

YÜKSEK FREKANSLI İŞLEMLER SONRASI BORSA İSTANBUL'DA PİYASA ETKİNLİĞİNİN TEST EDİLMESİ*

Çağrı Kaan YALÇIN¹

Yasin Erdem ÇEVİK²

Cihan TANRIÖVEN³

Atıf/©: Yalçın, Ç.K., Çevik, Y.E. ve Tanrıöven, C. (2022). Yüksek frekanslı işlemler sonrası Borsa İstanbul'da piyasa etkinliğinin test edilmesi. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), 100-119. doi: 10.17218/hititsbd.1107939

Özet: Yüksek frekanslı işlemlerin sermaye piyasalarında kullanımıyla birlikte yatırım ortamı değişmiş, yüksek frekanslı işlemlerin piyasa etkinliğinin tespitine ilişkin çalışmalarda araştırılması önem kazanmıştır. Yüksek frekanslı işlemlerin, kullanıldıkları piyasalarda hız ve teknoloji avantajları nedeniyle piyasa etkinliğini etkiledikleri ve kısa zaman aralıklarında zayıf formda piyasa etkinliğinin reddedilmesine yol açtıkları gözlemlenmiştir. Borsa İstanbul'un BISTECH sistemine geçmesiyle 2016 yılından itibaren yüksek frekanslı işlemler Türkiye piyasalarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada yüksek frekanslı işlemler dikkate alınarak, etkin piyasa hipotezinin Borsa İstanbul'daki geçerliliği sınanmıştır. Zayıf formda piyasa etkinliğinin tespiti için literatüre benzer bir şekilde varyans oranı testi kullanılarak rassal yürüyüş hipotezi test edilmiştir. Veri seti olarak Borsa İstanbul'un temel göstergesi olan BIST100 endeksinin 05/02/2019 ve 05/02/2020 dönemleri arasındaki dakikalık getirileri kullanılmıştır. Borsa İstanbul'un dakikalık zaman dilimlerinde zayıf formda etkin olmadığı gözlemlenmiştir. Yüksek frekanslı işlemlerin kullanıldığı Borsa İstanbul'da rassal yürüyüşün olmadığı, durağanlığın mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç Borsa İstanbul'da yüksek frekanslı işlemler kullanılarak piyasanın üzerinde getiri elde etmenin mümkün olduğunu ifade etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Frekanslı İşlemler, Algoritmik İşlemler, Etkin Piyasa Hipotezi, Adaptif Piyasa Hipotezi, Rassal Yürüyüş Teorisi

Testing Market Efficiency in Borsa Istanbul After High Frequency Trading

Citation/©: Surname, First Letter of Name., and Surname, N. (2022). Testing market efficiency in Borsa Istanbul after high frequency trading. *Hitit Journal of Social Sciences*, 15(1), 100-119. doi: 10.17218/hititsbd.1107939

Abstract: With the use of high-frequency trading (hereafter HFT) in capital markets, the investment environment has changed, and it has become important to investigate HFT studies on market efficiency. It has been observed that HFT affect market efficiency due to speed and technology advantages in the markets in which they are used, and lead to the rejection of weak form market activity in short time intervals. With Borsa İstanbul's transition to the BISTECH system, HFT have been used in Turkish markets since 2016. In this study, the validity of the efficient market hypothesis

Araştırma Makalesi / Research Article

Makale Geliş Tarihi / Submitted: 23.04.2022 Makale Kabul Tarihi / Accepted: 1.6.2022

*Bu çalışma Prof. Dr. Cihan TANRIÖVEN danışmanlığında 03.03.2020 tarihinde tamamlanan "Yüksek Frekanslı İşlemlerin Piyasa Etkinliğine Etkisi: Borsa İstanbul Örneği" başlıklı ve 664326 tez no' lu yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

¹ Sorumlu Yazar, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Muhasebe Finansman Bilim Dalı Doktora Öğrencisi, cagri.yalcin@hbv.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0001-8725-6559>

²Ar. Gör. Dr. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, c.erdem@hbv.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-3684-6668>

³Prof. Dr. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, c.tanrioven@hbv.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-0192-7628>.

in Borsa Istanbul was tested by considering HFT. To determine the weak form market efficiency, the random walk hypothesis was tested by using the variance ratio test, like the literature. As the data set, the minute returns of the BIST100 index, which is the main indicator of Borsa Istanbul, between the periods 05/02/2019 and 05/02/2020 were used. It has been observed that Borsa Istanbul is not active in weak form in minute timeframes. It has been determined that there is no random walk and stationarity in Borsa Istanbul, where HFT are used. This result indicates that it is possible to obtain returns above the market by using HFT in Borsa Istanbul.

Keywords: *High Frequency Trading, Algorithmic Trading, Efficiency Market Hypothesis, Adaptive Market Hypothesis, Istanbul Stock Exchange, Random Walk Theory*

1. GİRİŞ

Son yıllarda finansal teknoloji ve uygulamalarında yaşanan gelişmeler, yeni yatırım tekniklerini ortaya çıkarmıştır. Bu yatırım teknikleri arasında teknolojik açıdan en gelişmiş olanı yüksek frekanslı işlemlerdir. Yüksek frekanslı işlemler, çeşitli algoritmalar kullanarak kısa zaman aralıklarında çok sayıda işlem yapabilen elektronik yatırım işlemlerini ifade etmektedir.

Elektronik alım-satım faaliyetlerinin artması ve 2000'li yıllarla birlikte yazılım teknolojisinde yaşanan gelişmeler; piyasalarda yazılım tabanlı işlemlerin yani algoritmik işlemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Algoritmik işlemler; önceden belirlenmiş bir stratejinin bir bilgisayar yazılımı aracılığıyla kodlanıp oluşturduğu algoritma ile insan müdahalesi olmadan yaptığı alım-satım işlemleri olarak tanımlanabilir. Çeşitli stratejiler doğrultusunda hareket ederek kısa zaman aralıklarında çok fazla sayıda işlem yapabilme yeteneğine sahip olan algoritmik işlemler; teknolojinin sermaye piyasalarında önemli bir rekabet unsuru haline gelmesinde büyük rol oynamıştır.

Algoritmik işlemlerin büyük bir alt kümesi olarak kabul edebileceğimiz yüksek frekanslı işlemler; dakika, saniye, milisaniye ve mikro saniye gibi kısa zaman aralıklarında çok sayıda işlem yapmalarından dolayı yüksek frekanslı işlemler (YFİ) adını almıştır. Finansal teknolojinin gelişimiyle doğru orantılı olarak her geçen gün işlem hacmini artıran yüksek frekanslı işlemler, günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan piyasaların çoğunluğunda kullanılmaktadır. Avrupa Merkez Bankası'nın 2019 yılının Mayıs ayında yayınladığı rapora göre yüksek frekanslı işlemlerin ABD hisse senedi piyasalarındaki hacminin yaklaşık %50, Avrupa piyasalarındaki işlem hacminin ise %24 ile %43 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Avrupa piyasalarında verilen toplam emir sayısının ise %58 ile %76' sının yüksek frekanslı işlemler tarafından oluşturulduğu düşünülmektedir. Her geçen gün işlem hacmi artan yüksek frekanslı işlemlerin, piyasalara olan etkilerini konu alan çalışmaların sayısını ve önemini de artırmıştır. Finansal piyasaların likiditesi ve oynaklığı üzerine olan etkileri başta olmak üzere yüksek frekanslı işlemlerin etkileri çeşitli açılardan ele alınmış; risk ve getiri akademik yazınına katkı veren önemli çalışmalar yapılmıştır.

Yüksek frekanslı işlemlerin piyasanın likiditesine etkisi hususunda olumlu bir görüş birliği söz konusuysen, oynaklığına etkisi konusunda farklı görüşler ortaya çıkmıştır. 6 Mayıs 2010 tarihinde, New York Borsası'nda yaşanan "flash crash" gibi kriz durumlarında piyasadaki likiditeyi ani bir şekilde çekme ihtimalinin yüksekliğinden dolayı piyasada oynaklığı arttırabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda yüksek frekanslı işlemlerin sıradan yatırımcılar için bir risk teşkil edip etmediği tartışma konusudur. Aynı zamanda piyasa bilgilerine diğer piyasa kullanıcılarından daha önce erişmesi fiyat keşif sürecine katkı sağladığına yönelik çalışmalar, piyasaların etkinliğine yönelik tartışmaları beraberinde getirmektedir. Yüksek frekanslı işlemlerin piyasa etkinliğine etkisi, net olarak bilinmemekle birlikte akademik yazındaki çalışmaların büyük bir

kısımının algoritmik işlemler ve yüksek frekanslı işlemler gibi teknolojik yatırım tekniklerini göz ardı ettiği görülmektedir.

Geçmişte Borsa İstanbul özelinde piyasa etkinliğini tespit etmeye yönelik yapılmış çalışmalarda veri seti olarak; günlük, haftalık ve aylık veri setleri kullanılmıştır. Kullanılan veriler günümüz teknolojisinde uzun zaman dilimlerine denk gelmektedir. Bir başka deyişle; yüksek frekanslı işlemler gibi kısa zaman aralıklarında işlem yapıp gün sonu pozisyonlarını kapatan işlemlerin piyasalara etkisini ölçmemektedir. Nasdaq borsasıyla yapılan iş birliği sonucunda 2016 yılında BISTECH sistemine geçilmesiyle birlikte, yüksek frekanslı işlemler Borsa İstanbul'da kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarihten sonra yüksek frekanslı işlemleri dikkate alarak, kısa zaman dilimleriyle Borsa İstanbul'un piyasa etkinliğinin ölçülmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada yüksek frekanslı borsa işlemleri dikkate alınarak, etkin piyasa hipotezinin Borsa İstanbul'daki geçerliliği sınanmıştır.

Yüksek frekanslı işlemlerin etkin piyasa hipotezi kapsamında piyasaya etkisinin tespitinin amaçlandığı bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümünde çalışmanın teorik çerçevesi ortaya konmuştur. Üçüncü bölümde etkin piyasa hipotezine ve yüksek frekanslı işlemlerin piyasalara etkilerine yönelik literatüre yer verilmiştir. Dördüncü bölümde araştırmanın veri, yöntem ve modeline ilişkin bilgiler verilerek, elde edilen bulgular paylaşılmıştır. Son bölümde ise çalışmanın genel değerlendirmesi yapılmıştır.

2. TEORİK ÇERÇEVE

Etkin piyasa hipotezi temel olarak rassal yürüyüş hipotezine dayanarak, etkin kabul edilen sermaye piyasalarında hisse senedi fiyatlarının rastgele bir yürüyüş izlediğini, yani tahmin edilemez olduğunu öne süren bir hipotezdir. Rassal yürüyüş hipotezi çalışmaları; Louis Bachelier' in (1900) ampirik çalışmasına dayanmakta olup; sonraki yıllarda birçok çalışmaya konu olan rassal yürüyüş hipotezi değişkenler arasındaki bağımsızlığı ifade etmekte kullanılmış ve 1950'li yıllarda tüm dünyada araştırmacılar arasında çalışılan konulardan biri olmuştur. Rassal yürüyüş hipotezinin; mal, ürün fiyatları, hisse senedi fiyatları ve çeşitli ekonomik göstergelerin belirli dönemlerdeki değişikliklerini gözeterek (günlük, aylık, haftalık) finansal piyasaları konu alan çalışmalarda kullanılması, akademik dünyada yeni bir çığır açmış ve etkin piyasa hipotezinin ortaya çıkışını sağlamıştır. Etkin piyasa hipotezinin temelleri 1960'lı yıllarda Paul A. Samuelson ve Eugene F. Fama tarafından atılmıştır.

Samuelson ve Fama farklı nedenlere odaklanarak birbirlerinden bağımsız olarak yaptıkları ayrı çalışmalarda, etkin piyasa hipotezini ileri sürmüşlerdir. Samuelson (1965) çalışmasıyla; etkin olan bir piyasada, fiyat değişikliklerinin tahmin edilemeyeceğini ve fiyatların bir martingale sistemi içerisinde hareket ettiğini belirtmektedir. Bu nedenle mevcut bilgilere dayalı olarak yarının fiyatının bilinmeyeceğini savunmaktadır. Gelecekteki fiyatın; geçmişteki değişiklikler, grafikler ve matematik araçları kullanılarak tahmin edilmesinin ve buna bağlı olarak getiri elde edilmesinin hiçbir yolu olmadığını belirtmektedir. Fama 1965 yılındaki çalışmasında hisse senedi fiyatlarının piyasadaki tüm bilgileri yansıttığını, borsalardaki fiyat değişikliklerinin rastgele bir yürüyüş içerisinde olduğunu ve gelecekte oluşabilecek hisse senedi fiyatlarının tahmin edilemeyeceğini belirtmektedir. 1970 yılında yaptığı çalışmasıyla ise ilk defa etkin piyasa hipotezi kavramını kullanarak literatüre kazandırmıştır. Fama'ya göre piyasa ne kadar etkin olursa piyasada oluşan ve oluşabilecek fiyat değişiklikleri o kadar rastgeledir. En etkin piyasa, fiyat değişikliklerinin tamamen rastgele ve öngörülemez olduğu piyasadır. Fama (1970), piyasada oluşan bilgilerin menkul kıymet fiyatlarına yansması ve menkul kıymetlerin temel değerlerine yakın değerlendirilmelerini esas alarak, etkin piyasa hipotezini etkinlik formu açısından; Zayıf Formda

Piyasa Etkinliği, Yarı Güçlü Formda Piyasa Etkinliği ve Güçlü Formda Piyasa Etkinliği olarak üçlü bir sınıflandırmayla ele alınmıştır.

Zayıf formda piyasa etkinliğinde geçmiş verilere dayanılarak bugünkü fiyatlar tahmin edilememektedir. Geçmişte alınan bilgiler ve yaşanan gelişmelerin menkul kıymet fiyatlarına yansıdığı kabul edilir. Eğer ki, bir piyasada varlıkların geçmiş fiyat hareketlerine bakılarak normalin üzerinde bir kazanç elde edilebiliyorsa mevcut piyasa, zayıf formda etkin bir piyasa değildir. Piyasadaki varlık fiyatları rastgele bir yürüyüş izleyerek birbirleriyle ilişkisiz bir şekilde hareket etmektedirler (Boya, 2019, s.3). Bu nedenle zayıf formda piyasa etkinliği rassal yürüyüş hipotezi ile test edilmektedir. Menkul kıymet fiyatlarının rastgele bir yürüyüş izlediği piyasaların zayıf formda etkin olduğu kabul edilmektedir. Mobarek ve Keasey (2000), etkin piyasa hipotezi testlerinin zayıf formunun, geçmiş hisse fiyatları veya getiri serilerinin gelecekteki hisse fiyatlarını veya getirilerini başarılı bir şekilde tahmin etmek için kullanılıp kullanılmayacağını ölçtüğünü belirtmektedirler.

Yarı güçlü formda piyasa etkinliği, zayıf formda piyasa etkinliğine ilave olarak halka açık olan diğer bilgilerinde menkul kıymet fiyatlarına yansıdığını kabul etmektedir. Yarı güçlü formda piyasada halka açık bilgiler dikkate alınarak hisse senedi fiyatlamasının olduğu kabul edilir ve teknik ve temel analizin önemsizliği belirtilir (Bektur ve Aydın, 2019).

Güçlü formda piyasa etkinliği; zayıf formda piyasa etkinliği ve yarı güçlü formda piyasa etkinliğine ilave olarak; menkul kıymetin fiyatının, ait olduğu firmanın içsel bilgilerinden de etkilenerek fiyatlanmasını ifade etmektedir. Güçlü formda etkin olan piyasalarda piyasadaki hiçbir katılımcı ortalamanın üzerinde kazanç elde edememektedir. Bu durumun nedeni varlığa ait tüm bilgilerin varlık fiyatına tamamen yansımış olması ve varlığın temel değerine en yakın değerden fiyatlanmış olmasıdır (Gümüş ve Bektur, 2019, ss.3-4).

Etkin piyasa hipotezine yönelik günümüz finans dünyasında birçok konuda tartışma mevcuttur. Bu tartışmalar zaman içerisinde psikoloji ve sosyoloji gibi beşerî bilimlerin de etkisiyle davranışsal finansı doğurmuştur. Davranışsal finansın etkin piyasa hipotezini reddetmesine yönelik en büyük eleştiri, savunmasını ampirik bir modellemeye dayandıramaması ve bir bütün halinde etkin piyasa hipotezini reddetmesidir. Bu noktada Andrew W. Lo, 2004 yılında yaptığı The Adaptive Markets Hypothesis (Adaptif Piyasa Hipotezi) adlı çalışmasıyla; davranışsal finansın bağımsız olarak ve etkin piyasa hipotezini geliştirerek ortaya yeni bir hipotez sunmuş, bir alternatif olarak adaptif piyasa hipotezini finans literatürüne kazandırmıştır.

Adaptif piyasa hipotezinin etkin piyasa hipotezinden farklı olarak belirttiği üç ana unsur vardır. Bunlardan ilki yatırımcıların rasyonel olup olmaması durumudur. Adaptif piyasa hipotezi yatırımcı rasyonelitesine getirdiği bakış açısıyla; davranışsal finans ve etkin piyasa hipotezi arasında bir köprü oluşturmayı amaçlamıştır. Adaptif piyasa hipotezine göre yatırımcılar sınırlı rasyoneldirler. Adaptif piyasa hipotezinin etkin piyasa hipotezinden den ayrıldığı ikinci husus risk algısıdır. Risk-ödül ilişkisinin zamana bağlı bir değişken olduğunu belirten adaptif piyasa hipotezi, tutarlı bir beklenen getiri düzeyine ulaşmak için değişen piyasa koşullarına uyum sağlamak gerektiğini savunmaktadır. Adaptif piyasa hipotezinin etkin piyasa hipotezinden ayrıldığı üçüncü husus ise piyasanın etkinliği durumudur. Adaptif piyasa hipotezine göre piyasa hem etkin hem de etkin olmayan dönemlerden oluşmaktadır. Piyasalar etkin durumdan etkin olmayan duruma geçtiğinde ya da tam tersi bir şekilde piyasa etkinliği değiştiğinde, çeşitli yatırımcılar için piyasanın öngörüsü üzerinde kazanç ve kayıplar oluşabilir.

Finans dünyasında bir kült haline gelen etkin piyasa hipotezi ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen, çalışmaların büyük bir kısmının algoritmik işlemler ve yüksek frekanslı işlemler gibi

teknolojik yatırım tekniklerini göz ardı ettiği görülmektedir. Yüksek frekanslı işlemler; tüm yatırım zinciri boyunca algoritmalar kullanan, gerçekleştirilen emirlere kıyasla çok sayıda emir iptal eden, işlem gününün sonundaki pozisyonlarda risk taşımayan, pozisyonlarını genellikle saniyeler kadar hatta bir saniyenin kesirleri kadar tutan ve lisanslı kurumlar tarafından kullanılan yatırım türüdür (Uluslararası Menkul Kıymetler Komisyonları Örgütü, 2011). Yüksek frekanslı işlemlerin temel amaçları kısa zaman aralıklarında oluşan alım-satım farklarını tespit etmektir. Bu nedenle en önemli stratejik avantajları hızlarıdır.

Yüksek frekanslı işlemlerin piyasalara hızlı erişimi eş-yerleşim (co-location) sistemi vasıtasıyla olmaktadır. Yüksek frekanslı işlem kullanıcıları; borsaların oluşturduğu eş-yerleşim sistemi ile kendi veri tabanlarını borsaların belirledikleri yerlerde konumlandırarak, diğer piyasa kullanıcılarından ayrıcalıklı bir şekilde piyasaya daha hızlı erişme imkanına sahip olmaktadır. Piyasada oluşan bilgi ve haberlere diğer kullanıcılara göre daha hızlı ulaşan yüksek frekanslı işlem kullanıcıları, kullandıkları algoritmalar sayesinde çok fazla sayıda işlem yapmaktadırlar. Ulaştıkları bilgileri işleyip, bu bilgilere tepki verme zamanlarını kısa tutarak yeni emirler (emir iyileştirme-kötüleştirme, limit emirleri, emir iptalleri) üretmektedirler. Genel bir deyişle yüksek frekanslı işlemler organize piyasalarda; bu piyasalardan izin alıp belirli bir ücrete tabii olarak, piyasaların veri alt yapısını kullanarak algoritmik alım-satım yapan işlemlerdir. Algoritmik işlemlerden en büyük farkları ise; borsalardan alınan belirli bir lisansa sahip olarak eş-yerleşim mantığıyla işlem yapmalarıdır. Yüksek frekanslı işlemler, finansal piyasaları etkileyerek, yatırım ortamını değiştirmiştir. Yüksek frekanslı işlemleri dikkate alarak, kısa zaman dilimleriyle piyasa etkinliğinin ölçülmesi akademik yazın için güncel ve önemli bir konu haline gelmiştir.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Finansal teknolojideki gelişime bağlı olarak yüksek frekanslı işlemlerin kullanım hacminin artması; araştırmacıların dikkatini çekmiş, bu konudaki çalışmaların sayısı da artmıştır. Yüksek frekanslı işlemlerin finansal piyasalara olan etkisi, likidite, oynaklık, risk ve getiri açılarından ele alınmıştır. Yüksek frekanslı işlemlerin piyasalara likidite sağlaması konusunda çoğunluk görüş yüksek frekanslı işlemlerin piyasalara likidite sağladığı yönündedir. Sağlanan likiditenin; yüksek frekanslı işlem stratejilerinden, hızlı işlem yapabilme yeteneklerinden ve küçük parçalara bölünmüş ancak toplamda yüksek hacimli işlemler yapmalarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Hagströmer ve Norden (2013) NASDAQ OMX Stockholm Borsası'nda yüksek frekanslı işlemlerin agresif emir verme tutumlarını incelemişlerdir. Yüksek frekanslı işlemlerin alım-satım spreadleri geniş olduğunda daha fazla likidite sağladıkları sonucuna ulaşmışlardır. Benos ve Sagade 2013 yılında Bank of England adına yaptıkları çalışmada; bir saniyelik verileri baz alarak, FTSE100'de yer alan dört hisse senedine ilişkin işlem verilerini analiz etmişlerdir. Çalışmaları sonucunda yüksek frekanslı işlem kullanan yatırımcıların diğer yatırımcılara göre daha yüksek likidite sağladıklarını gözlemlemişlerdir. Brogaard, Hendershott ve Riordan (2014) 2008 ve 2009 yılları için Nasdaq QMX' de yüksek frekanslı işlemlerin likidite arzının istikrarını incelemişlerdir. Yüksek frekanslı işlemlerin endojen likidite sağlayıcıları olduklarını belirterek piyasada oluşan aşırı fiyat hareketlerinden (extreme price movements) yüksek frekanslı işlemlerin sorumlu olmadıklarını ve piyasalarda aşırı fiyat hareketlerinin olduğu dönemlerde bile normal dönemlerle aynı şekilde likidite sağladıklarını tespit etmişlerdir.

Yüksek frekanslı işlemlerin kullanımının finans dünyasında yaygınlaşmasıyla birlikte; likiditeye etkilerinden sonra en çok tartışılan konu oynaklığa etkileri olmuştur. Düzenleyici kurumlar ve araştırmacıların bu konuya yönelmelerindeki en büyük etki, flash crash gibi piyasada yaşanan büyük çöküşler ve oynaklıklardır. Literatürde yüksek frekanslı işlemlerin oynaklığa etkisi konusunda bir görüş birliği yoktur. Yüksek frekanslı işlemlerin piyasa bilgilerine çabuk erişmeleri

ve piyasaya dair haberleri önceden alıp diğer yatırımcılara göre daha hızlı işlem yapmaları oynaklığı yükseltme olasılığını arttırmaktadır. Ayrıca yüksek frekanslı işlem kullanıcılarının yaptığı çok fazla sayıda emir iptalleri, hisse senetlerinin fiyatlarında oynaklığa sebep olabilmektedir. Ancak bu emir iptalleri ve hızlı işlemler çok küçük zaman aralıklarında ve likit yatırım araçlarında olduğundan, çoğu zaman oynaklığa olumsuz bir etkisi olmamaktadır. Öyle ki yapılan çalışmalarda; yüksek frekanslı işlemlerin hisse senetlerine yüksek bir likidite sağlamasından ve piyasa yapıcı rol üstlenmesinden dolayı oynaklığı azaltıcı etkiye sahip olduğu görüşü de azımsanmayacak derecede savunulmaktadır. Benos ve Sagade (2013) agresif ve pasif stratejiler izleyen yüksek frekanslı işlemlerin piyasa kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Yüksek frekanslı işlemlerin agresif bir şekilde işlem yaptıklarında hem fiyat keşfine hem de aşırı oynaklığa katkıda bulduklarını belirtmişlerdir. Hasbrouck ve Saar (2013), piyasada kullanılan yüksek frekanslı işlemlerin Ekim 2007'den Haziran 2008'e kadar NASDAQ hisse senetlerinin piyasa kalitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda yüksek frekanslı işlemlerin, 10 dakikalık aralıklarla yüksek-düşük-orta seviye aralığı olarak ölçülen oynaklığı ile negatif ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Hagströmer ve Nordén 2013 OMX Stockholm borsasında yüksek frekanslı işlemlerin 1 dakikalık ila 15 dakikalık aralıklardaki oynaklığı nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucu yüksek frekanslı işlemlerin çoğu zaman piyasa yapıcılığını üstlenerek oynaklığı azalttığını bulmuşlardır. Baron, Brogaard, Hagströmer ve Kirilenko (2017) elektronik işlemlerin sistemik risklerini ve flash crash olayını incelemişlerdir. Flash crashi yüksek frekanslı olmayan, büyük bir satış emrinin tetiklediğini savunmuşlardır. Ancak yüksek frekanslı işlemlerin olay sırasında göstermiş olduğu reaksiyonların aşırı satış baskısına katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yüksek frekanslı işlemlerin ise piyasalarda yaptıkları işlemlerde kendi riskleri yok denecek kadar azdır. Bu durumun nedeni; yüksek frekanslı işlem yapan kullanıcıların gün sonu pozisyonlarını kapatmaları veya çok küçük miktarlarda pozisyonda kalmalarıdır. Yüksek frekanslı işlemler genel ticaret hacminin çok büyük bir kısmını oluşturmasına rağmen çoğu zaman sadece kısa süreler için riskli pozisyonlara sahiptirler. Yani yüksek frekanslı işlem yapan kullanıcılar sınırlı risk taşıma kapasitesine sahiptirler (Biais ve Foucault, 2014, ss.10-15). Aynı zamanda yüksek frekanslı işlemler piyasa bilgilerine diğer yatırımcılara oranla daha çabuk eriştiklerinden ve bu bilgilere dayanarak daha hızlı işlem yaptıklarından dolayı, kendi açılarından büyük bir riske maruz kalmamaktadırlar. Yani teknolojik avantajlarını, risklerinin minimize etmede kullanmaktadırlar. Biais ve Foucault (2014) yaptıkları çalışmada yavaş ve hızlı yatırımcılar arasındaki etkileşimi dikkate alan teorik bir model geliştirerek yüksek frekanslı işlemlerin değerli bilgilere avantajlı erişim sağladığını ve sıradan yatırımcılar için olumsuz bir seçim yarattığını belirtmişlerdir.

Yüksek frekanslı işlemler çok kısa zaman aralıklarında sürekli işlem yaptıklarından getiri elde etmeleri için en önemli faktörlerden biri fiyat keşfi ile olan ilişkileridir. Doğru ve hızlı fiyat keşfi sayesinde küçük marjlarla çok sayıda işlem yaparak getiri elde edebilirler. Fiyat keşfini ise iki temel unsur sayesinde yapmaktadırlar. İlki piyasadan alınan, hızlı ve kolay erişilen ve yine aynı şekilde tepki verilip pozisyon alınan piyasa haberleridir. Yüksek frekanslı işlemler piyasa haberlerine göre hisse senetlerinin hangi yöne, ne kadar bir farkla hareket edebileceğini tahmin edip bu tahminlerine göre pozisyon almaktadır. Brogaard, Hendershott ve Riordan (2014) çalışmalarında yüksek frekanslı işlemlerin piyasadaki varlıkların artışından ya da azalışından hemen önce piyasaya emirler verme eğiliminde olduklarını ortaya koymuşlardır. Bu sonuç, yüksek frekanslı işlemlerin piyasa bilgilerine erken ulaştıklarının bir göstergesi olabilmektedir. Sıradan yatırımcıların piyasa verilerine 15 dakika gecikmeli ulaştıkları yahut aracı kurumları sayesinde saniyelik veri izledikleri bir piyasada yüksek frekanslı işlemler milisaniyelik aralıklarda

işlem yaptıklarından ortaya çıkan bilgilere sıradan yatırımcılara göre çok büyük bir zaman farkıyla erişerek hisse senedinde oluşacak değişimlere erken tepki vermektedirler. Fiyat keşfine etki eden ikinci unsur ise yüksek frekanslı işlem kullanıcıları tarafından piyasaya gönderilen ve daha sonra iptal edilen çok sayıda emirlerdir. Piyasalara çok sayıda ve hızlı bir şekilde emir gönderen yüksek frekanslı işlem kullanıcıları, limit emirler ve piyasa emirleri arasındaki farkları bularak fiyat keşfi yapmaktadır. Araştırmalarını 2012 yılı için tüm S&P borsasındaki hisse senetleri üzerinde yapan Blocher, Cooper, Seddon ve Vliet' e göre (2016), yüksek frekanslı işlemlerin sık sık emir iptali fiyat keşfi için değerli bir bilgi kaynağıdır.

Yüksek frekanslı işlemler yeni bir yatırım tekniği olduğundan piyasa etkinliğine etkisinin incelenmesini konu alan çalışmaların sayısı sınırlıdır. Finans literatüründe etkin piyasa hipotezi üzerine yapıların çalışmaların büyük çoğunluğunda yüksek frekanslı işlemler ve benzer teknolojik işlemler dikkate alınmamıştır. Yapılan araştırmalarda kullanılan veri setleri, uygulanan yöntemler ve çalışmalara konu olan piyasalara göre sonuçlar farklılık göstermiştir. Özdemir (2008) İMKB Ulusal 100 Endeksi Ocak 1990 ve Haziran 2005 haftalık verilerini kullandığı çalışmasında; birim kök testi, varyans oranı testi ve runs testini uygulamıştır. Çalışması sonucunda İMKB'nin zayıf formda etkin olduğunu tespit etmiştir. Tanrıöver ve Çöllü (2015) çalışmalarında 1990- 2014 dönemi BIST100 endeksinin aylık kapanış fiyatlarını kullanarak; Ljung-Box testi, LM testi ve BDS testi uygulamışlardır. Çalışmaları sonucunda BIST100 endeksinin; rastgele bir yürüyüş izlemediğini ve zayıf formda etkin olmadığını tespit etmişlerdir. Ertaş ve Özkan (2018) 1988-2018 tarihleri arasında BIST100 ile S&P500 Composite endekslerinin aylık kapanış fiyatlarını kullanarak Lo' nun haddelemeli birinci derece otokorelasyon katsayısı yöntemiyle piyasa etkinliğini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda adaptif piyasa hipotezinin etkin piyasa hipotezine oranla daha başarılı performans sergilediğini belirtmişlerdir. Gemici ve Polat (2018) çalışmalarında Ocak 1998-Temmuz 2017 dönemleri MIST ülkelerine ait aylık kapanış verilerini kullanarak birim kök testleri ile analiz yapmışlardır. Çalışmaları sonucunda MIST borsalarında rassal yürüyüş hipotezinin geçerli olmadığını belirtmişlerdir. Bektur ve Aydın (2019) çalışmalarında 30.06.2000-29.12.2017 dönemleri BIST100 endeksi ve hizmet, mali, sınai ve teknoloji endekslerinin günlük kapanış fiyatlarını kullanmışlardır. Yöntem olarak ise birim kök testleri ve KPSS testinin Fourier uyarlamasını kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda piyasanın zayıf formda etkin olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüksek frekanslı işlemleri dikkate alarak; dakikalık, saniyelik ve daha küçük zaman aralıklarıyla yapılan çalışmalar çok azdır. Borsa İstanbul için bu zaman aralıklarıyla yapılan çalışma ise bulunmamaktadır. Ancak yabancı literatürde yapılan sınırlı sayıda çalışmada yüksek frekanslı işlemlerin kullanıldığı piyasalarda, piyasa etkinliğinin söz konusu olamayacağı görüşü hakimdir. Bu görüşün temel nedeni ise yüksek frekanslı işlemlerin kendilerine özgü yatırım stratejileri ve başta hızlılıkları olmak üzere sahip oldukları teknolojik avantajlarıdır. Ye, Yao ve Gai (2013) Nasdaq hisselerinde çok yüksek miktarda emrin iptal edildiğini ve bu iptallerin çok kısa sürede gerçekleştiğini tespit etmişlerdir (118 hisse senedi için verilen emirlerin %90'ından fazlası iptal edilmiş ve emir süresi bir saniyeden az olan %30'luk dilimin emir iptal süreleri 5 milisaniyeden kısa sürmüştür). Brogaard, Hendershott ve Riordan (2014) çalışmalarında yüksek frekanslı işlemlerin 3 ila 4 saniyeden küçük zaman aralıklarında fiyat değişikliklerini öngörebildiğini tespit etmişlerdir. Bir başka deyişle yüksek frekanslı işlemlerin etkin piyasa hipotezinin görüşünün tersine fiyat tahmini yapabildiğini öne sürmüşlerdir. Leone ve Kwabi (2019) yaptıkları çalışmada; FTSE100 endeksinin 01/04/2011- 31/05/2012 tarihleri arası mili saniyelik ve 1,5,10 dakikalık verilerini kullanmışlardır. Çalışmada yöntem olarak varyans oranı testini uygulayan araştırmacılar, yüksek frekanslı işlemleri göz ardı etmeden piyasa etkinliğini ölçmeyi

denemişlerdir. Çalışmaları sonucunda FTSE100'de 10 dakikalık zaman diliminin altında rastgele bir yürüyüş olmadığını ve piyasanın 10 dakikadan sonra etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Yüksek frekanslı işlemlerin yoğun olarak gerçekleştiği piyasalarda, piyasa etkinliği hipotezinin tam anlamıyla işlediği bir muammadır. Çünkü yüksek frekanslı işlemler; etkin piyasa hipotezinin temel varsayımlarından tamamen farklılaşmış stratejilere olanak sağlamakta ve getiri elde etmektedirler. Etkin piyasa hipotezine ile yüksek frekanslı işlemlere ilişkin ortaya koyulan görüşler karşılaştırıldığında farklılıklar, belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Bu farklılıklar Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Etkin Piyasa Hipotezinin Geçerli Olduğu Piyasadaki İşlemler ile Yüksek Frekanslı İşlemlere Yönelik Görüşlerin Karşılaştırılması

Etkin Piyasa Hipotezi	Yüksek Frekanslı İşlemler
- Piyasa bilgilerine erişim tüm piyasa kullanıcıları için eşittir.	- YFİ' ler piyasalara diğer kullanıcılardan daha hızlı erişmektedirler.
- Teknik analiz, temel analiz gibi analiz yöntemleri kullanılarak piyasalarda fiyat keşfi yapmak ve buna bağlı olarak getiri elde etmek mümkün değildir.	- Agresif YFİ stratejileri kullanılarak piyasalarda fiyat keşfi mümkündür ve bu duruma bağlı olarak getiri elde edilebilmektedir.
- Piyasalarda hiç kimse piyasanın belirlediği sınır dışında olağanüstü getiri elde edemez.	- YFİ' ler gün içi yaptıkları işlemler ile olağanüstü getiri elde edebilirler.
- Piyasalarda; çökmeler, krizler, balonlar gibi olaylar yoktur.	- Piyasalarda çökmeler, krizler, balonlar gibi olaylar vardır (6 Mayıs Flash Crash Olayı).
- Piyasalarda anomali kavramı yoktur.	- YFİ' ler çok küçük zaman aralıklarında oluşan anlık anomalileri kullanarak işlem yapmaktadırlar.
- Piyasalarda rasyonel arbitrajcular vardır.	- YFİ' lerin olduğu piyasalarda, hız-süre arbitrajı kavramı vardır.
- Piyasalarda momentum etkisi gibi yatırımcı irrasyonelitesine bağlı durumlar söz konusu değildir.	- YFİ' lerin kullanıldığı piyasalarda, momentum etkisi gibi yatırımcı irrasyonelitesine bağlı durumlar vardır.

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Etkin piyasa hipotezine göre piyasalardaki tüm yatırımcılar, piyasalarda ortaya çıkan haberlerin ve bilgilerin tümüne eşit şartlarda erişmektedirler. Bu görüş yüksek frekanslı işlemlerin temel mantığına aykırıdır. Çünkü yüksek frekanslı işlemlerin en önemli özellikleri; hız avantajlarını kullanarak, borsaların veri tabanlarıyla eş zamanlı olarak piyasa bilgilerine ve haberlerine erişip, eriştikleri bilgi ve haberlere göre pozisyon almalarıdır. Hızlı ve algoritmik işlem yapan yüksek frekanslı işlemler diğer piyasa kullanıcılarından önce piyasa bilgilerine erişerek alım-satım yapmaktadırlar. Bu durumda piyasa etkinliğini bozmaya yol açabilmektedir.

Etkin piyasa hipotezine göre teknik ve temel analiz önemsizdir ve geçmiş verilere bakılarak yahut çeşitli stratejiler izlenerek piyasalarda hisse senedi fiyatlarının tahmini mümkün değildir. Yüksek frekanslı işlemler ise çeşitli agresif stratejiler kullanarak piyasalara sürekli ve sıklıkla emirler göndererek hisse senedi fiyat keşfi süreci oluşturmaktadır. Bu süreç sonunda hisse senedi fiyatları ve fiyatların gideceği yönler tahmin edilebilmektedir. Bir nevi yüksek frekanslı işlemler, fiyatlandırma sürecindeki verimsizliklerden yararlanmaktadırlar. Aynı zamanda yüksek frekanslı işlemler son yıllarda sıklıkla kullandıkları ajan tabanlı çalışma sistemleri sayesinde; hisse

senetlerinin geçmiş fiyat hareketlerini analiz edip, piyasadaki haberlere verdikleri tepkileri dikkate alarak, bir fiyat keşif süreci oluşturma yeteneğine sahiptirler.

Etkin piyasa hipotezinin özelliklerine göre; sürekli etkin olan bir piyasada balonlar oluşması, çökmeler olması gibi durumlar söz konusu değildir. Yüksek frekanslı işlemlerin kullanıldığı piyasalarda ise anomali yahut çöküş olarak adlandırılabilirken ani hareketler olabilmektedir. Yüksek frekanslı işlemler piyasa çökmelerine tam manasıyla neden olmasalar da kriz dönemlerinde piyasalardaki likiditeyi azaltarak, dolaylı yoldan oynaklığı artırarak çöktürlere hız kazandırabilmektedirler.

Etkin piyasa hipotezinde anomali kavramı yer almamakta ve piyasada anormallik oluşturan hiçbir faaliyet olmadığı savunulmaktadır. Oysa literatürde; dönemsel, kesitsel ve teknik anomaliler olmak üzere piyasalarda farklı türlerde anomalilerin oluşabileceğine yönelik çalışmalar mevcuttur. Yüksek frekanslı işlemler, oluşan anomalilerden hareketle işlem sıklıklarını ve miktarlarını değiştirerek getiri sağlayabilirler. Ayrıca yüksek frekanslı işlemler; hız üstünlüğüne dayanarak yatırım stratejilerini geliştirdiklerinden milisaniye, saniye, dakika gibi kısa zaman aralıklarında oluşan anormalliklerden yararlanarak da getiri elde edebilirler. Bu durumda yüksek frekanslı işlemlerin piyasalarda kullanılmasıyla yeni bir anomali türü olarak “hız anomalisi” terimi finans dünyasına kazandırılabilir. Etkin piyasa hipotezinin anomalileri reddetmesine karşın yüksek frekanslı işlemler klasik anomali türlerinden ve kendilerine özgün olan hız anomalilerinden yararlanarak işlem yapabilmektedirler.

Etkin piyasa hipotezi yatırımcıları rasyonel bireyler olarak kabul etmektedir. Çeşitli durumlarda ortaya çıkan irrasyonel yatırımcıların hisse senedi fiyatlarına etkisini ise rasyonel arbitrajcıların yok ettiğini savunmaktadır. İrrasyonel yatırımcıların bozmaya çalıştığı piyasa etkinliğini, rasyonel arbitrajcıların dengede tuttuğunu belirtmektedir. Yüksek frekanslı işlemlerde ise arbitraj kavramı süre-hız arbitrajı ile ilişkilendirilmektedir. Yüksek frekanslı işlemler fiyatlardaki küçük dengesizlikleri keşfederek, çok sayıda ve yüksek hızda işlem yaparlar. Küçük miktarlarda da olsa işlem sayısı çok olduğundan yüksek getiri elde ederler.

Etkin piyasa hipotezi ve yüksek frekanslı işlemler arasındaki son farklılık ise momentum stratejisi gibi piyasayı manipüle eden agresif yatırım stratejileridir. Etkin piyasa hipotezine göre, piyasalarda momentum etkisi gibi yatırımcı irrasyonelitesine bağlı durumlar yoktur. Bu nedenle piyasalarda agresif stratejilerin kullanılması yahut başarıya ulaşması söz konusu değildir. Yüksek frekanslı işlemler ise; momentum ateşleme (tetikleme), teklif doldurma ve katmanlama gibi agresif stratejileri sıkça kullanmaktadır. Kullandıkları agresif stratejiler ile piyasalarda ve yatırımcılar üzerinde momentum etkisi ve benzeri etkiler yaratarak işlem yapmaktadır. Öyle ki Amerika Birleşik Devletleri Menkul Kıymet ve Borsa Komisyonu'nun (SEC, 2010,2014) yüksek frekanslı işlemler üzerine yaptığı çalışmalarda; yüksek frekanslı işlemlerin kullandıkları agresif stratejilerin piyasaları ne oranda manipüle ettiği tartışılmakta ve analiz edilmeye çalışılmaktadır. Etkin piyasa hipotezinin bu tarz teknikleri ve piyasalara etkilerini kabul etmemesi dahi etkin piyasa hipotezi ile yüksek frekanslı işlemlerin zıtlığını açıkça göstermektedir.

4. ARAŞTIRMA

Finans dünyasında bir kült haline gelen etkin piyasa hipotezi ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen, bu çalışmaların çoğu son yıllardaki algoritmik işlemler ve yüksek frekanslı işlemler gibi çok kısa zaman aralıklarında çok fazla sayıda işlem yapan yatırım tekniklerini dikkate almamış ve piyasa etkinliğini aylık, haftalık, günlük ve saatlik zaman aralıklarıyla ölçmeye devam etmişlerdir. Oysa son yıllarda piyasalarda sıklıkla kullanılan yüksek frekanslı işlemler; dakika, saniye, milisaniye düzeyinde işlem yapmaktadırlar. Buradan yola çıkarak yüksek frekanslı

işlemlerin piyasa etkinliği hipotezine etkisi bir merak konusu olmaktadır. Bu çalışmada yüksek frekanslı borsa işlemleri dikkate alınarak, etkin piyasa hipotezinin Borsa İstanbul'daki geçerliliği sınanmıştır.

4.1. Araştırmanın Konusu ve Amacı

Araştırmanın amacı yüksek frekanslı işlemlerin, piyasa etkinliğine tesirini Borsa İstanbul ölçeğinde ortaya koymaktır

4.2. Veri

Yüksek frekanslı işlemlerin kısa zaman aralıklarında işlem yapmaları dikkate alınarak; 1 dakikalık kapanış verileri ile BIST-100 endeksinin etkinliği değerlendirilecektir. Çalışmanın kısa zaman aralıklarına sahip veriler ile yapılması, yüksek frekanslı işlemlerin de piyasanın etkinliğine ne derecede etki ettiğinin ölçülmesi açısından önemlidir. Ayrıca çalışma, BIST-100 endeksinin etkinliğinin tespitinde kısa zaman aralıklarının kullanılmasına ilişkin araştırmaların sınırlı olması nedeniyle önem taşımaktadır.

Araştırmada kullanılan veriler, 05/02/2019 ve 05/02/2020 dönemleri arası bir yıllık bir süreci kapsamaktadır. BIST-100 endeksinin normal şartlar altında hareket ettiği varsayılarak bu dönem seçilmiştir. Bir başka deyişle; Covid19 pandemisinden önceki bir dönem olması ve belirlenen dönemde borsayı ve ekonomiyi etkileyebilecek politik, siyasi, ulusal ve küresel anlamda büyük bir kriz yaşanmamış olması 05/02/2019 ve 05/02/2020 arası dönemin seçilmesinde etkili olmuştur. Belirlenen dönemdeki 1 dakikalık BIST-100 endeksinin kapanış verilerinin oluşturduğu (hafta içi her gün 10:00-18:04) toplam 110.117 adet gözlem analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Borsa İstanbul'dan (BIST-Data Store Platformu) temin edilmiştir.

4.3. Yöntem ve Model

Etkin piyasa hipotezinin belirlediği çerçeve içerisinde bir piyasanın etkinliğini ölçmenin en temel yolu, o piyasadaki varlık fiyatlarının rastgele bir yürüyüş içerisinde hareket edip etmediğini tespit etmektir. Etkin piyasa hipoteziyle karıştırılmaması gereken rassal yürüyüş hipotezi, genellikle piyasaların zayıf biçimdeki etkinliğini ölçmek için kullanılmaktadır.

Rassal yürüyüş hipotezi, birbirini izleyen değişkenlerin rastgele bir biçimde hareket ettiklerini ifade etmektedir. Piyasalardaki fiyatlar; piyasada oluşmuş olan tüm bilgileri yansıtmakta ve fiyatlar üzerindeki değişimler piyasaya yeni gelen bilgilerin ışığında, yani rastgele oluşmaktadır. Bu nedenle rassal yürüyüş hipotezine göre rastgele bir seride getiriler, bir önceki dönemin fiyatına rassal bir ifadenin eklenmesiyle oluşmaktadır. Eklenen rassal ifade; piyasada oluşmuş yeni bilgileri veya yatırımcı beklentileri gibi rastgele bir sürece bağlı olan durumları ifade etmekte ve hata terimi olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla ardışık terimler arasında otokorelasyon değeri sıfır olmaktadır. Yani geçmişte oluşmuş fiyatlar arasında korelasyon bulunmamalıdır (Tanrıöver ve Çöllü, 2015). Bu nedenle; mevcut bilgiler fiyatlara hemen yansımakta, geçmiş verilerden yola çıkarak gelecek fiyatları tahmin etmek mümkün olamamakta ve piyasa zayıf formda etkin olmaktadır. Rassal yürüyüş hipotezi matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$P_t = P_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada P_t , t dönemindeki hisse senedi yahut endeksin getiri veya fiyatını temsil etmektedir. P_{t-1} ise formüle konu olan değişkenin t-1 dönemdeki fiyatını belirtmektedir. ε_t ifadesi; piyasaya yeni ulaşan bilgiler ve yatırımcı beklentilerinden oluşan rassal hata teriminin toplamını göstermektedir. Bir başka deyişle t dönemindeki bir varlığın fiyatı; bir önceki dönem fiyatı ve

rastgele ortaya çıkmış bir terimin toplamından oluşmaktadır. Bu nedenle tahmin edilememektedir (Tanrıöver ve Çöllü, 2015, s.6);

$$\Delta P_t = P_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (3)$$

Δ terimi fark operatörü anlamına gelmekte ve çalışmaya konu olan menkul kıymetin fiyatındaki değişimleri belirtmektedir. Rassal hata terimi, sabit varyansa ve sıfır ortalamaya sahiptir. Bu modele göre rassal hata terimi menkul kıymet fiyatındaki değişimlere eşittir (Uğurlu, 2009, s.6).

$$P_t = P_0 + \sum_{t=1}^t \varepsilon_t \quad (4)$$

Bu durumda P_0 değerinin 0'a eşit olduğu varsayılırsa aşağıdaki eşitlik ortaya çıkacaktır.

$$P_t = \sum_{t=1}^t \varepsilon_t \quad (5)$$

Bu eşitliğe göre rassal hata terimindeki değişim menkul kıymet fiyatındaki değişime eşit olacaktır. Eğer ki; ε_t teriminin varyansı σ^2 ise $VAR(P_t) = t\sigma^2$ olacaktır. Böylece seri tahmin edilemez bir yürüyüş içerisinde ilerlemiş olacak ve zayıf formda piyasa etkinliğini destekleyecektir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda; yüksek frekanslı işlemler dikkate alınarak Borsa İstanbul'un piyasa etkinliğinin ölçülmesi için Lo ve MacKinlay (1988) varyans oranı testi kullanılmıştır. Literatürde zayıf formda piyasa etkinliği üzerine yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntem olması çalışmanın yöntemi olarak bu testin seçilmesinin en büyük nedenlerinden biridir. Aynı zamanda son yıllarda yüksek frekanslı veriler ile piyasa etkinliğini ölçmek için yapılmış çalışmalarda varyans oranı testinin kullanılması, çalışma özelinde bu testin seçilmesinde etkili olmuştur. Yüksek frekanslı işlemler dikkate alınarak (milisaniye, saniye, dakika gibi kısa zaman aralıklı veriler kullanılarak), FTSE100 endeksinin etkinliği ölçen Leone ve Kwabi (2019)'nin çalışmasına benzer şekilde; 1 dakikalık veriler ile BIST-100 endeksinin etkinliği, Lo ve MacKinlay'in (1988) varyans oranı testi ile tespit edilmeye çalışılmıştır.

Varyans oranı testi getirilerin genellikle normal olarak dağılmadığı hisse senedi fiyat endekslerinin davranışını incelemek için kullanılmaktadır. Bu testler temel olarak getirilerin varyansına dayanmaktadır ve anlamlılık açısından diğer birçok testten üstündür (Campbell, Lo ve MacKinlay, 1997, s.69). Varyans oranı testinin amacı getiri serileri arasındaki ilişkiyi tanımlamaktır. Lo ve MacKinlay'in (1988) varyans oranı testine göre; bir frekansta ölçülen fiyat değişiklikleri rastgele ise, daha düşük bir frekanstaki fiyat değişikliklerinin de rastgele olması ve bu varyansların ilişkili olması gereklidir. Varyanslar arasındaki ilişkinin doğrusal olması ise varyans oranı testinin temelini oluşturmaktadır (Vanstone ve Hahn, 2015, s.6). Bir başka deyişle; Lo ve Mackinlay (1988), varyansların rassal yürüyüş hipotezi çatısı altında doğrusal olarak ölçeklenmesinden yararlanmaktadır. Varyans oranı testine göre; bir hisse senedi fiyatı rastgele bir yürüyüş izliyorsa; "k" dönemi getirisinin varyansı, bir dönem getirisinin varyansının "k" katına eşit olmalıdır. Basit bir örnek vermek gerekirse; rastgele bir yürüyüş izleyen piyasada iki günlük getirinin varyansı, bir günlük getirinin varyansının iki katı olmalıdır.

Y_t , t dönemindeki bir varlığın getirisi olarak kabul edilsin. Varyans oranı testine göre seride rastgele bir yürüyüş varsa; k ile ölçeklenmiş bir seride, k'nıncı farkın varyansının ilk farkın varyansına oranı, 1'e eşit olma eğilimindedir.

$$VR(k) = \frac{\sigma^2(k)}{\sigma^2(1)} \quad (6)$$

Yani k ölçeklenmesi ile yapılan varyans oranı testinde; $(Y_t - Y_{t-k})$ ifadesinin varyansının 1/k katı $(Y_t - Y_{t-1})$ ifadesinin varyansı ile karşılaştırılarak kontrol edilebilir (Buguk ve Brorsen, 2003, s.7).

Bu nedenle rastgele yürüyüş sürecinde her bir gecikme aralığındaki (elde tutma süresi, k) varyans bire eşit olmalıdır. Bir başka deyişle rassal yürüyüş sürecinde;

$$VR(k) = \frac{1}{k} \frac{Var(Y_t - Y_{t-k})}{Var(Y_t - Y_{t-1})} = 1 \quad (7)$$

olmalıdır. Rastgele yürüyüşün sıfır hipotezi, $VR(k)$ değerinin 1 olması gerektiğini savunmaktadır. Bu oran; 1'den küçükse negatif seri korelasyonu veya ortalamaya dönüşü, 1'den büyükse pozitif seri korelasyonu göstermektedir. Aynı zamanda t dönemindeki bir varlığın bir dönemlik getirisinin Y_t olduğu kabul edilirse, k dönem ile ölçeklenen bir varyans oranı testinde Y_t 'nin varyans oranı şu şekilde hesaplanmaktadır:

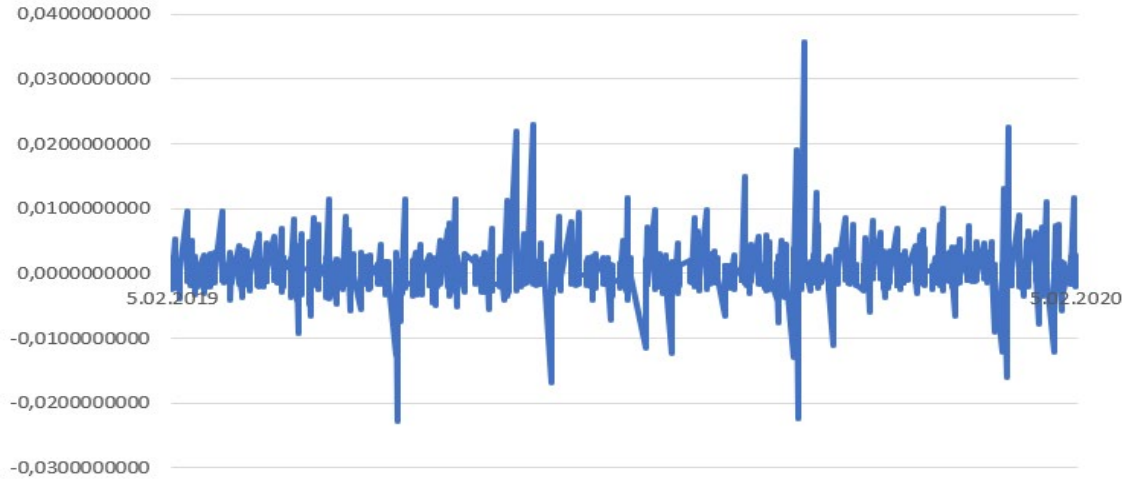
$$VR(k) = 1 + 2 \sum_{j=1}^{k-1} \left(1 - \frac{j}{k}\right) P_j \quad (8)$$

Formülde ifade edilen P_j , Y_t 'nin j düzeyindeki otokorelasyonu anlamına gelmektedir. K değeri ise varyans oranı testi yapılırken belirlenen elde tutma, gecikme süresi anlamına gelmektedir. Test sürecinde bir çeşit ölçek görevi görmektedir. K değerinin seçimine dair belirlenmiş sabit bir kural bulunmamaktadır. Bugüne kadarki yapılmış çalışmalarda, varyans oranı testlerinde genellikle k değeri olarak; 2,4,8 ve 16 seçilmiştir. (Eyüboğlu ve Eyüboğlu, 2020, s.5).

Sonuç olarak araştırmada yüksek frekanslı işlemlerin piyasa etkinliğine etkisinin tespiti için ise BIST100 endeksinin 1 dakikalık kapanış verilerinden elde edilen getiriler kullanılmıştır. Getiriler BIST100 endeksinin ait 1 dakikalık kapanış verilerinin logaritmik farkı alınarak hesaplanmıştır. 05/02/2019 ve 05/02/2020 tarihleri arasında BIST100 endeksinin 1 dakikalık getirileri kullanılarak, Lo ve Mackinlay'in (1988) varyans oranı testi yöntemi uygulanmıştır.

4.4. Bulgular

Rastgele yürüyüşün varlığını tespit etmek için uygulanan varyans oranı testinde; değişken olarak endeksin getirisi kullanılmaktadır. Çalışmada belirlenen dönem için BIST100 endeksinin dakikalık getirilerinin değişimi Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. BIST100 Endeks Getirilerinin Dakikalık Değişimi

Seçilen dönemdeki dakikalık endeks getirilerinin ortalaması sıfıra yakındır. Getiriler arasında büyük farklar olmadığı ve getirilerin birbirlerine yakın değerlerden oluştuğu Şekil 1' de gözlemlenmektedir. Veriler çok kısa zaman aralıklarından oluştuğu için getirilerde uç örnekler gözlenmemektedir.

Tablo 2. BIST-100 Dakikalık Getirilerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Ortalama	Standart Sapma	Basıklık	Çarpıklık	Aralık	Min.	Maks.	Gözlem Sayısı
0,000001	0,000540	407,5949	4,31419	0,05875	-0,02292	0,03582	110117

Tablo 2’ de yer alan tanımlayıcı istatistikler; BIST-100 endeksi dakikalık getirilerinin yayılımı ve dağılımı hakkında fikir vermektedir. Çalışmada kullanılan verilerin standart sapması 1’ den çok küçük 0’a yakın bir değerdir. Dolayısıyla dağılımdaki değişkenler ortalamaya yakındır ve yayılımları düşüktür yani homojenlikleri yüksektir. Bu durumun nedeni ise getirilerin çoğunlukla birbirlerine yakın değerlerden oluşmalarıdır.

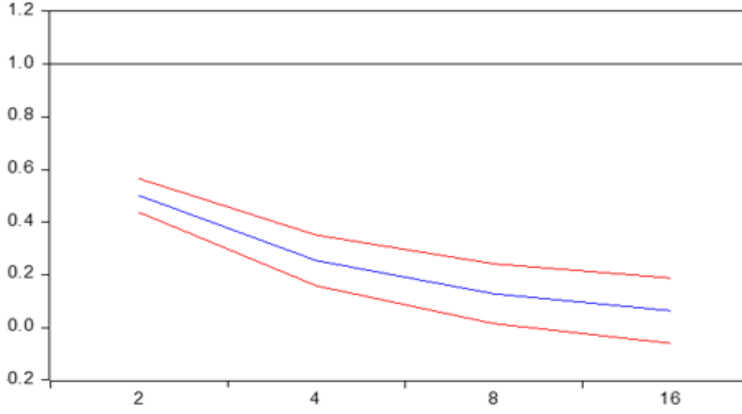
Varyans oranı testi getiriler arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan doğrusal bir test türüdür. Zayıf formda piyasa etkinliğini yani rastgele yürüyüş hipotezini test etmek için kullanılmaktadır. Çalışmada uygulanan Lo ve MacKinlay (1988) varyans oranı test sonuçları Tablo 3’ te verilmiştir.

Tablo 3. Varyans Oranı Testi Sonuçları

Periyot	Var. Oranı	Std. Hata	z-İstatistiği	Olasılık
2	0,501	0,031	-15,618	0
4	0,254	0,048	-15,488	0
8	0,128	0,056	-15,362	0
16	0,063	0,061	-15,106	0

Varyans oranı testinde ölçek görevi gören ve periyotları yani elde tutma sürelerini ifade eden k değişkeni çalışmada 2,4,8 ve 16 olarak seçilmiştir. Rassal yürüyüş teorisinin sıfır hipotezine göre; getirilerin rastgele hareket ettiği bir piyasada, seçilen tüm dönemlerin varyans oranları 1’ e eşit olmalıdır. Tablo 3’ te gözlemlendiği üzere tüm dönemler için varyans oranları 1 değerinin altında gerçekleşmektedir. Bu nedenle rassal yürüyüş teorisinin sıfır hipotezi reddedilmektedir. Yani getiriler birbirlerine bağımlı olarak hareket etmekte, rastgele bir yürüyüş izlememektedir.

Tablo 3’ te k değeri arttıkça varyans oranlarının azaldığı gözlemlenmektedir. Seçilen aralık içerisinde rastgele yürüyüş teorisinin sıfır hipotezine en çok yaklaşan dönem VR=0,501099 değeriyle k’ nin 2 olduğu periyottur. Çalışılan dönemler arasında 1’ e en uzak olan dönem ise k=16 periyodudur. Dönemlerde varyans oranlarının 1’ den az olmaları negatif korelasyonu ifade etmekte ve rassallığı reddetmektedir. Aynı zamanda olasılık değerinin de %5’ ten küçük olması rastgele yürüyüş teorisinin sıfır hipotezini reddetmektedir. Çünkü olasılık değerinin %5’ ten küçük olması testin yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermekte ve sıfır hipotezini reddetmek için güçlü kanıtların var olduğu anlamına gelmektedir. Yani seriler birbirlerinden etkilenmekte ve tesadüfi bir yol izlememektedir.



Şekil 2. Varyans Oranı Testi Grafiği

Grafikte gözlemlenen mavi bant varyans oranlarının seçilen dönemlerdeki değişimini verirken, kırmızı bantlar %5'lik bir aralıktaki güven bantlarıdır. 1 noktasından çizilen çizgi ise referans çizgisi olarak grafikte yer almakta ve rastgele yürüyüş teorisinin sıfır hipotezini temsil etmektedir. Güven bantları ve varyans oranı eğrisi rastgele yürüyüş teorisinin sıfır hipotezi olan 1 değerine hiçbir dönemde değmemektedir. Bu nedenle seçilen dönem için varyans oranı testi sonucunda rassal yürüyüş hipotezi kabul edilmemektedir. Bir başka deyişle BIST-100 endeksi dakikalık veriler ile incelendiğinde zayıf formda etkin olmayan bir piyasaya sahiptir. Piyasadaki fiyat hareketleri geçmiş verilerden yola çıkılarak, tahmin edilebilmekte ve bu tahminlere göre piyasanın üzerinde getiriler elde edilebilmektedir.

5.SONUÇ

Yüksek frekanslı işlemler Borsa İstanbul'da son beş yıl içerisinde kullanılan yeni bir yatırım tekniğidir. Gelişmiş piyasalara yönelik yapılan çalışmalara nazaran yüksek frekanslı işlemlerin Borsa İstanbul'a etkileri konusunda yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Bu nedenle çalışmada, piyasalarda yeni bir fenomen olan yüksek frekanslı işlemlerin etkin piyasa hipotezi çerçevesinde zayıf formda piyasa etkinliğine etkisi araştırılmıştır.

Piyasaların zayıf formda etkin olmaları; getirilerin tesadüfi bir şekilde rassal olarak dağılmalarını ifade etmektedir. Zayıf formda piyasa etkinliğine göre, geçmiş verilere dayanarak piyasalarda oluşacak fiyat ve getiri hareketleri tahmin edilememektedir. Aynı zamanda piyasa bilgilerine tüm kullanıcılar eşit şartlarda ulaştıklarından menkul kıymetler tüm bilgileri içererek fiyatlanmaktadır.

Yüksek frekanslı işlemlerin piyasa bilgilerine ayrıcalıklı olarak diğer piyasa kullanıcılarından önce erişmeleri, zayıf formda piyasa etkinliğinin temel prensibine karşı bir durumdur. Çünkü etkin piyasa hipotezine göre zayıf formda etkin olan bir piyasada her kullanıcı eşit şartlarda piyasa bilgilerine ulaşmaktadır. Yüksek frekanslı işlemler piyasa bilgilerine erken ulaşarak oluşabilecek fiyat değişikliklerini tahmin edip buna göre pozisyon almaktadır. Aynı zamanda işlem yaparken diğer kullanıcılardan hızlı olmaları piyasanın üzerinde getiri sağlamalarına neden olmaktadır. Ayrıca yüksek frekanslı işlemlerin alım-satım faaliyetlerinde hız avantajlarını kullandıklarından piyasalarda hız anomalisi denilebilecek yeni bir anomali türü oluşturabilecekleri düşünülmektedir.

Yüksek frekanslı işlemlerin agresif yatırım stratejileri izleyerek piyasaları manipüle etme özellikleri vardır. Bu özellikleri sayesinde piyasadaki kullanıcıları kendi istedikleri doğrultuda

yönlendirerek getiri elde etmeye çalışmaktadırlar. Aynı zamanda piyasaya birçok emir gönderip bu emirlerin çoğunu iptal ederek piyasadaki derinliği ölçmekte ve sıradan yatırımcıların yatırım kararlarını yönlendirmektedirler. Uyguladıkları momentum-ateşleme ve katmanlama gibi stratejiler ile de piyasalarda momentum etkisi ve benzeri etkiler yaratmaktadırlar. Etkin piyasa hipotezi ise momentum etkisi gibi yatırımcı psikolojisine dayanan irrasyonel durumları reddetmektedir. Bu nedenle yüksek frekanslı işlemlerin kullanıldığı piyasalarda uyguladıkları stratejilerden de dolayı etkin piyasa hipotezinin belirlediği çerçevedeki piyasa etkinliğinin mümkün olamayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada BIST-100 endeksinin 1 dakikalık getirileri kullanılmıştır. Araştırma için 1 dakikalık getirilerin seçiminin temel nedeni; piyasa etkinliği tespit edilmeye çalışılırken yüksek frekanslı işlemler gibi kısa zaman aralıklarında işlem yapan yeni yatırım tekniklerinin de göz ardı edilmemesi gerektiğinin düşünülmesidir. Aynı zamanda piyasalarda teknolojinin ileri derecelerde kullanılması ve menkul kıymetlerin gün geçtikçe elde tutma sürelerinin azalmasından dolayı piyasa etkinliği kavramının günümüzde; dakika, saniye ve milisaniye gibi kısa zaman aralıklarında ölçülmesinin piyasaların etkinliği tespitinde daha doğru sonuçlar verebileceği öngörülmektedir.

Çalışmada, BIST-100 endeksinin 1 dakikalık getirilerine uygulanan Lo ve MacKinlay (1988) varyans oranı testi sonucunda piyasanın 05/02/2019 ve 05/02/2020 dönemleri arasında zayıf formda etkin olmadığı tespit edilmiştir. Bir başka deyişle; piyasa getirileri belirlenen dönemler içerisinde rastgele bir yürüyüş sergilememiştir. Getirilerin rastgele bir yürüyüş sergilememesi birbirlerine bağımlı olarak ilerlediklerinin bir göstergesidir. Bu nedenle piyasada oluşabilecek fiyatlar önceden tahmin edilebilmektedir. Fiyatların önceden tahmin edilmesi piyasanın ortalamasının üzerinde getiri elde etmeye neden olabilmektedir. Adaptif piyasa hipotezinin anomali ve benzeri kavramların piyasalarda belirli dönemlerde oluşabileceğini ve yatırımcı irrasyonelitesinin reddedilemeyeceğini savunması; yüksek frekanslı işlemlerin kullanıldıkları piyasalarda, etkin piyasa hipotezi yerine adaptif piyasa hipotezinin piyasa etkinliğini tanımlamada daha anlamlı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bulguları sonucunda, 1 dakika zaman aralıklarında zayıf formda piyasa etkinliğinin olmamasının temel nedeninin bu aralıklarda yapılan yüksek frekanslı işlemler olduğu düşünülmektedir. Yüksek frekanslı işlemlerin piyasa bilgilerine diğer kullanıcılardan daha hızlı bir şekilde erişerek çok sayıda işlem yapmaları ve agresif stratejiler uygulayarak piyasadaki yatırımcıları yönlendirmeleri Borsa İstanbul'un zayıf formda piyasa etkinliğini olumsuz etkilemektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: "Yoktur"

Finansal Destek: "Yoktur"

Etik Onay: "Yoktur".

Yazar Katkısı: Çağrı Kaan Yalçın (%50), Yasin Erdem Çevik (%25), Cihan Tanrıöven (%25)

Peer-review: Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: "None"

Funding: "None."

Ethical Approval: None

Author Contributions: Çağrı Kaan Yalçın (50%), Yasin Erdem Çevik (25%), Cihan Tanrıöven (25%)

KAYNAKÇA

- Bachelier, L. (1900). Théorie de la spéculation. *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*. 3(17), 21-86.
- Baron, M., Brogaard, J., Hagströmer, B. ve Kirilenko, A. (2017). Risk and return in high-frequency trading. *Journal of Financial and Quantitative Analysis (JFQA)*, 54(3), 993-1024.
- Bektur Ç. ve Aydın M. (2019). Borsa İstanbul ve alt endekslerinde zayıf formda piyasa etkinliğinin analizi: Fourier yaklaşımı. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 14(2), 56-76.
- Benos, E. ve Sagade, S. (2013). High-frequency trading behaviour and its impact on market quality: Evidence from the UK equity market. *Bank of England Working Papers*, doi:10.2139/ssrn.2184302
- Biasis B. ve Foucault T. (2014). Hft and market quality. *Bankers, Markets ve Investors*, 128(1), 5-19
- Borsa İstanbul. (2016). Yüksek frekanslı işlemler (yfi) kullanıcılarının emir / işlem oranı yöntemi ile ücretlendirilmesi bilgi notu. Erişim adresi: [https://www.borsaistanbul.com/files/emir-islem-orani-\(otr\)-bilgi-notu.pdf](https://www.borsaistanbul.com/files/emir-islem-orani-(otr)-bilgi-notu.pdf)
- Borsa İstanbul. (2019). Pay piyasasında algoritmik işlemler ve bistech ptrm/işlem öncesi risk yönetimi prosedürü. Erişim adresi: <https://www.borsaistanbul.com/files/bistech-islem-oncesi-risk-yonetimi-uygulamasi-ptrm-ortak-kullanici-kilavuzuDEEEF07DE906E889C8281560.pdf>
- Boya, C. M. (2019). From efficient markets to adaptive markets: evidence from the French stock exchange. *Research in International Business and Finance*, 49, 156-165. doi: 10.1016/j.ribaf.2019.03.005
- Brogaard, J., Hendershott, T. ve Riordan, R. (2014). High frequency trading and price discovery. *Review Financial Study* 27(8), 2267-2306.
- Blocher, J., Cooper, R., Seddon, J. ve Van Vliet, B. (2016). Phantom liquidity and high-frequency quoting. *Journal of Trading* 11(3), 6-15. doi: 10.3905/jot.2016.11.3.006
- Buguk, C. ve Brorsen, B.W. (2003). Testing weak-form market efficiency: Evidence from the Istanbul stock exchange. *International Review of Financial Analysis*, 12(5), 579-590. doi: 10.1016/S1057-5219(03)00065-6
- Butler, M. ve Kazakov, D. (2012). Testing implications of the adaptive market hypothesis via computational intelligence. *2012 IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering ve Economics (CIFER)*. doi: 10.1109/CIFER.2012.6327799
- Campbell J.Y., Lo, A.W. ve MacKinlay C. (1997). The econometrics of financial markets. New Jersey, Princeton: Princeton University Press.
- Ertuş, F.C. ve Özkan O. (2018). Piyasa etkinliği açısından adaptif piyasa hipotezinin test edilmesi: Türkiye ve ABD hisse senedi piyasaları örneği. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar Dergisi*, 55(642), 23-40.
- European Central Bank. (2019). Competition among high-frequency traders, and market quality, Central Bank Working Paper Series. Erişim adresi: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2290~b5fec3a181.en.pdf>

-
- Eyüboğlu, K. ve Eyüboğlu, S. (2020). Borsa İstanbul endekslerinde adaptif piyasa hipotezinin geçerliliğinin test edilmesi. *Journal of Yaşar University*, 15(59), 642-654.
- Fama E.F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383-417. doi:10.1111/J.1540- 6261.1970.TB00518.X
- Fama, E.F. (1965). Random walks in stock market prices. *Financial Analysts Journal*, 51(1), 75-80.
- Fama, E.F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34-105. doi:10.1086/294743
- Fama, E.F. ve French, K.R. (1988). Dividend yields and expected stock returns. *Journal of Financial Economics*, 22(1), 3-25. doi:10.1016/0304- 405X(88)90020-7
- Gemici, E. ve Polat, M. (2018). MIST borsalarında rassal yürüyüş hipotezi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(1), 129- 142. doi: 10.17153/oguiibf.344882
- Gomber, P., Arndt, B., Lutat, M. ve Uhle, T. (2011). High-frequency trading. *SRRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.1858626
- Gümüş, G. ve Bektur, Ç. (2019). Etkin piyasa hipotezi ve davranışsal finans modelleri: BİST-100 endeksinde anomali testi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 59-69.
- Hagströmer, B. ve Nordén, L. (2013). The diversity of high frequency traders. *Journal Finance and Marketing*, 16(4), 741-770.
- Hasbrouck J. ve Saar G. (2013). Low-latency trading. *Journal of Financial Markets*, 16(4), 646-679.
- International Organization of Securities Commissions. (2011). Regulatory issues raised by the impact of technological changes on market integrity and efficiency consultation report. Erişim adresi: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD354.pdf>
- Kim, J. H., Shamsuddin, A. ve Lim, K.P. (2011). Stock return predictability and the adaptive markets hypothesis: Evidence from century-long U.S. data. *Journal of Empirical Finance*, 18(5), 868-879. doi: 10.1016/j.jempfin.2011.08.002
- Leone, V. ve Kwabi, F. (2019). High frequency trading, price discovery and market efficiency in the FTSE100. *Economics Letters*, 181, 174-177. doi: 10.1016/j.econlet.2019.05.022
- Lo, A.W. (2004). The adaptive markets hypothesis: Market efficiency from an evolutionary perspective. *Journal of Portfolio Management*, 5(30), 15- 29. doi:10.3905/jpm.2004.442611
- Lo, A.W. (2012). Adaptive markets and the new world order. *Financial Analysts Journal*, 68(2), 18-29.
- Lo, A.W. ve MacKinlay, C. (1988). Stock market prices do not follow random walks: Evidence from a simple specification test. *The Review of Financial Studies*, 1(1), 41-66.
- Mobarek, A. ve Keasey, K. (2000). Weak-form market efficiency of an emerging market: Evidence from Dhaka stock market of Bangladesh. *Paper Presented at the ENBS Conference Held in Oslo*, Oslo.
- Özdemir, Z.A. (2008). Efficient market hypothesis: Evidence from a small open economy. *Applied Economics*, 40(5), 633-641. doi: 10.1080/00036840600722315
-

-
- Samuelson, P.A. (1965). Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly. *Industrial Management Review*, 6(2), 41-49.
- Securities Exchange Commission. (2010). Report of the staffs of the CFTC and SEC to the joint advisory committee on emerging regulatory issues. Erişim adresi: <https://www.sec.gov/spotlight/sec-cftcjointcommittee/021811-report.pdf>
- Securities and Exchange Commission. (2014). Equity market structure literature review part II: High frequency trading. Erişim adresi: https://www.sec.gov/marketstructure/research/hft_lit_review_march_2014.pdf
- Simon, H. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99-118.
- Shorter, G. ve Miller, R.S. (2014). Dark pools in equity trading: Policy concerns and recent developments. *Congressional Research Service*. Erişim adresi: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R43739.pdf>
- Tanrıöver, B. ve Çöllü, D.A. (2015). Türkiye'de yatırımcıların öngörü performanslarının rassal yürüyüş modeli çerçevesinde analizi. *Business and Economics Research Journal*, 6(2), 127-139.
- Uğurlu, E. (2009). Kesikli seçim modelleri. *İstanbul Aydın Üniversitesi Ekonomi ve Finans Bölümü Ders Notları, kitapçık 1*. doi: 10.13140/rg.2.1.3262.2561
- Vanstone, B. ve Hahn, T. (2015). Data characteristics for high-frequency trading systems. Greg N. Gregoriou (Ed.), *Handbook of High Frequency Trading* (s. 47-57). London: Academic Press.
- Ye, M., Yao, C. ve Gai, J. (2013). The externalities of high frequency trading. *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.2066839

SUMMARY

Developments in financial technology and its applications in recent years have given rise to new investment techniques. Among these investment techniques, high frequency trading is the most technologically advanced. High-frequency trading refers to electronic investment transactions that can execute many transactions in short time intervals using various algorithms. High-frequency trading, which we can consider as a large subset of algorithmic trading, is called high frequency trading (HFT) because it performs many transactions in short time intervals such as minutes, seconds, milliseconds, and microseconds.

The number and importance of studies on the impact of high-frequency trading on the markets, which are increasing day by day, has also increased. The impact of high-frequency trading, especially the impact on the liquidity and volatility of financial markets, is discussed from different angles, and there are important studies that have contributed to the scientific literature on risk and return.

In studies conducted in the past to determine market efficiency at Borsa Istanbul, daily, weekly, and monthly data sets were used. The data used correspond to long periods of time according to the current state of the art. In other words, they cannot measure the impact on markets of trading that closes end-of-day positions, such as high-frequency trading. As a result of the cooperation with Nasdaq Stock Exchange, high frequency trading was introduced at Borsa Istanbul with the transition to the BISTECH system in 2016. Since that time, it is important to measure the market efficiency of Borsa İstanbul in short time periods, considering high frequency trading. In this study, the validity of the efficient market hypothesis at Borsa Istanbul was tested considering high frequency trading at the exchange.

It contradicts the basic principle of weak market efficiency that high-frequency traders have privileged access to market information over other market participants. This is because, according to the efficient market hypothesis, in a weakly active market, every user has access to market information under the same conditions. High-frequency traders can access market information early, anticipate possible price changes, and take positions accordingly. At the same time, the fact that they are faster than other users in trading leads them to achieve higher returns than the market. Moreover, since high-frequency transactions exploit speed advantages in trading activities, it is believed that they can create a new type of anomaly in the markets, which can be called a speed anomaly.

High-frequency traders can manipulate markets by pursuing aggressive investment strategies. Because of these characteristics, they seek to generate revenue by steering market participants in the direction they desire. At the same time, they measure the depth of the market by sending many orders to the market and canceling most of these orders, guiding the investment decisions of ordinary investors. For this reason, it is believed that market efficiency under the efficient market hypothesis will not be possible because of the strategies they use in the markets where high-frequency transactions are conducted.

In the study, because of Lo and MacKinlay's (1988) variance ratio test applied to the 1-minute returns of the BIST -100 index, it was found that the market was not efficient in weak form between 02/05/2019 and 02/05/2020. In other words, the market returns did not exhibit a random walk within the specified time periods. The fact that the yields do not show a random walk is an indication that they evolve independently. Therefore, prices that may occur in the market can be predicted in advance. Predicting prices can lead to higher returns than the market average. The adaptive market hypothesis states that anomalies and similar concepts may occur

in markets during certain periods of time and that investor irrationality cannot be ruled out. In markets where high-frequency transactions occur, the adaptive market hypothesis is assumed to be more informative than the efficient market hypothesis in describing market efficiency.

Based on the results of the study, it is suggested that the main reason for the lack of weak market activity in the 1-minute intervals is the high-frequency trading in these intervals. The weak form of market efficiency of Borsa İstanbul is negatively affected by the fact that high frequency traders access market information faster than other users and make many trades and direct investors to the market by applying aggressive strategies.