ile geleneksel para arzı arasındaki dinamik ilişkiyi ampirik olarak inceleyerek, kripto varlıkların mevcut parasal sistemdeki konumuna ışık tutmayı amaçlamıştır.

Çalışmada, Bitcoin ile geleneksel para arzı arasındaki ilişkinin niteliği, ABD M2 para arzı ve küresel risk algısını temsil eden VIX endeksi çerçevesinde 2015M05–2025M12 dönemine ait aylık veriler kullanılarak incelenmiştir. Analiz sürecinde değişkenlerin durağanlık özellikleri ADF ve KPSS birim kök testleri ile değerlendirilmiş, ardından düzey değerlerle kurulan genişletilmiş VAR modeli üzerinden Toda–Yamamoto yaklaşımı kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Elde edilen bulgular etki-tepki fonksiyonları, kümülatif etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması analizleriyle birlikte değerlendirilmiştir.

Araştırma bulguları, Bitcoin fiyat hareketlerinin büyük ölçüde kendi iç dinamiklerinden beslendiğini göstermektedir. Varyans ayrıştırması sonuçları, tahmin dönemleri boyunca Bitcoin'deki değişimin önemli kısmının kendi şokları tarafından açıklandığını ortaya koyarken, M2 para arzı ve VIX endeksinin katkılarının zaman içerisinde artmasına rağmen görece sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu durum, Bitcoin piyasasının yüksek oynaklık ve spekülative özellikler taşıyan yapısının analiz döneminde belirleyici olmaya devam ettiğine işaret etmektedir.

Etki-tepki analizleri ise küresel risk algısındaki artışların Bitcoin üzerinde kısa dönemde negatif etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Risk göstergesi olarak kullanılan VIX endeksindeki şoklara Bitcoin'in verdiği tepki, yatırımcı davranışlarının belirsizlik dönemlerinde önemli ölçüde değişebildiğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık, M2 para arzındaki değişimlerin Bitcoin üzerindeki etkisi daha sınırlı olmakla birlikte zaman içerisinde belirginleşmektedir. Bu bulgu, küresel likidite koşullarındaki değişimlerin Bitcoin piyasasını dolaylı biçimde etkileyebildiğini düşündürmektedir.

Çalışmanın bulguları birlikte değerlendirildiğinde, Bitcoin fiyat dinamiklerinin yalnızca parasal likidite koşullarıyla açıklanamayacağı, küresel risk algısı ile Bitcoin piyasasına özgü içsel dinamiklerin de fiyat oluşumunda belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, M2 para arzının Bitcoin üzerindeki etkisinin zaman içerisinde güçlenmesi, küresel likidite koşullarındaki değişimlerin kripto varlık

piyasaları açısından dikkate alınması gereken makroekonomik bir unsur olduğunu göstermektedir.

Bu çerçevede çalışma, Bitcoin'in analiz dönemi itibarıyla geleneksel para arzına karşı güçlü bir parasal ikame aracı olmaktan ziyade, makroekonomik ve finansal gelişmelere duyarlı alternatif bir yatırım varlığı niteliği taşıdığı sonucuna ulaşmaktadır. Dolayısıyla Bitcoin'in para politikası göstergelerinden tamamen bağımsız olmadığı, ancak fiyat oluşumunda parasal değişkenlerden çok piyasa dinamikleri ve risk algısının belirleyici olduğu söylenebilir.

Elde edilen bulgular, Bitcoin'in makroekonomik değişkenlerle ilişkisinin tek boyutlu olmadığını ortaya koyan güncel ampirik çalışmalarla genel olarak uyumludur (Baş vd., 2023; Pietrzak, 2023; Sakariyahu vd., 2024). Gelecek çalışmalarda farklı para arzı göstergeleri, faiz oranları, enflasyon beklentileri ve alternatif kripto varlıkların dahil edilmesi ile farklı dönemleri kapsayan karşılaştırmalı analizler, kripto varlıkların parasal sistem içerisindeki konumunun zaman içinde nasıl değiştiğinin daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır.

Kaynakça

- Bank for International Settlements (2020). Central bank digital currencies: Foundational principles and core features. *BIS Report*, No. 1.
- Baş, T.;Özaydın, O.; Dura, Y. (2023). Does Bitcoin affect term deposits? Evidence from MINT countries. *Economics*, 17(1), 20220056. <https://doi.org/10.1515/econ-2022-0056>
- Baur, D. G.; Hong, K.; Lee, A. D. (2018). Bitcoin: Medium of exchange or speculative asset? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 54, 177–189.
- Baur, D.G.; Dimpfl, T. (2021). The volatility of Bitcoin and its role as a medium of exchange and a store of value. *Empirical Economics*, 61, 2663–2683. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01990-5>
- Bernanke, B. S. (1986). Alternative explanations of the money-income correlation. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 25, 49–99.
- Bernanke, B. S. (2005). The global saving glut and the U.S. current account deficit. Sandridge Lecture, Virginia Association of Economists.
- Blau, B. M.; Griffith, T. G.; Whitby, R. J. (2021). Inflation and Bitcoin: A descriptive time-series analysis. *Economics Letters*, 203, 109848. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2021.109848>
- Bouri, E.; Molnár, P.; Azzi, G.; Roubaud, D.; Hagfors, L. I. (2017). On the hedge and safe haven properties of Bitcoin. *Finance Research Letters*, 24, 196–201.
- Böhme, R.; Christin, N.; Edelman, B.; Moore, T. (2015). Bitcoin: Economics, technology, and governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 213–238.
- Cheah, E.; Fry, J. (2015). Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin. *Economics Letters*, 130, 32–36. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2015.02.029>
- Choi, S.; Shin, J. (2022). Bitcoin: An inflation hedge but not a safe haven. *Finance Research Letters*, 46, 102379. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102379>
- Ciaian, P. ; Rajcaniova, M. ; Kancs, D. (2018). Virtual relationships: Short- and long-run evidence from Bitcoin and altcoin markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 52, 173–195.
- Conlon, T. ; Corbet, S. ; McGee, R. J. (2021). Inflation and cryptocurrencies revisited: A time-scale analysis. *Economics Letters*, 206, 109996. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2021.109996>
- Corbet, S.; Meegan, A.; Larkin, C.; Lucey, B.;Yarovaya, L. (2018). Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets. *Economics Letters*, 165, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.01.004>
- Çil Yavuz, N; (2006). Türkiye’de Turizm Gelirlerinin Ekonomik Büyümeye Etkisinin Testi: Yapısal Kırılma ve Nedensellik Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7(2), 162-171.
- Dolado, J. J.; Lütkepohl, H. (1996). Making Wald Tests Work for Cointegrated VAR Systems. *Econometric Reviews*, 15(4), 369–386.
- Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar: A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85–92.

- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series*, 4th Edition; Wiley.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Friedman, M. (1968). The role of monetary policy. *American Economic Review*, 58(1), 1-17.
- Friedman, M. (1969). *The Optimum Quantity of Money*; Aldine De Gruyter Publishing.
- Gaies, B.; Nakhli, M. S.; Sahut, J.-M.; Schweizer, D. (2023). Interactions between investors' fear and greed sentiment and Bitcoin prices. *The North American Journal of Economics and Finance*, 67, 101924. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2023.101924>
- Gurdgiev, C.; O'Loughlin, D. (2020). Herding and anchoring in cryptocurrency markets: Investor reaction to fear and uncertainty. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 25, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100271>
- Hacibedel, B.; Perez Saiz, H. (2023). Assessing Macrofinancial Risks from Crypto Assets. *IMF Working Paper* No. 2023/214, <http://dx.doi.org/10.5089/9798400257117.001>.
- Hacker, R. S.; Hatemi-J, A. (2006). Tests for causality between integrated variables using asymptotic and bootstrap distributions: Theory and application. *Applied Economics*, 38(13), 1489-1500.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*; Princeton University Press.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.
- Johansen, S. (1991). Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models. *Econometrica*, 59(6), 1551-1580.
- Khan, M. S.; Agénor, P. R. (1992). Foreign Currency Deposits and the Demand for Money in Developing Countries. *IMF Working Papers* 1992/001, <https://doi.org/10.5089/9781451931303.001>.
- Kokabian, P. (2025). The M2-Bitcoin elasticity: A cointegration analysis (2015-2025). *Preprints*, <https://doi.org/10.20944/preprints202506.1963.v1>
- Kristoufek, L. (2015). What are the main drivers of the Bitcoin price? Evidence from wavelet coherence analysis. *PLoS ONE*, 10(4), e0123923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123923>
- Levulytė, L.; Šapkauskienė, A. (2021). Cryptocurrency in context of fiat money functions. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 82, 44-54.
- Liu, J.; Valcarcel, V. J. (2024). Hedging inflation expectations in the cryptocurrency futures market. *Journal of Financial Stability*, 70, 101205. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2023.101205>.
- Llanos, D. R.; Perote, J.; Vicente-Lorente, J. D. (2026). Liquidity, scarcity, and long-run anchoring in Bitcoin demand (2010-2025). *International Review of Economics & Finance*, 109, 105320. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2026.105320>
- Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*; Springer.
- Mankiw, N. G. (2021). *Macroeconomics*, 10th Edition; Worth Publishers.
- Marmora, P. (2021). Currency substitution in the shadow economy: International panel evidence using local Bitcoin trade volume. *Economics Letters*, 205, 109926.
- Mavrotas, G.; Kelly, R. (2001). Old wine in new bottles: Testing causality between savings and growth. *The Manchester School*, 69(S1), 97-105.
- Menger, K. (1892). On the origin of money. *The Economic Journal*, 2(6), 239-255.
- Mishkin, F. S. (2019). *The economics of money, banking, and financial markets*, 12th Edition; Pearson.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. (Online) <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Narayan, P. K. (2005). The Saving and Investment Nexus for China: Evidence from Cointegration Tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Pesaran, M. H.; Shin, Y. (1999). An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. In S. Strom (Ed.), *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century* (pp. 371-413). Cambridge University Press.
- Pesaran, M. Shin Y., Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Pietrzak, M. (2023). What can monetary policy tell us about Bitcoin? *Annals of Finance*, 19, 545-559. <https://doi.org/10.1007/s10436-023-00432-3>

- Rambaldi, A. N.; Doran, H. E. (1996). Testing for Granger non-causality in cointegrated systems made easy. *Working Papers in Econometrics and Applied Statistics*, No. 88, University of New England.
- Rodriguez, H.; Colombo, J. (2025). Is Bitcoin an inflation hedge? *Journal of Economics and Business*, 133, 106218. <https://doi.org/10.1016/j.jeconbus.2024.106218>
- Roubini, N. (2018). Exploring the cryptocurrency and blockchain ecosystem. Testimony before the Committee on Banking, Housing, and Urban Affairs, United States Senate.
- Sakariyahu, R.; Lawal, R.; Adigun, R.; Paterson, A.; Johan, S. (2024). One crash, too many: Global uncertainty, sentiment factors and cryptocurrency market. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 94, 102028. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2024.102028>
- Shahzad, S. J. H.; Bouri, E.; Roubaud, D.; Kristoufek, L.; Lucey, B. (2019). Is Bitcoin a better safe-haven investment than gold and commodities? *International Review of Financial Analysis*, 63, 322–330.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48(1), 1–48.
- Sims, C. A.; Stock, J. H.; Watson, M. W. (1990). Inference in linear time series models with some unit roots. *Econometrica*, 58(1), 113–144.
- Smales, L. (2024). Cryptocurrency as an alternative inflation hedge? *Accounting and Finance*, 64(2), 1589–1611.
- Sovbetov, Y. (2018). Factors influencing cryptocurrency prices: Evidence from Bitcoin, Ethereum, Dash, Litecoin, and Monero. *Journal of Economics and Financial Analysis*, 2(2), 1–27.
- Stock, J. H.; Watson, M. W. (2001). Vector autoregressions. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 101–115.
- Stock, J. H.; Watson, M. W. (2011). *Introduction to Econometrics*; Addison-Wesley.
- Toda, H. Y.; Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66(1–2), 225–250.
- Woodford, M. (2003). *Interest and prices: Foundations of a theory of monetary policy*; Princeton University Press.
- Yermack, D. (2013). Is Bitcoin a real currency? *NBER Working Paper Series*, No. 19747.
- Zapata, H. O.; Rambaldi, A. N. (1997). Monte Carlo evidence on cointegration and causation. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 59(2), 285–298.

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Etik Onay: Yoktur.

Yazar Katkısı: İpek M. Yurttagüler (%50), Sinem Kutlu Horvath (%50)

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Ethical Approval: None.

Author Contributions: İpek M. Yurttagüler (%50), Sinem Kutlu Horvath (%50)

Substitution Dynamics Between Traditional Money and Crypto Assets: An Analysis of Bitcoin and the M2 Money Supply

Extended Abstract

İpek M. Yurttagüler & Sinem Kutlu Horvath

The rapid digitalization of financial systems has transformed traditional debates surrounding the nature and functions of money. In this context, crypto assets have emerged as alternative financial instruments capable of partially fulfilling conventional monetary functions. Among these assets, Bitcoin has become the most prominent example due to its decentralized structure, algorithmically limited supply, and independence from central monetary authorities. Particularly after the 2008 global financial crisis, Bitcoin has attracted considerable attention in discussions concerning monetary substitution and the sustainability of traditional fiat money systems.

The concept of monetary substitution refers to the tendency of economic agents to prefer alternative assets instead of domestic currency in their portfolio choices. While traditional monetary substitution has been associated with foreign currency substitution under conditions of inflation and financial instability, the emergence of crypto assets has broadened this framework. Bitcoin's fixed supply mechanism and decentralized architecture have led to debates on whether it can function as an alternative monetary instrument or whether it primarily behaves as a speculative financial asset. This study contributes to the existing literature by empirically examining the relationship between Bitcoin and the traditional money supply growth within the United States economy.

The primary objective of this study is to evaluate whether Bitcoin behaves as a substitute for a traditional money supply or whether its dynamics are mainly shaped by global financial risk conditions. The dynamic relationships among Bitcoin, M2 money supply, and the VIX index are analyzed using monthly data from 2015M05 to 2025M12. Unlike previous studies employing standard VAR models requiring stationary variables, this study adopts the Toda-Yamamoto (1995) augmented VAR approach, which allows estimation with level variables regardless of integration properties. This approach preserves long-run information while providing reliable impulse-response and variance decomposition analyses.

The study employs two complementary econometric approaches. First, the ARDL bounds testing approach (Pesaran et al., 2001) is used to investigate long-run equilibrium relationships. Second, the Toda-Yamamoto (1995) augmented VAR approach is adopted to analyze short-run dynamic interactions. This procedure involves estimating a VAR model with level variables using a lag length of $(p + d_{\max})$, ensuring that reliable impulse-response and variance decomposition analyses can be conducted without requiring pre-testing for cointegration.

Unit root test results indicate that the VIX index is stationary at levels $[I(0)]$, while Bitcoin and M2 series are integrated of order one $[I(1)]$. The ARDL bounds test reveals a statistically significant long-run relationship among the variables (F-statistic: 15.583). However, the long-run coefficient of M2 is positive but insignificant ($p=0.141$), suggesting that money supply growth does not exert a strong systematic influence on Bitcoin. In contrast, the VIX coefficient is negative and significant ($p=0.074$), indicating that increases in global risk perception negatively affect Bitcoin. The error correction term (-0.635 , $p<0.01$) confirms that short-run disequilibria converge toward long-run equilibrium.

The optimal lag length was determined as $(p=3)$, and given $(d_{\max}=1)$, an augmented VAR(4) model was estimated. Diagnostic tests confirm model adequacy. Impulse-response analyses reveal that positive shocks to VIX generate negative responses in Bitcoin, indicating that Bitcoin behaves as a risky asset rather than a safe haven. Responses to M2 shocks are positive but limited, while Bitcoin exhibits strong responses to its own shocks, reflecting internal market dynamics. Variance decomposition results show that at the 10-month horizon, Bitcoin's forecast error variance is explained by its own shocks (71.5%), followed by M2 (15.8%) and VIX (12.7%), with M2's contribution increasing over time.

In conclusion, the empirical evidence does not support the argument that Bitcoin functions as a strong substitute for a traditional money supply. Although a long-run relationship exists among the variables, Bitcoin appears to behave primarily as a speculative financial asset driven by investor sentiment and market uncertainty rather than as an alternative monetary instrument. The increasing contribution of M2 shocks over time suggests that as crypto markets mature, their responsiveness to monetary conditions may strengthen. These findings imply that central banks need not consider crypto assets as a significant short-term threat to monetary policy effectiveness but should monitor these markets from a financial stability perspective.