

## **MİNİMUM YAYILAN AĞAÇ İLE PORTFÖY ANALİZİ: BIST 100 ÖRNEĞİ**

### **PORTFOLIO ANALYSIS WITH MINIMUM SPANNING TREE: EVIDENCE FROM XU100**

*Ayşegül İŞCANOĞLU ÇEKİÇ\**  
*Buket TAŞTAN†*

#### **ÖZET**

Markowitz (1952) çalışması iyi bir risk yönetiminde, finansal yatırım araçları arasındaki korelasyonların dikkate alınmasına işaret etmiş ve yatırımcıların seçimlerinde korelasyonların önemini vurgulamıştır. Zaman içinde ise bu olgu genel kabul görmüştür. Birçok araştırımcı ve yatırımcı için risk yönetimi korelasyonlar ile özdeşleşmiştir. Son yıllarda, finansal ürünler arasındaki çapraz korelasyonların saptanması için finansal ağlar önem kazanmıştır. Çalışmada, bu yöntemlerden Minimum Yayılan Ağaç (MST) dikkate alınarak, Borsa İstanbul'da işlem gören hisse senetleri arasındaki kısa dönem çapraz korelasyonların incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, BIST 100 endeksine dahil 94 hisse senedi dikkate alınmış ve Ocak 2018 ve Haziran 2018 dönemine ait günlük hisse senedi fiyat verisi kullanılmıştır. Bu ağaçtan yola çıkarak, hisse senetlerinin ağaç üzerinde konumlarının portföy performanslarına etkisi simülasyonlar yardımı ile araştırılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, büyük hisse senedi kümelerinin merkezi hisselerinin, THYAO, BIMAS, CEMAS, IEYHO, FLAP ve AYEN kodlu hisseler olduğu ve bu hisselerin kendi kümelerindeki diğer hisseler üzerinde güçlü etkiye sahip oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca portföylerin ağaç üzerindeki konumlarının performanslarında etkin olduğu gözlemlenerek aynı uç dallara ait bağlantısız kümelerden oluşturulan portföy performanslarının diğer portföylere göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** MST, Çapraz Korelasyon, Hiyerarşik Kümeleme, Portföy Çeşitlendirmesi

**JEL Sınıflandırma Kodları:** C15, C38, G11

#### **ABSTRACT**

The pioneering study of Markowitz (1952) emphasized the importance of correlations between financial assets in risk management and investor preferences. Over time, this phenomenon was generally accepted. Today, for researchers and investors, risk management is associated with correlations. In recent years, in order to determine cross-correlations between financial products the importance of financial networks are increased. In this study, it is aimed to investigate the short term cross-correlations between the stocks traded on Borsa Istanbul, by using Minimum Spanning Tree (MST) methodology. For this purpose, 94 stocks of XU100 index are included into the analysis and daily stock price data from January 2018 to June 2018 period are used. Using the constructed tree, the effects of stocks' positions on the portfolio performances are investigated with the help of simulation study. Findings show that the central stocks of the large stock clusters are coded with THYAO, BIMAS, CEMAS, IEYHO, FLAP and AYEN and these stocks have a strong effect on the other stocks in their clusters. In addition, it is concluded that stock positions are effective in portfolio performances and it is concluded that portfolio performances are better for the portfolios which contain the stocks of unconnected clusters in the same end branches.

**Keywords:** MST, Cross Correlation, Hierarchical Cluster, Portfolio Diversification

**JEL Classification Numbers:** C15, C38, G11

---

\* Dr. Öğr. Üyesi, Trakya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, [aysegulcekcik@trakya.edu.tr](mailto:aysegulcekcik@trakya.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0003-0692-7870>

† Yüksek Lisans Öğrencisi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, [buketstn@gmail.com](mailto:buketstn@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7337-0753>

## 1. GİRİŞ

Yatırımcılar, risksiz, riskli ve kompleks finansal ürünler arasında, varlıklarını en iyi şekilde korumak amacıyla uygun seçimler yapmaya çalışırlar. Özellikle gelişmekte olan ve yüksek riskli piyasalarda risk yönetimi yatırımcılar açısından büyük önem arz etmektedir. Markowitz (1952)'in çalışmasından günümüze kadar portföy çeşitlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalarda finansal ürünler arasındaki korelasyonun risk yönetimi için önemli bir faktör olduğunu vurgulamıştır. Verimli bir risk yönetiminin, aralarında korelasyon olmayan finansal ürünlerin seçimini ve zaman içinde bu seçilimin yenilenmesini içerdiği genel kabul görmüş bir olgudur. Bu nedenle, yatırımcılar için finansal ürünler arasındaki çapraz korelasyonlar diğer bir deyişle, ürünler arasındaki zamana bağlı benzer dalgalanma ve hareketlerin saptanması oldukça önemli bir konudur.

Son yıllarda finansal ağlar hisse senedi, bono, emtia, faiz oranları, döviz piyasaları vb. gibi piyasa ürünleri arası finansal ilişkileri tanımlamak için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Mantegna 1999, Bonanno vd. 2000, Bonanno vd. 2001, Vandewalle vd. 2001, Onnela vd. 2002). Bu çalışmada, Borsa İstanbul'da işlem gören ve BIST 100 endeksine dahil edilen hisse senetleri arasında çapraz bağlantı yapıları, bu ağ yapılarından Minimum Yayılan Ağaç (MST, minimum spanning tree) yöntemi ile araştırılacaktır. Mantegna (1999) tarafından önerilen bu yöntem, finansal getirilerin korelasyon matrisine ait metrik uzaklıklarını kullanarak bağlantılı ağaç oluşturulmasını hedeflemektedir. Bu yöntem ile piyasalar arası korelasyon ağlarının ve piyasalar arası etkileşimlerin, bağımsız kümeler ile tanımlanabileceğini gösterilmiş ve bu sayede finansal ağların içinde mevcut yüksek korelasyonlu bağlantılar korunarak finansal ürünlerin kümelenmesi sağlanmıştır.

Çalışmada, ek olarak MST yöntemine göre oluşturulan hisse senedi kümelerinin ağaç üzerindeki konumlarının portföy çeşitlendirme performanslarına etkisi simülasyonlar yardımı ile karşılaştırılmıştır. Bu aşamada, oluşturulan ağaçta hiyerarşik kümeleme kullanılarak hisse senedi kümeleri elde edilmiştir. Daha sonra her kümeden rastgele iki hisse senedi seçilerek portföyler oluşturulmuştur. Portföy ağırlıkları iki farklı yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemler eşit ağırlık ve minimum varyans portföy yöntemleridir. Bu işlem 10000 defa tekrarlanarak portföy performansları Sharpe oranı ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın literatüre katkıları, iki yönlüdür. İlk olarak, bu makale modern portföy teorisi ile finansal ağlar arasındaki bağlantıyı göstererek hisse senetlerinin ağaç üzerindeki konumlarının portföy performanslarına etkisini göstermektedir. Çalışma diğer yönüyle, Türk finans sektöründe yer almakta olan hisse senetlerinin aralarındaki korelasyonlara göre kümelenme yapılarını göstermiştir. Ayrıca Türk piyasalarında oluşturulan portföylerin performansı ile hisse senetleri arasındaki korelasyonun ilişkisi ağaç bağlantıları kullanılarak gösterilmiş, bu bağlamda düşük korelasyonun portföy performansına etkileri hakkındaki mevcut teoriye katkıda bulunulmuştur.

Bölüm 2'de literatür özeti verilmiştir. Bölüm 3'de yöntem tanıtılmıştır. Bölüm 4'de veri ve analiz sonuçları, bulgular ile birlikte sunulmuş ve Bölüm 5'de çalışmanın bulgularına ait sonuçlar literatürde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bu aşamada, çalışmanın sonuçlarının literatür ile benzerlikleri ortaya konulmuş ve ayrıca, yatırımcılara portföy seçimlerinde dikkate almaları gereken unsurlar hakkında önerilerde bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde, MST yöntemi, finansal piyasalar arası çapraz korelasyonlara bağlı kümeleme ve portföy performans değerlendirilmesi alanlarında önemli sayıda çalışma mevcuttur. Bu alandaki öncü ve son dönem çalışmalarının bir kısmına ait literatür özeti aşağıda sunulmuştur.

Bonanno vd. (2000), MST yöntemi kullanarak, 1988-1996 yılları arasında 20 ülkeye ait 24 hisse senedi piyasa endeksini sınıflandırmışlar ve büyük borsaların hisse senedi endeksleri arasında bölgesel ilişkileri gösteren hiyerarşik bir ağaç tespit etmişlerdir. Bu şekilde bir sınıflandırmanın varlığının piyasalar arası etkileşimin bir göstergesi olduğu sonucuna varmışlardır.

Bonanno vd. (2001) çalışmalarında, ABD finansal piyasasında işlem gören 100 hisse senedine ait yüksek frekanslı veri kullanarak, günlük ve gün içi çapraz hareketlerin varlığını MST yöntemi kullanarak araştırmışlardır. Kullanılan zaman uzunluğu değiştikçe incelenen hisse senetlerine ait hiyerarşik ağın da değiştiği gözlemlenmiştir.

Vandewalle vd. (2001), ABD finansal piyasalarında işlem gören 6358 hisse senedi arasındaki çapraz korelasyonları MST yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada, 1999 yılına ait günlük fiyat serileri kullanılmıştır.

Onnela vd. (2002), 1982-2001 döneminde S&P 500 endeksine dahil 116 hisse senedine ait günlük getiri serileri kullanarak, zaman içinde oluşturulan ağaçlardaki değişim gözlemlenmiştir. Kriz döneminde ağacın daraldığı gözlemlenmiştir. Çalışmada aynı zamanda, optimal Markowitz portföyüne dahil edilen hisse senetlerinin ağacın uç kümelerinde yer aldığı ve normalize edilmiş ağaç uzunluğu ile çeşitlendirme potansiyelinin yüksek bağımlılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Onnela vd. (2003a) çalışmalarında, dinamik ürün çizgesi isimli yeni bir ağ türü önermişlerdir. Bu amaçla çalışmada, 1980-1999 dönemi için New York borsasına ait 477 hisse senedinin günlük kapanış fiyatları ele alınmıştır. Analizde, 20 yıllık dönem, *M* alt zaman kümesine bölünmüş ve bu sayede zaman içindeki değişimler dikkate alınarak ağ zamana bağlı dinamik bir yapı kazanmıştır.

Onnela vd. (2003b) çalışmalarında, Onnela vd. (2003a) çalışmasında kullanılan veriyi dikkate alıp, MST yöntemini portföy oluşturmak için kullanmışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, bağlantılı çizgenin uç kümelerinin kullanıldığı portföylerin, çeşitlendirmede en iyi performansa sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Micciche vd. (2003), ABD hisse senetleri piyasasında işlem gören piyasa değeri en büyük 93 şirkete ait hisse senetlerinin oynaklık ve getiri serileri arasındaki çapraz korelasyonları ve çapraz korelasyonların istatistiksel yapısını MST yöntemi kullanarak araştırmışlardır. Çalışmada, getiri serileri ile oluşturulan ağaçların, volatilité ile oluşturulan ağaçlara göre zaman içinde daha kararlı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Bonanno vd. (2003), çalışmalarında, MST yöntemini iki farklı veri setine uygulamışlardır. Birinci veri seti, ABD hisse senetleri piyasasında işlem gören 1071 hisse senedine ait 1987-1998 dönemi günlük getiri serileri ve ikinci veri seti ise 1-faktörlü fiyatlandırma modeli kullanılarak simülasyonlarla oluşturulmuş yapay getiri serileridir. Çalışmada, gerçek veri setindeki kompleks ağı simülasyonlarla yeniden üretilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Bonanno vd. (2004), ABD hisse senetleri piyasasında işlem gören en büyük piyasa payına sahip 100 hisse senedini ele alarak bu hisseler arası korelasyonların zaman aralıklarına göre değişimlerini incelemişlerdir. Çalışma, Ocak 1995-Aralık 1998 dönemini kapsamaktadır. Çalışmanın sonucunda, zaman aralığı daraldıkça ağaç yapısının da basit bir forma indirgeniğini gözlemlemişlerdir.

Coelho vd. (2007a) çalışmalarında, 1997-2006 yılları arasında, 53 ülkeye ait hisse senedi piyasa endeksine ait günlük getiri serisi kullanmışlardır. Çalışmada, MST ile oluşturulan ağaçların, piyasaların coğrafi konumlarıyla ilişkili olmasıyla birlikte, ekonomik ilişkilerle de ilişkili olduğu sonucu elde edilmiştir.

Coelho vd. (2007b), Londra Hisse Senetleri piyasasında işlem gören 67 hisse senedine ait 1996-2005 yılları arasında günlük veri ile yapay olarak 1-faktörlü model kullanılarak oluşturulmuş veri kullanmışlardır. Çalışmada, korelasyonların zamana bağımlılığı ve MST ile oluşturulan ağacın normalize edilmiş uzunluğu incelenmiştir.

Gilmore vd. (2008), 1996-2006 yılları arası ele alınarak, 21 Avrupa Birliği üyesi ülkenin, günlük hisse senedi piyasa endeksinde ait getiri serilerini MST yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, Fransa'nın hisse senedi piyasa endeksinin ağacın merkezinde yer aldığı gözlemlenmiştir.

Eryiğit ve Eryiğit (2009) çalışmalarında, 59 ülkeye ait 143 hisse senedi piyasa endeksine ait günlük ve haftalık getiri serileri ile analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, MST yöntemi kullanılmış ve sonuçlara göre, Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerine ait endeksler kendi içlerinde güçlü birer bağa sahipken, Doğu Asya ve Batı Asya ülkelerine ait endeksleri arasında böyle bir bağdan söz edilmemektedir.

Gilmore vd. (2010) çalışmalarında, Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya ülkelerine ait 20 devlet tahvilinin çapraz hareketleri MST ile analiz edilmiştir. 1993-2008 döneminde gelişmiş ülke tahvilleri arasındaki etkileşim zaman içinde azalırken Avrupa Birliği ülkelerine ait tahviller arasındaki etkileşimlerin zaman içinde arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tse vd. (2010), çalışmalarında, ABD hisse senetleri piyasasında işlem gören hisse senetlerine ait kapanış fiyatları, getiriler ve hacim verisi kullanarak, iki farklı dönem için çapraz korelasyonların varlığını MST ile analiz etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, çapraz korelasyon açısından benzer hisse senetleri bulunmuştur.

Vizgunov vd. (2014), Rusya hisse senedi piyasasında işlem gören hisseler arasındaki ilişkileri açıklamak amaçlı, getiri ve hacimler arasındaki korelasyonları kullanarak 2007-2009 dönemi için ağaç oluşturmuşlardır. Sonuçlara göre işlem hacmi büyük hisseler arasında korelasyonların daha güçlü olduğu tespit edilmiştir.

Birch vd. (2016), 2001-2012 döneminde DAX30 endeksine dahil edilen 30 hisseye ait getiri serilerini kullanarak, hisseler arasındaki korelasyon ağını MST, Varlık Ağacı ve Planar Ençok Filtreli Ağaç yardımı ile modellemiştir. Çalışmada, korelasyonların ağaçlar yardımı ile incelenmesinin ekonominin büyüme dinamikleri hakkında bilgi verdiği sonucuna varılmıştır.

Hatipoğlu (2017), sektör paylarının günlük stok değişim oranlarını incelemek amacıyla 2006 ve 2016 yılları arasındaki 29 pazarı ele alarak dinamik zaman serilerine yönelik en küçük yol ağaç yöntemi uygulamışlardır. İncelenen tüm borsaların Amerika, İngiltere, Hollanda ve Danimarka'ya doğrudan veya dolaylı bir şekilde bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hiyerarşik kümeleme yöntemi olan dendogram incelendiğinde ise Amerika, İngiltere, Almanya ve Malezya aynı küme içerisinde yer almaktadır.

Zhang vd. (2017) çalışmalarında MST yöntemi kullanarak, Asya, Amerika, Avrupa kıtalarındaki 24 ülkeden yirmi yedi endeks ele alınmıştır. MST yöntemi uygulanmış ve sonucunda ABD piyasa endekslerinin farklı kıta endeksleri üzerinde güçlü etkiye sahip olduğu, aynı zamanda her kıtanın endekslerinin diğer kıtaların endeksleri ile bağlantı içerisinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Akgüller vd. (2017), borsa ağlarının ölçümü için yeni bir topolojik öneri sunmak için 21 dünya ülkesinin birbiriyle ilişkisi Pearson korelasyonları ile belirlenmektedir. Kriz döneminde ülkelerin piyasalarında köklü bir değişiklik olduğu gözlemlenmiş ve bu değişiklikler topolojik olarak incelenmiştir.

Danko ve Soltes (2018) çalışmalarında, S&P 500 endeksine dahil hisse senetleri kullanılarak minimum ağaç yöntemi ile portföy optimizasyonu birleştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, ağaçtaki yerlerine göre uç ve merkezi olmak üzere hisse senetleri iki gruba ayrılmış ve bu iki hisse senedi grubundan simülasyon yardımı ile rasgele seçilen hisselerle oluşturulan portföylerin performansları karşılaştırılmıştır. Sonuçta iki gruba ait portföyler arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Wang vd. (2018), MST yöntemini kısmi korelasyonlara geliştirmiştir. Kısmi korelasyon ve Pearson korelasyonları kullanarak, MST yöntemini 57 ülkeye ait hisse senedi piyasa endeks getirileri arasındaki korelasyon yapısını analiz etmişlerdir. Sonuçta, kısmi korelasyonla oluşturulan ağaçların daha sade olduğu ve sınıflandırmada daha mantıklı sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır.

### 3. YÖNTEM

Piyasalar arasında oluşan ilişkilerin zamana bağlı olarak değişen korelasyonları piyasalar hakkında öngörü yapabilmek açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada Borsa İstanbul'da işlem gören ve BIST 100 endeksinde yer alan 100 hisse senedi arasında oluşan çapraz korelasyonlar MST yöntemi kullanılarak incelenmektedir. Bu hisse senetlerine ait günlük kapanış fiyatları "finance.yahoo.com" adresinden elde edilmiştir.

MST,  $G(V, E)$  ile gösterilmektedir.  $V = (v_1, v_2, \dots, v_N)$  düğüm kümesidir.  $E = (e_1, e_2, \dots, e_m)$  kenar kümesidir. Bu çalışmada, her bir düğüm Borsa İstanbul'da işlem gören BIST 100 endeksine ait hisse senetleridir. Her bir kenar ise hisse senetleri arasındaki korelasyonları göstermektedir.

Korelasyonlar kullanılarak elde edilen MST yöntemi için aşamalar aşağıda verildiği gibidir (Mantegna, 1999):

**Aşama 1.** Serinin logaritmik getirisi (1) yardımı ile elde edilir.

$$r_{it} = 100 \times \left( \log(p_{i,t}) / \log(p_{i,t-1}) \right), i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Burada,  $p_t$  gözlemlenen hisse fiyatını göstermektedir.

**Aşama 2.** Elde edilecek getiriler kullanılarak seriler arasındaki ikili ilişkiler, (2)'de verilen korelasyon fonksiyonu yardımı ile elde edilir.

$$\rho_{i,j} = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it} - \bar{r}_i)(r_{jt} - \bar{r}_j)}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (r_{it} - \bar{r}_i)^2 \sum_{t=1}^T (r_{jt} - \bar{r}_j)^2}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Burada,  $\rho_{i,j}$ ,  $i$ . ve  $j$ . seriler arası korelasyon katsayısıdır ve  $-1 \leq \rho_{i,j} \leq +1$  arasında değerler almaktadır.

Bu aşamada, bileşenleri,  $\rho_{i,j}$ , korelasyon katsayılarından oluşan  $N \times N$  boyutlu bir matris elde edilir. Bu matris, MST oluşturmak için kullanılır. Her bir ağaç üzerinde  $N$  tane düğüm,  $N - 1$  tane kenar bulunmaktadır.

**Aşama 3.** MST oluşturabilmek için her bir seri arasındaki metrik uzaklık hesaplanır. Metrik uzaklık  $d_{i,j}$  ile gösterilirse ve (3)'de verildiği gibi hesaplanır.

$$d_{i,j} = \sqrt{2(1 - \rho_{i,j})}, \quad (3)$$

burada metrik mesafesi  $0 \leq d_{i,j} \leq 2$  arasındaki değerlere sahiptir.

**Aşama 4.** MST oluşturulur.

MST, oluşturabilmek için çeşitli algoritmalar kullanılır. Bu algoritmalar arasında en çok kullanılan Kruskal ve Prim algoritmalarıdır. Kruskal algoritma, en iyi kenar seçilme esasına dayanır. En az maliyetli kenar olarak adlandırdığımız, ağırlığı en az olan kenar seçilerek, ağaç etrafında döngü oluşturulmayacak şekilde oluşturulur. Prim algoritması, verilen düğümden en az ağırlığa sahip bulunan kenardan başlayıp, o kenarın uçlarından en az maliyetle genişleyecek şekilde diğer kenarın seçilmesi ile yinelemeli olarak oluşturulur.

Çalışmada, prim algoritması yardımı ile MST oluşturulmaya çalışılmıştır.  $G(V, E)$ 'nin ağırlıklı bağlanmamış bir ağaç olduğu varsayılın ve MST, ise  $T(TV, TE)$  ile gösterilsin. Bu durumda, Prim algoritması aşağıdaki verildiği şekilde tanımlanır (Guo vd., 2018):

**Algoritma:**

- 1)  $TE$  boş olarak alınır,  $TV = u_1, u_1 \in V$  olarak atanır.
- 2)  $u \in TV, v \in \{V - TV\}$  koşulunu sağlayan, tüm kenarlar için, en kısa kenar  $(u, v)$  bulunur. Ağ döngüsel değilse,  $TV$ 'ye  $v$ ,  $TE$ 'ye  $(u, v)$  eklenir. Diğer durumda ise bu kenar reddedilir ve diğer en kısa kenar seçilir.
- 3)  $TV = V$  oluncaya kadar 2. Adım tekrarlanır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada, 2018 Haziran ayı itibarı ile BIST 100 endeksine dahil, 100 hisse senedine ait veri kullanılmıştır. Çalışma, 1 Ocak 2018-1 Haziran 2018 dönemini kapsamaktadır. Bu dönem içinde eksik veri dolayısıyla ICBC Turkey Bankası, Ihlaz Gayrimenkul, Bera Holding, Şok Marketler Ticaret A.Ş., MLP Sağlık Hizmetleri A.Ş. ve Enerjisa Enerji A.Ş. hisseleri veri setinden çıkartılmıştır. Örneklem toplam 110 günlük kapanış verisi içermektedir. Analizde, Bölüm 3'de verilen yöntemle ait aşamalar izlenmiştir. Analizler,  $R$  programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1'de hisse senetlerine ait temel tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur. Tabloya göre verilen dönem içinde 1 günde en fazla kazandıran hisse senedi CEMAS'dır ve 1 günde %18,6480 kazandırmıştır. Aynı şekilde 1 günde en fazla kayıp yaşatan hisse senedi de CEMAS hissesidir. Hisse 1 günde %23,0416 kayıp yaşattır.

Verilen dönem içinde ortalama en çok kazandıran hisse senedi CEMAS'ken ortalama en az kazandıran hisse senedi ise PLAP'dır. CEMAS hisse senetleri ortalama %0,3637 kazandırırken, FLAP hisse senetleri

ortalamada %0,8926 kaybettirmiştir. Standart sapmalara baktığımızda en riskli hisse senedi FLAP olarak görülmektedir. En düşük riskli hisse senedi ise HLGYO olarak görülmektedir.

Tablo 2’de hisse senedi getirilerine ait Jarque-Bera normallik testi (Jarque ve Bera, 1987), Augmented Dickey Fuller durağanlık testi (ADF) (Dickey ve Fuller, 1979, 1981) ve Ljung-Box serisel korelasyon testine ait (Ljung ve Box, 1978) test istatistikleri ve olasılık değerleri verilmiştir. Ljung-Box testi için 1. derece serisel korelasyon araştırılmıştır. Tabloya göre YATAS ve CEMTS hisse getirileri hariç tüm hisse senetlerine ait getiri serileri  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde durağandır. Jarque-Bera test sonuçları, VKGYO, TUPRS, TTKOM, TMSN, TATGD, SODA, CEMTS, ARCLK, GOZDE, AYEN, IPEKE, MAVI, GUBRF, DOAS, BRSAN, MGROS, ODAS, OTKAR, PETKM, FROTO, KOZAA, KARTN, VESTL, TRKCM, TKNSA, SNGYO, FENER, GLYHO, HALKB, IHLAS, KIPA, NETAS, BRISA, BJKAS, GSRAY, TAVHL, FLAP, AFYON, DOHOL, IEYHO, AKSA, DGKLB, KARSN, EKGYO, BANVT, BIMAS, ISGYO, CEMAS, ASELS, GSDHO, METRO hisse senedi getirilerinin  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde normal dağılım izlemediğini göstermektedir. Diğer hisse senetlerine ait getiriler ise normal dağılım sergilemektedir. Ljung-Box test istatistiklerine göre ise VKGYO, TOASO, AYEN, TKFEN, SNGYO, SISE, GLYHO, HLGYO, KORDS, ZOREN, THYAO, FLAP, DOHOL, BANVT, CEMAS, ASELS, AKENR hisse senetlerine ait getiriler 1. derece serisel korelasyon içermektedir.

Şekil 1’de oluşturulan MST sunulmuştur. Elde edilen ağaçta beklenenin aksine sektörel bir sınıflanma gözlemlenmemektedir. Ek olarak, Ortalama getirisi %0,1’in üzerinde olan 10 hissenin 7 tanesi (CEMAS, KRDMMD, SASA, IPEKE, KOZAL, VESTL, FENER) ağacın merkezinde yer almakta iken 3 tanesi (KOZAA, CEMTS, EREGL) ağacın en alt ucunda yer almaktadır. Hisselerin %70’i ağacın üst ucunda öbikleşmektedir.

MST’ye göre tespit edilen ilişkiler aşağıda listelenmiştir:

THYAO hissesinin, SODA, PETKM, SNGYO, GLYHO, ANELE, COLA, ALARK, TAVHL, ENKAI, AKSA, KARSN, ASELS, GSDHO hisseleri üzerinde güçlü etkiye sahip olduğu gözlemlenmektedir.

BIMAS hissesinin, TTRAK, SKBNK, MAVI, GOODY, BRSAN, TSKB, TKNSA, HLGYO, BRISA, KORDS, GOLTS, ZOREN, AKSEN, DGKLB, ALBRK, EKGYO, BIMAS, PGSUS, AKENR hisseleri üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

CEMAS hissesinin, VKGYO, TCELL, ALGYO, VESTL, FENER, KIPA, AFYON hisseleri üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmektedir.

IEYHO hissesinin, TOASO, TATGD, IPEKE, DOAS, OTKAR, NETAS, PRKME, ANACM, DEVA, KOZAL, KRDMMD hisseleri üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

GSRAY hissesinin, TTKOM hissesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu tespit belirlenmiştir.

FLAP hissesinin, YKBNK, VAKBN, TMSN, CEMTS, GOZDE, GARAN, KCHOL, SISE, AEFES, SAHOL, NTHOL, BANVT, ISGYO, ISCTR hisseleri üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

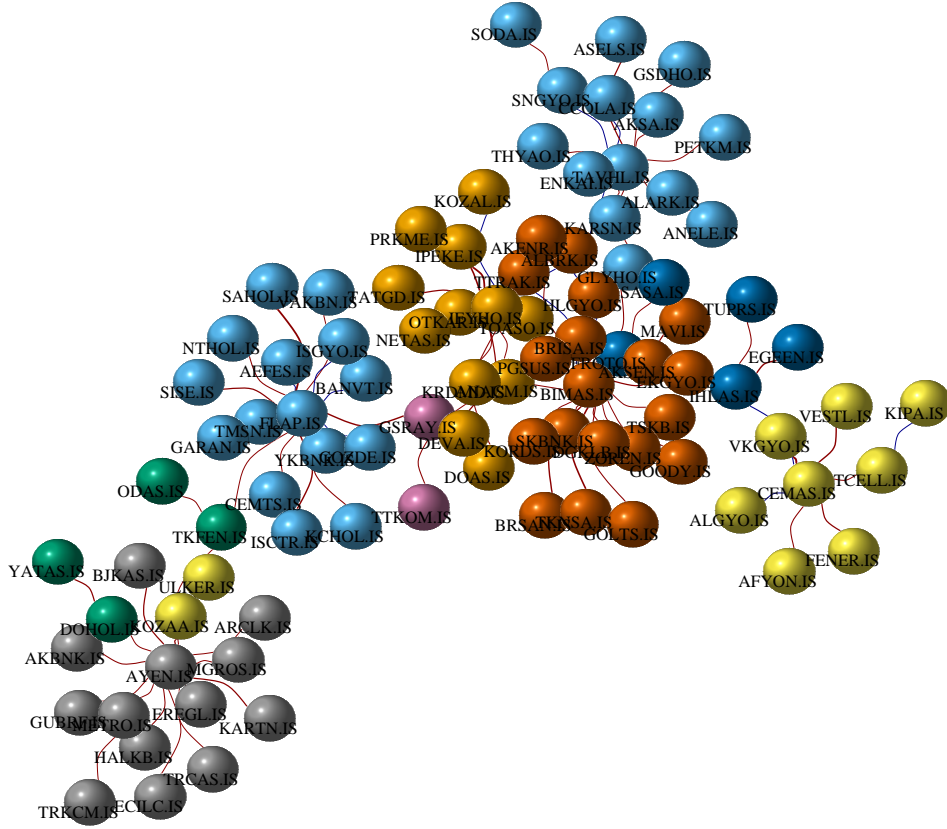
TKFEN hissesinin, ODAS hissesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

KOZAA hissesi, ULKER hissesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

DOHOL hissesi, YATAS hissesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

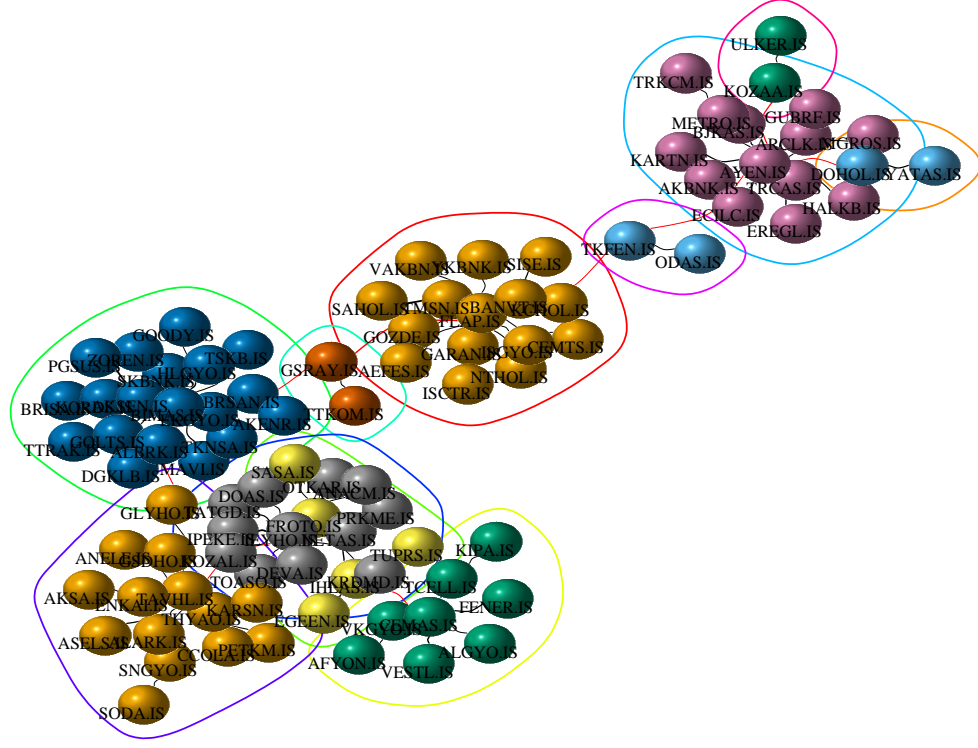
AYEN hissesinin, TRCAS, ARCLK, GUBRF, EREGL, MGROS, KARTN, TRKCM, HALKB, AKBNK, BJKAS, ECILC, METRO, DOHOL, KOZAA, ULKER hisseleri üzerinde güçlü etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 1. Hisse Senetlerine Ait Minimum Yayılan Ağaç



Şekil 2’de MST’de yer alan hisse senetlerine ait hiyerarşik kümeleme sonuçları ağaç üzerinde sunulmuştur. Şekil 2 incelendiğinde MST’de ki öbekleşmeye benzer özellikler gösteren hisse senetleri aynı kümede toplanmıştır. Aynı küme içerisinde toplanan hisse senetleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu gözlemlenmektedir. Kümeler ve kümelere ait hisse senetleri Tablo 3’de ayrıca sunulmuştur.

Şekil 2. Minimum Yayılan Ağaca Ait Hiyerarşik Kümeleme Sonuçları



Tablo 3. Kümelere ait Hisse Senetleri

	Küme	Hisse Senetleri
Sol Uç Dallar	C1	SODA, PETKM, SNGYO, GLYHO, ANELE, CCOLA, ALARK, THYAO, TAVHL, ENKAI, AKSA, KARSN, ASELS, GSDHO
	C2	VKGYO, TCELL, ALGYO, VESTL, FENER, KIPA, AFYON, CEMAS
	C3	TOASO, TATGD, IPEKE, DOAS, OTKAR, NETAS, PRKME, IEYHO, ANACM, DEVA, KOZAL, KRDM
	C4	TUPRS, FROTO, SASA, IHLAS, EGEEN
	C5	TTRAK, SKBNK, MAVI, GOODY, BRSAN, TSKB, TKNSA, HLGYO, BRISA, KORDS, GOLTS, ZOREN, AKSEN, DGKLB, ALBRK, EKGYO, BIMAS, PGSUS, AKENR



Orta Dal	C6	TTKOM, GSRAY
	C7	YKBNK, VAKBN, TMSN, CEMTS, GOZDE, GARAN, KCHOL, SISE, AEFES, SAHOL, FLAP, NTHOL, BANVT, ISGYO, ISCTR
	C8	ODAS, TKFEN
Sağ Uç Dallar	C9	TRCAS, ARCLK, AYEN, GUBRF, EREGL, MGROS, KARTN, TRKCM, HALKB, AKBNK, BJKAS, ECILC, METRO
	C10	YATAS, DOHOL
	C11	KOZAA, ULKER

Çalışmanın, son bölümünde MST'den elde edilen hisse senedi kümeleri kullanılarak oluşturulabilecek en iyi portföylerin ağaç üzerindeki konumları tespit edilmeye çalışılmıştır. Buradaki amaç ağacın çeşitlendirme potansiyelini tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda, iki farklı kümeye ait hisseler seçilerek portföyler oluşturulmuştur. Kümelerin içerdiği hisse sayısı birbirinden oldukça farklıdır ve hisse sayısının portföy çeşitlendirmede etkisi olduğu bilinmektedir. Bahsi geçen hisse sayısının portföy performansına etkisini indirgeme amaçlı, portföy seçiminde en az hisse senedine sahip kümenin içerdiği hisse sayısı kadar her kümeden hisse seçilmesine karar verilmiştir. Diğer bir deyişle, incelenen herhangi iki kümenin her birinden rasgele olarak ikişer hisse senedi seçilmiş ve bu şekilde 4 hisse içeren bir portföy oluşturulmuştur. Portföy ağırlıkları da ayrıca iki farklı yöntem ile belirlenmiştir. Bu yöntemler, eşit ağırlıklı portföy ve minimum varyans portföydür. Bu işlem 10000 kere tekrarlanarak elde edilen portföylerin ortalama performansları karşılaştırılmıştır. Riske göre düzeltilmiş performans ölçülerinden biri olan Sharpe oranı kullanılmıştır.

Ek 3'de verilen Tablo 4'de portföye dahil edilen kümeler ve bu kümelerden rasgele seçilmiş 2'şer hisse ile oluşturulan eşit ağırlıklı ve minimum varyans portföylere ait portföy ortalama getirisi, standart sapması ve Sharpe oranına ait bilgiler sunulmuştur. En iyi ortalama getiri ve Sharpe oranına sahip portföy açık gri ile taranmıştır. Bu sonuç, C10 ve C11 kümeleri ile oluşturulan portföylere aittir. Bu kümeler, aynı uçta fakat birbirleri ile bağlantılı olmayan kümelerdir. En iyi ikinci ortalama getiri ve Sharpe oranına sahip portföy'de koyu gri ile taranmıştır. Bu sonuç ise C4 ve C11 kümeleri ile oluşturulan portföylere aittir. Bu kümeler de birbirleri ile bağlantılı olmayan iki uç bölgede yer alan kümelerdir. Bu kümeleri oluşturan hisse senetleri arasında piyasa büyüklüğü, sektörel benzerlikler, getiri ve risk açısından direkt gözlemlenebilecek yakınlık tespit edilememiştir.

## 5. SONUÇ

Yatırımcılar, farklı yatırım alternatifleri arasından seçim yaparken hisse senetleri arasındaki korelasyon önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada, Borsa İstanbul'da işlem gören ve BIST 100 endeksine dahil 94 hisse senedi aralarında mevcut korelasyonlar dikkate alınarak Minimum Yayılan Ağaç şemaları oluşturulmuştur. Daha sonra ağaç üzerinde Hiyerarşik kümeleme uygulanarak, ilişkili hisse senetleri kendi aralarında kümelenebilir. Çalışmanın bulgularına göre, THYAO, BIMAS, CEMAS, IEYHO, FLAP ve AYEN hisselerinin büyük hisse senedi kümelerinin merkezi hisseleri oldukları ve kendi kümelerindeki diğer hisseler üzerinde güçlü etkiye sahip oldukları gözlemlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, portföy performanslarının ölçülmesi ve en iyi performans gösteren portföylerin ağaç üzerindeki konumlarını incelemek amacıyla simülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, simülasyonlar yardımı ile her hisse sınıfından 2'şer hisse rasgele seçilerek, 4 hisse içeren portföyler oluşturulmuştur. Bu işlem 10000 kez tekrarlanmış ve portföy performans ölçüsü olarak Sharpe oranı kullanılmıştır. Bulgulara göre portföylerin ağaç üzerindeki konumlarının performanslarında etkin olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak, aynı uç dallara ait bağlantısız kümelerden oluşturulan portföylerinde performanslarının diğer portföylere göre daha iyi olduğu sonucuna da ulaşılmıştır. Bu bağlamda, çalışma literatür ile örtüşmektedir.

MST hakkında mevcut literatür çalışmalarının genelinde, hisse senetlerinin MST yardımı ile sınıflandırmasının daha iyi portföy performansı sunduğu tespit edilmiş ve bu durumun piyasalar arası etkileşimin bir sonucu olduğu

saptanmıştır. Bizim çalışmamızdan elde edilen sonuçlar da bu bağlamda literatürü destekler niteliktedir. Diğer taraftan, literatürde mevcut bazı çalışmalarda ise MST'nin sektörel olarak sınıflandırma yaptığı tespit edilmiştir. Fakat bizim çalışmamızda sektörel bir sınıflama tespit edilememiştir.

Bu çalışmanın bulguları, Türk yatırımcılar açısından önem arz etmektedir. Türk yatırımcılar, MST yardımı ile hisse senetleri arasındaki korelasyonları kolayca dikkate alabilir. Portföy yöneticileri bağlantısız kümeler içinden hisse senetleri seçerek başarı sağlayabilirler. Ek olarak, bu çalışma karmaşık yapı sergileyen finansal sistemlerin anlaşılmasında yatırımcılara bir öngörü sağlayabilir.

## KAYNAKÇA

- Akgüller, Ö., Öcal, S., Balcı, M.A. (2017). A New Topological Measure for The Communities of Stock Market Networks, *Mugla Journal of Science and Technology*, 3(2), 104-109
- Birch, J., Pantelous, A.A., Soramäki, K. (2016). Analysis Of Correlation Based Networks Representing DAX 30 Stock Price Returns, *Computational Economics*, 47(4), 501-525.
- Bonanno, G., Vandewalle, N., Mantegna, R.N. (2000). Taxonomy Of Stock Market Indices, *Physical Review E*, 62(6), 7615-7618.
- Bonanno, G., Lillo, F., Mantegna, R.N. (2001). High-Frequency Cross-Correlation in a Set of Stocks, *Quantitative Finance*, 1, 96-104
- Bonanno, G., Caldarelli, G., Lillo, F., Mantegna, R.N. (2003). Topology of Correlation-Based Minimal Spanning Trees in Real and Model Markets, *Physical Review E*, 68, 046130
- Bonanno, G., Caldarelli, G., Lillo, F., Micciché, S., Vandewalle, N., Mantegna, R.N. (2004). Networks of Equities in Financial Markets, *The European Physical Journal B*, 38(2), 363-371.
- Coelho, R., Gilmore, C.G., Lucey, B., Richmond, P., Hutzler, S. (2007a). The Evolution of Interdependence in World Equity Markets - Evidence From Minimum Spanning Trees, *Physica A*, 376, 455-466.
- Coelho, R., Hutzler, S., Repetowicz, P., Richmond, P. (2007b). Sector Analysis for A FTSE Portfolio of Stocks, *Physica A*, 373, 615-626.
- Danko, J., Soltes, V. (2018). Portfolio Creation Using Graph Characteristics, *Investment Management and Financial Innovations*, 15(1), 180-189.
- Dickey, D. A., Fuller, W. A. (1979). Distribution for The Estimates For Autoregressive Time Series With A Unit Root, *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427-31.
- Dickey, D. A., Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics For Auto-Regressive Time Series with A Unit Root, *Econometrica*, 49, 1057-72.
- Eryiğit, M., Eryiğit, R. (2009). Network Structure of Cross Correlations Among the World Market Indices, *Physica A*, 388, 3551-3562.
- Gilmore, C.G., Lucey, B.M., Boscia, M. (2008). A Never-Closer Union? Examining The Evolution of Linkages Of European Equity Markets Via Minimum Spanning Trees, *Physica A*, 387 (2008) 6319-6329.
- Gilmore, C.G., Lucey, B.M., Boscia, M.W. (2010). Comovements In Government Bond Markets: A Minimum Spanning Tree Analysis. *Physica A*, 389(21), 4875-4886.
- Guo, X., Zhang, H., Tian, T. (2018). Development Of Stock Correlation Networks Using Mutual Information And Financial Big Data, *PLoS ONE*, 13(4): e0195941.
- Hatipoğlu, V.F., (2017). Application of a New Quantitative Approach to Stock Markets: Minimum Spanning Tree, *Alphanumeric Journal*, 5(2).
- Jarque, C. M., Bera, A. K. (1987). A Test for Normality of Observations and Regression Residuals, *International Statistical Review*, 55, 163-172.
- Ljung, G.M., Box, G.E.P. (1978), On a Measure of a Lack of Fit in Time Series Models, *Biometrika*, 65, 297-303.
- Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical Structure in Financial Markets. *The European Physical Journal B*, 11, 193-197.

- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio Selection, *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Micciche, S., Bonanno, G., Lillo, F., Mantegna, R.N. (2003). Degree Stability Of A Minimum Spanning Tree Of Price Return and Volatility, *Physica A*, 324 66.
- Onnela, J.P., Chakraborti, A., Kaski, K., Kertesz, J. (2002). Dynamic Asset Trees And Portfolio Analysis, *The European Physical Journal B*, 30(3), 285–288
- Onnela, J.-P., Chakraborti, A., Kaski, K., Kertesz, J., Kanto, A. (2003a). Asset Trees and Asset Graphs in Financial Markets, *Physica Scripta*, T106, 48-54.
- Onnela, J.-P., Chakraborti, A., Kaski, K., Kertesz, J., Kanto, A. (2003b). Dynamics Of Market Correlations: Taxonomy and Portfolio Analysis, *Physical Review E*, 68(5), 68-79.
- Tse, C.K., Liu, J., Lau, F.C.M. (2010). A Network Perspective Of The Stock Market, *Journal of Empirical Finance*, 17(4), 659–667.
- Vandewalle, N., Brisbois, F., Tordoir, X. (2001). Self-organized Critical Topology of Stock Markets, *Quantitative Finance*, 1, 372–375
- Vizgunov, A., Goldengorin, V., Kalyagin, V., Koldanov, A., Koldanov, P., Pardalos, P. M. (2014). Network Approach For The Russian Stock Market, *Computational Management Science*, 11(1–2), 45–55.
- Wang, G.-J., Xie, H.C., Stanley, E. (2018). Correlation Structure and Evolution of World Stock Markets: Evidence from Pearson and Partial Correlation-Based Networks, *Computational Economics*, 51(3), 607–635.
- Zhang, X., Zheng, X., Zeng, D.D. (2017). The Dynamic Interdependence Of International Financial Markets: An Empirical Study On Twenty-Seven Stock Markets, *Physica A*, 472, 32-42

EK 1

Tablo1. Hisse Senetlerine ait Tanımlayıcı İstatistikler

	Ortalama	Medyan	Minimum	Maksimum	St. Sapma	Çarpıklık	Basıklık
YKBNK	-0,0957	-0,2125	-5,5239	4,9149	1,9894	0,1171	0,0501
YATAS	-0,1620	-0,2332	-8,2052	8,5172	2,8193	0,1463	0,6186
VKGYO	-0,3073	-0,3683	-5,3825	5,9943	1,9669	-0,0505	1,3443
VAKBN	-0,2143	-0,1474	-5,0644	4,5068	2,0136	-0,0006	-0,5070
TUPRS	-0,1295	-0,1597	-9,6220	5,5979	1,9093	-0,7465	5,0133
TTRAK	-0,2591	0,0000	-5,5320	4,4851	1,6993	-0,2625	0,7740
TTKOM	-0,1233	0,0000	-8,2638	7,2240	2,1901	-0,1935	2,8016
TRCAS	-0,2614	-0,4040	-6,7823	5,6908	2,3332	0,0419	0,1226
TOASO	-0,2731	-0,4983	-4,4066	3,8482	1,7302	0,2127	-0,3388
TMSN	-0,3793	-0,2506	-8,6193	15,7876	3,0775	1,0447	6,0508
TCELL	-0,2506	-0,2305	-5,0711	4,7990	1,9546	0,3867	0,1537
TATGD	-0,2508	-0,1903	-8,5454	8,3231	2,3718	0,0007	1,8444
SODA	0,0548	0,0000	-5,2326	3,9609	1,4135	-0,3267	1,4625
SKBNK	-0,3720	-0,5900	-6,7064	5,5399	2,0273	-0,1265	0,5056
ALGYO	-0,1724	-0,1921	-5,0948	3,6858	1,6891	-0,0869	0,2310
CEMTS	0,2243	0,0000	-9,8118	5,9163	2,5624	-0,4990	1,5506
ARCLK	-0,2504	-0,3916	-4,1619	7,7361	1,6343	1,0780	4,3858
GOZDE	-0,6009	-0,5923	-7,3259	9,4353	3,0434	0,5815	1,3629
AYEN	-0,2981	0,2323	-22,2871	18,0223	5,9759	-1,1731	4,3565
İPEKE	0,2379	-0,1878	-8,6075	11,8756	3,0301	0,6449	2,0742
MAVI	-0,1694	0,0000	-7,0363	4,9471	1,8928	-0,5328	1,4210
GUBRF	-0,2911	-0,2275	-6,4350	5,7538	1,8615	-0,0126	1,1622
DOAS	-0,1225	0,0000	-6,7502	5,2056	1,8655	-0,1765	1,1491
GOODY	-0,2546	-0,2478	-4,0933	2,9414	1,3611	-0,1682	0,1103
BRSAN	-0,2187	-0,1631	-9,8470	6,0309	2,4223	-0,5582	2,5256
EREGL	0,1127	0,0922	-5,8898	5,3653	2,1542	-0,0314	-0,0388
MGROS	-0,3146	-0,1969	-4,5887	6,7487	1,9982	0,4361	0,9502
ODAS	-0,3121	-0,4068	-10,7631	15,7579	3,0004	1,3108	7,7327
OTKAR	-0,4549	-0,2619	-6,9139	5,5732	2,1040	-0,4392	1,3519
PETKM	-0,4889	-0,1255	-11,1663	5,1701	2,4810	-1,1185	2,6728
FROTO	0,0878	0,0000	-6,4640	5,3689	1,9975	-0,2414	1,0890
KOZAA	0,2492	0,0000	-8,0819	13,0805	3,5088	0,7097	1,7871
GARAN	-0,2107	-0,4264	-5,6475	6,2965	2,2177	0,4382	0,2912
KARTN	-0,1023	0,0000	-4,2422	5,4149	1,3944	0,3090	1,8960
KCHOL	-0,2586	-0,4428	-4,7998	5,9915	1,9193	0,3707	0,1737
VESTL	0,1475	-0,0996	-9,9196	15,1694	3,4650	0,9817	4,8135
TSKB	-0,1521	0,0000	-3,7181	5,1292	1,7723	0,3462	0,3363
TRKCM	-0,1484	0,0000	-4,6980	5,1293	1,6747	-0,1135	1,3025
TKNSA	-0,3311	-0,2963	-7,0433	10,6201	2,4732	0,7794	3,4002
TKFEN	-0,0806	-0,1093	-5,1636	6,5426	2,1884	0,1075	-0,0140
SNGYO	-0,2137	0,0000	-6,8053	8,2238	1,9709	0,2492	2,8436
SISE	-0,1298	0,0000	-5,8985	3,8273	1,8661	-0,2476	0,4724
FENER	0,1267	-0,0597	-6,2098	16,4749	2,6869	2,2240	12,1073
AEFES	-0,0223	0,1537	-5,2774	3,0911	1,5576	-0,3337	0,1717
GLYHO	0,0126	-0,4785	-8,7402	12,0286	3,0211	0,8201	1,9709
HLGYO	-0,1788	0,0000	-3,2435	2,3811	1,2196	0,0528	-0,4454

SAHOL	-0,1839	-0,2682	-3,5809	3,3053	1,3268	0,0624	-0,1932
SASA	0,2439	-0,4440	-15,4468	11,7464	4,5035	0,0928	0,9801
ANELE	-0,4336	-0,5848	-6,8993	5,4067	2,2483	0,0771	0,1790
HALKB	-0,3353	-0,1068	-9,7374	9,8716	2,3739	0,1685	4,2242
IHLAS	-0,4073	0,0000	-10,8214	8,4557	2,7952	-0,2845	1,8351
KIPA	-0,2382	-0,2240	-22,3980	18,3369	5,2267	0,3218	5,9511
NETAS	-0,5136	-0,4090	-6,9297	11,7030	2,3999	0,7316	5,2607
PRKME	-0,3621	-0,2484	-6,8486	4,7467	2,2993	-0,3278	-0,1449
CCOLA	0,0243	0,0000	-5,0404	5,0440	1,6022	-0,0035	0,5063
BRISA	-0,1446	-0,1421	-4,3129	4,6644	1,3986	0,0284	1,2822
KORDS	-0,1064	0,0000	-5,0902	5,9423	1,8811	0,2849	0,1870
GOLTS	-0,3186	-0,1591	-4,5133	4,1802	1,5136	-0,2043	0,4177
AKBNK	-0,2212	-0,3842	-4,2990	4,2309	1,9052	0,1456	-0,3411
BJKAS	-0,5483	-0,2714	-14,9246	3,6065	2,2965	-2,4280	12,6399
ALARK	-0,4087	-0,4098	-6,5005	4,9456	1,8038	-0,1786	0,8928
ECILC	-0,2468	-0,2384	-6,0149	4,2182	1,8185	-0,3416	0,5687
GSRAY	-0,1017	0,0000	-10,2084	8,6178	3,0785	0,0145	1,1731
ZOREN	-0,0600	0,0000	-5,7708	8,2400	2,7487	0,4683	0,4813
ULKER	-0,1141	-0,0869	-3,5657	4,3586	1,8402	0,3107	-0,4062
THYAO	0,0495	-0,2284	-8,1735	5,8293	2,7842	-0,0289	-0,0394
TAVHL	-0,0107	0,0000	-9,0167	5,2815	2,3878	-0,5444	1,3847
AKSEN	-0,0432	-0,2018	-6,3640	5,6908	2,1912	0,0208	0,1724
FLAP	-0,8926	0,2090	-22,9574	18,1860	8,3421	-0,6505	1,0923
AFYON	-0,3609	-0,1347	-6,5186	3,8572	1,5995	-0,7373	1,8833
DOHOL	0,0903	0,0000	-13,9762	17,8483	4,0643	1,7994	8,0102
IEYHO	-0,4312	0,0000	-13,8150	14,3101	3,4865	0,2041	4,4554
EGEEN	-0,0393	-0,0322	-6,7674	6,0536	2,1575	0,2056	0,7184
ENKAI	-0,2126	0,0000	-4,6701	3,0550	1,3110	-0,3393	0,7549
AKSA	-0,0907	0,1271	-16,9685	7,7759	2,8018	-1,8903	10,7550
ANACM	0,0035	-0,3630	-5,6726	6,4178	2,6226	0,2531	-0,3744
DGKLB	-0,6985	-0,6250	-9,9207	7,2539	2,9604	-0,3125	1,1374
DEVA	-0,1449	0,0000	-6,9897	6,1395	2,2569	-0,1744	0,6071
KARSN	0,0232	-0,4357	-10,0083	14,3101	3,4022	0,8214	3,5831
KOZAL	0,2064	0,0000	-9,7653	6,6140	3,1002	-0,3321	0,0340
KRDMD	0,3614	0,0000	-5,6798	7,2594	2,6704	0,0943	-0,4081
NTHOL	-0,2353	-0,4073	-5,4559	4,7118	2,1663	0,1456	-0,1278
ALBRK	-0,1133	0,0000	-6,3716	6,1453	2,2138	0,0540	0,6098
EKGYO	-0,2983	0,0000	-11,3500	4,8593	1,9313	-1,5369	8,3756
BANVT	-0,5097	-0,6685	-8,7342	10,7889	3,0679	1,0234	3,0592
BIMAS	-0,1244	-0,0696	-3,9221	3,8630	1,2745	0,1354	1,3890
ISGYO	-0,2565	0,0000	-4,9762	3,0083	1,2704	-0,4254	0,9312
CEMAS	0,3637	0,5865	-23,0416	18,6480	7,6890	-0,8500	2,4863
ASELS	-0,2705	-0,1880	-6,0858	7,0247	1,9610	0,7945	3,0602
GSDHO	-0,0258	0,0000	-6,7139	18,2322	2,8466	2,4868	14,6313
PGSUS	-0,2400	-0,3606	-6,7259	7,0389	2,5555	0,2585	-0,0803
AKENR	-0,2149	0,0000	-5,1293	6,0018	2,0495	0,3384	0,1262
ISCTR	-0,1639	-0,1446	-5,4218	5,8269	2,1094	0,0157	0,0454
METRO	0,0713	0,0000	-6,4539	7,6227	2,6594	0,8250	1,2085

EK 2.

**Tablo 2. Jarque-Bera, ADF ve Ljung-Box Test Sonuçları**

	Jarque-Bera Test İstatistiği	Olasılık	ADF Test İstatistiği	Olasılık	Ljung-Box Test İstatistiği	Olasılık
YKBNK	0,3081	0,8572	-5,6040	<0,01**	0,1196	0,7295
YATAS	2,5365	0,2813	-3,2927	0,0760	2,6169	0,1057
VKGYO	9,2716	0,0097**	-5,8023	<0,01**	5,5640	0,0183*
VAKBN	0,9638	0,6176	-4,6109	<0,01**	1,4148	0,2343
TUPRS	131,4442	<0,01**	-5,8367	<0,01**	2,1472	0,1428
TTRAK	4,5240	0,1041	-4,3431	<0,01**	2,0006	0,1572
TTKOM	39,1462	<0,01**	-4,0975	<0,01**	0,0461	0,8300
TRCAS	0,1811	0,9134	-4,7164	<0,01**	1,9077	0,1672
TOASO	1,2248	0,5421	-5,4650	<0,01**	7,8668	0,0050**
TMSN	196,0474	<0,01**	-4,8088	<0,01**	0,2526	0,6153
TCELL	2,9979	0,2234	-4,6421	<0,01**	0,5228	0,4696
TATGD	16,9967	0,0002**	-3,9775	0,0129*	2,8149	0,0934
SODA	12,8416	0,0016**	-4,7907	<0,01**	0,0337	0,8544
SKBNK	1,7787	0,4109	-4,5377	<0,01**	0,3051	0,5807
ALGYO	0,5259	0,7688	-5,4952	<0,01**	0,1145	0,7351
CEMTS	16,7947	0,0002**	-3,2207	0,0880	0,0916	0,7621
ARCLK	114,6220	<0,01**	-6,4215	<0,01**	0,3217	0,5706
GOZDE	15,7860	0,0004**	-4,8266	<0,01**	0,7192	0,3964
AYEN	117,3968	<0,01**	-3,4877	0,0465*	12,4120	0,0004**
IPEKE	29,1253	<0,01**	-3,6722	0,0300*	0,1378	0,7105
MAVI	15,5649	0,0004**	-3,5452	0,0414*	0,0942	0,7589
GUBRF	6,9815	0,0305*	-4,9886	<0,01**	0,7501	0,3864
DOAS	7,4110	0,0246*	-4,9805	<0,01**	2,1975	0,1382
GOODY	0,6569	0,7201	-4,6476	<0,01**	3,0207	0,0822
BRSAN	37,1954	<0,01**	-3,7786	0,0225*	0,0547	0,8151
EREGL	0,0196	0,9903	-4,5574	<0,01**	0,3470	0,5558
MGROS	8,3112	0,0157*	-4,7256	<0,01**	0,5091	0,4755
ODAS	317,8591	<0,01**	-6,2957	<0,01**	1,6868	0,1940
OTKAR	12,9267	0,0016**	-4,4055	<0,01**	0,5932	0,4412
PETKM	58,4228	<0,01**	-3,8136	0,0208*	0,0002	0,9899
FROTO	7,2522	0,0266*	-4,6087	<0,01**	0,1795	0,6718
KOZAA	25,3921	<0,01**	-5,3634	<0,01**	0,2961	0,5863
GARAN	4,1495	0,1256	-5,2120	<0,01**	1,0202	0,3125
KARTN	19,7160	0,0001**	-5,2967	<0,01**	0,1911	0,6620
KCHOL	2,8129	0,2450	-6,1340	<0,01**	1,0510	0,3053
VESTL	129,6814	<0,01**	-4,8919	<0,01**	0,0784	0,7794
TSKB	2,9588	0,2278	-4,9453	<0,01**	0,0152	0,9018
TRKCM	8,9210	0,0116*	-4,9573	<0,01**	2,8319	0,0924
TKNSA	67,5927	<0,01**	-4,7252	<0,01**	2,2025	0,1378
TKFEN	0,2238	0,8941	-4,9639	<0,01**	7,6698	0,0056**
SNGYO	40,7442	<0,01**	-4,8784	<0,01**	9,5748	0,0020**
SISE	2,4548	0,2930	-5,3657	<0,01**	7,2902	0,0069**

FENER	789,3927	<0,01**	-5,1718	<0,01**	1,3759	0,2408
AEFES	2,3216	0,3132	-4,5932	<0,01**	1,0657	0,3019
GLYHO	31,8961	<0,01**	-4,1484	<0,01**	6,5616	0,0104*
HLGYO	0,7710	0,6801	-5,0680	<0,01**	6,9603	0,0083**
SAHOL	0,1630	0,9218	-5,1367	<0,01**	0,0002	0,9892
SASA	5,2074	0,0740	-5,2889	<0,01**	0,5561	0,4558
ANELE	0,3686	0,8317	-4,7252	<0,01**	1,8842	0,1699
HALKB	86,8097	<0,01**	-5,0978	<0,01**	1,0139	0,3140
IHLAS	18,3427	0,0001**	-3,9437	0,0145*	3,3425	0,0675
KIPA	171,9064	<0,01**	-4,1247	<0,01**	0,0601	0,8063
NETAS	143,1350	<0,01**	-4,1089	<0,01**	1,7178	0,1900
PRKME	2,0450	0,3597	-4,4000	<0,01**	0,3017	0,5828
CCOLA	1,4837	0,4762	-3,8469	0,0192*	1,7835	0,1817
BRISA	8,4388	0,0147*	-4,7629	<0,01**	0,0756	0,7833
KORDS	1,7917	0,4083	-5,7141	<0,01**	3,8669	0,0492*
GOLTS	1,8316	0,4002	-4,7700	<0,01**	0,0480	0,8266
AKBNK	0,7821	0,6763	-4,4377	<0,01**	0,0777	0,7804
BJKAS	869,4955	<0,01**	-3,4722	0,0479*	1,4661	0,2260
ALARK	4,8269	0,0895	-6,0016	<0,01**	0,2498	0,6172
ECILC	4,0112	0,1346	-4,5686	<0,01**	0,2112	0,6458
GSRAY	7,1081	0,0286*	-4,4182	<0,01**	0,0025	0,9602
ZOREN	5,4508	0,0655	-5,2570	<0,01**	8,0606	0,0045**
ULKER	2,3842	0,3036	-5,8021	<0,01**	1,4548	0,2278
THYAO	0,0167	0,9917	-4,7417	<0,01**	6,4110	0,0113*
TAVHL	15,3002	0,0005**	-4,7319	<0,01**	0,3508	0,5537
AKSEN	0,2512	0,8819	-5,9665	<0,01**	0,0100	0,9203
FLAP	14,1040	0,0009**	-4,6436	<0,01**	13,3977	0,0003**
AFYON	27,8536	<0,01**	-5,7462	<0,01**	1,6323	0,2014
DOHOL	366,9741	<0,01**	-4,6112	<0,01**	19,3093	0,0000**
IEYHO	96,6333	<0,01**	-6,0719	<0,01**	1,6743	0,1957
EGEEN	3,6070	0,1647	-3,6487	0,0321*	3,1875	0,0742
ENKAI	5,2391	0,0728	-3,9202	0,0157*	0,5524	0,4573
AKSA	617,3733	<0,01**	-3,4644	0,0486*	0,4499	0,5024
ANACM	1,6776	0,4322	-4,5547	<0,01**	0,2126	0,6447
DGKLB	8,5205	0,0141*	-4,1650	<0,01**	0,0242	0,8763
DEVA	2,6324	0,2682	-5,0096	<0,01**	2,5495	0,1103
KARSN	74,9641	<0,01**	-5,0778	<0,01**	0,5118	0,4744
KOZAL	2,0973	0,3504	-4,0058	0,0115*	3,4008	0,0652
KRDMD	0,7541	0,6859	-4,4691	<0,01**	0,6281	0,4281
NTHOL	0,4208	0,8102	-4,6722	<0,01**	0,5849	0,4444
ALBRK	2,1355	0,3438	-6,3997	<0,01**	1,0635	0,3024
EKGYO	379,0217	<0,01**	-4,7598	<0,01**	0,0426	0,8365
BANVT	65,2535	<0,01**	-4,6515	<0,01**	7,9000	0,0049**
BIMAS	10,1650	0,0062**	-4,9593	<0,01**	0,1175	0,7317
ISGYO	7,9600	0,0187*	-4,6360	<0,01**	1,1078	0,2926
CEMAS	43,9191	<0,01**	-3,6216	0,0345*	9,2677	0,0023**
ASELS	57,5127	<0,01**	-4,4997	<0,01**	6,6341	0,0100*
GSDHO	1131,8290	<0,01**	-4,8315	<0,01**	2,3327	0,1267

PGSUS	1,2508	0,5350	-5,8549	<0,01**	0,0753	0,7838
AKENR	2,2928	0,3178	-5,3941	<0,01**	4,6501	0,0311*
ISCTR	0,0519	0,9744	-3,8431	0,0194*	0,0206	0,8860
METRO	20,2323	<0,01**	-4,1903	<0,01**	0,0264	0,8710

Not: \*\*,  $\alpha=0,01$  anlamlılık düzeyi, \*,  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyi

### EK 3.

**Tablo 3. Kümeler Kullanılarak Oluşturulan Portföylere ait Performans Sonuçları**

Portföy		Eşit Ağırlıklı Portföy			Minimum Varyans Portföy		
Küme 1	Küme2	Ortalama Getiri	Standart Sapma	Sharpe	Ortalama Getiri	Standart Sapma	Sharpe
C1	C2	-0,1142	1,8635	-0,0704	-0,1826	1,4123	-0,1312
C1	C3	-0,1429	1,6539	-0,0900	-0,1777	1,4635	-0,1225
C1	C4	-0,0966	1,6130	-0,0656	-0,1241	1,3522	-0,0919
C1	C5	-0,1838	1,4909	-0,1253	-0,1817	1,2830	-0,1419
C1	C6	-0,1276	1,5268	-0,0846	-0,1354	1,3874	-0,0978
C1	C7	-0,2018	1,6882	-0,1191	-0,1655	1,3577	-0,1224
C1	C8	-0,1700	1,5952	-0,1079	-0,1465	1,4097	-0,1038
C1	C9	-0,1799	1,5716	-0,1165	-0,1731	1,3496	-0,1268
C1	C10	-0,0892	1,8493	-0,0491	-0,1393	1,5514	-0,0906
C1	C11	-0,0380	1,6337	-0,0238	-0,1106	1,3533	-0,0828
C2	C3	-0,1151	1,9718	-0,0668	-0,2138	1,5631	-0,1430
C2	C4	-0,0681	1,9363	-0,0441	-0,1485	1,4550	-0,1061
C2	C5	-0,1567	1,8312	-0,0953	-0,2138	1,3527	-0,1613
C2	C6	-0,0995	1,8166	-0,0611	-0,1642	1,4881	-0,1132
C2	C7	-0,1753	1,9963	-0,0931	-0,2011	1,4515	-0,1425
C2	C8	-0,1425	1,9231	-0,0822	-0,1733	1,4951	-0,1192
C2	C9	-0,1519	1,9151	-0,0881	-0,2081	1,4399	-0,1452
C2	C10	-0,0616	2,0781	-0,0328	-0,1672	1,6818	-0,1070
C2	C11	-0,0099	1,9311	-0,0106	-0,1358	1,4217	-0,0992
C3	C4	-0,0968	1,7325	-0,0611	-0,1319	1,5134	-0,0887
C3	C5	-0,1858	1,6070	-0,1182	-0,2071	1,3959	-0,1512
C3	C6	-0,1284	1,5960	-0,0823	-0,1489	1,5022	-0,1013
C3	C7	-0,2027	1,7762	-0,1141	-0,1939	1,4887	-0,1334
C3	C8	-0,1707	1,6875	-0,1032	-0,1673	1,5467	-0,1105
C3	C9	-0,1802	1,6754	-0,1103	-0,2054	1,4748	-0,1400
C3	C10	-0,0897	1,9396	-0,0472	-0,1561	1,7748	-0,0911
C3	C11	-0,0383	1,7664	-0,0250	-0,1108	1,4841	-0,0762
C4	C5	-0,1389	1,5613	-0,0935	-0,1596	1,3024	-0,1245
C4	C6	-0,0795	1,6095	-0,0532	-0,1002	1,4195	-0,0703
C4	C7	-0,1554	1,7405	-0,0902	-0,1413	1,3829	-0,1045
C4	C8	-0,1219	1,6501	-0,0771	-0,1033	1,4280	-0,0716
C4	C9	-0,1345	1,6559	-0,0860	-0,1502	1,3739	-0,1091
C4	C10	-0,0423	2,0033	-0,0232	-0,0863	1,6762	-0,0499
C4	C11	0,0096	1,6936	0,0028	-0,0682	1,3873	-0,0495
C5	C6	-0,1692	1,4711	-0,1152	-0,1769	1,3255	-0,1351



C5	C7	-0,2458	1,6465	-0,1484	-0,1943	1,3142	-0,1504
C5	C8	-0,2105	1,5499	-0,1361	-0,1742	1,3253	-0,1339
C5	C9	-0,2226	1,5250	-0,1475	-0,1968	1,3017	-0,1517
C5	C10	-0,1314	1,8072	-0,0723	-0,1869	1,4651	-0,1312
C5	C11	-0,0782	1,5614	-0,0496	-0,1407	1,3070	-0,1106
C6	C7	-0,1858	1,6600	-0,1090	-0,1532	1,4168	-0,1102
C6	C8	-0,1544	1,5553	-0,0993	-0,1289	1,4218	-0,0907
C6	C9	-0,1652	1,5524	-0,1069	-0,1642	1,4066	-0,1165
C6	C10	-0,0742	1,9847	-0,0374	-0,1120	1,7360	-0,0645
C6	C11	-0,0225	1,5744	-0,0143	-0,0734	1,4380	-0,0511
C7	C8	-0,2305	1,7488	-0,1301	-0,1540	1,4240	-0,1100
C7	C9	-0,2395	1,7155	-0,1390	-0,1866	1,3817	-0,1355
C7	C10	-0,1493	1,9550	-0,0735	-0,1590	1,5864	-0,1032
C7	C11	-0,0971	1,7424	-0,0520	-0,1117	1,3883	-0,0834
C8	C9	-0,2075	1,6353	-0,1279	-0,1740	1,4253	-0,1222
C8	C10	-0,1161	1,8531	-0,0626	-0,1268	1,6553	-0,0766
C8	C11	-0,0644	1,6228	-0,0397	-0,0798	1,4159	-0,0564
C9	C10	-0,1263	1,9001	-0,0664	-0,1811	1,5737	-0,1149
C9	C11	-0,0749	1,6529	-0,0449	-0,1320	1,3841	-0,0953
C10	C11	0,0159	1,8804	0,0084	-0,0472	1,5613	-0,0302