International
SOCIAL SCIENCES STUDIES JOURNAL
SSSjournal (ISSN:2587-1587)

Economics and Administration, Tourism and Tourism Management, History, Culture, Religion, Psychology, Sociology, Fine Arts, Engineering, Architecture, Language, Literature, Educational Sciences, Pedagogy & Other Disciplines in Social Sciences

Vol:5, Issue:34	pp.2286-2297	2019
sssjournal.com	ISSN:2587-1587	sssjournal.info@gmail.com

Article Arrival Date (Makale Geliş Tarihi) 21/03/2019 | The Published Rel. Date (Makale Yayın Kabul Tarihi) 10/05/2019
Published Date (Makale Yayın Tarihi) 10.05.2019

OYUN TEORİSİ İLE BİREYSEL YATIRIM KARARI: MİNİMAX YAKLAŞIMIYLA PORTFÖY OPTİMİZASYONU

DECISION OF INDIVIDUAL INVESTMENT WITH GAME THEORY: PORTFOLIO OPTIMIZATION WITH MINIMAX APPROACH

Dr. Öğretim Üyesi Elif Acar
Bozok Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, elif.acar@bozok.edu.tr, Yozgat/TÜRKİYE

Article Type : Research Article/ Araştırma Makalesi
Doi Number : http://dx.doi.org/10.26449/sssj.1466
Reference : Acar, E. (2019). "Oyun Teorisi İle Bireysel Yatırım Kararı: Minimax Yaklaşımıyla Portföy Optimizasyonu", International Social Sciences Studies Journal, 5(34):2286-2297.

ÖZ

Bireysel yatırımcıların tasarruflarını değerlendirmek için günümüzde kullandığı pek çok finansal yatırım aracı bulunmaktadır. Bunlardan önde gelenleri, borsa, Dolar, Euro, altın, mevduat hesapları ve son yıllarda popülerliği artan sanal para Bitcoindir. Gelecek belirsizliklerle doludur ve yatırım alternatiflerinden hangisine ne oranda yatırım yapılması gerektiği önemli bir sorundur. Alternatifler arasından en iyisinin seçilmesi işlemi geçmiş verilere ve istatistiğe dayalı yapılırsa belirsizliklerle mücadele edilebilir. Bu yatırım sorunu, Oyun Teorisi, Portföy teorileri ve Minimax Portföy teorisi çerçevesinde araştırılmıştır. Çalışmada alternatif yatırım araçlarının her yıldaki verileri 4 ayrı yatırım dönemine ayrılmıştır ve 2012-2018 yıllarındaki geçmiş verileri ele alınarak getirileri hesaplanmıştır. Her bir dönem için oyun teorisi yaklaşımıyla bir kişilik, doğaya karşı oynanan, 0 toplamlı oyun modellenmiştir. Doğrusal programlama modeli kullanılarak optimal portföyler Excel çözücü yardımıyla oluşturulmuştur. Portföylerdeki varlıkların ağırlıkları kullanılarak beklenen getirileri hesaplanmıştır. Markowitz Ortalama Varyans modeline göre varlıkların kovaryansları dikkate alınarak, portföylerin riski hesaplanmıştır. Elde edilen portföylerin göreli performansları Sharpe oranı ve Değişim Katsayısı ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak oluşturulan modelin yatırım kararı ve portföy seçimi problemleri için alternatif bir model olarak yararlı ve verimli bir yaklaşım sağlayabileceği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Oyun Teorisi, Portföy, Optimizasyon, Minimax,

ABSTRACT

There are many financial investment instruments that individual investors use to assess their savings at the present time. The leading ones are stock market, Dollar, Euro, Gold, deposit accounts and Bitcoins virtual currency increasing in popularity in recent years. The future is full of uncertainties and it is an important problem that which investment alternatives should be made investment and in which rate. Uncertainties can be tackled if the selection of the best of alternatives is based on historical data and statistics. This investment problem has been researched in the frame of game theory, portfolio theories and Minimax portfolio theory. In the study, the data of the alternative investment instruments were divided into 4 separate investment periods and the historical data between the years of 2012-2018 were analyzed and their returns were calculated. For each period, zero sum game which is played against nature and for one person was modeled with game theory approach. The optimal portfolios using the linear programming model were created with the help of the Excel solver. The expected returns are calculated using the weights of the assets in the portfolios. According to the Markowitz Average Variance model, the risk of the portfolios is calculated by considering the covariances of the assets. The relative performances of the obtained portfolios were evaluated by using the Sharpe ratio and the coefficient of variation criterions. As a result, it is stated that the model created can provide a useful and efficient approach as an alternative model for investment decision and portfolio selection problems.

Keywords: Game Theory, Portfolio, Optimization, Minimax,

1. GİRİŞ

Bireysel yatırımcıların tasarruflarını değerlendirmek için günümüzde pek çok finansal yatırım aracı bulunmaktadır. Bunlardan önde gelenleri, borsa hisse senetleri, döviz, altın, mevduat hesapları ve son yıllarda değişen dünya düzeni gereği sanal kripto paralar olmaktadır. Kripto paralar içinde en çok yatırım alan sanal para ise 2009 yılında bulunan Bitcoin'dir. Yatırımcılar tek bir yatırım alternatifine yatırım yapabilecekleri gibi riski azalmak ve daha fazla getiri elde etmek için tasarruflarını farklı yatırım araçlarına değişen oranlarda yatırarak çeşitlendirilmiş bir portföy de oluşturabilirler. Bireysel yatırımcıların tüm bu alternatif yatırım seçenekleri arasından hangisine ne oranda yatırım yapması gerektiği, dolayısıyla doğru portföyün seçimi önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

William Sharpe (1971), portföy analizi problemlerinin doğrusal programlama tekniklerini uygulamak için uygun olsaydı, uygulamanın başarısının önemli ölçüde artacağını belirtmiştir. Doğrusal programlama, literatürdeki yatırım karar modellerinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Modeller, optimizasyon problemine nasıl yaklaştıkları ve riski nasıl ölçtükleri açısından farklıdır. Bazı modeller, bir risk ölçüsü olarak minimum varyansı/ riski kabul ederken, diğer bazıları yarı varyans, beta katsayısı, değişim katsayısı veya maksimum kaybı kullanmaktadır (Özkan, 2015; 62).

Karar verme, alternatif seçenekler arasından en iyi olanın seçilmesi olarak tanımlanabilir. Karar vermek zorunda olduğumuz yatırım problemleri gelecek zaman bilgisi gerektirir ve sadece geçmiş veriler kesin bilgi sağlar. Gelecek belirsizliklerle doludur. Alternatifler arasından en iyinin seçimi işlemi geçmiş verilere ve istatistiğe dayalı yapılırsa belirsizliklerle mücadele edilebilir. Belirsizlik altında karar verme yöntemlerinden biri de Oyun Teorisidir. Oyun teorisinin özünü oluşturan Minimax Teoremi, 1928 yılında John Von Neumann tarafından tanıtılmıştır. Oyun teorisi, karar verme sürecinde matematiksel olarak stratejileri formüle etmede kullanılır. Oyun teorisinde, oyunlar risk ve belirsizlik altında oynandığı için, bu bakış açısından, finansal piyasalar ve oyunlar tüm yönleriyle benzerdir. Piyasa, Doğa'yı temsil etmektedir (Friedman, 1997). Bu çerçevede piyasa ve yatırımcı rakip olarak tanımlanabilmektedir ve portföy optimizasyonu problemi, iki kişilik sıfır toplamlı oyunlar olarak oluşturulabilir. Oyunda, bir oyuncunun kaybı diğerinin kazancına eşittir ve dolayısıyla oyunun toplamı sıfırdır. Oyun teorisinde Arı strateji yatırımcının tek bir seçeneği seçmesi durumudur, karma strateji ise farklı stratejileri farklı frekanslarla seçmesini ifade eder. Bu bağlamda, portföy teorisindeki portföy ağırlıkları, oyun teorisindeki strateji frekansıyla bulunabilir. Oyuncuların her biri rasyonel davranır ve kendi başına en iyi stratejiyi seçmektedir. Portföy optimizasyonu problemleri, en az risk ve en fazla getiri elde edebilmek için belli kısıtlar altında yapılan işlemler bütünüdür. Oyun teorisinde belirli bir getiri düzeyinde minimum riski sağlayacak şekilde yatırım seçenekleri oluşturulmaktadır. Karma stratejili oyunlar beklenen minimum kazancı maksimum kılmaya çalışan doğrusal programlamayla çözümlenebilmektedir (Shubik, 1989).

Çalışmada 6 farklı yatırım aracının dönemlik getirileri üzerinden doğaya karşı oynanan tek kişilik sıfır toplamlı bir oyun modeli kurulmuştur. Amaç, doğa oyuncusu açısından dönemler itibariye oluşturulacak portföylerin beklenen maksimum kaybının minumum edilmesini (Minimax kriteri) sağlamaktır. Piyasa asgari zararı ve yatırımcıyı bir rakip olarak tutmaya çalışmaktadır. Diğer bir ifadeyle, amaç yatırımcı açısından kötümser bir bakış açısıyla minumum kazancının maksimum olmasını (Maximin kriteri) sağlamaktır. Yatırımcı minimum riskle en kötü sonuçlar içerisinden en iyi alternatifi seçmektedir. Tüm bu nedenlerle kurulacak model oldukça muhafazakâr bir yaklaşım sergilemektedir.

Çalışmada, öncelikle oyun teorisinin tarihi gelişimine değinilecektir daha sonra portföy modelleri ve Minimax Portföy teorileri kuramsal çerçeve kapsamında incelenecektir. Çalışmadaki analizi üç aşamaya ayırabiliriz. İlk aşamada, her dönem için minimax ve maximin yaklaşımına dayanarak portföydeki varlıkların ağırlıkları doğrusal programlama modeli kurularak elde edilecektir. İkinci aşamada, portföy geri dönüşü, analiz dönemi boyunca yatırım aracının ortalama getirisine ve yatırım araçlarının portföy içerisindeki ağırlıklarına göre hesaplanacaktır. Bunu takiben, portföy riski seçilen yatırım araçları arasındaki kovaryansların bulunması ile hesaplanacaktır.

Üçüncü aşamada, elde edilen portföylerin göreli performansları Sharpe oranı ve Değişkenlik katsayısı kullanılarak değerlendirilecektir. Analiz sonucunda portföylerin performansı endeks değerleri ile karşılaştırılacaktır. Her dönem için sonuçlar yorumlanacak ve riske karşıt yatırımcılar için önerilerde bulunulacaktır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Oyun Teorisinin Tarihi Gelişimi

Oyun teorisi alanındaki tarihi çalışmalar 17. Yüzyıla kadar gitmektedir. Literatürde Emile Borel, 1921 yılında Oyun teorisini ilk çalışan matematikçi olmuştur (Öztürk, 2005:691). Borel, iki kişilik oyunlar için minimax yöntemini kullanarak karma stratejilerin matematiksel formülasyonunu göstermiştir. Ayrıca Borel, bir oyuncuya ait beklenen kazançları ya da kayıpları matrisle ifade etmiştir (Evyapan, 2009;8). Hidrojen bombası ve ilk bilgisayarın mucitlerinden sayılan dahi bir matematikçi olan J. Von Neumann, Stratejik oyunları bulmuştur ve minimum-maksimum teoremini ispatlamıştır. Bununla ilgili ilk çalışmasını 1928 yılında yayınlamıştır (Öztürk, 2005:691). Von Neumann, rakip stratejilerinin tahmin edilmesinin gerektiği poker, briç, satranç gibi oyunlarda oyuncuların davranışlarını modellemek ve dolayısıyla oyuncuların akılcı strateji seçimleri yapmaları üzerine çalışmalar yapmıştır. Neumann ve ekonomist Oskar Morgenstern, "Oyun Teorisi ve Ekonomik Davranış" adlı eseri yazmışlardır. Bu eserle Oyun teorisi 1944 yılında ilk defa ekonomi alanına tanıtılmış ve oyun teorisi bugünkü halini almıştır. Bu kitapta iki rakip oyunculu, sıfır toplamlı oyunlar ve işbirlikçi oyunlar incelenmiştir (Evyapan, 2009;6).

1950'li yıllarla birlikte çalışmalar artık iki oyunculu olmayan ve sıfır toplamlı olmayan oyunlar üzerinde yoğunlaşmaya başlamıştır. John F. Nash, Neumann'ın teorilerine dayanarak 1950–1953 yılları arasında yayınladığı dört makalesi ile modern oyun teorisini geliştirmiştir. Nash bu makalelerinde, N kişilik oyunlarda, rekabetçi ve işbirlikçi oyunların ikisinde de kullanılabilecek bir denge kavramını ortaya çıkararak oyun teorisini yeniden inşa etmiştir (Neumann, 1967:37). Kendisine Nobel ödülü getirecek çalışmalarıyla oyun teorisi sıfır toplamlı oyunlardan sıfır toplamlı olmayan oyunlara doğru gelişmiştir. Nash 1951 yılında, örneğin mahkûmlar açmazı gibi oyunlarda bir oyunun birden fazla denge noktasına sahip olabileceğini öne sürmüştür (Myerson, 1999: 1074).

1960'lardan sonra oyun teorisinin matematik yönü tamamlanmış ve uygulama alanları hukuktan politikaya, işletmeden, uluslararası ilişkilere kadar giderek çoğalmıştır. Askeri ve siyasi alanda ABD teoriyi desteklemiştir. Teorinin ekonomi alanındaki cazip uygulama fırsatları ilgi çekmiştir.

1980'lerden sonra Oyun Teorisi, daha karmaşık durumların analizinde kullanılmaya devam etmiştir. Oyun Teorisiyle yapılan çalışmalar beş adet Nobel ödülü almıştır (Evyapan, 2009;10).

2.2. Portföy Teorileri

Yatırımcıların hangi yatırım aracına ne kadar oranda, ağırlıkta yatırım yapılması gerektiği portföy teorilerinin merkezini oluşturmaktadır ve pek çok model önerilmektedir. Bunlar çeşitlendirmeyi esas alan geleneksel ve matematiksel temele ağırlık veren modern teoriler olarak ikiye ayrılmaktadır. Geleneksel portföy teorileri, nitel bilgilere önem vermektedir ve portföyün farklı endüstri dallarından oluşan yatırım araçlarına yatırım yapılarak oluşturulması gerektiğini belirtmektedir, risk sayısal olarak ölçülmez ve portföyün başarısı ortalama getiri ile ölçülür. Modern portföy teorisinde ise, portföy içerisinde bulunan varlıkların birbirleriyle olan ilişkileri incelenerek riskin azaltılması esas alınır.

Modern portföy teorisi, ilk defa "Portfolio Selection-Portföy Seçimi" adlı eseriyle Harry Markowitz (1952) tarafından ortaya atılmıştır. Markowitz çalışmasında portföyün beklenen getirisinin ve riskinin nasıl ölçülebileceğini ikinci dereceden bir programlama önererek modern portföy teorisinin temellerini atmıştır. Markowitz, oluşturduğu bu sistematik model sayesinde beklenen getiriden vazgeçmeden riskin azaltılabileceğini ve riski sabit tutarak beklenen getiriyi ençoklanabileceğini göstermiştir. Model, Ortalama Varyans Modeline dayanmaktadır ve risk, varyans olarak tanımlanmaktadır (Yörük, 2000). Markovitz, portföyde hangi varlığın bulunması gerektiğini açıklarken rasgele bir çeşitlendirme ile riskten kaçınılamayacağına değinmiştir. Portföydeki varlıklar arasında aynı yönlü yüksek ilişki varsa varlık çeşitlendirmesinin riski azaltmayacağını belirtmiştir (Özçam, 1997:14).

Markowitz'in ortalama varyans modelinin temel varsayımına göre; portföydeki varlıkların birbirleriyle ilişkileri incelenir, bir varlığın değeri artarken diğer varlığın da değeri artıyorsa aralarında aynı yönlü ilişki vardır ve kovaryansları büyük ve pozitiftir, portföyde bu iki varlık bir arada bulunursa kayıp da kazanç da artacak dolayısıyla risk de artacaktır. Eğer birbirleriyle ters yönlü ilişki içinde olan varlıklar portföyde bulunursa risk azalacaktır. Bu mantıkla, belirli bir getiri oranında en az riskle portföy oluşturulabilir veya sabit bir risk seviyesi için beklenen getiri ençoklanabilir. Yatırımcılar belirli bir risk seviyesinde daha çok getiri sağlayan portföyü ve belirli getiri düzeyinde daha az risk taşıyan portföyü tercih ederler. Yatırımcının daha yüksek risk alması durumunda, beklenen getiri daha yüksek olmalıdır.

Markowitz'in Ortalama-Varyans Modelinde, modelde portföydeki bir varlığın ağırlığının ve varyansının kareleri alındığından, karesel (kuadratik) programlama ile portföy optimizasyonu kullanılmaktadır. Büyük boyutlu portföylerde varlık sayısı arttıkça kovaryansların tahmini zorlaştığından hesaplama karmaşıklığı problemi ortaya çıkmaktadır ve yaygın olarak kullanılmamaktadır. Optimal çözümlerin yorumlanması da ileri uzmanlık gerektirdiğinden zorluklarla karşılaşılmaktadır.

1960'lı yıllardan itibaren Sharpe (1967) ve Stone (1973) gibi birçok araştırmacı, Markowitz'in Ortalama-Varyans Modelinin dezavantajlarını elimine etmek amacıyla çeşitli modeller geliştirmişlerdir. Portföy seçim modellerine farklı bir alternatif olarak Ortalama Mutlak Sapma (MAD) modeli, Konno ve Yamazaki tarafından önerilmiştir (Kalfa, 2010:6). MAD Modeli, Ortalama-Varyans Modelinde amaç fonksiyonu olarak varyans değeri minimize edilirken, MAD modelinde ortalama mutlak sapma minimize edilir. Bu sayede karesel programlama biçimindeki portföy seçim problemi, doğrusal programa problemine dönüştürülmüş olur (Kalfa, 2010:7). Hesaplama karmaşası probleminin üstesinden gelmek için William Sharpe (1963), Tek Endeks Modeli geliştirmiştir. Sharpe (1963), finansal yatırım araçları ile piyasa arasında doğrusal bir ilişki olduğunu, bu ilişkinin basit regresyon modeli ile ifade edileceğini belirtmiştir (Korkmaz & Ceylan, 2000:527).

2.3. Minimax Portföy Modeli

Markowitz'in Modeline alternatif olarak önerilen modellerden bir diğeri, Young M.'nin (1998) yılında önerdiği Minimax portföy seçim modelidir. Bu modelde, portföy seçimi geçmiş getiri verileri ile yapılmakta ve optimal portföy basit bir doğrusal programlama probleminin çözümü olarak elde edilmektedir. Modelin varsayımları oyun teorisine dayanmaktadır. Prensip, minimum getirinin maksimize edilmesi ya da maksimum kaybın minimize edilmesi düşüncesine dayanmaktadır (Özkan, 2015: 62). Bu modelin amaç fonksiyonu doğrusal bir denklem olarak ifade edilmektedir. Bu sayede ortalama–varyans dikkate alınarak oluşturulan karesel programlama modelinin hesaplama karmaşıklığını önlemede alternatif olmaktadır. Minimax modeline göre oluşturulan optimum portföy; tüm gözlenen süreçte kabul edilebilir minimum ortalama getiri koşulu altında, tüm geçmiş periyoda göre maksimum kaybı minimum yapmaktadır (İskenderoğlu & Karadeniz, 2011:240).

Bozdağ, Altan ve Duman (2010), Markowitz"in ortalama varyans modeli ile Young"un minimax modelini kullanarak portföyler oluşturarak karşılaştırma yapmıştır. Young'ın (1998) Doğrusal programlama çözümlü minimax portföy modeli ile karesel programlama tabanlı ortalama-varyans modelinin benzer sonuçlar vermediği anlaşılmıştır (Akçayır vd. 2014:336).

Son dönemde Oyun teorisi ile portföy optimizsasyonu modelleyen ulusal çalışmalar öne çıkmaktadır. Bu çalışmaların bazıları: Tüfekçi ve Avşarlıgil (2016), Bist'te işlem gören ilk 4 bankanın 1999-2014 yılları arasındaki aylık getirileri ile oyun modellemiştir ve banka pay senetleri arasından en uygun portföyleri oluşturmuşlardır. Yavuz ve Eren (2016), altın, Dolar, Euro ve Borsa olarak 4 yatırım aracının 2019-2014 yılları arasındaki getirilerini kullanarak portföy optimizasyonunu oyun teorisiyle gerçekleşirmişlerdir. Demirci ve ark. (2017) Bist 100 de işlem gören 8 yatırım şirketinin pay senetlerinin 2009-2015 yıllarındaki getirileri ile portföy optimizasyonu modelinde oyun teorisini kullanmışlardır.

3. YÖNTEM

Çalışmanın amacı, Bist100 Endeks, gram altın, Euro (TL), Dolar (TL), mevduat faizi oranı ve Bitcoin olmak üzere 6 farklı finansal yatırım aracından uygun portföyler oluşturmak ve oluşturulan portföylerin göreceli performansını değerlendirmek ve diğer portföylere üstün portföyü belirlemektir.

Çalışmanın ilk aşamasında doğrusal programlama modeli kurulacaktır ve portföyde yer alacak varlıkları ağırlıkları hesaplanacaktır. Doğrusal modelin kurulumu analiz aşamasında örneklerle açıklanmaktadır. Portföydeki varlıkların ağırlıkları bulunduktan sonra portföyün getirisi ve riski, sharpe indeksi ve değişim katsayısı gibi portföylerin karakteristik özellikleri hesaplanacaktır.

3.1. Portföy Getiri ve Riskinin Hesaplanması

Bir portföyün beklenen getirisi; portföyde bulunan yatırım araçlarının beklenen getirileri ile portföy içindeki ağırlıklarının çarpımının toplanmasıyla hesaplanmaktadır. Yatırım aracının portföy içindeki ağırlığı, o portföyden aldığı oran olarak ifade edilmektedir (Markowitz, 1952:77 - 91). Geçmiş verilere dayalı portföy getirisi için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$R_P = \sum_{i=1}^{m} w_i R_i$$

Burada;

R_P = Portföyün ortalama getirisi

w_i = Portföydeki i'inci varlığın ağırlığı

R_i = i'inci varlığın ortalama getirisi

Markowitz-Ortalama Varyans Modeli: Markowitz tarafından geliştirilen standart karesel programlama şeklindeki ortalama varyans modeline göre portföyün riski aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{m} w_i^2\, \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{m} w_i\, w_k Cov_{ik}$$

σ_p^2= portföyün varyansı=riski

w_i^2= portföydeki i'inci varlığın ağırlığının karesi

σ_i^2= portföydeki i'inci varlığın varyansı

Cov_{ij} = i'inci varlığın k'inci varlıkla birlikte kovaryansı

3.2. Sharpe Ölçütü ve Değişkenlik Katsayısı

Portföy performansını ölçmenin en temel yöntemi her varlığın riske karşı ne kadar getiri elde edilebildiğini ölçmektir. Ortalama getiri ve varyans temeline dayanan riske göre ayarlanmış performans ölçümleri, finansal varlıkları fiyatlama modeli ile eş zamanlı olarak ortaya atılmıştır. Bu konuda öncülüğü yapan araştırmacılar Sharpe, Treynor ve Jensen'dir. Riske göre düzenlenmiş bir performans ölçümü geliştirmek için risk ile getiri arasında ilişkinin ve riskin doğası ile ilgili varsayımların yapılması gerekir (Usta, 2005). Eğer portföyün içerdiği risk karşısındaki getirisi yüksekse, diğer bir ifadeyle getiri ile risk arasında oransal olarak yüksek bir ilişki varsa ilgili yatırım aracının yüksek performanslı olduğu kabul edilmektedir (Karan,2001).

Sharpe oranı, riske göre düzeltilmiş performans ölçme metotlarından biri olarak tanımlanmaktadır (Teker ve ark., 2008). Portföyün hem getirisini hem de riskini göz önünde bulunduran tek parametreli risk ve getiri ölçütlerinden en çok bilinenidir. Sharpe oranı risksiz orana göre düzeltilmiş getirilerin standart sapmasına bölünmesiyle hesaplanır. Başka bir ifadeyle, risk priminin toplam riske bölünmesidir (Usta,2005). Sharpe'ın performans ölçütü aşağıdaki formülle tanımlanmaktadır.

$$Sharpe\ indeksi = \frac{R_P - R_f}{\sigma_p}$$

R_P= ortalama portföy getirisi

R_f = risksiz faiz oranı

σ_p= portföyün standart sapması

Sharpe oranı arttıkça portföyün başarısının da arttığı kabul edilmektedir. Portföylerin göreli üstünlüklerini kıyaslarken Sharpe Oranı en büyük olana yatırım yapılmaktadır (Gökgöz & Günel, 2012)

Değişim katsayısı, standart sapmanın ortalamaya göre gösterdiği değişimin yüzdesel olarak ifadesidir. Bir birimlik getiri için göze alınan riski ölçmektedir. Birden fazla yatırım aracını kıyaslarken sadece standart sapmaya göre yorumlamak doğru olmamaktadır. Beklenen getiri ve risk düzeyleri arasında tercih gerektiğinde yardımcı olmaktadır.

Değişim katsayısı = σ_p / R_P Sandart sapma/ortalama portföy getirisidir.

4. VERİ VE ANALİZ

6 yatırım aracının 2012-2018 yılları arasındaki verileri derlenmiştir. 1 yıl, 4 çeyrek yıla yani 4 döneme ayrılmıştır. Her bir seçenek ya da stratejinin değerindeki değişimi değerlendirmek için 3 aylık başlangıç fiyatları alınmıştır. Bist100 endeks, Dolar ve Euro kur değerleri investing.com alanından her 3 aylık periyodun ilk gününe denk gelen kapanış verileri kullanılmıştır. Dövizler için satış fiyatları kullanılmıştır ve alış satış farkı göz ardı edilmiştir. Altın verileri http://altın.in alanından derlenmiş olup gram altın için her üç aylık dönemin ilk gün satış fiyatı verileri toplanmıştır. Faiz oranları T.C. Merkez Bankası (TCMB) faiz istatistikleri alanından elde edilmiştir. Faiz seçeneği için bankalarca uygulanan ağırlıklı ortalama 3 aylık mevduat faizi yıllık oranları kullanılmıştır. Veriler Excel yazılımı ile işlenmiştir. Bitcoin seçeneği için 2012'den 2017 yılının 3. çeyreğine kadar BTC/TL değerleri varolmadığı için BTC/USD Değerleri TL Cinsine çevrilmiştir. Devam eden yıllarda BTC/TL değerleri kullanılmıştır.

Tablo1. Yatırım seçeneklerinin dönemlik değerleri

Tarih	Bist100	USD	EUR	Altın	Faiz (%)	Bitcoin
2011-Q4	53.806,64	1,8282	2,4601	104,0000	10,67	8,59
2012-Q1	60.725,88	1,7531	2,3344	101,0000	10,38	8,59
2012-Q2	55.568,37	1,8574	2,3091	95,0000	10,88	9,84
2012-Q3	67.208,22	1,8185	2,2897	99,1000	9,21	18,19
2012-Q4	74.298,91	1,7869	2,3320	101,5000	8,13	22,51
2013-Q1	79.867,54	1,7974	2,3405	94,0000	7,14	62,01
2013-Q2	76.983,66	1,8828	2,4620	84,4850	6,7	243,45
2013-Q3	68.545,38	2,0213	2,6665	92,2550	8,86	259,33
2013-Q4	74.951,23	2,0389	2,7611	82,0260	8,73	1.947,15
2014-Q1	61.189,15	2,2321	3,0658	94,1110	11,3	1.268,28
2014-Q2	78.648,83	2,1083	2,8666	84,2050	10,14	1.363,02
2014-Q3	80.824,72	2,1607	2,8365	89,3940	9,18	1.049,67
2014-Q4	86.147,32	2,2149	2,7620	83,1190	9,87	836,35
2015-Q1	83.946,92	2,5169	2,8150	97,6510	9,95	660,43
2015-Q2	80.429,08	2,6829	2,9318	101,6610	10,47	595,60
2015-Q3	73.569,66	2,9302	3,3154	106,1520	11,32	668,67
2015-Q4	76.785,45	2,8907	3,0732	99,5380	11,77	1.048,46
2016-Q1	75.955,43	2,9361	3,1906	118,1220	12,09	1.276,62
2016-Q2	77.034,93	2,9419	3,2917	115,2240	11,16	1.579,21
2016-Q3	75.852,80	2,9612	3,3157	124,4530	10,9	1.695,88
2016-Q4	72.519,85	3,5037	3,7357	130,3660	10,57	2.646,69
2017-Q1	89.320,25	3,6543	3,8544	146,3830	11,26	4.505,02
2017-Q2	97.365,79	3,5246	3,9522	143,9410	13,09	8.147,47
2017-Q3	108.872,99	3,4284	4,0658	146,6880	13,03	16.650,00
2017-Q4	103.558,98	3,9131	4,6531	160,6110	13,59	45.144,00
2018-Q1	117.632,07	3,8056	4,6685	161,0640	13,63	40.900,00
2018-Q2	99.171,21	4,6508	5,4231	188,9560	16,19	34.600,00
2018-Q3	93.915,55	6,5835	7,6399	252,6500	23,24	44.375,00
2018-Q4	94.974,45	5,1940	5,8956	204,8120	23,58	21.700,00
2019-Q1	103.266,58	5,3742	6,1139	225,3790	20,99	20.610,00

Oyun teorisinde Maximin (kötümserlik) yaklaşımına göre doğrusal programlama yöntemiyle yatırım araçlarının portföydeki tahsisi gerçekleştirilmiştir. Yatırımcının stratejileri, aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

1 no.lu strateji; BİST100 endeks; t. dönemde BİST100 endeks vadeli işlem,

2 no.lu strateji; Dolar; t. dönemde Dolar alımı,

3 no.lu strateji; Euro; t. dönemde Euro alımı.

4 no.lu strateji; Altın; t. dönemde gram altın alımı,

5 no.lu strateji; Mevduat Faizi; t. dönemde mevduata yatırım,

6 no.lu strateji; Bitcoin; t. dönemde Bitcoin alımı,

Yatırımcı, strateji seçimleri neticesinde her bir finansal aracın getirisi oranında gelir elde etmiştir. Yatırımcının strateji seçimi sonucu elde edilen gelir fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

Y = f {BİST100, Dolar, Euro, Altın, Faiz, Bitcoin}

Yatırımcı, kötümser bir bakış açısı ile rakibi olan doğa oyuncusunun kendisi için en kötü stratejiyi seçeceğini düşünmektedir. Yatırımcı olası en düşük getiriyi sağlayan stratejiler arasından, en yüksek getiriyi sağlayacak stratejiyi belirlemeye çalışmaktadır. Yatırım alternatiflerinin getirileri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$a_t = \frac{R_t - R_{t-1}}{R_{t-1}} + 1$$

a_t= Stratejinin 3 aylık getirisi

R_t= Stratejinin başlangıç değeri (üç aylık)

R_{t-1}= stratejinin bir önceki dönem başlangıç değeri (3 aylık)

Faiz seçeneği için yıllık oranlar üzerinden 3 aylık faiz getirileri hesaplanmıştır faizin 0,15 stopaj vergisi düşüldükten sonra +1 eklenerek seçeneğin getirileri hesaplanmıştır.

Tablo 2. Yatırım seçeneklerinin getirileri

Tarih	Bist100	USD	EUR	Altın	Faiz	BTC
2012-Q1	1,13	0,96	0,95	0,97	1,02	1,00
2012-Q2	0,92	1,06	0,99	0,94	1,02	1,15
2012-Q3	1,21	0,98	0,99	1,04	1,02	1,85
2012-Q4	1,11	0,98	1,02	1,02	1,02	1,24
2013-Q1	1,07	1,01	1,00	0,93	1,02	2,75
2013-Q2	0,96	1,05	1,05	0,90	1,02	3,93
2013-Q3	0,89	1,07	1,08	1,09	1,01	1,07
2013-Q4	1,09	1,01	1,04	0,89	1,02	7,51
2014-Q1	0,82	1,09	1,11	1,15	1,02	0,65
2014-Q2	1,29	0,94	0,94	0,89	1,02	1,07
2014-Q3	1,03	1,02	0,99	1,06	1,02	0,77
2014-Q4	1,07	1,03	0,97	0,93	1,02	0,80
2015-Q1	0,97	1,14	1,02	1,17	1,02	0,79
2015-Q2	0,96	1,07	1,04	1,04	1,02	0,90
2015-Q3	0,91	1,09	1,13	1,04	1,02	1,12
2015-Q4	1,04	0,99	0,93	0,94	1,02	1,57
2016-Q1	0,99	1,02	1,04	1,19	1,03	1,22
2016-Q2	1,01	1,00	1,03	0,98	1,03	1,24
2016-Q3	0,98	1,01	1,01	1,08	1,02	1,07
2016-Q4	0,96	1,18	1,13	1,05	1,02	1,56
2017-Q1	1,23	1,04	1,03	1,12	1,02	1,70
2017-Q2	1,09	0,96	1,03	0,98	1,02	1,81
2017-Q3	1,12	0,97	1,03	1,02	1,03	2,04
2017-Q4	0,95	1,14	1,14	1,09	1,03	2,71
2018-Q1	1,14	0,97	1,00	1,00	1,03	0,91
2018-Q2	0,84	1,22	1,16	1,17	1,03	0,85
2018-Q3	0,95	1,42	1,41	1,34	1,03	1,28
2018-Q4	1,01	0,79	0,77	0,81	1,05	0,49
2019-Q1	1,09	1,03	1,04	1,10	1,05	0,95

4.1. Kazanç Matrisinin Oluşturulması

Tek oyunculu ve doğaya karşı oynanan oyunda kazanç matrisi m sayıda strateji (satır) ve n sayıda doğa durumu (sütun) olarak oluşturulur. i=1,2,…m strateji sayısı, j=1,2,…n doğa durumu sayısıdır.

$$[K] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a1_{n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Getiri matrisi, yatırım stratejilerinin getirilerine göre üretilir. Yıllar matris sütunlarında (piyasa stratejileri) görüntülenir ve getiriler satırlar üzerindedir (yatırımcı stratejileri). Matristeki her hücre bir getiri değerini temsil eder. Seçenekler portföyde 3 aylık bir süre için tutulabilir.

Yatırımcının 6 adet stratejisi vardır. Amaç, her yılın belirli bir dönemi için hangi stratejiye portföyün ne kadarının ayrılacağını bulmaktır. Örnek olarak 1. Dönem için 6 stratejinin 2012-2018 yıllarına ait 7 yıllık verileri ile aşağıdaki kazanç matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3: Dönem 1 için kazanç matrisi

Doğa durumu		**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**	**D6**	**D7**	
Stratejiler		**2012-Q1**	**2013-Q1**	**2014-Q1**	**2015-Q1**	**2016-Q1**	**2017-Q1**	**2018-Q1**	**Satır min**
S1	Bist100	1,13	1,07	0,82	0,97	0,99	1,23	1,14	0,82
S2	USD	0,96	1,01	1,09	1,14	1,02	1,04	0,97	0,96
S3	EUR	0,95	1,00	1,11	1,02	1,04	1,03	1,00	0,95
S4	Altın	0,97	0,93	1,15	1,17	1,19	1,12	1,00	0,93
S5	Faiz	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,02	1,03	1,02
S6	BTC	1,00	2,75	0,65	0,79	1,22	1,70	0,91	0,65
	Sütun max	1,13	2,75	1,15	1,17	1,22	1,70	1,14	

Yatırımcının herhangi bir stratejiyi seçmesi durumunda karşılaşacağı kazanç ve kayıpları göstermektedir. 1 den büyük değerler kazancı, 1'den küçük değerler de kayıpları göstermektedir. Matrisler 4 dönem için ayrı ayrı oluşturulacaktır.

4.2. Doğrusal Programlama Modeli

Yatırımcı hangi stratejiyi seçeceğini bilmemektedir. İki kişilik oyunlarda Minimax ve maximin kriterlerine göre seçim yapıldığında eşitlik varsa tek bir stratejinin seçilmesi mümkündür. Fakat bu kriterler eşit çıkmazsa oyun karma stratejili oyun demektir. Dönem 1 için yatırımcının Maximin kriterine göre her stratejinin en düşük değerleri içinden en yüksek olanını (1,02) yani faiz stratejisini seçmesi gerekmektedir, doğa oyuncusunun ise Minimax kriterine göre sütun maksimumlarından; en düşüğünü (1,13), D1 durumunu 2012 yılını seçtiği varsayılır. Seçilen stratejilerin değerleri birbirine eşit olmadığından karma strateji belirlemek gerekmektedir. Doğanın bir durumu seçmesi mantık olarak akla uygun gelmese de oyun teorisi varsayımlarının sağlanması bakımından bu kriterlerin hesaplanması gerekmektedir. Teoriye göre yatırımcının kazancı "v" 1,02 ile 1,13 arasında değişecektir. Karma stratejili oyunlarda tek bir stratejiyi seçmek yerine stratejiler belirli frekanslarla seçilirler. Strateji frekansları portföy teorisindeki portföydeki varlıkların ağırlıklarını (w) bulmak için kullanılır.

Yatırımcı açısından portföyüne hangi varlığa (stratejiye) yüzde kaçlık bir ağırlık ayıracağını doğrusal programlama yöntemine dönüştürerek bulabiliriz. Oyun teorisine göre yatırımcının kazancı "v" nin, maksimin yaklaşımına göre bulunan değerden örneğin dönem 1 için 1,02'den az olmaması garanti edilmektedir. Hangi doğa durumu gerçekleşirse gerçekleşsin yatırımcının beklenen kazancı "v" ye eşit ya da büyük olmalıdır. Beklenen kazanç ise stratejinin portföydeki ağırlığı ile getirisinin çarpımıdır. $\sum_{i=1}^{m} w_i a_{ij}$ j=1,2,3,4,5,6,7

Amaç Fonksiyonu

Maksimum Z= V

Kısıtlayıcı Denklemler;

$w_1 a_{11} + w_2 a_{21} + \cdots \ldots + w_m a_{m1} \geq v$

$w_1a_{12} + w_2a_{22} + \cdots \ldots + w_ma_{m2} \geq v$

………………………………………

$w_1a_{1n} + w_2a_{2n} + \cdots \ldots + w_ma_{mn} \geq v$

$w_1 + w_2 + \cdots \ldots + w_m = 1$

$w_i \geq 0 \; i = 1,2, \ldots . m$

$w_1a_{11} + w_2a_{21} + \cdots \ldots + w_ma_{m1} \geq v$ Denklemi doğa durumu 1 gerçekleşirse yatırımcının kazancının en az v kadar olmasını garanti eder. Yatırımcının beklenen kazancı ağırlıklar ile stratejilerin getirilerin çarpımının toplamlarından oluşur. Doğa durumu 1 gerçekleşirse j=1 için beklenen kazanç $\sum_{i=1}^{m} w_ia_{i1}$ olarak hesaplanır.

Kısıtlayıcı denklemlerinin hepsini v değerine bölersek ve ortaya çıkan $\frac{w_i}{v}$ değerleri yerine x_i koyarsak kısıtlayıcı denklemler aşağıdaki gibi ifade edilir.

$x_1a_{11} + x_2a_{21} + \cdots \ldots + x_ma_{m1} \geq 1$

$x_1a_{12} + x_2a_{22} + \cdots \ldots + x_ma_{m2} \geq 1$

………………………………………

$x_1a_{1n} + x_2a_{2n} + \cdots \ldots + x_ma_{mn} \geq 1$

$x_1 + x_2 + \cdots \ldots + x_m = 1/v$

$x_i \geq 0 \quad i = 1,2,3, \ldots m$

Görüldüğü gibi 1/v değeri toplam $(x_1 + x_2 + \cdots \ldots + x_m)$ değerine eşit olmaktadır. Maksimum v minumum 1/v'ye eşit olacağından, modelin bu kısıtlayıcısı amaç fonksiyonunu ifade etmede kullanılabilir. Minimum Z = 1/V= $x_1 + x_2 + \cdots \ldots + x_m$ olacaktır.

Yatırımcı için karma strateji vektörü; $x_i = [x_1, x_{2,} \ldots\ldots x_m]$ dir.

Problemimiz için i= 6 adet strateji/seçenek ve j= 7 adet doğa durumuna göre doğrusal programlama modeli;

Karar Değişkenleri;

X_1 = " Toplam içinde Borsa seçeneği ağırlığının kazanca oranı"

X_2 = " Toplam içinde Dolar seçeneği ağırlığının kazanca oranı"

X_3 = " Toplam içinde Euro seçeneği ağırlığının kazanca oranı"

X_4 = " Toplam içinde Altın seçeneği ağırlığının kazanca oranı"

X_5 = " Toplam içinde Faiz seçeneği ağırlığının kazanca oranı"

X_6 = " Toplam içinde Bitcoin seçeneği ağırlığının kazanca oranı"

Amaç Fonksiyonu;

Minumum Z = 1/V = $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6$

Kısıtlar;

Örnek olarak Tablo3'teki Dönem 1 verileri için kısıtlayıcı denklemler;

$1{,}13x_1 + 0{,}96x_2 + 0{,}95x_3 + 0{,}97x_4 + 1{,}02x_5 + 1{,}00x_6 \geq 1$ (2012 yılı Dönem 1 için)

$1{,}07x_1 + 1{,}01x_2 + 1{,}00x_3 + 0{,}93x_4 + 1.02x_5 + 2{,}75x_6 \geq 1$ (2013 yılı Dönem 1 için)

$0{,}82x_1 + 1{,}09x_2 + 1{,}11x_3 + 1{,}15x_4 + 1{,}02x_5 + 0{,}65x_6 \geq 1$ (2014 yılı Dönem 1 için)

$0{,}97x_1 + 1{,}14x_2 + 1{,}02x_3 + 1{,}17x_4 + 1.02x_5 + 0{,}79x_6 \geq 1$ (2015 yılı Dönem 1 için)

$0{,}99x_1 + 1{,}02x_2 + 1{,}04x_3 + 1{,}19x_4 + 1.03x_5 + 1{,}22x_6 \geq 1$ (2016 yılı Dönem 1 için)

$1{,}23x_1 + 1{,}04x_2 + 1{,}03x_3 + 1{,}12x_4 + 1.02x_5 + 1{,}70x_6 \geq 1$ (2017 yılı Dönem 1 için)

$1{,}14x_1 + 0{,}97x_2 + 1{,}00x_3 + 1{,}00x_4 + 1.03x_5 + 0{,}91x_6 \geq 1$ (2018 yılı Dönem 1 için)

$x_{1,2,3,4,5,6} \geq 0$

Problem excel çözücü ile çözümledikten sonra bulunan x_i' ler, $\frac{w_i}{v}$ değerlerine eşitlenerek portföydeki varlıkların ağırlıkları bulunur.

5. BULGULAR

Oluşturulan doğrusal programlama modelinin optimizasyonu Excel çözücü programına dönemlik getirilerin girilmesiyle gerçekleştirilmiştir. 6 değişkenli modelde 8 adet kısıt denklemi kullanılmıştır. 6 adet değişkenin 7 yıllık getirileri, yani toplamda 56 adet getiri verileri ile model çalıştırılmıştır. Her bir dönem için 4 defa program ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Optimizasyon işlemi sonucu dönemlik bazda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 4. Dönemlere göre portföy ağırlıkları

Dönem	Borsa (w_1)	Dolar (w_2)	Euro (w_3)	Altın (w_4)	Faiz (w_5)	Bitcoin (w_6)
Dönem1	0,332124304	0	0	0,641252219	0	0,026623476
Dönem2	0,206181494	0,695572494	0	0	0	0,098246012
Dönem3	0	0	0,04040372	0,92978283	0	0,02981345
Dönem4	0,138096895	0,065240046	0	0	0,79411823	0,002544829

Getiri matrislerinin çözümü ile karma stratejiler elde edilmiştir. 2012-2018 yıllarına ait 1. Dönem sonuçlarına göre, yani yılın ilk 3 ayında; portföyün yaklaşık %33'ü borsa seçeneğine, %64'ü gram altın seçeneğine ve %3'ü Bitcoin seçeneğine yatırım yapılmasının en uygun çözüm olduğu sonucuna varılmıştır.

2012-2018 yıllarına ait 2. Dönem verileri yani yılın 2. çeyreği olan 3 aylık dönemde, portföyün yaklaşık %21'i borsaya, %70'i dolara ve %10'u Bitcoin seçeneğine ayrılmıştır. Her yılın 2. Çeyreği dönemde Dolara ağırlıklı olarak yatırım yapılırsa maksimum kaybın minimum olması sağlanmıştır. Daha önce de ifade edildiği gibi minimax modeli muhafazakâr bir yöntemdir; amaç büyük riskler karşılığında yüksek getiri elde etmek değildir.

3. Dönem verileri incelendiğinde; gram altın seçeneği yaklaşık %93'lük bir ağırlıkla her yılın 3. çeyrek döneminde yatırım yapılması gereken bir finansal araç olarak karşımıza çıkmaktadır. %4 Euro ve %3 Bitcoin seçenekleri oldukça düşük ağırlık almışlardır.

Her yılın son çeyrek döneminde yani 4. Dönemde oluşturulan portföyde mevduat faizi %79, borsa seçeneği %14 ve Dolar seçeneği %6 ağırlık değeri almıştır. Muhafazakâr yatırımcılar yılın son 3 ayında tasarruflarını faiz seçeneğiyle değerlendirebilirler.

Her dönem için oluşturulan portföylerin ağırlıkları hesaplandıktan sonra portföylerin getiri ve risk hesaplamaları yine Excel programında gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki Tablo 5'teki v değerleri optimizasyon sonucu elde edilen yatırımcının kazancını ifade eden değerlerdir. V değerleri kısım 4.2. de belirtildiği üzere 1.02 değerinden yüksek ve 1.13 değerinden düşük çıkmıştır. Riske karşıt bir yatırımcının tercihi olan bu modellemede en az getirinin az fazlası elde edilmektedir. Tabi kayıp söz konusu olmamaktadır. Dikkat edilirse v'nin 1.02 değeri mevduat faizi seçeneği sebebiyle garantilenmiştir. Her dönemin v değerleri incelendiğinde 3. Dönemin kazancının diğer dönemlerden büyük olduğu görülmektedir. 3. Dönemde gram altın alma seçeneği %93 gibi yüksek bir ağırlığa sahipti.

Dönemler itibariyle oluşturulan portföylerin beklenen getirileri incelendiğinde en yüksek getiri en yüksek v değerinin karşılığı olmaktadır. Risk değerlerine bakılırsa hepsinin 0,01 olarak çok çok düşük bir risk taşıdığı söylenebilir. Çünkü minimax modeli riski enazlayan bir yöntemdir. 4. Dönemin risk değerinin 0'a oldukça yaklaşması o dönemde faiz seçeneğine yüksek ağırlık ataması yapıldığı içindir.

Sharpe oranları getiri ile risk arasında yüksek ilişki olmasını ifade etmekteydi, oluşturulan portföylerin sharpe oranları düşük çıkmıştır. Sadece 4. Dönem portföyünün Sharpe oranı diğerlerinden oldukça yüksektir. Çünkü 4. Dönemin riski 0'a çok yakın bir değerdedir.

Bir birimlik getiri için göze alınan risklere yani değişim katsayısı değerlerine bakıldığında, dönem 4 portföyü yine en az değişim katsayısına sahip çıkmıştır çünkü portföyde yüksek oranda yer alan mevduat faizi risksiz bir seçenektir.

Tablo 5. Dönemlere göre oluşturulan portföylerin karakteristik özellikleri

Dönemler	Oyun değeri (v)	Getiri	Risk	Std Sap.	Sharpe	D.K
Dönem1	1,024211711	1,073064528	0,01	0,080747052	12,85575754	0,075249018
Dönem2	1,027591547	1,087765833	0,01	0,10380651	10,1416167	0,095430934
Dönem3	1,050018243	1,103034025	0,01	0,104943487	10,17723019	0,095140752
Dönem4	1,025704772	1,029459547	0,00	0,001989845	496,8673763	0,001943798

6. SONUÇ

Çalışmada 6 farklı yatırım aracının 2012-2018 yıllarındaki geçmiş verileri kullanılarak oyun teorisi yaklaşımıyla dönemlik portföy optimizasyonları yapılmıştır ve portföyde yer alacak varlıkların ağırları hesaplanmıştır. 1. Dönemde %64 gram altına, 2. Dönemde %70 Dolara, 3. Dönemde %93 gram altına ve 4. Dönemde %79 faize yatırım yapılması gerektiği tahminlenmiştir. Gram altın seçeneği iki dönemde de yüksek oranda yatırım yapılması gereken bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda popüler olan Bitcoin seçeneği ise hiçbir dönemde yüksek bir oranda ağırlığa sahip olmamıştır.

Portföylerin karakteristik özellikleri incelendiğinde mantığa ve teorilere uygun sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle belirtilmelidir ki, model bulguları riskten kaçan yatırımcılar için önerilebilir, riski seven ve yüksek getiri arzulan yatırımcıların karar almalarını etkilemeyecektir sadece karar vericilere farklı bir bakış açısı sağlamaktadır.

Yapılan çalışmaya göre Dolar seçeneğine yılın 2. çeyrek döneminde yani Mart ile Haziran ayları arasında yüksek oranda yatırım yapılması önerilmişti, 2019 yılının 2. çeyreğinde dolar kurunun artan bir trendde olduğu bilinmektedir. Bu sonuç da yapılan analizin gelecek tahmininde kullanıldığında sağlıklı sonuçlar verdiğini gözler önüne sermektedir.

Çalışmanın önemli bir diğer sonucu, Minimax yönteminin riski enazlayan Markowitz optimal portföy yöntemine alternatif bir seçenek kullanılabileceğidir. Çünkü oluşturulan portöylerin riski minumuma oldukça yakındır. İlerleyen çalışmalarda iki modelin daha fazla karşılaştırması yapılabilir.

KAYNAKÇA

Akçayır, Ö. Doğan, B. & Demir, Y. (2014). “Elton-Gruber Kısıtlı Markowitz Kuadratik Programlama Modeli ile Portföy Optimizasyonu Bıst-50 Üzerine Bir Uygulama”. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19(3): 333-352 .

Bozdağ, N.; Altan, Ş. & Duman, S. (2010). “Minimax Portföy Modeli İle Markowitz Ortalama Varyans Portföy Modelinin Karşılaştırılması”. https://docplayer.biz.tr/4635773-Minimaks-portfoy-modeli-ile-markowitz-ortalama-varyans-portfoy-modelinin-karsilastirilmasi.html

Demirci, M.; Şahinkul, V. & Eren, T. (2017). “Oyun Teorisi Yaklaşımı İle Portföy Yönetimi Optimizasyonu Hisse Yatırım Uygulaması”. Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi (Bafad), 4 (1):21-37.

Evyapan, B. (2009). “Oyun Teorisi ve İmkb’de Sektörel Bir Uygulama”. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Friedman, J. W. (1997). Game Theory with Applications to Economics, Oxford University Press, USA.

Gökgöz, F. & Günel, M.O.(2012). “Türk Yatırım Fonlarının Portföy Performanslarının Analizi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi”, 3 (2): 1-23.

İskenderoğlu, Ö. & Karadeniz, E. (2011). “Optimum Portföy Seçimi Ve İMKB 30 Üzerine Bir Uygulama”. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 12(2): 235-257.

Kalfa, V.R. (2010). “Portföy Analizi Ve Doğrusal Programlama Metodu İle İmkb’de Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Andan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Karan, M. B. (2001), Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi, Gazi Kitapevi: Ankara.

Konno, H. & Yamazaki H. (1991) "Mean Absolute Deviation Portfolio Optimization Model And Its Applications to Tokyo Stock Market", Management Science, 37(5): 519-531.

Ceylan, A. & Korkmaz, T. (2000). Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi, Ekin Kitabevi, Bursa.

Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection". The Journal of Finance, 7(1).

Myerson, R.B. (1999). "Nash Equilibrium and the History of Economic Theory". Journal of Economic Literature, 35:1067-1082.

Neumann, J.V. & Morgenstern, O. (1967). Theory of Games and Economic Behaviour, John Wiley and Sons. Inc. New York.

Sharpe, W. F. (1971). "A Linear Programming Approximation for the General Portfolio Selection Problem". Journal of Financial Quantitative Analysis, pp.1263-1275.

Sharpe, W.F. (1967). "A Linear Programming Algorithm for Mutual Fund Portfolio Selection". Management Science. 13(7): 499-510.

Sharpe, W.F. (1967) , "A Simplified Model for Portfolio Analysis". Management Science, 9(2): 277-293.

Stone, B. K. (1973). "A Linear Programming Formulation of the General Portfolio Selection Model". Journal of Financial and Quantative Analysis, C.8: 621-636 .

Shubik, M. (1989), Game Theory in The Social Science: Consept and Solutions. The MIT Pres th 5 Printing, London.

Özçam, M., (1997). Varlık Fiyatlama Modelleri Aracılığıyla Dinamik Portföy Yönetimi, SPK Yayınları, Ankara.

Özkan, N. (2015). "Analysis of sectoral performance in Borsa Istanbul: a game theoretic approach". The Business and Management Review, 6(3): 61-68.

Öztürk, A. (2005). Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi, Ankara.

TCMB, T.C. Merkez Bankası, /www.tcmb.gov.tr/

Teker, S.; Karakum, E. & Tav, O. (2008) "Yatırım Fonlarının Risk Odaklı Performans Değerlemesi", Doğuş Üniversitesi Dergisi, 9 (1): 89-105.

Tüfekçi. K, & Avşarlıgil, N. (2016). "Optimal Portföy Kuramı ve Oyun Teorisi Yaklaşımı: BIST'ta Bir İnceleme". Journal of Strategic Research in Social Science, 2(4): 42-64.

Usta, Ö. (2005). İşletme Finansı ve Finansal Yönetim, Detay Yayıncılık, Ankara.

Yavuz, M. & Eren, T. (2016). "Finansal Araçların Oyun Teorisi ile Analiz Edilmesi". Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 7(13):122-139.

Young, M. R. (1998), "A Minimax Portfolio Selection Rule with Linear Programming Solution". Management Science, 44(5):673-683.

Yörük, N., (2000). Finansal Varlık Fiyatlama Modelinin İMKB'de Test Edilmesi, İMKB Yayınları, Ankara.