

KRİPTO PARA PİYASALARINA DAYALI STATİK VE DİNAMİK PORTFÖY OPTİMİZASYON ANALİZLERİ

Doç. Dr. Önder Büberkökü*

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş İşletme Fakültesi İşletme Bölümü,

onderbuber@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7140-557X

Doç. Dr. Celal Kızıldere

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş İşletme Fakültesi İktisat Bölümü,

celalkzldere@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9904-0472

Öz

Bu çalışmada kripto para piyasalarına dayalı statik ve dinamik portföy optimizasyon analizlerine yer verilmiştir. Analizlerde şartlı riske maruz değer yöntemi, risk paritesi yöntemi, minimum varyans yöntemi ile eşit ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Portföy performanslarının ölçümünde Sortino rasyosu, Calmar rasyosu, Sharpe rasyosu ile değişim katsayılarından yararlanılmıştır. Optimal portföylerin finansal risk düzeylerinin ölçümünde ise tarihi simülasyon yöntemi, şartlı riske maruz değer yöntemi ile maksimum düşüş oranına yer verilmiştir. Hem statik hem de dinamik portföy optimizasyon analizine dayalı bulgular her durumda en iyi performansı sergileyen yöntemin eşit ağırlıklandırma yöntemi olduğu sonucuna işaret etmektedir. Bulgular ayrıca normal piyasa koşullarında eşit ağırlıklandırma yöntemi ile oluşturulan portföyün makul bir piyasa risk düzeyine sahip olduğunu, fakat kripto para piyasalarındaki volatilitenin oldukça arttığı dönemlerde eşit ağırlıklandırma yöntemi ile oluşturulan portföyün en yüksek piyasa riskine sahip portföy olma riskinin de bulunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kripto para piyasaları, Portföy Optimizasyonu, Portföy riski

STATIC AND DYNAMIC PORTFOLIO ALLOCATION ANALYSIS BASED ON CRYPTOCURRENCY MARKETS

Abstract

In this study, static and dynamic portfolio allocation analyzes based on cryptocurrency markets are conducted. Conditional value at risk method, risk parity method, minimum variance portfolio and equal weighted portfolio are used in the analyzes. Sortino ratio, Calmar ratio, Sharpe ratio and coefficients of variation are applied in order to evaluate the performances of the optimal portfolios. In the measurement of financial risk levels of the optimal portfolios, the historical simulation method, the conditional value-at-risk method and the maximum drawdown are used. The results based on both static and dynamic portfolio allocation analysis indicate that equal weighted portfolio is the best performing of the methods examined. The findings also show that though the portfolio created with the equal weighted portfolio has a reasonable market risk level under normal market conditions, in the periods when the volatility in the cryptocurrency markets is quite high, the portfolio created with the equal weighted portfolio also has the highest market risk.

Keywords: Cryptocurrency Markets, Portfolio Optimization, Portfolio Risk Management

1. Giriş

Kripto para piyasaları getiri potansiyelinin oldukça yüksek olan piyasalardır. Bu durum kripto para piyasalarına dönük bireysel ve kurumsal yatırımcı ilgisini artırmaktadır. Fakat kripto para piyasaları aynı zamanda finansal risk düzeyinin de oldukça yüksek olduğu piyasalardır (Maciel, 2018, s.4840). Bu nedenlerden dolayı yatırımcıların kripto para piyasaları gibi geleneksel olmayan finansal piyasalara yatırım yaparlarken, bu piyasaların bazı temel özelliklerini dikkate almalarının önemli olduğu düşünülmektedir. Örneğin günümüzde kullanılan itibari paraların aksine, kripto para birimlerinin içsel değerlerinin bulunmaması nedeniyle ne tür değişkenler veya modeller kullanılarak kripto para birimlerinin fiyat hareketlerinin tahmin edilebileceği konusu henüz çok net değildir (Stavroyiannis, 2018, s.128; Hrytsiuk, Babych ve Bachyshyna, 2019, s.385). Bu nedenle kripto para birimleri literatürde daha çok spekülasyon varlıkları olarak tanımlanmaktadır (Silahli vd., 2021, s.1). Ayrıca kripto para birimlerine yatırım yapan bireysel yatırımcıların finansal okuryazarlık düzeylerinin henüz yeterince yüksek olduğunu söylemek de oldukça güçtür. Bu tür nedenlerden dolayı kripto para piyasalarında finansal balonların, etkin piyasalar hipotezinden ziyade davranışsal finansal yaklaşımlara uygun fiyatlamaya davranışlarının ve güçlü bir irrasyonel sürü psikolojisinin öne çıktığı ifade edilebilir (Al-Mansour, 2020; Mba ve Mwambi, 2020, s.200). Bu hususların yanı sıra, kripto para piyasalarına internet bağlantısı ile dünyanın her yerinden ulaşılabilmesi, bu piyasaların 7 / 24 açık olması ve çok küçük parasal tutarlarla bile bu piyasalarda işlem

yapılabilmesi, bu tür piyasalar için çok daha dinamik yatırım stratejilerinin uygulanmasını gerekli kılabilmektedir (Castro vd., 2020, s.114). Ayrıca kripto para piyasalarında henüz geleneksel finansal piyasaların aksine kamu denetim ve gözetiminin bulunmaması, bu piyasaların özellikle iş ispatı (Proof of work) gibi süreçler nedeniyle yüksek oranda fosil enerji kaynakları tüketerek küresel ısınma dinamiklerini negatif yönde etkilemesi ve bu para birimlerinin kamu hükümlerini temsil eden itibari paralara karşı alternatif bir para birimi olma potansiyeli taşıması gibi nedenlerden dolayı, bu piyasaların kamu otoriteleri tarafından kısıtlanma / yasaklanma olasılıklarının da söz konusu olduğu bilinmelidir.

Kripto para piyasalarının temel dinamiklerine ilişkin belirtilen bu hususlara ilaveten, güncel gelişmelere bakıldığında da ABD merkez bankası FED'in bilanço küçültmesinin ve enflasyon oranlarına bağlı olarak sert bir faiz artışı sürecine girmesinin riskli varlıklardan kaçışı hızlandırdığı ve ABD dolarının küresel bazdaki değerini ölçen dolar endeksinin 107 seviyelerine kadar çıkması sonucunda bir emtia gibi davranan kripto para piyasalarında sert fiyat düşüşlerinin yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu sürece UST-LUNA krizi ile Celsius ve Three Arrows Capital şirketlerinin yaşadıkları ciddi likidite sorunlarının eklenmesi ise yatırımcı beklentilerini bozarak kısa bir süre içerisinde kripto para piyasalarının toplam piyasa değerlerinin yarısından fazlasının kaybedilmesi sonucunu doğurmuştur.

Bu tür bir konjonktürün kripto para piyasalarının riskli yapısı ile birleşmesinin bir sonucu olarak, kripto para piyasalarına yatırım yapmanın oldukça zorlaştığı ifade edilebilir. Bu nedenle gelinen noktada kripto para piyasalarındaki riskleri kontrol ederek beklenen getiri oranlarının maksimize edilmesi için teknik finansal modellerin kullanılmasının öneminin arttığı belirtilmelidir (Mba, Pindza ve Koumba, 2018, s.416). Bilindiği gibi bu amaçla literatürde portföy optimizasyon yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Çünkü genel bir ifadeyle portföy optimizasyon yöntemleri ile bir yatırımdan beklenen getiri oranının maksimize, risk düzeyinin ise minimize edilmesi hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın amacı da kripto para piyasaları dikkate alınarak şartlı riske maruz değer yöntemi, risk paritesi yöntemi, minimum varyans yöntemi ile eşit ağırlıklandırma yönteminin statik ve dinamik portföy optimizasyon performanslarının incelenmesidir. Çalışmanın literatüre çeşitli açılardan katkı sağlayacağı ifade edilebilir. Öncelikle Schellinger (2020, s.129) tarafından da ifade edildiği gibi kripto para piyasalarına dönük portföy optimizasyon analizlerinin henüz yeni bir araştırma alanı olduğu ifade edilebilir. İkinci olarak bu çalışmada 4 farklı portföy optimizasyon yöntemine yer verilmiştir. Bu optimizasyon yöntemleri içerisinde de uluslararası yazında oldukça ilgi gören fakat henüz ulusal yazında pek yer almayan şartlı

riske maruz değer yöntemi ile risk paritesi yöntemi de bulunmaktadır. Ayrıca bu yöntemlerin performanslarının analizinde Sharpe rasyosu, Calmar rasyosu, Sortino rasyosu ile değişim katsayısından oluşan 4 farklı portföy performans ölçütüne yer verilmiştir. Son olarak da bu çalışmada sadece statik portföy optimizasyon analizlerine değil aynı zamanda değişen piyasa koşullarını da dikkate almak amacıyla dinamik portföy optimizasyon analizlerine de yer verilmiştir.

2. Literatür Taraması

Kripto para piyasalarına dönük portföy optimizasyon analizleri literatürde oldukça ilgi görmektedir. Örneğin Platanakis, Sutcliffe ve Urquhart (2018) Bitcoin, Litecoin, Ripple ve Dash için eşit ağırlıklandırma yöntemi ile Markowitz (1952) ortalama varyans yöntemlerinin performanslarını Sharpe rasyosu ile Omega rasyosunu dikkate alarak karşılaştırdıkları çalışmalarında, iki portföy optimizasyon yönteminin performansı arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Castro vd. (2020) kripto para birimlerinin karakteristik özellikleri ile daha uyumlu olan ve Omega rasyosuna dayanan yeni bir portföy optimizasyon yöntemini Bitcoin-Ethereum, Bitcoin-Ripple, Bitcoin-S&P500 ile Bitcoin-Nasdaq çiftlerinden oluşan iki varlıklı portföy optimizasyon analizlerinde kullandıkları çalışmalarında, portföylere kripto para birimlerinin eklenmesinin portföylerin hem risk düzeylerinde hem de getiri oranlarında artışa yol açtığını, bu nedenle de optimal portföylerin çok belirgin ağırlıklarla geleneksel varlıkları içerdiğini ifade etmişlerdir. Hrytsiuk, Babych ve Bachyshyna (2019) Bitcoin, Bitcoin cash, Ethereum, NEM, Ripple ve Litecoin'den oluşan 6 farklı kripto para birimi için Cauchy dağılımına ve riske maruz değer yöntemine dayalı portföy optimizasyon analizlerine yer verdikleri çalışmalarında, diğer kripto para birimlerine göre daha yüksek getiri oranlarını daha düşük risk düzeyi ile sunması nedeniyle optimal portföy içerisinde Bitcoin'in önemli bir ağırlığının bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır. Mba, Pindza ve Koumba (2018) Bitcoin, Ripple, Litecoin, Dash ve Dogecoin'den oluşan 5 farklı kripto para birimi için diferansiyel gelişim algoritmasına dayalı GARCH modeli ile diferansiyel gelişim algoritmasına dayalı çoklu-t dağılımlı capula GARCH modelinin (GARCH-DE-t capula) portföy optimizasyon performanslarını şartlı riske maruz değer yöntemi ekseninde inceledikleri çalışmalarında, kripto para birimlerinin karakteristik özelliklerini başarılı bir şekilde dikkate alması nedeniyle, GARCH-DE-t capula modelinin daha iyi performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Brauneis ve Mestel (2019) 500 adet kripto para birimini dikkate alarak 8 farklı portföy optimizasyon yönteminin performansını Sharpe rasyosunu ile inceledikleri çalışmalarında, eşit ağırlıklandırma yönteminin diğer alternatif portföy optimizasyon

yöntemlerine göre çok daha iyi bir performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca birden çok kripto para birimine birlikte yatırım yapılmasının portföy riskinin azaltılması açısından önemli olduğunu da belirtmişlerdir. Burggraf (2019) en yüksek piyasa değerine sahip 13 adet kripto para birimi için 7 farklı portföy optimizasyon yönteminin performansını karşılaştırdığı çalışmasında, Sharpe rasyosuna göre en iyi performansı minimum varyans yaklaşımının sergilediği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca kripto para birimlerine tek tek yatırım yapmak yerine ilgili portföy optimizasyon yöntemlerini kullanmanın daha rasyonel bir yaklaşım olacağını da belirtmiştir. Nawapong vd. (2019) Bitcoin ve Ripple ile ABD, Japonya, Vietnam ve Hindistan hisse senedi endekslerini için alternatif yöntemlere dayalı portföy optimizasyon analizlerine yer verdikleri çalışmalarında, en iyi performansı Student t copula modelinin sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Lucarelli ve Borrotti (2020) Bitcoin, Ethereum, Ripple ve Litecoin'den oluşan 4 kripto para birimi için makine öğrenmesi ve derin Q-öğrenme yöntemlerine dayalı olarak dinamik portföy optimizasyon analizlerine yer verdikleri çalışmalarında, derin Q-öğrenme yönteminin dinamik portföy optimizasyon analizleri açısından tatmin edici sonuçlar ürettiği sonucuna ulaşmışlardır. Schellinger (2020) portföy performans ölçütleri olarak Sortino rasyosu, Sharpe rasyosu ve Omega rasyosunu kullanarak 10 adet kripto para birimi ile 10 adet token için ayrı ayrı portföy optimizasyon analizlerine yer verdiği çalışmasında, kripto para birimleri için en iyi portföyün riskten kaçınma katsayısı 10 olacak şekilde fayda fonksiyonunun maksimize edilmesi ile token'lar içinse global minimum varyans yönteminin kullanılması ile elde edilebileceği sonucuna ulaşmıştır. Mba ve Mwambi (2020) 10 adet kripto para birimini dikkate alarak MSCOGARCH-R-vine copula modeli ile COGARCH-R-vine copula modelinin portföy çeşitlendirme etkinliklerini ve portföy optimizasyon performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, kripto para piyasası yatırımcılarının daha etkin yatırım kararları verebilmeleri için MSCOGARCH-R-vine copula modelinden yararlanmalarının daha doğru bir tercih olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Gül (2020) hisse senetleri, emtialar, döviz kurları ve yatırım fonlarından oluşan geleneksel finansal varlıklarla; Ripple, Bitcoin ve Ethereum'dan oluşan kripto para birimleri için 6 farklı portföy optimizasyon yöntemini kullandığı çalışmasında, Sharpe rasyosu sonuçlarına göre geleneksel varlıklardan oluşan portföylere kripto para birimlerinin eklenmesinin daha etkin portföylerin elde edilmesini sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Yousaf ve Ali (2020) Covid-19 öncesi dönem ile Covid-19 dönemi için kripto para birimlerini dikkate alarak iki varlıklı portföy optimizasyon analizlerine de yer verdikleri çalışmalarında Bitcoin ile Ethereum'dan oluşacak iki varlıklı bir portföyde Covid-19 öncesi dönemde Bitcoin ile Ethereum'un optimal portföy ağırlıklarının sırasıyla %87 / %13, Covid-19 döneminde ise ilgili kripto para birimlerinin optimal

ağırlıklarının sırasıyla % 86 / %14 olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Aljinović, Marasović ve Šestanović (2021) 9 farklı kripto para birimini dikkate alarak çok kriterli karar verme yöntemi, ortalama şartlı riske maruz değer yöntemi, Sharpe rasyosu yöntemi, Markowitz (1952) ortalama varyans yöntemi ile eşit ağırlıklandırma yönteminin portföy optimizasyon performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, en iyi performansı çok kriterli karar verme yönteminin sergilediği sonucuna ulaşmışlardır. Li ve Meng (2022) Covid-19 dönemi için kripto para birimleri ile yenilenebilir enerji şirketlerinin hisse senetlerini kapsayan iki varlıklı portföy optimizasyon analizlerine yer verdikleri çalışmalarında, wavelet yöntemine dayalı DCC-GARCH modeli kapsamında elde edilen sonuçlara göre portföylerin çok daha fazla kripto para birimi içerecek şekilde optimize edilebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Büberkökü (2022) AXS, SAND ve MANA'dan oluşan metaverse coin'ler için AR(p)-Scalar-BEKK modeline dayalı iki varlıklı portföy optimizasyon analizlerine yer verdiği çalışmasında, optimal portföy ağırlıklarının ASX / MANA için sırasıyla % 28.96 / % 71.04; ASX / SAND için sırasıyla %37.01 / % 62.99; MANA / SAND içinse sırasıyla % 66.30 / % 33.70 olduğu sonucuna ulaşmıştır.

3. Veri ve Metodoloji

3.1. Veri

Bu çalışma 2016 yılının Ocak ayı ile 2021 yılının Aralık ayı arasındaki dönemi kapsamakta ve aylık verilerden oluşmaktadır. Çalışmada riskiz faiz oranlarını temsilen 3 ay vadeli ABD hazine bonosu faiz oranları kullanılmıştır. Bu veriler ABD merkez bankası FED'in veri tabanından temin edilmiştir (<https://www.federalreserve.gov/data.htm>). Diğer tüm veriler ise finance yahoo web sitesinden (<https://finance.yahoo.com/screener/predefined>) alınmıştır. Çalışmada kripto para birimleri olarak Bitcoin ve Ethereum esas alınmıştır. Bu durumun bazı nedenleri bulunmaktadır. Öncelikle 10 Temmuz 2022 saat 16.36 itibarıyla CoinMarketCap verilerine göre kripto para piyasalarında toplam piyasa değeri yaklaşık 940 milyar dolar olan 20.170 adet kripto para birimi işlem görmekte iken Bitcoin yaklaşık 403 milyar dolarlık, Ethereum ise yaklaşık 143 milyar dolarlık bir piyasa değerine sahiptir. Bir diğer ifadeyle sadece Bitcoin ile Ethereum'un piyasa değerleri toplamı kripto para piyasalarının toplam piyasa değerinin yaklaşık %58.4'ünü oluşturmaktadır. İkinci olarak kripto para piyasalarındaki günlük işlem hacmi yaklaşık 56.2 milyar dolar iken bu işlem hacminin yaklaşık 32.1 milyar doları Bitcoin'e; 9.5 milyar doları ise Ethereum'a aittir. Bir diğer ifadeyle günlük toplam işlem hacminin de yaklaşık %74'ü bu iki para birimine aittir. Bu veriler ışığında kripto para piyasalarında işlem yapan yatırımcıların portföylerinin önemli bir kısmının zaten bu iki kripto

para biriminden oluştuğu ifade edilebilir. Bu nedenle de uygulamadaki bu durum dikkate alınarak bu çalışmadaki portföy optimizasyon analizlerinde de Bitcoin ile Ethereum üzerinde durulmuştur. Üçüncü olarak literatüre bakıldığında da diğerlerinin yanı sıra Castro vd. (2020), Yousaf ve Ali (2020), Li ve Meng (2022) ile Büberkökü'nün (2022) de kripto para piyasalarını içeren çalışmalarında iki varlıklı portföy optimizasyon analizlerine yer verdikleri görülmektedir.

3.2. Metodoloji

Bu çalışmada portföy optimizasyon analizlerinde şartlı riske maruz değer yöntemi, risk paritesi yöntemi, minimum varyans yöntemi ile eşit ağırlıklandırma yönteminden yararlanılmıştır.

3.2.1. Risk Paritesi Yöntemi

Risk paritesi yöntemi özellikle 2007-2008 yıllarında ABD merkezli olarak başlayan küresel finans krizinden sonra hem uygulamada hem de literatürde popülaritesi giderek artan bir yöntem haline gelmiştir (Roncalli, 2014, s.3). Çünkü risk paritesi yöntemi daha yüksek ve tutarlı getiri oranları elde edebilmek amacıyla Markowitz (1952) ortalama-varyans yöntemi gibi geleneksel yöntemlerden farklı olarak riske dayalı bir portföy optimizasyon yaklaşımını benimsemektedir (Hurst, Johnson ve Ooi, 2010, s.2). Bu kapsamda risk paritesi yaklaşımı her bir finansal varlığın portföy içerisindeki optimal ağırlığını belirlerken portföye dahil edilecek her bir varlığın portföy riskine olan katkısının eşit olması ilkesini benimsemektedir (Alankar, DePalma ve Scholes, 2012, s.4). Bu nedenle de bu yöntem literatürde portföy riskine olan katkı oranlarına göre eşit ağırlıklandırılmış portföy yaklaşımı olarak da tanımlanmaktadır. Bu kapsamda risk paritesi yöntemine göre portföy optimizasyonu Denklem (1)'teki gibi ifade edilmektedir (Braga, 2018, s.278-279):

$$\min_w \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(w_i \frac{\partial \sigma_P}{\partial w_i} - w_j \frac{\partial \sigma_P}{\partial w_j} \right)^2$$

Şartıyla;

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$0 \leq w_i \leq 1, i = 1, \dots, n \quad (1)$$

Burada; w_i her bir varlığın portföy içerisindeki optimal ağırlığını; σ_P , portföyün toplam riskini; $w_i \frac{\partial \sigma_P}{\partial w_i}$, her bir varlığın portföy riskine olan katkısını ifade etmektedir.

3.2.2. Şarh Riske Maruz Değer Yöntemi

Piyasa riskinin portföy yönetim süreçleri açısından en temel risk bileşenlerinden birini temsil ettiği ifade edilebilir. Çünkü finansal piyasalara dönük veri akışı sonrasında finansal varlık fiyatlarında meydana gelen fiyat değişimleri portföylerin önemli oranda değer kaybetmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle piyasa riskinin ölçümü finansal ekonometrinin en önemli araştırma alanlarından birini temsil etmektedir. Literatürde ve uygulamada finansal varlıkların ve portföylerin piyasa risklerinin ölçümünde VaR (Value-at-risk, VaR) yöntemlerinden yararlanılmaktadır. VaR, belli bir güven düzeyinde önceden belirlenmiş bir süre boyunca bir portföyün piyasa riskinden dolayı maruz kalabileceği maksimum kayıp tutarı olarak tanımlanmaktadır (Hendrics, 1996). Fakat geleneksel VaR yöntemleri belirlenen güven düzeyinin ötesindeki piyasa riskini modelleyememekte ve finansal piyasalardaki fiyat değişkenliğinin yüksek olduğu dönemlerde özellikle önemli hale gelen kalın kuyruk (fat-tail) sorununu yeterince dikkate alamamaktadır (Artzner vd., 1997, 1999; Ryan, 2021, s.1). Artzner vd. (1997, 999) tarafından geliştirilen ES (Expected Shortfall, ES) yöntemi ise yapısı gereği belirlenen güven düzeyinin ötesindeki riskleri modelleyebilmekte ve böylece kalın kuyruk sorununu geleneksel VaR yöntemlerine göre daha başarılı bir şekilde analizlere dahil edebilmektedir (Magnus vd., 2017, s.6; Orgeldinger, 2017, s.9). Ayrıca ES yönteminin pozitif homojenlik ve alt katmanlara ayrılabilirlik özellikleri ile zamanla değişmeyen ortalama değere ve varyansa sahip olma (monotonluk) özelliklerini sergileyebilmesi, bu yöntemin literatürde etkin / tutarlı bir risk ölçüm (coherent risk measure) yöntemi olarak tanımlanması sonucunu doğurmaktadır (Inui ve Kijima, 2005 s.853; Pflug, 2000).

Rockafellar ve Uryasev (2000) de ES yönteminin bu özelliklerini dikkate alarak CVaR (Conditional VaR, CVaR / Expected shortfall, ES) portföy optimizasyon yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntem özü itibarıyla ilgili güven düzeyinde geleneksel VaR yöntemlerine göre belirlenen kayıp tutarlarını aşan tutarların koşullu beklenen değerlerine odaklanmaktadır. Portföyler optimize edilirken de CVaR yöntemi kapsamında ilgili güven düzeyinde hesaplanan en düşük piyasa riskine sahip portföy optimal portföy olarak belirlenmektedir. CVaR yöntemine dayalı portföy optimizasyonu matematiksel olarak Denklem (2)'deki gibi ifade edilmektedir (Mba, Pindza ve Koumba, 2018):

$$\min_w \zeta + [(1 - \alpha)n]^{-1} \sum_{i=1}^n \max\{f_i(w) - \zeta, 0\}$$

Şartıyla;

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^n E[r_i] w_i = \mu_p$$

$$w_i \geq 0, i = 1, \dots, n \quad (2)$$

Burada α % 95 güven düzeyini; μ_p , portföy getirisini; n , portföye dahil edilen toplam finansal varlık sayısını; ζ eşik değeri; r_i getiri vektörünü; $E[r_i]$ beklenen getiri vektörünü ifade etmektedir.

3.2.3. Minimum Varyans Yöntemi

Literatürde yaygın bir şekilde ifade edildiği gibi minimum varyans yöntemi portföye dahil edilebilecek tüm finansal varlıkların aynı beklenen getiri düzeyine sahip oldukları varsayımı altında portföyün varyans cinsinden ölçülen riskini minimize etmeye çalışan bir yöntemdir. Bu nedenle bu yöntem kullanılarak optimal portföyler oluşturulurken her bir varlığın ağırlığı optimal portföyün toplam riskini minimize edecek şekilde belirlenmektedir. Bu açıklamalar ışığında minimum varyans yöntemi Denklem (3)'teki gibi ifade edilebilir (Burggraf, 2019, s.12).

$$w_i = \arg \min w' \Sigma w$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_i \geq 0, i = 1, \dots, n \quad (3)$$

Burada w_i , ilgili varlıkların optimal ağırlıklarının $N \times 1$ boyutlu vektörünü; Σ , ise $N \times N$ boyutlu kovaryans matrisini göstermektedir.

3.2.4. Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi

Eşit ağırlıklandırma yöntemi oldukça basit bir yöntem olmakla birlikte literatürde kullanılan temel yöntemlerden biridir. Bu yöntem ilgili varlık setinin tamamının eşit ağırlığa sahip olacak şekilde optimal portföye dahil edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Eşit ağırlıklandırma yöntemi Denklem (4)'teki gibi ifade edilebilir.

$$w_i = \frac{1}{N}, \forall i = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

Burada w_i her bir varlığın portföy içerisindeki ağırlığını, T ise toplam gözlem sayısını ifade etmektedir.

3.3. Statik ve Dinamik Portföy Optimizasyon Analizleri

Bu çalışmada bu aşamaya kadar belirtilen tüm yöntemler hem statik hem de dinamik portföy optimizasyon analizleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Statik portföy optimizasyon analizleri 2016 yılının Ocak ayı ile 2021 yılının Aralık ayı arasındaki dönemde yer alan tüm veri setini tek seferde kullanarak; ilgili dönemi temsil eden tek bir optimal portföy oluşturmaktadır. Dinamik portföy optimizasyon analizleri ise öncelikle belli bir döneme ait gözlemleri ilk optimal portföyün elde edilmesi için kullanmakta, ardından sürekli bir şekilde analizden en eski gözlemi çıkarıp analize en yeni gözlemi ekleyerek yeni optimal portföyler oluşturmaktadır. Böylece kripto para piyasalarına dönük veri akışında ve bu kapsamda ilgili finansal varlıkların risk düzeyleri ile getiri oranlarında meydana gelen değişimleri dikkate alarak; her yeni gözlem için farklı varlık dağılımlarına ve ağırlıklara sahip yeni optimal portföyler oluşturulabilmektedir.

Bu çalışmada dinamik portföy optimizasyon analizleri kapsamında öncelikle ilk optimal portföyün elde edilmesi için analiz dönemini kapsayan ilk 12 aylık döneme ait gözlemler kullanılmıştır. Daha spesifik olarak ifade etmek gerekirse 2016 yılının Ocak ayı ile 2016 yılının Aralık ayı arasındaki 12 gözlem ilk optimal portföyün elde edilmesi için kullanılmış, ardından toplam gözlem sayısı hep 12 aydan oluşacak şekilde en eski gözlem analizden çıkarılıp bir sonraki en yeni gözlem analize dahil edilerek, 2017 yılının Ocak ayı ile 2021 yılının Aralık ayı arasındaki dönemde yer alan her ay için farklı optimal portföyler elde edilmiştir. Bir diğer ifadeyle ilgili her bir portföy optimizasyon yöntemi için 60 adet optimal portföy oluşturulmuştur. Toplam 4 farklı portföy optimizasyon yöntemi analizlere dahil edildiğinden tüm bu analizler sonrasında toplamda 240 adet portföy oluşturulmuştur.

Daha sonra farklı yaklaşımlara karşı dirençli sonuçlar elde edebilmek için benzer bir uygulama ilk 24 aylık döneme ait gözlemler dikkate alınarak yinelenmiştir. Bir diğer ifadeyle ikinci yaklaşımda 2016 yılının Ocak ayı ile 2017 yılının Aralık ayı arasındaki 24 gözlem ilk optimal portföyün elde edilmesi için kullanılmış, ardından toplam gözlem sayısı hep 24 aydan oluşacak şekilde en eski gözlem analizden çıkarılıp bir sonraki en yeni gözlem analize dahil edilerek, 2018 yılının Ocak ayı ile 2021 yılının Aralık ayı arasındaki dönemin her bir ayı için

farklı optimal portföyler elde edilmiştir. Bir diğer ifadeyle ilgili her bir portföy optimizasyon yöntemi için bu sefer 48 adet optimal portföy oluşturulmuştur. Toplam 4 farklı portföy optimizasyon yöntemi analizlere dahil edildiğinden tüm bu analizler sonrasında toplamda 192 adet portföy oluşturulmuştur.

3.4. Optimal Portföylerin Performanslarının Analizi

Bu çalışmada optimal portföylerin performansının analizinde değişim katsayısının yanı sıra Sharpe rasyosu, Sortino rasyosu ve Calmar rasyosundan yararlanılmıştır. İlgili portföy performans ölçütleri birbirinden farklı sonuçlara işaret ettiklerinde ise sayıca en çok performans ölçütü tarafından desteklenen portföy optimizasyon yönteminin diğer yöntemlerden daha iyi bir performans sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.

3.4.1. Sharpe Rasyosu

Sharpe rasyosu literatürde oldukça yaygın kullanım alanı olan bir orandır. Bu oran bir birimlik toplam risk başına düşen ek getiri (excess return) düzeyini ölçmektedir. Toplam risk, portföyün standart sapma parametresi ile ölçülürken; ek getiri oranı portföyün getirisinden risksiz faiz oranının çıkarılması ile elde edilmektedir (Cogneau ve Hübner, 2009, s.4-5). Bu nedenle Sharpe rasyosu (SHR) ne kadar yüksek bir değer alırsa bu durum ilgili portföyün o kadar iyi bir performans sergilediği anlamına gelmektedir. Sharpe rasyosu Denklem (5)'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$SHR = \frac{E(R_P) - r_f}{\sigma_P} \quad (5)$$

Burada $E(R_P)$ beklenen portföy getirisini; r_f , risksiz faiz oranını; σ_P , portföyün standart sapma parametresini ifade etmektedir.

3.4.2. Sortino Rasyosu

Sharpe rasyosundaki standart sapma parametresi portföy risk ölçütü olarak, beklenen getiri oranından hem yukarı hem de aşağı yönlü sapmaları dikkate almaktadır. Bir diğer ifadeyle örneğin bir yatırımcının portföyden beklediği getiri oranı % 10 iken; gerçekleşen portföy getirisinin % 12 olması da % 8 olması da standart sapma parametresinin hesaplanmasında risk olarak kabul edilmektedir. Sortino rasyosunda (SR) ise portföy risk ölçütü olarak kısmi standart (semi-variance) sapma parametresi σ_d esas alınmaktadır. Kısmi standart sapma parametresi klasik standart sapma parametresinin aksine portföy risk ölçütü olarak beklenen getiri oranının üzerinde gerçekleşen getiri oranlarını risk hesaplamalarına dahil etmeyip, sadece beklenen

getiri oranının altında kalan getiri oranlarını risk hesaplamalarına dahil etmektedir (Cogneau ve Hübner, 2009, s.7). SR rasyosu Denklem (6)'da gösterilmiştir¹.

$$SR = \frac{E(R_p) - r_f}{\sigma_d} \quad (6)$$

3.4.3. Calmar Rasyosu

Portföy performans analizlerinde risk ölçütü olarak hangi parametrenin kullanılması gerektiği konusunda bir fikir birliğinin olduğunu söylemek oldukça güçtür. Örneğin Sharpe rasyosu risk ölçütü olarak standart sapma parametresini kullanırken; Sortino rasyosu kısmi standart sapma parametresini, Treynor rasyosu ise beta katsayısını kullanmaktadır. Calmar rasyosuna gelince, burada risk ölçütü olarak maksimum düşüş oranının (Maximum drawdown, MDD) kullanıldığı görülmektedir. MDD oranı aşağı yönlü bir risk ölçütü olup; portföy değerinde yeni bir zirve noktasına ulaşmasından önceki zirve noktasından, dip noktasına doğru gerçekleşen maksimum fiyat düşüş oranı olarak tanımlanmaktadır. MDD oranının temel avantajı ise gerçekleşen ekstrem durumların yol açtığı aşağı yönlü risk düzeyine odaklanarak; piyasalarda yaşanabilecek ekstrem şokların etkilerinin portföy performans analizlerine dahil edilmesine imkan tanınmasıdır (Roy, 1952; Magdon-Ismail ve Atiya, 2004).

Bu açıklamalar ışığında Calmar rasyosu pay kısmında portföyün ortalama getiri oranının ($R_{ortalama}$), payda kısmında ise maksimum düşüş oranının (MDD) yer aldığı bir oran olup; Denklem (7)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Calmar rasyosu} = \frac{R_{ortalama}}{|MDD|} \quad (7)$$

3.4.4. Değişim Katsayısı (DK)

Değişim katsayısı portföy riskinin portföyden beklenen getiri oranına bölünmesi ile bulunmaktadır. Böylece bir birim beklenen getiri oranı başına düşen toplam risk düzeyine ulaşılmaktadır. Örneğin bir portföyün değişim katsayısı 2 ise bu durum ilgili portföyden 1 birim getiri elde edilebilmesi için 2 birimlik riske katlanması gerektiği anlamına gelmektedir. Bu nedenle daha düşük değişim katsayısına sahip olan portföylerin daha iyi performans sergiledikleri sonucuna ulaşılmaktadır. Değişim katsayısının (DK) hesaplanma biçimi Denklem (8)'de gösterilmiştir:

¹ Burada literatürdeki genel uygulama ile uyumlu olacak şekilde yatırımcının beklediği minimum getiri oranının risksiz faiz oranına eşit olduğu varsayılmıştır.

$$DK = \frac{\text{Portföy riski}}{\text{Beklenen getiri oranı}} = \frac{\sigma_P}{E(r_P)} \quad (8)$$

3.5. Optimal Portföylerin Risk Düzeylerinin Ölçümü

Oluşturulan optimal portföylerin finansal risk düzeylerinin ölçümü de portföy yönetimi açısından oldukça önemli bir konu haline gelebilmektedir. Çünkü bu tür yaklaşımlar sayesinde yatırımcılar portföylerinin olası kayıp tutarları konusunda bilgi sahibi olabilmektedirler. Güncel gelişmeler dikkate alındığında da kripto para piyasalarının aşağı yönlü oldukça yüksek risk potansiyeli barındıran piyasalar olduklarının daha net bir şekilde anlaşıldığı ifade edilebilir. Bu tür bir durumun da kripto para birimlerini içeren portföylerin aşağı yönlü risk düzeylerinin ölçülmesini ayrıca önemli hale getirdiği belirtilmelidir. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada tarihi simülasyon (Historical simulation, HS) yöntemi ile CVaR ve MDD yöntemlerinden yararlanarak ilgili optimal portföylerin aşağı yönlü finansal risk düzeyleri ölçülmüştür.

HS yöntemi geleneksel bir piyasa risk ölçüm yöntemi olup; normal piyasa koşulları altında bir portföyün belli bir süre sonraki maksimum kayıp tutarının ne olabileceği konusunda bir ölçüt sunmaktadır. Bu çalışmada da %95 güven düzeyi dikkate alınarak her bir portföy optimizasyon yöntemi tarafından oluşturulan optimal portföylerin piyasa risk düzeyleri ayrı ayrı ölçülmüştür. Daha önce de ifade edildiği gibi literatürde ES (Expected shortfall, ES) yöntemi olarak da adlandırılan CVaR yönteminin ise HS yöntemi gibi geleneksel VaR (Value-at-risk) yöntemlerine kıyasla daha tutarlı (coherent) bir risk ölçüm yöntemi olduğu ifade edilmektedir. Günümüzde olduğu gibi kripto para piyasalarındaki volatilitenin oldukça arttığı dönemlerde portföylerin riskinin bu tür yöntemler kullanılarak ölçülmesinin ayrıca önemli olduğu düşünülmektedir. MDD yöntemi ise daha önceki aşamalarda daha ayrıntılı bir şekilde ifade edildiği gibi ekstrem finansal koşulların yol açabileceği aşağı yönlü riskler için yeni bir risk ölçütü sunması açısından önemli bir yöntemdir.

Bu açıklamalar ışığında HS yöntemi ile piyasa riski ölçümü yapılırken Denklem (9)'da gösterildiği gibi hesaplanan HS-VaR değerlerinden yararlanılmaktadır.

$$HS - VaR_{t, \alpha} = \text{kantil}\{\{r_t\}_{t=1}^T\} \quad (9)$$

Burada α , %95 güven düzeyini; r_t , ilgili kripto para birimlerine ait getiri oranlarını ifade etmektedir.

CVaR yöntemi ile aşağı yönlü piyasa risk düzeyi hesaplanırken HS gibi geleneksel yöntemlere göre hesaplanan VaR değerleri ile bu VaR değerlerini aşan kayıp oranlarının

koşullu beklenen değeri dikkate alınmaktadır. CVaR değerleri Denklem (10)'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Kisiala, 2015, s.10).

$$CVaR(X)_\alpha = \frac{1}{1-\alpha} \int_a^1 VaR_\gamma(X) d\gamma \quad (10)$$

Burada α , %95 güven düzeyini ifade etmektedir.

MDD değerleri ise Denklem (11)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

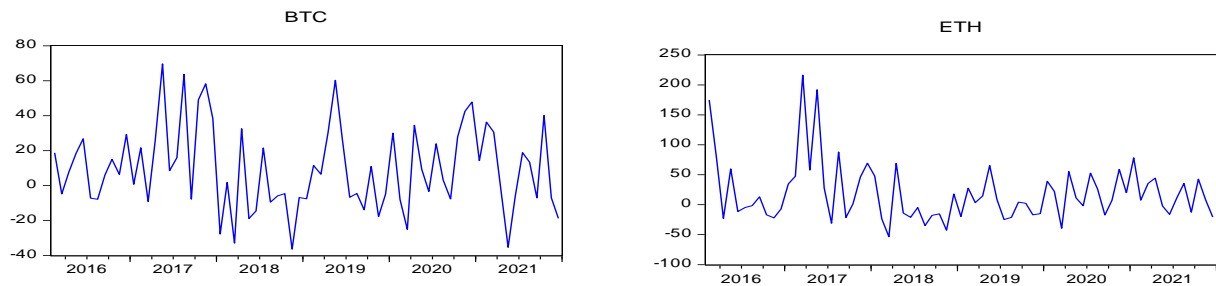
$$MDD_t = \frac{V_P - V_{PL}}{V_p} \quad (11)$$

Burada, V_p ilgili optimal portföyün en güncül zirve değerini; V_{PL} , ilgili zirve değerinden sonra portföyün ulaştığı en düşük değeri ifade etmektedir.

4. Bulgular

Kripto para birimlerine ait getiri serileri Şekil 1'de, bu getiri serilerine ait betimleyici istatistikler ise Tablo 1'de sunulmuştur. Bulgular incelendiğinde her iki kripto para birimi için de aylık ortalama getiri oranlarının pozitif olduğu ve Ethereum'un Bitcoin'den daha yüksek bir ortalama getiri oranına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Fakat standart sapma parametrelerine bakıldığında ise Ethereum'un Bitcoin'den çok daha yüksek bir risk düzeyine sahip olduğu ifade edilebilir. Phillips-Perron (1988) birim kök testi sonuçları incelendiğinde de %5 anlamlılık düzeyinde her iki kripto para biriminin getiri serilerinin düzey değerlerinde durağan oldukları anlaşılmaktadır.

Şekil 1. Kripto Para Birimlerine Ait Getiri Serileri (%)



Tablo 1. Betimleyici İstatistikler Ve Birim Kök Testi Sonuçları

	BTC	ETH
Ortalama	% 9.6086	% 19.0451
Maksimum	% 69.6288	% 216.347
Minimum	-% 36.4116	-% 53.6416
Std. sapma	% 23.9977	% 49.8622
Phillips-Perron (1988)	-6.97732*[0.000]	-7.47168*[0.000]

*, %5 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Statik portföy optimizasyon analizlerine ait bulgular Tablo 2’de sunulmuştur. Bulgular incelendiğinde optimal portföy ağırlıklarının minimum varyans yaklaşımına göre % 96.95 BTC / % 3.05 ETH, risk paritesi yöntemine göre % 67.81 BTC / %32.19 ETH, CVaR yöntemine göre ise % 100 BTC olacak şekilde dağıldığı anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ilgili tüm yöntemlerin oluşturduğu optimal portföylerde BTC’nin ETH’ye göre çok daha belirgin bir ağırlığının bulunduğu ifade edilebilir. Bunun temel nedenlerinden birinin ETH’nin standart sapma ile ölçülen riskinin BTC’nin standart sapma ile ölçülen riskinden çok daha fazla olması olduğu ifade edilebilir. CVaR yönteminin optimal portföyde %100 oranında BTC’ye yer vermesi, minimum varyans yönteminin de buna benzer bir bulguya işaret etmesi ise bu iki yöntemin göreceli olarak diğer yöntemlere göre yoğunlaşma riski daha yüksek portföyler oluşturduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 2. Statik Portföy Optimizasyon Yöntemlere Dayalı Optimal Portföyler

Yöntemler	Optimal ağırlıklar
Minimum varyans	
BTC	% 96.95
ETH	% 3.05
CVaR	
BTC	% 100
Risk Paritesi	
BTC	% 67.81
ETH	% 32.19
Eşit ağırlıklandırma	
BTC	% 50
ETH	% 50

Statik yöntemler kullanılarak oluşturulan optimal portföylere ait yıllıklandırılmış ortalama getiri oranı ile yıllıklandırılmış standart sapma parametreleri Tablo 3’te sunulmuştur. Bulgular yıllıklandırılmış getiri oranlarının % 193.12 ile % 441.33 oranları arasında değiştiğini, en yüksek getiri oranlarını eşit ağırlıklandırılmış portföy yönteminin (% 441.33) sunduğunu, ardından risk paritesi yönteminin (% 336.64) geldiğini, en düşük getiri oranlarını ise sırasıyla şartlı riske maruz değer yöntemi (%193.12) ile minimum varyans yönteminin (%204.58) sunduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Statik Portföy Optimizasyon Yöntemlere Dayalı Optimal Portföylere Ait Temel Göstergeler

	Yıllıklandırılmış ortalama getiri oranları	Yıllıklandırılmış standart sapma değerleri
Eşit ağırlıklandırma	% 441.33	% 113.92

Minimum varyans	% 204.58	% 84.68
CVaR	% 193.12	% 84.83
Risk paritesi	% 336.64	% 96.99

Standart sapma parametrelerine bakıldığında ise bulgular yıllıklandırılmış standart sapma parametrelerinin % 84.68 ile % 113.92 arasında değiştiğini, en yüksek risk düzeyine eşit ağırlıklandırılmış portföy yönteminin (%113.92) sahip olduğunu, ardından risk paritesi yönteminin (%96.99) geldiğini, en düşük standart sapma parametrelerine ise sırasıyla minimum varyans yöntemi (%84.68) ile şartlı riske maruz değer yönteminin (%84.83) sahip olduklarını göstermektedir. Dolayısıyla bu bulgular kapsamında daha yüksek getiri oranlarına sahip optimal portföylerin aynı zamanda daha yüksek risk düzeylerine de sahip oldukları ifade edilebilir.

Fakat bilindiği gibi optimal portföylerin performanslarının analizinde yatırımcıların optimal risk / getiri bileşimine odaklanmaları beklenmektedir. Bu çalışmada bu amaçla kullanılan ve birer portföy performans ölçütü olan Sharpe rasyosu, Sortino rasyosu ve Calmar rasyosu ile değişim katsayısına ilişkin bulgular Tablo 4'te sunulmuştur. Bulgular incelendiğinde en iyi performansı eşit ağırlıklandırılmış portföy yönteminin sunduğu, ardından risk paritesi yönteminin geldiği, en kötü performansı ise şartlı riske maruz değer yöntemi ile minimum varyans yönteminin sergiledikleri anlaşılmaktadır. Bu kapsamda mevcut bulguların Bitcoin ve Ethereum'u içerecek optimal portföyler oluşturulurken teknik yöntemlerin kullanılmasından ziyade eşit ağırlıklandırma yöntemi gibi daha basit yöntemlerin kullanılabileceği sonucuna işaret ettiği ifade edilebilir.

Tablo 4. Portföy Performanslarının Karşılaştırılması

	Sharpe	Sortino	Calmar	DK
Eşit ağırlıklandırma	1.58 / [2]	4.59 / [1]	3.87 / [1]	25.81 / [1]
Minimum varyans	1.37 / [3]	3.26 / [3]	3.29 / [3]	41.39 / [3]
CVaR	1.31 / [4]	3.08 / [4]	3.23 / [4]	43.93 / [4]
Risk paritesi	1.61 / [1]	4.29 / [2]	3.74 / [2]	28.81 / [2]

Not: Köşeli parantez içerisindeki değerler her bir yöntemin ilgili performans ölçütüne göre sıralamadaki yerini göstermektedir.

Fakat oluşturulan her optimal portföyün piyasa hareketlerine bağlı olarak belli düzeyde finansal riski bulunmaktadır. Bu amaçla Tablo 5'te HS-VaR, CVaR ve MDD yöntemlerinden oluşan üç farklı finansal risk ölçütüne ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öncelikle HS-VaR sonuçları incelendiğinde ilgili optimal portföylerin %95 güven düzeyinde bir ay sonra maruz kalabilecekleri maksimum kayıp oranlarının -%20.88 ile -%24.68 arasında değiştiği, en yüksek

piyasa riskine CVaR yöntemi (-%24.68) ile minimum varyans yönteminin (-%23.67); en düşük piyasa riskine ise eşit ağırlıklandırma yönteminin (-%20.88) sahip oldukları anlaşılmaktadır.

CVaR yöntemine ait sonuçlar incelendiğinde ise en yüksek piyasa riskine sırasıyla eşit ağırlıklandırma yöntemi (-%34.92) ile risk paritesi yönteminin (% -34.14) sahip oldukları, en düşük piyasa riskine ise sırasıyla CVaR (-%33.62) yöntemi ile minimum varyans yönteminin (-%33.67) sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Portföy Risk Göstergelerine Ait Sonuçlar

	HS-VaR (%5)	CVaR (%5)	MDD
Eşit ağırlıklandırma	- % 20.88	-% 34.92	-% 80.25
Minimum varyans	-% 23.67	-% 33.67	-% 73.87
CVaR	- % 24.68	-% 33.62	-% 73.81
Risk paritesi	- % 22.36	-% 34.14	-% 75.91

MDD yöntemine ait bulgular incelendiğinde ise CVaR yöntemine dayalı olarak elde edilen bulgularda olduğu gibi en yüksek risk düzeyine sırasıyla eşit ağırlıklandırma yöntemi (-%80.25) ile risk paritesi yönteminin (-%75.91) sahip oldukları; en düşük risk düzeyine ise sırasıyla CVaR (-%73.81) yöntemi ile minimum varyans (-%73.87) yönteminin sahip oldukları anlaşılmaktadır. Dolayısıyla alternatif portföy risk göstergelerine ait bulgular eşit ağırlıklandırma yönteminin oluşturduğu optimal portföyün HS-VaR yöntemi ile ölçülen normal piyasa koşulları altındaki piyasa risk düzeyinin diğer optimal portföylere göre daha düşük seviyelerde olduğunu göstermektedir. Fakat CVaR ile MDD yöntemlerine ait bulgular ise kuyruk riskinin ve ekstrem finansal şokların dikkate alınması durumunda en yüksek piyasa riskine eşit ağırlıklandırma yönteminin oluşturduğu optimal portföyün sahip olabileceği sonucuna işaret etmektedir. Dolayısıyla kripto para piyasalarındaki volatilité düzeyinin yüksek olduğu dönemlerde eşit ağırlıklandırma yöntemi ile oluşturulan portföyün diğer alternatif portföylere göre daha yüksek oranlı kayıp tutarlarına maruz kalma riskinin bulunduğu ifade edilebilir.

Çalışmanın bu aşamasında dinamik portföy optimizasyon analizlerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Bu kapsamda öncelikle geriye dönük 12 aylık veri seti kullanılarak yapılan dinamik portföy optimizasyon analizlerine ait yıllıklandırılmış ortalama getiri oranları ile yıllıklandırılmış standart sapma parametreleri incelendiğinde (Tablo 6), yıllıklandırılmış getiri oranlarının %181.82 ile %385.35 arasında değiştiği, en yüksek getiri oranlarını sırasıyla eşit ağırlıklandırma yöntemi ile (%385.35) ile CVaR yönteminin (%266.31) sunduğu, ardından

birbirine oldukça yakın oranlarla risk paritesi yönteminin (%224.40) geldiği, en düşük getiri oranlarını ise minimum varyans yönteminin (% 181.82) sunduğu anlaşılmaktadır.

Bulgular ayrıca yıllıklandırılmış standart sapma parametrelerinin % 88.79 ile %113.90 arasında değiştiğini, en yüksek risk düzeyine sırasıyla eşit ağırlıklandırılmış portföy yöntemi (%113.90) ile CVaR yönteminin (%106.58) sahip olduklarını, en düşük risk düzeyine ise sırasıyla minimum varyans yöntemi (%88.79) ile risk paritesi yönteminin (%94.99) sahip olduklarını göstermektedir.

Tablo 6. Temel Portföy Göstergeleri

	Yıllıklandırılmış ortalama getiri oranları	Yıllıklandırılmış standart sapma değerleri
12 aylık veri seti		
Eşit ağırlıklandırma	% 385.35	% 113.90
Minimum varyans	% 181.82	% 88.79
CVaR	% 266.31	% 106.58
Risk paritesi	% 224.40	% 94.99
24 aylık veri seti		
Eşit ağırlıklandırma	% 116.32	% 87.56
Minimum varyans	% 75.21	% 79.45
CVaR	% 69.53	% 80.61
Risk paritesi	% 94.22	% 83.21

Geriye dönük 24 aylık veri seti kullanılarak yapılan dinamik portföy optimizasyon analizlerine ilişkin bulgular incelendiğinde (Tablo 6) ise yıllıklandırılmış getiri oranlarının % 69.53 ile % 116.32 arasında değiştiği, en yüksek getiri oranlarını eşit ağırlıklandırılmış portföy yönteminin (%116.32) sunduğu, ardından ise risk paritesi yönteminin (%94.22) geldiği, en düşük getiri oranını ise CVaR yönteminin (%69.53) sunduğu anlaşılmaktadır. Bulgular ayrıca yıllıklandırılmış standart sapma parametrelerinin % 79.45 ile % 87.56 arasında değiştiğini, en yüksek risk düzeyine sırasıyla eşit ağırlıklandırılmış portföy yöntemi (%87.56) ile risk paritesi yönteminin (%83.21) sahip olduklarını, en düşük risk düzeyine ise sırasıyla minimum varyans yöntemi (%79.45) ile CVaR (%80.61) yönteminin sahip olduklarını göstermektedir. Dolayısıyla bu aşamaya kadar olan bulgular birlikte değerlendirildiğinde statik portföy optimizasyon analizlerinde olduğu gibi dinamik portföy optimizasyon analizlerinde de eşit ağırlıklandırılmış portföy yönteminin hem sunduğu getiri oranları hem de sahip olduğu risk düzeyi açısından ilk sırada yer aldığı ifade edilebilir.

Dinamik portföy optimizasyon yaklaşımları için Sharpe rasyosu, Sortino rasyosu, Calmar rasyosu ile değişim katsayısına dayalı portföy performans analizleri Tablo 7’de sunulmuştur. Öncelikle geriye dönük 12 aylık veri seti kullanılarak yapılan dinamik portföy

optimizasyon analizlerine ait bulgular incelendiğinde, açık bir şekilde her durumda en iyi performansı eşit ağırlıklandırılmış portföy yönteminin sunduğu, ek kötü performansı ise minimum varyans yönteminin sergilediği anlaşılmaktadır. Geriye dönük 24 aylık veri seti kullanılarak yapılan dinamik portföy optimizasyon analizlerine ait bulgular incelendiğinde de açık bir şekilde yine en iyi performansı eşit ağırlıklandırılmış portföy yönteminin sunduğu, ardından risk paritesi yönteminin geldiği, ek kötü performansı ise şartlı riske maruz değer yönteminin sergilediği anlaşılmaktadır.

Tablo 7. Portföy Performanslarının Karşılaştırılması

	Sharpe	Sortino	Calmar	DK
12 aylık veri seti				
Eşit ağırlıklandırma	1.47 / [1]	3.98 / [1]	3.87 / [1]	29.56 / [1]
Minimum varyans	1.21 / [4]	2.89 / [4]	1.95 / [3]	48.83 / [4]
CVaR	1.28 / [3]	3.34 / [2]	1.88 / [4]	40.02 / [2]
Risk paritesi	1.29 / [2]	3.06 / [3]	2.40 / [2]	42.33 / [3]
24 aylık veri seti				
Eşit ağırlıklandırma	0.90 / [1]	1.71 / [1]	3.87 / [1]	75.28 / [1]
Minimum varyans	0.71 / [3]	1.34 / [3]	2.16 / [3]	105.64 / [3]
CVaR	0.66 / [4]	1.21 / [4]	2.09 / [4]	115.94 / [4]
Risk paritesi	0.81 / [2]	1.54 / [2]	2.50 / [2]	88.31 / [2]

Not: Köşeli parantez içerisindeki değerler her bir yöntemin ilgili performans ölçütüne göre sıralamadaki yerini göstermektedir.

Alternatif yöntemler dikkate alınarak oluşturulan optimal portföylerin finansal risk düzeylerine ilişkin bulgular ise Tablo 8’de sunulmuştur. Öncelikle geriye dönük 12 aylık veri seti kullanılarak yapılan analiz sonuçları incelendiğinde HS-VaR sonuçlarına göre ilgili optimal portföylerin maksimum kayıp oranlarının -%22.15 ile -%32.51 arasında değiştiği, en düşük piyasa riskine eşit ağırlıklandırılmış optimal portföy yönteminin sahip olduğu (-%22.15), ardından risk paritesi yönteminin (-%22.96) geldiği; en yüksek piyasa riskine ise CVaR yöntemi (-%32.51) ile minimum varyans yönteminin (-%27.11) sahip oldukları anlaşılmaktadır.

CVaR yöntemine ait sonuçlar incelendiğinde ise en yüksek piyasa riskine eşit ağırlıklandırma yönteminin (-%39.36) sahip olduğu, ardından risk paritesi yönteminin (-%37.91) geldiği; en düşük piyasa risk düzeyine ise minimum varyans yönteminin (-% 34.88) sahip olduğu anlaşılmaktadır.

MDD yöntemine ait bulgular incelendiğinde ise en yüksek risk düzeyine risk paritesi yönteminin (-%84.19) sahip olduğu, ardından birbirine benzer oranlarla minimum varyans

yöntemi (-% 80.98) ile eşit ağırlıklandırma (-% 80.25) yönteminin geldiği, en düşük risk düzeyine ise CVaR (-%77.87) yönteminin sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 8. Portföy Risk Göstergeleri

	HS-VaR (%5)	CVaR (%5)	MDD
12 aylık veri seti			
Eşit ağırlıklandırma	- % 22.15	-%39.36	-%80.25
Minimum varyans	- % 27.11	-%34.88	-%80.98
CVaR	- % 32.51	-%37.35	-%77.87
Risk paritesi	-% 22.96	-%37.91	-%84.19
24 aylık veri seti			
Eşit ağırlıklandırma	-% 28.84	-%39.36	-%80.25
Minimum varyans	-% 30.14	-%35.77	-%73.11
CVaR	-% 31.99	-%37.54	-%76.25
Risk paritesi	-% 28.34	-%37.41	-%76.27

Geriye dönük 24 aylık veri seti kullanılarak yapılan analiz sonuçları incelendiğinde ise HS-VaR sonuçlarına göre ilgili optimal portföylerin maksimum kayıp oranlarının -%28.34 ile -%31.99 arasında değiştiği, en düşük piyasa riskine risk paritesi yönteminin (-%28.34) sahip olduğu, ardından ise eşit ağırlıklandırma yönteminin (-%28.84) geldiği, en yüksek piyasa riskine ise CVaR yöntemi (-%31.99) ile minimum varyans yönteminin (-%30.14) sahip oldukları anlaşılmaktadır. CVaR yöntemine ait sonuçlar incelendiğinde ise en yüksek piyasa riskine eşit ağırlıklandırma yönteminin (-%39.36) sahip olduğu, ardından birbirine benzer oranlarla CVaR yöntemi (-%37.54) ile risk paritesi yönteminin (-%37.41) geldiği, en düşük piyasa riskine ise minimum varyans yönteminin (-%35.77) sahip olduğu anlaşılmaktadır. MDD yöntemine ait bulgular incelendiğinde ise en yüksek risk düzeyine eşit ağırlıklandırma yönteminin (-%80.25) sahip olduğu, ardından birbirine benzer oranlarla risk paritesi yöntemi (-%76.27) ile CVaR yönteminin (-%76.25) geldiği; en düşük risk düzeyine ise minimum varyans yönteminin (-%73.11) sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla statik portföy optimizasyon analizleri ile birlikte değerlendirildiğinde eşit ağırlıklandırma yönteminin normal piyasa koşullarındaki risk düzeyinin diğer optimal portföylere göre göreceli olarak daha düşük seviyelerde olabileceği fakat CVaR ile MDD yöntemlerine ait bulgular kapsamında finansal şokların dikkate alınması durumunda ise genel olarak eşit ağırlıklandırma yöntemi ile oluşturulan optimal portföyün yüksek oranlı kayıp tutarlarına maruz kalma riskinin bulunduğu ifade edilebilir.

5. Sonuç

Kripto para piyasaları volatilitenin oldukça yüksek olduğu geleneksel olmayan finansal piyasalardır. Bu duruma özellikle son dönemlerde ABD merkez bankası FED'in agresif para

politikası uygulamalarının da eklenmesiyle kripto para piyasalarındaki volatilité çok daha yüksek seviyelere ulaşmış ve kripto para piyasalarında önemli fiyat düşüşleri yaşanmıştır. Bu nedenle bu tür bir konjonktürün kripto para piyasası yatırımcıları açısından daha etkin yatırım kararlarının verilmesinin önemini arttırdığı ifade edilebilir. Bu nedenle bu çalışmada 2016 yılının Ocak ayı ile 2021 yılının Aralık ayı arasındaki dönem için Bitcoin ile Ethereum'a dayalı statik ve dinamik portföy optimizasyon analizlerine yer verilmiştir. Çalışmada portföy optimizasyon yöntemleri olarak şartlı riske maruz değer yöntemi, risk paritesi yöntemi, minimum varyans yöntemi ile eşit ağırlıklandırma yöntemine yer verilmiştir. En uygun portföy optimizasyon yönteminin belirlenmesinde ise Sortino rasyosu, Calmar rasyosu, Sharpe rasyosu ile değişim katsayısından yararlanılmıştır. Alternatif yöntemler tarafından oluşturulan optimal portföylerin finansal risk düzeylerinin ölçümünde ise tarihi simülasyon yöntemi, şartlı riske maruz değer yöntemi ile maksimum düşüş oranı kullanılmıştır.

Çalışma bulguları her durumda en iyi performansı sergileyen yöntemin eşit ağırlıklandırma yöntemi olduğunu, ardından belirgin bir şekilde daha düşük bir performansa sahip olmakla birlikte risk paritesi yönteminin geldiğini, en kötü performansı sergileyen yöntemlerin ise minimum varyans yöntemi ile şartlı riske maruz değer yöntemi olduğu sonucuna işaret etmektedir. Bu bulguların kripto para piyasaları yatırımcıları açısından oldukça önemli bilgiler içerdiği ifade edilebilir. Çünkü mevcut bulgular kripto para piyasası yatırımcılarının volatilitesi oldukça yüksek olan bu tür piyasalarda daha etkin risk / getiri bileşimine sahip portföyler oluşturabilmeleri için eşit ağırlıklandırma yöntemini kullanabilecekleri sonucuna işaret etmektedir. Bulgular ayrıca yatırımcıların bu tür piyasalara dönük yatırım kararlarını verirken özellikle minimum varyans yöntemi ile şartlı riske maruz değer yöntemini kullanmamaları gerektiğini de göstermektedir. Bu durumun yanı sıra bulgular kripto para piyasalarına dönük bu tür analizlerde daha teknik ve gelişmiş yöntemlerin kullanılmasından ziyade eşit ağırlıklandırma gibi daha basit yöntemlerin kullanılabilirliği anlamına da gelmektedir. Dahası geçmişe dönük hem 12 aylık hem de 24 aylık verilere dayalı dinamik portföy optimizasyon analizlerinin yanı sıra statik portföy optimizasyon analizlerinin de benzer sonuçlara işaret etmesinin farklı yaklaşımlara karşı dirençli (robust) sonuçların elde edilmesi açısından ayrıca önemli olduğu ifade edilmelidir.

Fakat bulgular kripto para piyasalarına dönük portföy optimizasyon analizlerinde eşit ağırlıklandırma yönteminin kullanılabilirliği sonucuna işaret etmekle birlikte, bu yöntem kullanılarak oluşturulacak portföylerin risk düzeylerine ayrıca dikkate edilmesi gerektiği sonucuna da işaret etmektedir. Çünkü bulgular eşit ağırlıklandırma yönteminin normal piyasa

koşullarında makul piyasa risk düzeyine sahip portföyler oluşturabildiğini, fakat yüksek oranlı finansal şokların gerçekleşmesi durumunda bu yöntem kullanılarak oluşturulacak portföylerin diğer portföylere göre daha fazla kayba uğrama olasılığı bulunduğu sonucuna da işaret etmektedir. Bu bulguların da kripto para birimleri dikkate alınarak oluşturulan portföylerin çeşitli yatırım stratejileri kullanılarak olası finansal şoklara karşı hedge edilmesinin de ayrıca önemli olduğu anlamına geldiği ifade edilebilir.

Kripto para piyasalarında son dönemlerde yaşanan fiyat düşüşlerine rağmen, bu piyasaların yatırımcılar tarafından oldukça ilgi gören piyasalar oldukları ifade edilebilir. Bu nedenle bu alanda daha sonra yapılabilecek çalışmalarda çok daha fazla kripto para biriminin dikkate alınabileceği veya kripto para birimlerinin Metaverse coin'ler, Defi coin'ler, Web 3.0 coin'ler ve NFT'ler olarak alt gruplara ayrılarak alternatif portföy optimizasyon yöntemlerinin performanslarının incelenebileceği düşünülmektedir.

Araştırmanın etik yönü

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Bu araştırmanın etik kurul izni gerektirmeyen araştırmalardan olduğunu beyan ederim.

Çıkar çatışması beyanı

Bu çalışmada, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Yazar katkı oranı

Çalışmanın tüm aşamaları yazarlar tarafından birlikte tasarlanmış ve hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

Alankar, A., DePalma, M., Scholes, M. (2012). An Introduction to Tail Risk Parity, Balancing Risk to Achieve Downside Protection, 1-25. https://www.alliancebernstein.com/abcom/segment_homepages/defined_benefit/3_emea/content/pdf/introduction-to-tail-risk-parity.pdf. (Erişim Tarihi: 28.07.2022).

Aljinović, Z., Marasović, B., Šestanović, T. (2021). Cryptocurrency Portfolio Selection: A Multicriteria Approach. *Mathematics*, 9 (1677), 1-21.

- Al-Mansour, B.Y. (2020). Cryptocurrency Market: Behavioral Finance Perspective. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7 (12), 159-168.
- Anghel, D-G. (2021). A Reality Check On Tarding Rule Performance In The Cryptocurrency Market: Machine Learning Vs.Technical Analysis. *Finance Reserach Letters*, 39,1-8.
- Artzner, P., Delbaen, J., Eber, M., Heath,D . (1997). Thinking Coherently. *Risk*, 10 (11), November, 68–71.
- Artzner, P., Delbaen, J., Eber, M., Heath, D . (1999). Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*, 9 (3), June, 203–228.
- Braga, M.D. (2015). Risk Parity Versus Other P-Free Strategies: A Comparison In A Triple View. *Investment Management and Financial Innovations*, 12 (1), 277-289.
- Brauneis, A., Mestel, R. (2019). Cryptocurrency-Portfolios In A Mean-Variance Framework. *Finance Reserch Letters*, 28, 259-264.
- Burggraf, T. (2019). Risk-Based Portfolio Optimization Cryptocurrency World, *SSRN*, 102, 1-52.
- Castro, J.G., Tito, E.A.H., Brandao, L.E.T., Gomes, L.L. (2020). Crypto-Assets Portfolio Optimization Under The Omega Measure. *The Engineering Economist*, 65 (2), 114-134.
- Cogneau , P., Hübner, G. (2009). The 101 Ways To Measure Portfolio Performance, *SSRN*, 1-41.
- Gül, Y. (2020). Kripto Paralar Ve Portföy Çeşitlendirmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 65, 125-141.
- Hendrics, D. (1996). Evaluation Of Value At Risk Modelling Using Historical Data. *Economic Policy Review*. Federal Reserve Bank of New York.
- Hrytsiuk, P., Babych, T., Bachyshyna, L. (2019). Cryptocurrency Portfolio Optimization Using Value-At-Risk Measure. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 95,385-389.
- Hurst, B., Johnson, B.W., Ooi. (2010). Understanding Risk Parity, So, You Think You're Diversified. *AQR Capital Management*,1,1-12.
- Inui, K., Kijima, M. (2005). On the Significance Of Expected Shortfall as a Coherent Risk Measure. *Journal of Banking & Finance*, 29(4): 853-864.

- Kisiala, J. (2015). Conditional Value-at-Risk: Theory and Applications. (Dissertation Presented for the Degree of MSc in Operational Research), The University of Edinburgh, The School of Mathematics. <https://arxiv.org/pdf/1511.00140.pdf>. (Erişim Tarihi: 12.07.2022).
- Li, Z., Meng, Q. (2022). Time And Frequency Connectedness And Portfolio Diversification Between Cryptocurrencies And Renewable Energy Stock Markets During COVID-19. *North American Journal of Economics and Finance*, 59,1-15.
- Lucarelli, G., Borrotti, M. (2020). A Deep Q-Learning Portfolio Management Framework For The Cryptocurrency Market. *Neural Computing and Applications*, 32, 17229-17244.
- Magdon-Ismail, M., Atiya, A. (2004). An Analysis Of The Maximum Drawdown Risk Measure. *Risk Magazine*, 17 (10): 99–102.
- Maciel, L. (2020). Cryptocurrencies Value-At-Risk And Expected Shortfall: Do Regime-Switching Volatility Models Improve Forecasting ? *International Journal of Finance and Economics*, 26(3), 4840-4855.
- Magnus, M., Margerit, Mesnard, B., Korpas, A. (2017). Upgrading the Basel standards: from Basel III to Basel IV? , European Parliament, Economic Governance Support Unit, 1-15. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ BRIE/2016/587361/ IPOL_BRI\(2016\)587361_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ BRIE/2016/587361/ IPOL_BRI(2016)587361_EN.pdf). (Erişim Tarihi: 28.06.2022).
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91
- Mba, J.C., Mwambi, S. (2020). A Markov-Switching COGARCH Approach To Cryptocurrency Portfolio Selection And Optimization. *Financial Markets and Portfolio Management*, 34,199-214.
- Mba, J.C., Pindza, E., Koumba, U. A. (2018). A Differential Evolution Copula-Based Approach For A Multi-Period Cryptocurrency Portfolio Optimization. *Financial Markets and Portfolio Management*, 32, 399–418
- Nawapong, W., Chanson, P. Chaiyawat, T., Sattakulpiboon, I. (2019). *Value-at-Risk of Stock and Cryptocurrency Portfolio Diversification*. 1st International Conference in Business and Economics, Bangkok, Thailand, 13-15 March.
- Orgeldinger, J. (2017). Critical Analysis of the New Basel Minimum Capital Requirements for Market Risk. *Italian Journals of Sciences & Engineering*, 1(1):1-15.

- Pflug, G. (2000). Some Remarks on the Value-at-Risk and the Conditional Value-at-Risk in S. Uryasev (ed.) (pp. , 1-11) Probabilistic Constrained Optimization: Methodology and Applications, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Phillips, P. C. B., Perron, P. (1988). Testing For A Unit Root İn Time Series Regression. *Biometrika*, 75, 335–346.
- Platanakis, E., Sutcliffe, C., Urquhart, A. (2018). Optimal Vs. Naïve Diversification In Cryptocurrencies. *Economic Letters*, 171, 93-96.
- Rockafellar, R. T., Uryasev,S. (2000). Optimization of Conditional Value at-Risk. *Journal of Risk*, 2(3), 21– 41.
- Roncalli, T. (2014). *Introduction to Risk Parity and Budgeting*, Florida: CRC press Taylor & Francis Group.
- Roy, A. D. (1952). Safety First And The Holding Of Assets. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 20 (3), 431-449.
- Ryan, G. (2021). VaR: An Introductory Guide in The Context of FRBT. Finalyse, 1-7. Erişim adresi:<https://www.finalyse.com/blog/var-an-introductory-guide-in-the-context-of-frtb>. Erişim tarihi: 08.02.2022.
- Schellinger, B.(2020).Optimization Of Special Cryptocurrency Portfolios. *The Journal of Risk Finance*, 21(2), 127-157.
- Silahli, B., Dingec, K.D., Cifter, A., Aydin, N. (2021). Portfolio Value-At-Risk With Two-Sided Weibull Distribution: Evidence From Cryptocurrency Markets. *Finance Research Letters*, 38, 1-8.
- Stavroyiannis, S. (2018). Value-At-Risk And Related Measures For The Bitcoin. *The Journal of Risk Finance*,19 (2) , 127-136.
- Yousaf, I., Ali, S. (2020). The COVID-19 Outbreak and High Frequency Information Transmission between Major Cryptocurrencies: Evidence from the VAR-DCC-GARCH Approach. *Borsa Istanbul Review*, 20: 1-10.