www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625

INTERNATIONAL BALKAN UNIVERSITY
Sponsored by IBU

Research Article / Araştırma Makalesi

Sıfır Toplamlı Oyun ve Markowitz'in Ortalama - Varyans Modeline Göre Portföy Seçimine İlişkin Karşılaştırmalı Bir Analiz: BIST 100 Örneği*

A Comperative Analysis on Portfolio Selection with Zero-Sum Games and Markowitz's Mean Variance Model

Hakan Kapucu** - Hilal Çalık***

Abstract: A portfolio is a financial asset which includes some factors such as return and risk and is composed of securities selected depending on the investor's criteria. While selecting a portfolio, investors face many difficulties such as having more than one financial investment instrument that meets their criteria. In order to reduce these difficulties, lots of study has been carried out from the early twentieth century to the present. Among these studies, one of the most mentioned persons is Harry M. Markowitz with his article titled "Portfolio Selection" in 1952. In that study, Markowitz argued that historical data do not reflect the future performance of the portfolio, but may guide its future performance. Furthermore, this study not only gives the investor the opportunity to reach the highest rate of return that he/she can achieve at the desired risk level, but also informs the investor in which investment instrument he/she should invest. In this study, it is aimed to compare the performances of the optimal portfolios in which consist of manufacturing companies in BIST100, according to the two-person zero-sum games and Markowitz's Mean-Variance Model. The data are the daily closing prices of 27 companies between 01/01/2017-31/12/2021. In the model of the study, return maximization of return was aimed and the performances of the optimal portfolios created according to both models were compared according to Treynor, Sharpe and M^2 performance criteria. When the findings of the study are generally evaluated, it is determined that the two-person zero-sum game model performs better. In some months, it was also found that the mean-variance model outperformed the two-person zero-sum game model.

Structured Abstract: Portfolio management is the distribution of the assets in the hands of the investors among the existing securities in such a way that the investor can achieve the maximum rate of return at the

---

* Bu çalışma, Çalık, H. (2022). *Portföy Seçimine İlişkin Karşılaştırmalı Bir Analiz: BIST100 Örneği* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü çalışması sırasında elde edilen verilerden hazırlanmıştır.

** Sorumlu Yazar: Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü
Corresponding Author: Associated Prof., Kocaeli University, Faculty of Business, Department of Business Administration
ORCID 0000-0003-0132-4034
kapucu@kocaeli.edu.tr
*** Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muhasebe ve Finansman Yüksek Lisans Programı
Kocaeli University, Institution of Social Sciences, Accounting and Finance Graduate Program
ORCID 0000-0002-0135-2492
hilal_calik12@hotmail.com

Cite as/ Atıf: Kapucu, H. & Çalık, H. (2022). Sıfır toplamlı oyun ve Markowitz'in ortalama - varyans modeline göre portföy seçimine ilişkin karşılaştırmalı bir analiz: BIST 100 örneği. *Turkish Studies - Economy*, *17*(2), 325-342. https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.61169
Received/Geliş: 07 April/Nisan 2022
Accepted/Kabul: 25 June/Haziran 2022
Published/Yayın: 30 June/Haziran 2022
Checked by plagiarism software
© Yazar(lar)/Author(s) | CC BY-NC 4.0

minimum risk ratio (Korkmaz & Ceylan, 2015, s.469). The activity of managing more than one financial investment instrument by subjecting it to various restrictions and providing the highest return with the least risk is called "portfolio management" (Karan, 2018, s.569). According to another definition, portfolio management is the decision of when to buy the securities in the portfolio and at what rate to invest depending on the changing conditions over time (Demirtaş & Güngör, 2004, s.103). Many studies have been conducted on these two points that investors focus on and have difficulty in portfolio selection. The most basic subject of these studies is to reduce the uncertainties during portfolio selection. Harry M. Markowitz's article titled "Portfolio Selection" published in 1952 gives information not only on which investment instrument the investor should invest and how much, but also on the highest rate of return he/she can obtain at the desired risk level. In this article, it is aimed to determine the maximum return that the investor will obtain at the minimum risk level by using Markowitz's Mean-Variance Model. In addition to the Mean-Variance Model, a two-person zero-sum game model was also used in the study and the model giving the best result was determined by comparing it with performance criteria such as Treynor, Sharpe and M^2.

The research question of the study is "Can similar results be obtained when the return maximization is made between the two-person zero-sum game model and the mean-variance model, which have different application areas?". For this purpose, the optimal portfolio selection was made according to the two-person zero-sum game model and the mean-variance model and the performances of these portfolios were compared. In the literature, although there are some studies on the two-person zero-sum games model and the mean-variance model, there is no study comparing the two models with three different performance measures. Some studies which is related to this study can be given as follows: Markowitz (1952), Nash (1953), Sharpe (1963), Markowitz (1991), Sharpe (1994), Schwalbe & Walker (2001), Rubinstein (2002), Arrow (2003), Yavuz & Eren (2016) and Acar (2019) et al. With the help of this study, the similarities and differences between the two models will be observed better.

In the application, the daily closing prices of the stocks of 27 manufacturing industry companies in the BIST100 index between 01/01/2017-31/12/2021 were used as the data set. The data set was created from the data announced on the website of "IS Investment". In the model of the study, return maximization was aimed and the performances of the optimal portfolios created according to both models were compared according to Treynor, Sharpe and M^2 performance criteria. Two-person zero-sum game model and Harry M. Markowitz's Mean-Variance Model were used as methods in the application. In the study, while calculating the weights of the portfolio and the strategic vectors of the game, the solver function of Microsoft Excel V.16 and the LINDO 18.0 linear programming software were utilized.

According to the findings of the study, when the two-person zero-sum game and mean-variance model were compared according to Sharpe, Treynor and M^2 performance criteria, it was concluded that the two-person zero-sum game model had better performance better in general. However, in some months, it was also determined that the mean-variance model outperformed the two-person zero-sum game model. When the monthly portfolio distribution of the two-person zero-sum game and mean-variance model was examined, it was determined that although there were differences between the two models, it was necessary to invest in similar stocks. While HEKTS stock was the most preferred stock in both models, unlike the two-person zero-sum game model, KARSN and FROTO stocks were preferred more in the mean-variance model. When the monthly performances of the models were examined, Treynor and Sharpe criteria gave similar results in both models, while the results of the M^2 performance criterion showed different results compared to the other two criteria. In addition, it is normal to have similar results between the two models, since the aim is to maximize returns in practice.

While determining the investment instruments to be included in the portfolio, selection should be made according to both the return and the risk level. It is very important to carefully choose the investment instruments to be put in the basket, since a portfolio with a high return will also have a high risk. In this case, different portfolios may be created according to the different risk expectations of each investor. In the study, it was taken into account that the investors demanded return maximization and the risk was minimized. For this reason, this study can only be informative for risk-loving investors. Otherwise, it is not an accurate indicator for risk-loving and high-risk investors. For this reason, it is very important to clearly determine the constraints of the portfolio in studies. In addition, there are not many studies in the literature examining the two-person zero-sum game model and Markowitz's mean-variance model together. In the studies, either no performance criterion was used or a limited performance criterion was used. With this study, this deficiency in the literature

will be covered. In future studies that will be included in the literature, different models of game theory can be considered in addition to this study and the return that the investor can obtain at a high risk level may be considered.

Keywords: Finance, Zero-Sum Games, Mean-Variance, Portfolio Selection, Portfolio Performance

Öz: Portföy, getiri ve risk gibi faktörlerini içerisinde barındıran ve yatırımcının kriterlerine bağlı olarak seçilen menkul kıymetlerden oluşan finansal bir varlıktır. Bu bağlamda yatırımcılar, belirledikleri kriterlere uygun birden fazla finansal yatırım aracın arasından seçim yapmak sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu soruna ilişkin olarak 20. yüzyılın başlarından itibaren pekçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar içerisinde adından en çok söz ettiren kişilerden biri ise 1952 yılında "Portföy Seçimi" adlı makalesiyle Harry M. Markowitz'dir. Markowitz söz konusu çalışmasında geçmiş verilerin portföyün gelecekteki performanslarını yansıtmayacağını ancak, gelecek performanslarıyla ilgili yol gösterebileceğini savunmuştur. Ayrıca, yatırımcıya yalnızca istediği risk seviyesinde elde edebileceği en yüksek getiri oranına ulaşma olanağı değil, hangi yatırım aracına yatırım yapması gerektiği de bilgisini vermektedir. Bu çalışmada, iki kişilik sıfır toplamlı oyun ve Markowitz'in Ortalama-Varyans Modeline göre, BIST100 endeksinde yer alan imalat sanayi işletmelerinin pay senetlerinden oluşan optimal portföylerin performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Veri seti olarak 27 adet işletmenin 01/01/2017-31/12/2021 tarihleri arasındaki günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır. Çalışmanın modelinde getiri maksimizasyonu amaçlanmış ve her iki modele göre oluşturulan optimal portföylerin performansları, Treynor, Sharpe ve M^2 performans ölçütlerine göre karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, iki kişilik sıfır toplamlı oyun modelinin daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Kimi aylarda ise ortalama-varyans modelinin iki kişilik sıfır toplamlı oyun modeline göre daha iyi performans gösterdiği de saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Finans, İki Kişilik Sıfır Toplamlı Oyun, Ortalama-Varyans, Portföy Seçimi, Portföy Performansı

Giriş

Finansal piyasaların küreselleşmesi ile birlikte yatırımcılar, portföy çeşitlendirmesi konusunda çok fazla sayıda yatırım aracını belirli kısıtlar altında yönetebilmek için risk ve getiri hesaplaması gibi birçok kararsızlıkla karşı karşıya kalmaktadır. Bu kararsızlıkların temel nedeni ise portföyde yer alacak menkul kıymetlerin seçimi ve yatırım oranlarının belirlenmesinde yatmaktadır. Getiri ve risk faktörü, yatırımcıların kazanç ve kayıplarını doğrudan etkilediği için portföy seçimindeki en önemli etkenlerden ikisidir. Yatırımcılar yalnızca portföylerine kattıkları her bir menkul kıymetten belirli bir oranda getiri elde etmek istemezler, aynı zamanda bu getiriye de en düşük risk oranıyla sahip olmak isterler. Bu konu üzerine finans alanında pek çok çalışma olmakla birlikte, Harry M. Markowitz'in 1952 yılında yayınladığı "Portföy Seçimi" adlı makalesi mihenk taşı niteliğindedir. Markowitz (1952) söz konusu çalışmasında geçmiş verilerin portföyün gelecekteki performanslarını yansıtmayacağını ancak, gelecek performanslarıyla ilgili yol gösterebileceğini savunmuştur. Söz konusu çalışma, yatırımcıya istediği risk seviyesinde elde edebileceği en yüksek getiri oranına ulaşma olanağı yanında, hangi yatırım aracına yatırım yapması gerektiğinin de bilgisini vermektedir.

Bu çalışmada portföy seçiminde bir diğer yaklaşım olarak tercih edilen ve Harry M. Markowitz'in Modern Portföy Kuramı gibi John Nash'in 1950'lı yıllardaki çalışmaları ile başlayan Oyun Kuramı ise ilk olarak matematik bilim alanında yer almasına karşılık, belirsizlik temelli olmasından dolayı, zaman içerisinde ekonomi gibi birçok bilim dalında da kullanılagelmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi, kuramın portföy optimizasyonunda kullanılmasındaki temel amaç, portföy performansının gelecekteki belirsizliklerini azaltmaktır. Oyun kuramı, genel olarak strateji belirleme ve belirlenen stratejiler arasında seçim yapma üzerine kurulmuş bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde oyun başlamadan önce oyuncular birbirlerinin hamlesini bilmesine rağmen hangi hamleyi

uygulayacaklarını önceden kestiremezler. Doğal olarak belirsizlik, oyun kuramının temelini oluşturmaktadır.

Modern portföy kuramı ile oyun kuramı portföyün gelecek performansı hakkında bilgi vermesi yönünden benzerlik göstermesine rağmen, doğal olarak, aralarında birtakım farklılıklar da söz konusudur. Portföy seçiminde oyun kuramının kullanımına ilişkin pek çok çalışmada yatırımcıların kazançları getiriler üzerinden belirlenirken, modern portföy kuramında ise getiri faktörü yanında risk de dikkate alınmaktadır.

Bu çalışmada, oyun kuramında yatırımcı en az oyunun değeri kadar getiri elde edeceği için oyunun değeri maksimize edilirken, modern portföy yönteminde ise getiri hedefine karşılık portföy riskinin minimizasyonu uygulamaya konu edilmiştir. Bu bağlamda, 01/01/2017-31/12/2021 dönemine ilişkin günlük kapanış fiyatları kullanılarak hem iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar hem de Markowitz'in ortalama-varyans modeli kullanılarak BİST 100 endeksi içerisinde yer alan imalat işletmelerinden oluşan optimal portföyler oluşturulmuş, Treynor Sharpe ve M^2 performans göstergelerine göre portföy performansları karşılaştırılmıştır.

Literatür

Literatürde portföy yönetimi ve oyun teorisine dayalı portföy optimizasyonuyla ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Neumann ve Morgenstern (1944), tarafından ele alınan "Oyun Teorisi ve Ekonomik Davranışlar" adlı kitap sayesinde oyun kuramı ilk defa ekonomi alanına girmiştir. Çalışmada oyun kuramının temel yapısı anlatılmıştır. Böylelikle, iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar ilk kez Neumann ve Morgernstern'in bu çalışması ile ortaya çıkmıştır.

Oyun Kuramının temelini oluşturan Matematikçi John Forbes Nash (1950, 1951 ve 1953), makalelerinde bir oyuncunun oyun sırasındaki en iyi stratejisinin oyunda yer alan diğer oyuncuların hamlelerine ne kadar bağlı olduğunu sezinlemiştir. Bu sebeple Nash, oyuncuların hamlelerini diğer oyuncuların hamlelerine göre belirlenmesi gerektiğini savunmuştur.

Markowitz (1952), çalışmasında geleneksel portföy yaklaşımının aksine portföy optimizasyonunu matematiksel ifadelere dayandırmıştır. Markowitz yayınladığı bu makalesinde portföyün iki stratejik yolla oluşturulabileceğini ileri sürmüştür. Birinci stratejide gözlem ve deney yoluyla başlanarak mevcut menkul kıymetlerin gelecekteki performansları hakkındaki inançlarla sonlanacağını ikinci stratejisinde ise, gelecekteki performansları hakkında özdeş inançlarla başlayıp portföyün seçimiyle sona erdirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Rubinstein (2002), Markowitz'in ortalama-varyans yönteminde menkul kıymet riskinin yatırımcı için önem taşımadığını, yatırımcı için menkul değerlerin çeşitliliğe katkısının önem taşıdığını savunmuştur.

Bozdağ ve Duman (2004), BİST 30 endeksine ait otuz pay senedinin günlük verilerini kullanarak oyun teorisi yöntemiyle optimal portföyü belirledikten sonra performans değerlendirmesi yapmışlardır. Yapılan uygulamadan elde edilen sonuçlara göre aynı dönem içerisinde yer alan pay senetleri arasında hemen hemen benzerlik saptanmıştır.

Ding (2006), çalışmasında iki kişilik oyunların çözümlenmesinde kullanılan maksimum-minimum yöntemini kullanarak portföy seçim sorununu incelemiştir. Çalışmada hem doğrusal programlama yönteminden hem de doğrusal olmayan programlama yönteminden faydalanılarak çözüm için bir algoritma oluşturulmuştuır. Sonrasında ise, çözüm modeli, ortalama varyans ve Young'un minimaks modeli ile kıyaslanmıştır.

Yavuz ve Eren (2016) ise, iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar yöntemini kullanarak İMKB100 endeksi, Dolar, Euro ve Altın olmak üzere toplam dört tane finansal yatırım aracının optimal ağırlıklarını bulmuştur. Çalışmada, yatırımcıların 1.dönemde %97,62 İMKB100 ve %2,33 Euro, 2.dönemde %97,09 İMKB100 ve %4,16 Dolar, 3.dönemde %30,05 Altın ve %68,65 İMKB100,

4.dönemde ise %60,55 İMKB100 ve %38,64 Euro yatırım yapmaları gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Aynı çalışmaya göre, İMKB 100 her dönem getiri sağlarken altın ve euro birer dönem, dolar ise iki dönem getiri sağlamaktadır.

Özçalık, Cengiz ve Baş (2016) tarafından yapılan çalışmada ise, sıfır toplamlı oyun modeline göre, riskli ve risksiz varlıklardan oluşan optimal portföy elde edilmeye çalışılmıştır. Buna göre, faize dayalı araçlar en yüksek getiriyi %93 olasılıkla Nisan ayında, %91 olasılıkla ise Kasım ayında getiri sağladığı sonucuna varılmıştır. BİST100 endeksi ise, en yüksek değeri %26 ile Ekim ayında getiri sağlarken, dolar; en yüksek getiriyi %90 olasılıkla Haziran ayında, 'euro' %35 olasılık ile aralık ayında, son yatırım aracı olan altının ise en yüksek getiriyi %99 olasılıkla Ağustos ayında elde ettiği saptanmıştır.

Tüfekçi ve Avşarlıgil (2016), BİST100'de işlem gören işlem hacmi sıralamasına göre ilk dört büyük banka olan Garanti, Akbank, İş Bankası C ve Yapı Kredi pay senetlerinin Ocak 1999-Aralık 2014 tarihleri arasındaki geçmiş verilerini kullanarak Vergeday Yaklaşımı yardımıyla optimal portföylerini elde etmeye çalışmışlardır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre denge çözüm noktası olan aylar Ocak, Temmuz, Ekim ve Kasım aylarıdır. Yatırımcılar bu aylardan birinde tam strateji uygulayıp tek bir hisse senedine yatırım yapmaları durumunda oyun dengede olacaktır. Geri kalan diğer aylarda ise karma stratejinin uygulaması gerekmektedir. Çalışmaya göre riskten kaçınan yatırımcıların en yüksek getiriyi %21,1'le Temmuz ayında, en yüksek zararı ise %48,3 ile Eylül ayında elde edeceği saptanmıştır.

Berilo, Zaimović ve Šikalo (2017), çalışmalarında oyun kuramının bir çözüm yöntemi olan minimaks ile elde ettiği optimum portföyünü piyasa endeksini ve Markowitz'in ortalama varyansıyla elde edilen portföyün performanslarını kıyaslamışlardır. Elde edilen verilere göre, çalışma sonucunda minimaks modeliyle oluşturulan yatırım stratejileri lehine olduğu saptanmıştır.

Demirci, Şahinkul ve Eren (2017) ise yaptıkları çalışmalarda, BİST100'de işlem gören sekiz işletmenin 2009-2015 yıllarına ait endeks getirilerini üç döneme ayırarak optimal portföyü elde etmeye çalışmışlardır. Uygulamada elde edilen sonuca göre birinci dönem portföyün %11'ini 2.şirket, %38'ini 6.şirket, %51'ini 7.şirket oluştururken, ikinci dönemin %17'sini 1.şirket, %51'ini 4. şirket, %32'sini ise 5.şirket oluşturmuştur. Son dönemde ise, portföyün %11'inde 3.şirket, %89'unda 5. şirket yer almıştır.

Tataei, Nikoumaram ve Hafezolkoto (2018) ise, uygulamalarında optimal portföy seçimi modelini işbirlikçi oyunlara entegre etmişlerdir. Çalışmada oyuncular risk düzeylerine göre beş farklı gruplara bölünmüş ve işbirliği yapmaları halinde pazarı yenme olasılığı üzerine durulmuştur. Elde edilen verilere göre önerilen işbirliğinin çoğu dönemde toplam piyasa endeksine kıyasla daha iyi bir performans sergilediği saptanmıştır.

Acar (2019), 2012-2018 yıllarına ait verileri dört ayrı döneme ayırarak finansal yatırım araçlarının oyun içerisindeki dağılımlarını bulmayı amaçlamıştır. Çalışmanın sonucuna göre portföyün %64'ü birinci dönemde gram altından oluşurken, ikinci dönemde portföyün %70'i dolardan, üçüncü dönemde %93'ü gramdan ve son olarak dördüncü dönemde ise %79'u faizden oluşmaktadır. Elde edilen verilere göre altın iki dönemde de yüksek getiriyi sağlarken, 'Bitcoin' ise hiçbir dönemde yüksek bir ağırlığa sahip olmamıştır.

İpek (2019) tarafından yapılan çalışmada ise, oyun teorisi yöntemi Markowitz'in portföy kuramındaki beklenen getiriyi bulmak amacıyla kullanılmıştır. Getiri hesaplaması yapıldıktan sonra eşit ağırlıklı, BİST 100 ve Markowitz'in portföy yöntemi arasında performans ölçümü yapılarak en iyi performansı gösteren portföy saptanmıştır.

Başar ve Kuvat (2020), BİST Kurumsal Yönetim Endeksinde işlem gören 34 adet pay senedinin Ocak 2009 ve Aralık2018 yılları arasındaki geçmiş günlük kapanış fiyatları ile ortalama-

varyans modelini kullanarak optimal portföy oluşturulmayı amaçlamışlardır. Çalışmada sharpe oranı ve değişim katsayıları da göz önüne alınarak kıyaslama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Sharpe oranlarının daha yüksek değişim katsayılarının daha düşük olduğu saptanmıştır.

Son olarak, Urun, Taş ve Uğurlu (2020)'nun çalışmalarında, BİST-30 endeksine ait 2016 yılının günlük kapanış fiyatları kullanılarak, başta Markowitz'in portföy kuramı olmak üzere, beş farklı optimizasyon seçeneğine göre, en iyi sonucu veren yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre getiri maksimimazyonunu sağlamak isteyen yatırımcı bu dört yöntemden en iyi sonucu risk kısıtlı getiri maksimizasyonuyla elde ederken, en kötü sonuca ise getiri kısıtlı risk minimizasyonu ile ulaşmaktadır.

Veri ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı, Neumann ve Morgenstern (1944)'in iki kişilik sıfır toplamlı oyun modeli ile Markowitz (1952)'in ortalama-varyans modeline göre, optimal portföy seçimi yapmak ve bu portföylerin performanslarını karşılaştırmaktır.

Çalışmada BİST100 endeksi içerisinde yer alan otuz yedi tane imalat sanayi işletmesinin 01/01/2017-31/12/2021 tarihleri arasındaki düzeltilmiş günlük kapanış fiyatları ele alınmıştır. Veri seti İş Yatırım Menkul Değerler A.Ş.'nin internet sayfasında (https://www.isyatirim.com.tr/tr-tr/analiz/hisse/Sayfalar/Tarihsel-Fiyat-Bilgileri.aspx) ilan edilen verilerden oluşturulmuştur. Veri eksikliğinden dolayı on adet işletme, inceleme dışı bırakılmıştır. Çalışmaya konu olan işletmelerin listesi; borsa kodu ve analizde kullanılacak referans kodları ile birlikte Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: BİST100'de Yer Alan İmalat Sanayi İşletmelerinin Listesi

S.N.	İŞLETME ADI	BORSA KODU	REFERANS KODU
1	Aksa Akrilik Kimya Sanayi A.Ş.	AKSA	X1
2	Alkali Kimya A.Ş.	ALKİM	X2
3	Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş.	AEFES	X3
4	Arçelik A.Ş.	ARCLK	X4
5	Aygaz A.Ş.	AYGAZ	X5
6	Brisa Bridgestone Sabancı Lastik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	BRISA	X6
7	Çemtaş Çelik Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş.	CEMTS	X7
8	Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	CIMSA	X8
9	Coca Cola İçecek A.Ş.	CCOLA	X9
10	Deva Holding A.Ş.	DEVA	X10
11	Ege Endüstri ve Ticaret A.Ş.	EGEEN	X11
12	Erbosan Erciyas Boru Sanayi ve Ticaret A.Ş.	ERBOS	X12
13	Ford Otomotiv Sanayi A.Ş.	FROTO	X13
14	Hektaş Ticaret T.A.Ş.	HEKTS	X14
15	Kardemir Karabük Demir Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş	KRDMD	X15
16	Karsan Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş.	KARSN	X16
17	Kartonsan Karton Sanayi ve Ticaret A.Ş.	KARTN	X17
18	Kordsa Teknik Tekstil A.Ş.0	KORDS	X18
19	Otokar Otomotiv ve Savunma Sanayi A.Ş.	OTKAR	X19
20	Parsan Makine Parçaları Sanayi A.Ş.	PARSN	X20
21	Petkim Petrokimya Holding A.Ş.	PETKM	X21
22	Sasa Polyester Sanayi A.Ş.	SASA	X22
23	Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.	TOASO	X23
24	Tümosan Motor ve Traktör Sanayi A.Ş.	TMSN	X24
25	Tüpraş-Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.	TUPRS	X25
26	Türk-Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş.	TTRAK	X26
27	Vestel Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	VESTL	X27

Bilindiği gibi, iki kişilik sıfır toplamlı oyun yöntemi, oyun kuramı çerçevesinde incelenen en temel oyunlardan biridir. Sıfır toplamlı oyunlar sabit toplamlı oyunların özel bir halidir. Oyuna göre, rakipler arasında tamamen zıt yönde bir ilişki ve tam rekabet vardır. Oyunun en önemli özelliği ise, bir oyuncunun kazancının diğer oyuncunun kaybına eşit olmasıdır. Bu sebeple kazanç ve kayıplar birbirine eşittir. Oyunun hamlelerini belirleyebilmek için öncelikle problemleri karşılayan bir modelin belirlenmesi gerekmektedir. Bu model, ödemeler matrisi şeklinde gösterilmektedir (Bozdağ & Duman, 2004, s.45).

Bir pay senedinin günlük getirisi, bilindiği gibi, gün sonunda elde edilen yüzdesel (kesikli) getiridir. Ancak, aşağıda AKSA örneği üzerinden gösterildiği gibi, normalizasyon koşulundan dolayı uygulamada daha çok logaritmik getiri yeğlenmektedir:

$$r_{AKSA} = \ln\left(\frac{P_{AKSA,t}}{P_{AKSA,t-1}}\right)$$

Bu hesaplama, pay senedinin kesiksiz (sürekli) bileşik getirisine işaret etmektedir. Kesiksiz bileşik getiri hesabında, r_t; (t-1,t) dönemi boyunca elde edilen getiri oranını göstermek üzere, $P_t=P_{t-1}e^n$ olduğu varsayılmaktadır. Fiyat ve getirilerle ilgili bu önermeye göre, *ortalama dönemsel getiri*, $r = (r_1+r_2+...+r_n)/n$ şeklinde de hesaplanabilir. Ancak, gelecek dönem için beklenen getiri dağılımını temsil ettiği varsayıldığında, kesikli bileşik getiri yerine kesiksiz bileşik getirinin kullanılması daha doğru bir yöntemdir (Kapucu, 2011, s.2).

Bu bağlamda, hem ödemeler matrisine temel oluşturabilmek hem de seriyi normalize edebilmek için aşağıdaki eşitlikte de gösterildiği gibi, 2017-2021 yılına ait düzeltilmiş kapanış fiyatlarına göre, pay senetlerinin günlük logaritmik getirileri hesaplanmış, ayrıca, oyunun ağırlık değerlerinin negatif çıkmaması gerektiğinden, logaritmik getirilere "1" eklenerek düzeltme yapılmıştır. Bu hesaplamaya örnek olarak ele alınan işletmelerin 2017 yılı aylık getirileri Tablo 2'de gösterilmiştir. Uygulama bölümüne ilişkin bundan sonraki açıklamalarda, oyunun stratejik vektörlerinin belirlenmesi kısmına kadar 2017 yılı örneği üzerinden hareket edilmiştir.

Tablo 2: BİST100'de Yer Alan İmalat Sanayi İşletmelerinin Aylık Getirileri (2017 Yılı)

Ay / Şirket	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
AKSA	1,0957	1,0955	0,9602	1,0498	1,1325	1,1156	1,0824	0,9410	0,8895	1,0796	0,9957	0,9750
ALKİM	1,1086	1,1346	1,1218	1,0971	1,0452	0,9691	0,9971	0,9229	0,9330	1,0388	1,0126	1,0000
AEFES	1,1171	1,0193	0,9725	0,9967	1,0187	1,0521	1,0013	0,9953	1,0085	0,9930	1,0990	1,0127
ARCLK	1,0284	1,0306	1,0055	1,0663	1,0437	1,0817	1,0133	0,9375	0,9321	0,9545	0,9114	1,0195
AYGAZ	1,0660	1,1048	1,0745	1,0665	1,0934	1,0428	0,9941	0,9822	1,0000	0,9957	0,99048	0,9860
BRISA	1,0684	1,0061	0,9626	1,0435	1,0518	1,0341	0,9930	0,9801	1,0310	0,9902	0,9701	1,0115
CEMTS	1,0609	1,0858	0,9832	1,0612	1,2590	1,0864	1,1039	0,9098	0,9476	1,0600	0,9096	1,0036
CIMSA	1,1088	1,0532	0,9448	0,9885	0,9737	1,0084	1,0111	0,9600	1,0114	0,9691	0,9868	0,973
CCOLA	1,0750	1,0429	0,9625	0,9772	1,0419	1,0582	1,0709	0,9991	0,9255	0,9690	0,9966	0,9190
DEVA	1,0742	1,0601	0,9955	1,0407	1,0248	0,9786	1,0762	1,0030	1,0013	0,9522	1,0411	0,9722
EGEEN	1,2198	1,0245	1,0099	0,9693	1,0072	0,9489	1,0448	1,0869	0,9391	1,0785	1,0498	1,0432
ERBOS	1,2003	1,1960	1,1705	1,0283	1,1578	0,9908	0,9712	1,0343	0,9413	1,0799	1,0673	1,0161
FROTO	1,0641	1,1143	1,0392	1,0401	1,0499	1,0823	1,0298	1,0721	1,0074	1,0324	1,1341	1,0793
HEKTS	1,0418	1,0382	1,0352	1,1112	1,1269	1,0488	1,1162	1,1057	1,1852	1,0889	0,9188	1,0324
KRDMD	1,0619	1,0633	0,9208	1,0563	1,1779	1,1190	1,1547	1,1110	1,0967	1,0607	0,9204	1,1565
KARSN	1,1483	1,1399	0,9093	0,9756	1,0447	1,0005	1,0520	1,0649	1,0636	1,0331	1,0616	0,9316
KARTN	0,7267	1,0267	1,1009	0,9787	0,9750	0,9812	1,0199	1,0960	0,9162	0,9893	0,9705	1,0047
KORDS	1,0727	1,0490	1,0539	1,0813	1,0857	0,9844	0,9972	0,9070	0,9289	0,9965	0,9487	1,0373
OTKAR	1,0796	1,0329	0,9129	1,0004	1,0499	0,8815	1,0353	0,9684	0,9261	0,9711	1,1044	1,0181
PARSN	1,0290	0,9752	1,0084	1,0290	1,0947	1,1336	1,0474	0,9612	0,9633	1,0057	0,9882	1,0739
PETKM	1,0924	1,0855	1,1063	1,0779	1,1309	1,0803	1,0587	1,0031	0,9728	1,0345	1,0404	1,0868
SASA	1,2579	1,0513	1,0443	1,3941	1,4042	1,1760	1,0259	1,0218	0,9535	0,9342	0,9414	1,3922
TOASO	1,0595	1,0718	1,0277	1,0629	1,0243	1,0143	1,0227	1,0487	0,9922	0,9669	1,0713	0,9817
TMSN	1,0840	0,9970	0,8481	1,0598	1,0698	0,9935	1,0072	0,9557	0,9203	0,9863	1,0784	1,0435
TUPRS	1,0662	1,1159	1,0495	1,0323	1,0913	1,0564	1,0580	1,0913	1,0539	1,0544	1,0046	0,9173
TTRAK	1,0488	1,0631	1,0092	1,0487	0,9772	1,0050	1,0130	1,0255	1,0029	0,9270	0,9790	0,9778
VESTL	1,0580	0,9960	1,0104	1,1049	0,9479	0,9961	1,0348	1,0687	1,0576	0,9771	1,0121	0,9290

Uygulamanın diğer adımında modelin kısıtlarının doğrusal denklem haline getirilebilmesi için oyun getirisinin oyunun değerine büyük eşit olduğu varsayılmıştır. Buna göre; Ocak ayı getiri matrisi dikkate alınarak oluşturulan oyunun modeli aşağıdaki gibidir:

$$1{,}0957X_1 + 1{,}1086X_2 + 1{,}1171X_3 + 1{,}0284X_4 + 1{,}0659X_5 + 1{,}0684X_6 + 1{,}0609X_7 + 1{,}1088X_8 + 1{,}0750X_9 + 1{,}0742X_{10} + 1{,}2198X_{11} + 1{,}2003X_{12} + 1{,}0641X_{13} + 1{,}0418X_{14} + 1{,}0619X_{15} + 1{,}1483X_{16} + 0{,}7262X_{17} + 1{,}0727X_{18} + 1{,}0796X_{19} + 1{,}0290X_{20} + 1{,}0924X_{21} + 1{,}2579X_{22} + 1{,}0595X_{23} + 1{,}0840X_{24} + 1{,}0662X_{25} + 1{,}0488X_{26} + 1{,}0580X_{27} \geq \mathrm{V}$$

$$1{,}1272X_1 + 1{,}0519X_2 + 1{,}1122X_3 + 1{,}0010X_4 + 1{,}0532X_5 + 1{,}0940X_6 + 1{,}2438X_7 + 1{,}0344X_8 + 1{,}0567X_9 + 1{,}0643X_{10} + 1{,}0980X_{11} + 1{,}1514X_{12} + 1{,}0127X_{13} + 1{,}0168X_{14} + 1{,}1969X_{15} + 1{,}3413X_{16} + 1{,}0678X_{17} + 1{,}1265X_{18} + 1{,}0105X_{19} + 1{,}1336X_{20} + 1{,}1067X_{21} + 1{,}2496X_{22} + 1{,}0164X_{23} + 1{,}0313X_{24} + 1{,}0009X_{25} + 1{,}0592X_{26} + 1{,}2528X_{27} \geq V$$

$$1{,}0228X_1 + 0{,}950595X_2 + 0{,}9798X_3 + 1{,}0898X_4 + 1{,}0206X_5 + 1{,}0194X_6 + 0{,}9112X_7 + 1{,}0291X_8, + 1{,}0449X_9 + 1{,}0080X_{10} + 1{,}0193X_{11} + 0{,}9109X_{12} + 1{,}0820X_{13} +$$

$1{,}0319X_{14} + 1{,}0259X_{15} + 1{,}1113X_{16} + 0{,}9973X_{17} + 0{,}9196X_{18} + 1{,}1563X_{19} + 0{,}8134X_{20} + 1{,}0398X_{21} + 0{,}9865X_{22} + 1{,}0574X_{23} + 1{,}0103X_{24} + 1{,}0385X_{25} + 0{,}9977X_{26} + 1{,}0248X_{27} \geq V$

$1{,}0538X_1 + 1{,}1448X_2 + 1{,}0968X_3 + 1{,}0737X_4 + 1{,}0763X_5 + 1{,}0862X_6 + 1{,}0163X_7 + 1{,}0509X_8 + 1{,}1470X_9 + 1{,}1068X_{10} + 1{,}1202X_{11} + 1{,}0485X_{12} + 1{,}1064X_{13} + 1{,}2330X_{14} + 1{,}1445X_{15} + 1{,}0391X_{16} + 1{,}1491X_{17} + 1{,}0738X_{18} + 1{,}0883X_{19} + 1{,}1204X_{20} + 1{,}0866X_{21} + 1{,}0750X_{22} + 1{,}0633X_{23} + 1{,}1316X_{24} + 0{,}9802X_{25} + 1{,}1088X_{26} + 1{,}0895X_{27} \geq V$

$1.1722X_1 + 1.2578X_2 + 1.1472X_3 + 1.1769X_4 + 1.1625X_5 + 1.2007X_6 + 1.0832X_7 + 1.1814X_8 + 1.1969X_9 + 1.08X_{10} + 1.1021X_{11} + 1.2140X_{12} + 1.2367X_{13} + 1.5364X_{14} + 1.2134X_{15} + 1.2883X_{16} + 0.7853X_{17} + 1.2086X_{18} + 1.4588X_{19} + 1.1769X_{20} + 1.0644X_{21} + 1.2174X_{22} + 1.2555X_{23} + 1.2342X_{24} + 1.0461X_{25} + 1.2418X_{26} + 1.1347X_{27} \geq V$

Bir diğer kısıt olarak aşağıda gösterildiği gibi, oyunun olasılık değerleri toplamının 1'e eşit olması gerekir.

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} = 1$

Oyunun sonunda en az oyunun değeri kadar getiri elde edeceği için yatırımcının oyunun değerini maksimize etmesiyle oyunun değerini 1/V yaparak minimize etmesi aynı sonuca ulaşmasını sağlayacaktır. Bu nedenle, aşağıdaki gösterimden de anlaşıldığı gibi, eşitsizliğin her iki tarafının oyunun değerine (V) bölünmesi gerekir. (Keskin, 2018, s.147)

$1{,}0957Y_1 + 1{,}1086Y_2 + 1{,}1171Y_3 + 1{,}0284Y_4 + 1{,}0659Y_5 + 1{,}0684Y_6 + 1{,}0609Y_7 + 1{,}1088Y_8 + 1{,}0750Y_9 + 1{,}0742Y_{10} + 1{,}2198Y_{11} + 1{,}2003Y_{12} + 1{,}0641Y_{13} + 1{,}0418Y_{14} + 1{,}0619Y_{15} + 1{,}1483Y_{16} + 0{,}7262Y_{17} + 1{,}0727Y_{18} + 1{,}0796Y_{19} + 1{,}0290Y_{20} + 1{,}0924Y_{21} + 1{,}2579Y_{22} + 1{,}0595Y_{23} + 1{,}0840Y_{24} + 1{,}0662Y_{25} + 1{,}0488Y_{26} + 1{,}0580Y_{27} \geq 1$

$1{,}1272Y_1 + 1{,}0519Y_2 + 1{,}1122Y_3 + 1{,}0010Y_4 + 1{,}0532Y_5 + 1{,}0940Y_6 + 1{,}2438Y_7 + 1{,}0344Y_8 + 1{,}0567Y_9 + 1{,}0643Y_{10} + 1{,}0980Y_{11} + 1{,}1514Y_{12} + 1{,}0127Y_{13} + 1{,}0168Y_{14} + 1{,}1969Y_{15} + 1{,}3413Y_{16} + 1{,}0678Y_{17} + 1{,}1265Y_{18} + 1{,}0105Y_{19} + 1{,}1336Y_{20} + 1{,}1067Y_{21} + 1{,}2496Y_{22} + 1{,}0164Y_{23} + 1{,}0313Y_{24} + 1{,}0009Y_{25} + 1{,}0592Y_{26} + 1{,}2528Y_{27} \geq 1$

$1{,}0228Y_1 + 0{,}950595Y_2 + 0{,}9798Y_3 + 1{,}0898Y_4 + 1{,}0206Y_5 + 1{,}0194Y_6 + 0{,}9112Y_7 + 1{,}0291Y_8 + 1{,}0449Y_9 + 1{,}0080Y_{10} + 1{,}0193Y_{11} + 0{,}9109Y_{12} + 1{,}0820Y_{13} + 1{,}0319Y_{14} + 1{,}0259Y_{15} + 1{,}1113Y_{16} + 0{,}9973Y_{17} + 0{,}9196Y_{18} + 1{,}1563Y_{19} + 0{,}8134Y_{20} + 1{,}0398Y_{21} + 0{,}9865Y_{22} + 1{,}0574Y_{23} + 1{,}0103Y_{24} + 1{,}0385Y_{25} + 0{,}9977Y_{26} + 1{,}0248Y_{27} \geq 1$

$1{,}0538Y_1 + 1{,}1448Y_2 + 1{,}0968Y_3 + 1{,}0737Y_4 + 1{,}0763Y_5 + 1{,}0862Y_6 + 1{,}0163Y_7 + 1{,}0509Y_8 + 1{,}1470Y_9 + 1{,}1068Y_{10} + 1{,}1202Y_{11} + 1{,}0485Y_{12} + 1{,}1064Y_{13} + 1{,}2330Y_{14} + 1{,}1445Y_{15} + 1{,}0391Y_{16} + 1{,}1491Y_{17} + 1{,}0738Y_{18} + 1{,}0883Y_{19} + 1{,}1204Y_{20} + 1{,}0866Y_{21} + 1{,}0750Y_{22} + 1{,}0633Y_{23} + 1{,}1316Y_{24} + 0{,}9802Y_{25} + 1{,}1088Y_{26} + 1{,}0895Y_{27} \geq 1$

$1.1722Y_1 + 1.2578Y_2 + 1.1472Y_3 + 1.1769Y_4 + 1.1625Y_5 + 1.2007Y_6 + 1.0832Y_7 + 1.1814Y_8 + 1.1969Y_9 + 1.08Y_{10} + 1.1021Y_{11} + 1.2140Y_{12} + 1.2367Y_{13} + 1.5364Y_{14} + 1.2134Y_{15} + 1.2883Y_{16} + 0.7853Y_{17} + 1.2086Y_{18} + 1.4588Y_{19} + 1.1769Y_{20} + 1.0644Y_{21} + 1.2174Y_{22} + 1.2555Y_{23} + 1.2342Y_{24} + 1.0461Y_{25} + 1.2418Y_{26} + 1.1347Y_{27} \geq 1$

Denklemin her iki tarafı 1'e eşitlendikten sonra Lindo 18.0 doğrusal programlama yazılımı kullanılarak oyunun stratejik vektörleri elde edilmiştir. Bu çerçevede 2017-2021 dönemine ilişkin olarak elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Oyunun Stratejik Vektörleri (2017-2021)

Ay / Şirket	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
AKSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALKİM	0	0	0,79	0	0	0	0	0	0	0,58	0	0
AEFES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,30	0
ARCLK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,21	0
AYGAZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRISA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEMTS	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,20	0	0	0
CIMSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14	0	0	0
CCOLA	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0,87
DEVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EGEEN	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0	0
ERBOS	0	0,13	0	0	0,13	0,19	0,24	0	0	0,17	0	0
FROTO	0	0	0	0	0	0,40	0	0	0	0	0	0
HEKTS	0,18	0,68	0,21	0	0	0	0	0	0,27	0	0	0
KRDMD	0	0	0	0	0,27	0	0,18	0	0	0	0	0
KARSN	0,26	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KARTN	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0	0	0
KORDS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTKAR	0,44	0	0	0	0	0	0	0,24	0	0	0,49	0
PARSN	0	0	0	0	0,60	0	0	0	0	0	0	0
PETKM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SASA	0	0	0	0,43	0	0	0	0,17	0	0	0	0,13
TOASO	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,13	0	0
TMSN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUPRS	0	0	0	0	0	0,41	0	0,24	0,24	0	0	0
TTRAK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VESTL	0	0	0	0,57	0	0	0	0	0	0	0	0
OYUN DEĞ.	***1,1067***	***1,0797***	***0,9729***	***1,0271***	***1,0367***	***1,0499***	***1,0721***	***1,0378***	***1,0522***	***1,0426***	***1,0607***	***1,0525***

Oyunun stratejik vektörleri bulunduktan sonra portföyün 2017-2021 yılına ait aylık getiri ve riskleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4: İki Kişilik Sıfır Toplamlı Oyun Yöntemine Göre Optimal Portföylerin Getiri ve Risk Dağılımı (2017-2021)

Getiri Dağılımı

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,10746	0,07807	0,27894	0,28428	0,12134	0,07197	0,10633	0,04939	0,17871	0,06435	0,06226	-0,01948
2018	0,10817	0,08121	0,17239	0,24224	0,05348	0,06926	0,17939	0,02833	0,20518	0,06407	0,06290	0,05745
2019	0,10578	0,10976	0,20318	0,23680	0,05002	0,06665	0,10104	0,04342	0,20647	0,05124	0,06070	0,09926
2020	0,10539	0,08223	0,11902	0,31893	0,14313	0,11195	0,14362	0,04618	0,21690	0,13333	0,15351	0,11100
2021	1,38563	1,14750	1,13172	1,02747	0,74494	1,04993	1,07101	1,04805	1,05311	1,04118	1,12375	1,07899

Risk Dağılımı

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,0020	0,0020	0,0032	0,0020	0,0027	0,0007	0,0063	0,0049	0,0032	0,0046	0,0017	0,0027
2018	0,0060	0,0064	0,0041	0,0063	0,0348	0,0033	0,0069	0,0035	0,0045	0,0062	0,0035	0,0042
2019	0,0033	0,0049	0,0060	0,0040	0,0058	0,0013	0,0080	0,0017	0,0058	0,0048	0,0027	0,0051
2020	0,0136	0,0116	0,0158	0,0162	0,0159	0,0099	0,0181	0,0110	0,0150	0,0188	0,0122	0,0081
2021	0,0207	0,0610	0,0202	0,0146	0,0064	0,0049	0,0056	0,0061	0,0166	0,0057	0,0116	0,0044

Uygulamanın birinci kısmının son aşamasında ise, çalışmanın amacına uygum olarak, Treynor ve Sharpe, M^2 ölçütlerine göre, her iki modele göre oluşturulmuş optimal portföylerin performansları ölçülmüş ve performansı sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: İki Kişilik Sıfır Toplamlı Oyun Modeline Göre Performans Sonuçları (2017-2021)

Treynor Performans Değerleri

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,5519	0,3434	1,750	1,416	0,6791	0,1749	0,3070	0,1560	0,165	0,082	0,2313	-0,349
2018	0,0791	0,0470	0,165	-0,016	-0,097	0,0055	0,0383	-0,0063	0,010	-0,01	0,0251	0,0186
2019	0,0912	0,0969	0,231	-0,015	-0,213	0,0105	0,0421	-0,0375	0,015	0,002	0,0270	0,0819
2020	0,5833	0,3939	0,664	0,738	0,5526	0,5758	0,7141	-0,1847	0,136	0,516	0,9769	0,6292
2021	0,6700	0,1974	0,166	-0,041	-0,602	0,0038	0,0456	0,0001	0,010	-0,01	0,1503	0,0615

Sharpe Performans Değerleri

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	1,3942	0,9611	3,439	2,5224	1,0083	0,3860	1,0228	0,3513	0,350	0,243	0,5245	-0,536
2018	0,7410	0,6655	1,865	-0,241	-0,718	0,0798	0,3667	-0,0704	0,108	-0,06	0,2427	0,111
2019	0,9352	1,1161	1,359	-0,213	-1,585	0,1337	0,6162	-0,3482	0,191	0,023	0,2584	0,988
2020	1,4402	0,6456	0,926	1,1292	0,625	1,2430	0,9850	-0,2726	0,284	0,725	0,6138	1,074
2021	2,5447	0,8948	0,927	-0,289	-1,427	0,0255	0,2822	0,0005	0,067	-0,08	1,2210	0,303

M^2 Performans Değerleri

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,0307	0,0304	0,032	0,0315	0,0304	0,0299	0,0304	0,0299	0,029	0,029	0,0301	0,0293
2018	0,0428	0,0427	0,044	0,0415	0,0408	0,0419	0,0423	0,0417	0,042	0,041	0,0422	0,0420
2019	0,0442	0,0447	0,045	0,0412	0,0376	0,0421	0,0434	0,0408	0,042	0,041	0,0424	0,0443
2020	0,0442	0,0386	0,040	0,0420	0,0385	0,0429	0,0410	0,0321	0,036	0,039	0,0384	0,0417
2021	0,0605	0,0524	0,046	0,0466	0,0410	0,0481	0,0494	0,0480	0,048	0,047	0,0540	0,0495

Çalışmanın ikinci aşamasında, oyuna bağlı kalınmadan Markowitz (1952)'in ortalama-varyans modeli de ele alınmış ve buna göre optimal portföyler oluşturulmuştur. Bilindiği gibi, Ortalama-varyans modeli, yatırımcılara elde etmek istedikleri getiri düzeyinde en düşük risk veya talep ettikleri risk düzeyinde en yüksek getiriyi sunmaktadır (Bilir & Kanlıdere, 2019, s.2531).

Portföy riskinin belirlenmesinde temel bileşenler, portföyün beklenen (ya da ortalama) getirisi ile varyansıdır. Portföyün beklenen getirisi, pay senetlerinin beklenen getirilerinin ağırlıklı ortalamasıdır. Aşağıdaki eşitlikten de anlaşılacağı gibi, bu durum, portföyün beklenen getirisinin, portföydeki her bir pay senedinin bir başka deyişle portföydeki her bir risk faktörünün portföy içindeki payı ile orantılı olacağı anlamına gelmektedir:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^{N} w_i E(r_i)$$

ya da

$$E(r_p) = w_1 E(r_1) + w_2 E(r_2) + w_3 E(r_3) + \cdots + w_N E(r_N)$$

Markowitz(1952)'e göre bir portföyün varyansı ise, aşağıdaki eşitliklerden de anlaşılacağı gibi, portföydeki her bir pay senedinin ağırlıklı varyansları ile ikili kovaryanslarının toplamından oluşmaktadır:

$$\sigma_{r_p}^2 = \left[\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} w_i w_j \sigma_{r_i r_j} \right]$$

$$\sigma_{r_p}^2 = \sum_{i=1}^{N} w_i^2 \sigma_{r_i}^2 + \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} w_i w_j \sigma_{r_i r_j} = \sum_{i=1}^{N} w_i^2 \sigma_{r_i}^2 + 2 \sum_{i=1}^{N} \sum_{j<1}^{N} w_i w_j \sigma_{r_i r_j}$$

Dolayısıyla, bu ifadeye göre, portföydeki pay senedinin varyansının toplam portföy varyansına katkısı, her bir pay senedinin ağırlığı ile getirileri arasındaki ilişkinin bir fonksiyonudur (Kapucu, 2011, s.14-15).

Bu bilgiler çerçevesinde, açığa satışa izin verilmediği varsayımı altında Microsoft Excel V.16 yazılımının çözücü işlevinden yararlanarak hedef getiriye karşılık minimum riski veren optimal ağırlıklar belirlenmiştir. Tablo 6'da ortalama – varyans modeline göre elde edilen optimal portföy ağırlıkları görülmektedir.

Tablo 6: Ortalama – Varyans Modeline Göre Optimal Portföy Ağırlıkları (2017-2021)

Ay / Şirket	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
AKSA	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
ALKİM	0	0,07	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,23	0,02
AEFES	0	0,09	0,61	0	0,35	0	0	0	0	0	0,43	0
ARCLK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0
AYGAZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRISA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEMTS	0	0	0	0,10	0	0	0,59	0	0,11	0	0	0
CIMSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16	0	0	0
CCOLA	0	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0	0,73
DEVA	0	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EGEEN	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ERBOS	0	0	0	0,13	0	0,19	0,32	0	0	0,10	0	0
FROTO	0	0,13	0	0	0,11	0,03	0	0	0	0,01	0	0
HEKTS	0	0,56	0,31	0	0	0	0	0	0,18	0,18	0	0
KRDMD	0	0	0	0,23	0,12	0	0	0	0,07	0	0	0
KARSN	0,26	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0,19	0	0
KARTN	0,34	0	0	0	0	0,05	0	0,18	0	0	0	0
KORDS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTKAR	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27	0
PARSN	0	0	0	0	0,42	0	0	0	0,03	0,22	0	0
PETKM	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SASA	0	0	0	0	0	0,17	0	0,25	0	0	0	0,25
TOASO	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14	0,20	0	0
TMSN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUPRS	0	0	0	0	0	0,56	0	0,46	0,31	0,1	0	0
TTRAK	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0
VESTL	0	0	0	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0

Aşağıdaki Tablo 7'de ise yukarıdaki optimal ağırlıklara göre hesaplanmış optimal portföylerin beklenen getiri ve riskleri yer almaktadır.

Tablo 7: Ortalama-Varyans Modeline Göre Optimal Portföylerin Getiri ve Risk Dağılımı (2017-2021)

Getiri Dağılımı

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,1103	0,0649	0,0837	0,0656	0,0731	0,0622	0,0590	0,0676	0,0500	0,0304	0,0672	0,0402
2018	0,1267	0,0682	0,0203	0,0114	0,0031	0,0391	0,1409	0,0466	0,0500	0,0450	0,0443	0,0390
2019	0,0741	0,0925	0,0122	0,0196	0,0220	0,0328	0,0704	0,0363	0,0500	0,0234	0,0828	0,1070
2020	0,1007	0,0797	-0,0548	0,0397	0,0668	0,0738	0,1423	0,0323	0,0500	0,0613	0,0762	0,1130
2021	0,1421	0,0922	0,0640	-0,0682	0,0351	0,0022	0,0874	0,0172	0,0500	0,0400	0,1030	0,1208

Risk Dağılımı

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,0011	0,0009	0,0018	0,0014	0,0011	0,0019	0,0051	0,0019	0,0011	0,0006	0,0015	0,0037
2018	0,0051	0,0037	0,0019	0,0077	0,0120	0,0022	0,0061	0,0029	0,0021	0,0057	0,0024	0,0041
2019	0,0033	0,0034	0,0040	0,0069	0,0035	0,0016	0,0055	0,0018	0,0023	0,0028	0,0022	0,0043
2020	0,0267	0,0085	0,0114	0,0141	0,0113	0,0124	0,0182	0,0144	0,0104	0,0114	0,0070	0,0079
2021	0,0073	0,0478	0,0236	0,0052	0,0062	0,0041	0,0057	0,0063	0,0104	0,0123	0,0087	0,0052

Çalışmanın son aşamasında ise, Treynor ve Sharpe, M^2 performans ölçütlerine göre, her iki modele göre oluşturulmuş optimal portföylerin performansları ölçülmüştür. Performans sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: Ortalana – Varyans Modeline Göre Performans Sonuçları (2017-2021)

Treynor Performans Değerleri

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,1103	0,0649	0,0837	0,0656	0,0731	0,0622	0,0590	0,0676	0,0500	0,0304	0,0672	0,0402
2018	0,1267	0,0682	0,0203	0,0114	0,0031	0,0391	0,1409	0,0466	0,0500	0,0450	0,0443	0,0390
2019	0,0741	0,0925	0,0122	0,0196	0,0220	0,0328	0,0704	0,0363	0,0500	0,0234	0,0828	0,1070
2020	0,1007	0,0797	-0,0548	0,0397	0,0668	0,0738	0,1423	0,0323	0,0500	0,0613	0,0762	0,1130
2021	0,1421	0,0922	0,0640	-0,0682	0,0351	0,0022	0,0874	0,0172	0,0500	0,0400	0,1030	0,1208

Sharpe Performans Değerleri

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	1,4453	0,6989	0,7533	0,4543	0,4574	0,5099	0,6934	0,6060	0,3069	0,0148	0,6044	0,1148
2018	0,9485	0,4449	-0,289	-0,592	-0,340	-0,0465	1,1315	0,0644	0,1045	0,0313	0,0287	-0,019
2019	0,4723	0,8321	-0,247	-0,437	-0,210	-0,1617	0,5986	-0,0718	0,1556	-0,344	0,5591	1,1222
2020	1,3464	0,6118	-1,014	0,0705	0,3026	0,7013	1,2206	-0,0217	0,2715	0,3122	0,2167	1,1016
2021	0,7091	0,3974	0,1768	-1,635	-0,061	-0,6111	0,4834	-0,4706	0,0260	-0,098	0,8860	0,7116

M^2 Performans Değerleri

Ay / Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2017	0,0307	0,0302	0,0302	0,0299	0,0300	0,0300	0,0302	0,0301	0,0299	0,0297	0,0301	0,0298
2018	0,0431	0,0424	0,0414	0,0411	0,0414	0,0418	0,0434	0,0419	0,0420	0,0419	0,0419	0,0418
2019	0,0430	0,0439	0,0411	0,0406	0,0412	0,0413	0,0433	0,0416	0,0422	0,0409	0,0432	0,0447
2020	0,0436	0,0384	0,0269	0,0346	0,0362	0,0390	0,0427	0,0339	0,0360	0,0363	0,0356	0,0419
2021	0,0515	0,0499	0,0489	0,0400	0,0477	0,0450	0,0504	0,0457	0,0481	0,0475	0,0524	0,0515

Bulgular

Çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, iki kişilik sıfır toplamlı oyun kuramı modeline göre, yatırımcının 2017-2021 dönemi boyunca ay bazında optimal portföy bileşimleri şu şekilde olmalıdır:

Ocak aylarında EGEEN, HEKTS, KARSN ve OTKAR pay senetlerine, Şubat aylarında ise ERBOS, HEKTS ve KARSN pay senetlerine yatırım yapılmalıdır. Mart aylarında ALKİM ve HEKTS pay senetlerine yatırım yapılması gerekirken, Nisan ayında SASA ve VESTL'e yatırım yapılması gerekir. Mayıs ve Haziran aylarında ise önceki dört ayın aksine HEKTS de dahil diğer pay senetleri portföy dışına çıkarılırken, bu senetler yerine mayıs aylarında ERBOS, KRDMD ve PARSN, Haziran aylarında ise ERBOS, FROTO ve TUPRS pay senetleri dahil edilmiştir. Temmuz aylarında ise CEMTS, CCOLA, ERBOS ve KRDMD pay senetlerine yatırım yapılmalıdır. Ağustos aylarında KARTN, OTKAR, SASA ve TUPRS pay senetlerine, Eylül aylarında ise HEKTS tekrar portföye dahil olurken seçilen diğer pay senetleri ise CEMTS, CİMSA, TOASO ve TUPRS' dir. Ekim aylarında yatırımın ALKİM, EGEEN, ERBOS ve TOASO pay senetlerine yatırılması durumunda portföyün getirisi oyunun değeri kadar olacaktır. Son olarak Kasım ve Aralık aylarına bakıldığında ise, diğer aylardan farklı olarak, Kasım aylarında AEFES, ARCLK ve OTKAR'a, Aralık aylarında ise CCOLA ve SASA'ya yatırım yapılması gerektiği saptanmıştır.

Oyunun amacı ile koşut olarak, Markowitz(1952)'in ortalama-varyans modelinden elde edilen bulgulara göre optimal portföy bileşimleri ise şu şekildedir:

Ocak aylarında sırasıyla OTKAR, KARSN, KARTN ve EGEEN, Şubat aylarında ALKİM, AEFES, FROTO, HEKTS, KARSN, PETKİM, Mart aylarında AKSA, ALKİM, HEKTS ve DEVA, Nisan aylarında AKSA, CEMTS, ERBOS, KRDMD ve VESTL, Mayıs aylarında AEFES, FROTO, PARSN ve KRDMD, Haziran aylarında ERBOS, FROTO, SASA, TUPRS ve KARTN, Temmuz aylarında CEMTS, CCOLA ve ERBOS, Ağustos aylarında KARTN, SASA, TTRAK ve TUPRS, eylül aylarında CEMTS, CİMSA, KRDMD, PARSN, HEKTS, TOASO ve TUPRS, Ekim aylarında ERBOS, FROTO, HEKTS, KARSN, TOASO, TUPRS ve PARSN, Kasım aylarında ALKİM, AEFES, ARCLK ve OTKAR, Aralık aylarında ise ALKİM, CCOLA ve SASA' ya ait pay senetlerinden oluşan portföylere yatırım yapılması durumunda yatırımcının faydası maksimum olacaktır.

Sharpe, M^2 ve Treynor ölçütlerine göre optimal portföylerin performansları değerlendirildiğinde ise, Treynor ölçütüne göre 2017 yılında en iyi performansı iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar modeli göstermiş olup sadece Aralık ayında en iyi performansı ortalama-varyans modelinin gösterdiği saptanmıştır. 2018 yılında ise Şubat, Mart, Nisan, Haziran ve Kasım ayı haricinde en iyi performansı ortalama-varyans modeli göstermiştir. 2019 yılına bakıldığında iki modelin eşit bir performansa sahip olduğu saptanmaktadır. 2020-2021 döneminin Treynor ölçütüne göre performanslarına bakıldığında, iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar modelinin ortalama-varyans modeline göre daha iyi bir performans gösterdiği saptanmıştır. Çalışmada kullanılan Treynor ve M^2 ölçütleri her iki modelde de benzer sonuçlar verirken, Sharpe performans ölçütünün sonuçları ise diğer iki ölçüte göre farklı sonuçlar göstermiştir. Sharpe ölçütüne göre 2017 yılının en iyi performansını Ocak, Haziran, Ağustos, Kasım ve Aralık aylarında oyun kuramı gösterirken; Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında ise ortalama-varyans modeli göstermiştir. 2018 yılında iki model arasındaki en iyi performans oyun kuramına ait iken, Ocak, Mayıs, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında ise en iyi performans ortalama – varyans modeline aittir. 2019-2020 döneminin Sharpe performans ölçütüne göre performansları incelendiğinde, iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar modeli ile ortalama-varyans modelinin benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. İki dönemde de en iyi performansı genel olarak sıfır toplamlı oyun modeli vermesine rağmen, bazı aylarda ortalama-varyans modeli daha iyi performans sergilemiştir. Bunlar; 2019 yılında Mayıs, Ağustos, Kasım ve Aralık ayları, 2020 yılında ise Temmuz, Ağustos ve Aralık aylarıdır. Son olarak 2021 yılında ise ortalama- varyans modeli sadece Mayıs, Temmuz ve Aralık ayında iyi bir performans sergilemiş olup, geriye kalan diğer aylarda ise sıfır toplamlı oyun modeline göre daha düşük bir performans sergilediği saptanmıştır.

Sonuç

Portföye katılacak yatırım araçları belirlenirken doğal olarak hem getirisine hem de risk düzeyine göre seçim yapılmalıdır. Getirisi yüksek bir portföyün aynı zamanda riski de yüksek olacağı için sepete konulacak yatırım araçlarının dikkatli bir şekilde seçilmesi oldukça önemlidir. Bu durumda herbir yatırımcının farklı risk beklentilerine göre farklı portföyler oluşturulabilir. Portföy optimizasyonu üzerine birden fazla yöntem olmasına rağmen Markowitz'in ortalama-varyans modelinin yatırımcının elde etmek istediği getiri düzeyinde en düşük risk veya talep ettiği risk düzeyinde en yüksek getiriyi sunduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada, iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar ve Markowitz'in ortalama-varyans modeli kullanılarak, 01/01/2017-31/12/2021 yılı arasında BİST 100 endeksinde işlem görmüş imalat işletmelerinin optimal portföylerinin seçimi yapılarak performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre iki kişilik sıfır toplamlı oyun modeli ve ortalama-varyans modeli arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Uygulanan iki model arasında farklı portföy çeşitlendirmeleri

olmasına rağmen aynı dönem içerisinde işlem gören benzer pay senetlerinin de optimal portföylere dahil edildiği görülmüştür.

Çalışmada ayrıca, iki kişilik sıfır toplamlı oyun ve ortalama-varyans modeli Sharpe, Treynor ve M^2 performans ölçütlerine göre karşılaştırıldığında, genel olarak iki kişilik sıfır toplamlı oyun modelinin daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bazı aylarda ise ortalama-varyans modelinin iki kişilik sıfır toplamlı oyun modeline göre daha iyi performans gösterdiği de saptanmıştır. Ayrıca, istisnai olarak 2017 döneminde Markowitz'in ortalama-varyans modelinin en yüksek Sharpe oranına sahip olduğu da görülmüştür.

Literatürde Markowitz (1952)'in ortalama-varyans modelinden türetilmiş pek çok portföy seçim modeli de bulunmaktadır. Benzer şekilde, oyun kuramı çerçevesinde bir taraf kazanırken diğer tarafın kaybettiği strateji olan iki kişilik sıfır toplamlı oyun stratejisi dışında kısmi kazanç/kayıp ilkesine göre oluşturulan stratejiler de mevcuttur. Ancak, anlaşılacağı gibi, bu çalışma, en iyi sonuç ilkesine göre ele alınmıştır.

Bu çalışmada Markowitz'in ortalama-varyans modeli, Neumann'ın sıfır toplamlı iki kişilik oyun modeli ve iki modeli değerlendirmek için M^2, Sharpe ve Treynor gibi birden fazla performans ölçütü kullanılmıştır. Ancak finans literatürüne bakıldığı zaman çalışmada uygulanan iki model üzerine ayrı ayrı birden fazla uygulamanın bulunmasına rağmen birlikte uygulandıkları çalışmalar sınırlı sayıdadır. Dolayısıyla, bu çalışma ile literatüre bu yönde katkı sağlanmaya ve sonraki çalışmalara ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Sonsöz olarak, elde edilen bulgular ışığında bu çalışmada ister bireysel ister kurumsal olsun pay senedi portföyü yatırımcıları ve fon yöneticileri portföy seçimi yaparken hangi pay senetlerine ne zaman, hangi oranda yatırım yapmaları gerektiğine ilişkin yanıt aranmaktadır. Ayrıca, yatırımcılar iki modeli karşılaştırarak yatırımlarına ilişkin performans değerlendirmesi de yapabilirler. Oyun kuramının portföy seçimine uyarlandığı sınırlı sayıda çalışmada genellikle sıfır toplamlı oyunlar ele alınmış olmakla birlikte, oyun kuramında sıfır toplamlı oyunlar dışında mahkumlar ikilemi (çıkmazı) gibi sıfır toplamlı olmayan farklı oyunlar da bulunmaktadır. Ancak sıfır toplamlı olmayan oyunların çözümlenmesi sıfır toplamlı oyunlara göre daha zor olduğundan dolayı çalışma örnekleminin spesifik bir şekilde seçilmesi uygulanabilirliği daha kolay hale getirebilir. Portföy optimizasyonu sorununa çok fazla uygulanmamış olmakla birlikte, ana stratejiyi belirleme temeline dayandığı için mahkumlar ikilemi problemi, örneğin şirket birleşmeleri üzerinde karar kriteri olarak uygulanabilir. Bunun yanında, piyasa getirisi temelli yapılan bu çalışma, piyasa getirisi yerine kârpayı getirisi üzerinden güncellenerek en yüksek ve en düşük kâr payı getirisi sağlayan pay senetlerinin saptanmasına yönelik olarak da kurgulanabilir.

Kaynakça

Acar, E. (2019). Oyun teorisi ile bireysel yatırım kararı: minimax yaklaşımı ile portföy optimizasyonu. *International Social Sciences Studies Journal, 5*(34), 2286-2297.

Arrow, K. (2003). *Introductory remarks on the of game theory. Games And Economic Behavior, 45*(1), 15-18. https://doi.org/10.1016/S0899-8256(03)00114-3

Başar, G.P. & Kuvat, Ö. (2020), Optimum portföy oluşturma: BIST Kurumsal Yönetim Endeksi (XKURY) üzerine bir uygulama. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 7*(1), 161-180. https://doi.org/10.17541/optimum.555198

Berilo, A. A., Zaimović, A. & Šikalo, M. (2017). Efficiency of the minmax portfolio on the european capital market - Can we beat the market?. *Journal of Business Economics and Finance*, 6(2), 78- 87. https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2017.497

Bilir H. & Kanlıdere O. (2019). Borsa İstanbul üzerine bir uygulama: Optimal portföy seçimi. *Journal of Social And Humanities Sciences Research, 6*(42), 2530-2542. http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.1359

Bozdağ, N. & Duman, S. (2004). İki kişilik sıfır toplamlı oyunlar ile İMKB'de sektörel bir değerlendirme. *Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6*(2), 43-61.

Demirci, M., Şahinkul, V. & Eren, T. (2017). Oyun teorisi yaklaşımı ile portföy yönetimi optimizasyonu pay yatırım uygulaması. *Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi, 4*(1), 21-37.

Demirtaş, Ö. & Güngör, Z. (2004). Portföy yönetimi ve portföy seçimine yönelik uygulama. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1*(4), 103-109.

Ding, Y. (2006). Portfolio selection under maximum minimum criterion. *Quality & Quantity, 40*(3), 457- 468.

İpek, A. (2019). *Oyun teorisine dayalı Markowitz portföy optimizasyonu: BIST 30 üzerine bir uygulama* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kapucu, H. (2011), *İMKB uygulamalarıyla portföy modelleme*. (1. baskı), IJOPEC Yayınları.

Karan, M. Baha (2018). *Yatırım analizi ve portföy yönetimi.* (5. baskı), Gazi Kitabevi.

Keskin, H. İ. (2018). *Oyun kuramı & ekonomik uygulamaları*. (1. baskı), Karahan Kitabevi.

Korkmaz, T, & Ceylan, A. (2015). *Sermaye piyasası ve menkul değer analizi*. (7. baskı), Ekin Kitabevi.

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance, 7*(1), 77-91.

Markowitz, H. (1991). Foundations of portfolio theory. *The Journal of Finance, 46*(2), 469-477. https://doi.org/10.2307/2328831

Nash, J. (1950). Equilibrium points in n-person games. *Proceedings of The National Academy of Sciences, 36*(1), 48-49.

Nash, J. (1951). Non-cooperative games. *Annals of Mathematics, 54*(2), 286-295.

Nash, J. (1953). Two-person cooperative games. *Econometrica, 21*(1), 128-140.

Neumann, V.J. & O. Morgenstern (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press

Özçalık, S.G., Cengiz, S. & Baş, A,. (2016). Bir finansal yatırım aracının oyun teorimi ile seçimi. *Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 19*(36), 331-345. https://doi.org/10.31795/baunsobed.662285

Rubinstein, M. (2002). Markowitz's "Portfolio Selection": A fifty-year retrospective. *The Journal of Finance, 57*(3), 1041-1045. https://doi.org/10.1111/1540-6261.00453

Schwalbe, U. & Walker, P. (2001). Zermelo and the early history of game theory. *Games And Economic Behaviour, 34*(1), 123-137.

Sharpe, W.F. (1963). A simplified model for portfolio analysis. *Management Science, 9*(2), 277-293.

Sharpe, W.F. (1994). The Sharpe Ratio. *The Journal of Portfolio Management, 21*(1), 49-58. https://doi.org/10.3905/jpm.1994.409501

Tataei, P., Roudposhti, F. R., Nikoumaram, H. & Hafezolkotob, A. (2018). Outperforming the market portfolio using coalitional game theory approach. *Dama International Journal of Researchers, 3*(5), 145-155.

Tüfekçi, Ö. K. & Avşarlıgil, N. (2016). Optimal portföy kuramı ve oyun teorisi yaklaşımı: BIST'te bir inceleme. J*ournal of Strategic Research in Social Science, 2*(4), 41-64.

Urun, K., Taş, O. & Uğurlu, U. (2020). Portföy optimizasyonunda veri setlerinin ve optimizasyon seçeneklerinin karşılaştırılması: BIST-30 Endeksi üzerine bir uygulama. *Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1*(38), 139-165. https://doi.org/10.17065/huniibf.498863

Yavuz, M. & Eren, T. (2016). Finansal araçların oyun teorisi ile analiz edilmesi. *Bartın Üniversitesi, İİBF Dergisi, 7*(13), 122-139.

Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)

1. Araştırmacıların katkı oranı beyanı / Contribution rate statement of researchers:

    1. Yazar/First author %50,

    2. Yazar/Second author %50.

2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the authors).