



Article Info/Makale Bilgisi

✓Received/Geliş: 03.08.2017 ✓Accepted/Kabul: 18.08.2017

DOI: 10.5505/pausbed.2018.47704

Araştırma Makalesi/ Research Article

BAYES AĞ MODELLERİ İLE FİNANSAL PİYASA DİNAMİKLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME: ELEKTRİK ÜRETİM ŞİRKETLERİ UYGULAMASI*

Fatma Busem HATİPOĞLU**, Erdoğan GAVCAR***

Özet

Yatırımcılar tasarruflarını değerlendirmek için finansal varlıklardan oluşan portföyler oluşturmaktadır. Markowitz'e (1952) göre finansal piyasalarda yatırımcılar, belirli bir risk seviyesinde en yüksek getiriyi veya belirli bir getiri düzeyinde en düşük riski sağlayacak portföyler oluşturmayı hedeflerler. Ekonomik, sosyal ve politik açıdan çok sayıda faktörden etkilenen bu piyasalarda, fiyatlarda meydana gelecek değişimler ve yatırım kararları belirsizlik içermektedir. Finans piyasalarında yüksek getiri sağlayacak portföyün seçimi, yatırım kararlarının doğru belirlenmesi ve sonuçların öngörülmesi önemlidir. Bu çalışmanın amacı Arbitraj Fiyatlandırma Teorisi'ni temel alarak mevcut finansal teorileri ve firmaya özgü dinamiklerin portföy getirisi üzerindeki etkilerini Bayes ağlarla incelemektir. Modelin veri seti makroekonomik faktörler, Borsa İstanbul tüm hisse senetleri endeksi, Borsa İstanbul alt sektör endeksleri ve hisse senedine özgü değişkenlerden oluşmaktadır. Araştırma periyodu Haziran 2001-Ocak 2017 dönemi olarak belirlenmiş ve 188 aylık getiri verilerden oluşturulmuştur. Çalışmada firmaya özgü risklerin portföy getirisi üzerine etkisi detaylı ve farklı açılardan araştırılmış, finans teorisiyle paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bayes Ağlar, Portföy Seçim Teorisi, Borsa İstanbul*

JEL Kodu: G1, G11

A REVIEW OF FINANCIAL MARKET DYNAMICS WITH BAYES NETWORK MODELS: THE APPLICATION OF ELECTRICITY GENERATION COMPANIES

Abstract

To obtain returns, investors form portfolios of financial assets to assess funds held in their hands. According to Markowitz, investors in financial markets are aiming to create portfolios with the highest risk at a given risk level or the lowest risk at a given yield level. In these markets, which are influenced by a number of economic, social and political factors, changes in prices and investment decisions are uncertain. It is important to select the portfolio that will provide high returns in the financial markets, to determine the investment decisions correctly and to predict the results. Based on the objective Arbitrage Pricing Theory of this study, we examine Bayesian networks' effects of existing financial theories and firm-specific dynamics on portfolio returns. The model's dataset consists of macroeconomic factors, the Borsa İstanbul total stock index, the stock exchange İstanbul sub-sector indexes, and stock-specific variables, which are 188 months of return for June 2001-January 2017 period. In the study, the effects of firm-specific risks on portfolio turnover were investigated and results were obtained in parallel with finance theory.

Keywords: *Bayesian Networks, Portfolio Selection Theory, Borsa İstanbul*

*Bu makale Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde, Prof. Dr. Erdoğan Gavcar danışmanlığında Busem Hatipoğlu tarafından yazılan "Finansal Piyasa Dinamiklerinin Bayes Ağ Modelleri ile Değerlendirilmesi" isimli doktora tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

**Doktora Öğrencisi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, MUĞLA.

e-posta: busemh@gmail.com

***Prof. Dr. Erdoğan GAVCAR, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, MUĞLA.

e-posta: gavcar@mu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yatırımcılar, getiri elde etmek için ellerinde tuttıkları fonları değerlendirmek amacıyla finansal varlıklardan portföyler oluştururlar. Modern portföy teorisine göre yatırımcılar belirli bir risk düzeyinde yüksek getirili portföyü veya belirli bir getiri düzeyinde en düşük riskli portföyü tercih ederler. Geleneksel portföy teorisinin portföyün riskini azaltmak için yalnızca portföy çeşitlendirmesi yapılması gerektiği görüşünün aksine, Modern Portföy Teorisi'nin öncüsü olan Markowitz (1952), portföye dahil edilen finansal varlıkların aralarındaki ilişkinin yönünün ve derecesinin de önemli olduğunu vurgulamıştır. Piyasanın dengede olduğu durumda risk ve getiri arasındaki ilişkiyi gösteren çeşitli finansal modeller bulunmaktadır. Bunlar Sharpe'ın (1963) piyasa modeli olarak da bilinen Tek Endeks Modeli, Sharpe (1964), Lintner (1965), Mossin'in (1966) katkı sağladığı Sermaye Varlıkları Fiyatlama Modeli (CAPM), Ross (1976) Arbitraj Fiyatlama Modeli (APT) ve Fama ve French Üç Faktör Modeli'dir. Çeşitli versiyonlarıyla araştırmacılar tarafından oldukça ilgi gören CAPM, finansal varlıklar ve risk arasındaki ilişkiyi yalnızca piyasa getirisi ile ilişkilendiren bir modeldir. Finansal varlık getirilerini etkileyen sadece tek bir faktör olmadığını ortaya atan Ross, 1976 yılında APT modelini geliştirerek, finansal varlıkların fiyatlarını etkileyen döviz kuru riski, enflasyon riski, piyasa riski, faiz oranı riski gibi makroekonomik faktörlerin de olduğunu iddia etmiştir.

Finans piyasaları, yatırımcıların piyasaya katılımları ile ilgili verilecek kararlara ilişkin getirilerden çok portföy risklerini değerlendirmeyi hedefleyen kompleks ve sürekli değişen sektörlerdir. Finansal piyasalar ekonomik, politik ve sosyal pek çok faktörden etkilendiği için bu piyasalarda meydana gelen ani değişimlerin yatırımcılara ulaştırılması gerekmektedir. Portföy yönetiminde belirsizlik içeren finansal piyasalarda yatırım kararlarının doğru belirlenmesi ve öngörülmesi önemlidir. Bu bağlamda makina öğrenme tabanlı bir yöntem olan Bayes ağlar finansal piyasalarda meydana gelen ani değişimlere cevap verebilmekte, regresyon analizi, zaman serisi, faktör analizi, yapay sinir ağları, veri madenciliği gibi analiz yöntemlerinden farklı olarak, elde edilen bilgileri eşzamanlı olarak anında güncelleyebilmektedir. Çalışmanın uygulama aşamasında dört elektrik üretim şirketine ait hisse senedine özgü değişkenler Arbitraj Fiyatlama Modeli ve Tek Endeks Modeli göz önüne alınarak, makroekonomik faktörler ve endeks değişkenlerle Bayes ağlarla ilişkilendirilmiş, firmaya özgü risklerin portföy getirisi üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın amacı finansal teorileri incelemek ve firmaya özgü risklerin portföy getirisi üzerine etkisini analiz etmektir. Uygulamada yer alan değişkenler Haziran 2001-Ocak 2017 dönemi 188 aylık getiri verilerinden oluşmaktadır.

Çalışmanın geri kalan kısmında ilk olarak Modern Portföy Teorisi ve Bayes ağlarla birlikte yapılan portföy getirisi çalışmalarına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın analiz yöntemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümde bulgular yorumlanmış, son bölümde ise çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Literatürde portföy optimizasyonu ve portföyün oluşturulması ile ilgili çalışmalar Markowitz'in 1952 yılında yayınlamış olduğu "Portföy Seçimi" makalesine kadar *Geleneksel Yaklaşım* (Hicks, 1935; Marschak, 1938; Williams, 1938; Leavens, 1945), bu çalışmadan itibaren *Modern Yaklaşım* olarak adlandırılmıştır.

Modern portföy yaklaşımının öncüsü Markowitz, Ortalama-Varyans Modeli ile riski azaltmak için yalnızca portföy çeşitlendirmesinin yeterli olmayacağı bununla birlikte portföyde yer alan finansal varlıklar arasındaki ilişkinin yönünün ve derecesinin de önemli olduğunu vurgulamıştır. Bu modele göre yatırımcılar aynı risk düzeyinde yer alan portföylerden getirisi en yüksek olanı, aynı getiri düzeyine sahip portföylerden riski en düşük olanı tercih etmelidirler. Çeşitlendirmenin iyi bir şekilde yapıldığı portföylerde, portföyün riski portföyde yer alan varlıkların bireysel risklerinden daha az olabilmektedir. Ayrıca portföyde yer alan finansal varlıkların ilişkileri dikkate alınarak firmaya özgü risk olarak da adlandırılan çeşitlendirilebilir risk azaltılabilir. Bütün risk seviyelerinde en yüksek getiriyi sağlayan portföyler etkin sınırdaki yer almaktadır. Etkin sınır üzerinde hangi portföyün tercih edileceği yatırımcıların risk tercihlerine göre belirlenecektir.

Markowitz'in (1952) Ortalama-Varyans Modelinin ardından pek çok araştırmacı finansal varlık getirileri ve risk arasındaki ilişkiyi inceleyen modeller geliştirmiştir. Sharpe 1963 yılında piyasa modeli olarak da bilinen finansal varlık getirilerini piyasa getirisi ile ilişkilendiren Tek Endeks Modeli'ni ortaya atmıştır. Sharpe (1964), Lintner (1965) ve Mossin (1966), birbirlerinden bağımsız olarak Sermaye Varlıkları Fiyatlama Modeli'ni (CAPM) geliştirmişlerdir. Bu modele göre yatırımcılar finansal varlıkların getirilerini sistematik riskin bir fonksiyonu olarak değerlendirmiştir. CAPM'e göre bir hisse senedinin beklenen getirisi, piyasanın beklenen getirisinin risksiz faiz oranı ile farkının sistematik risk olarak adlandırılan beta katsayısıyla çarpımı ile risksiz faiz oranı toplamına eşittir. Ross 1976 yılında ortaya attığı Arbitraj Fiyatlama Modeli (APT) ile hisse senedi getirilerine etki eden yalnızca tek bir faktör olmadığını, finansal varlıkların, ekonomik değişkenlerden de etkilenebileceğini vurgulamıştır. APT

ile finansal varlık fiyatlarını etkileyen tek bir risk unsurundan ziyade birden fazla risk unsurunun gerekliliğini savunmuştur. Chen, Roll ve Ross 1986 yılında yapmış oldukları çalışmalarında APT modelinde sanayi üretimi, toplam tüketim, uzun ve kısa vadeli faiz oranı farkı, yüksek ve düşük dereceli tahvil farkı, piyasa portföyü, beklenen ve beklenmeyen enflasyon ve petrol fiyatları değişkenlerini ele almış ve bu faktörlerin hisse senedi getirilerini ne şekilde etkilediğini incelemiştir. Bu çalışmanın en önemli sonucu borsa endeksinin hisse senedi fiyatlamaya üzerine etkisinin önemsiz olduğudur. Ayrıca bu çalışmada Chen, Roll ve Ross, toplam tüketim ve petrol fiyatlarının hisse senedi üzerinde etkisinin olmadığını tespit etmiştir. Bu çalışmaların yanı sıra literatürde finansal varlık getirileri ve risk arasındaki ilişkiyi inceleyen pek çok çalışma yer almaktadır (Cohen ve Pogue, 1967; Roll ve Ross, 1980; Dhrymes, Friend ve Gültekin, 1984; Roll ve Ross, 1984; Fama ve French, 1992; Fama-French, 1993; Ferson ve Harvey, 1994; Pettengill vd., 1995; Roll, 1997; Heston, Rouwenhorst ve Wessels, 1999; Hodoshima, Garza-Gómez ve Kunimura, 2000; Griffin, 2002; Elsas, El-Shaer ve Theissen, 2003; Aquino, 2005; Bahl, 2006; Gay, 2008).

Literatürde portföy getirisini Bayes ağlarla inceleyen çalışmalar da yer almaktadır. Shenoy ve Shenoy'un (1998) portföy riski ve getirisini Bayes ağlarla modelledikleri çalışmada, hisse senedi getirilerinin makroekonomik faktörler ve hisse senedine özgü değişkenlerle nasıl ilişkilendirileceği gösterilmiştir. Tseng (2003) çalışmasında Bayes ağlar, C5.0 Kural Tabanı Sistemi ve geri beslemeli yapay sinir ağları analiz yöntemlerini karşılaştırmış, portföy seçimi için en etkili yöntemin Bayes ağ modelleri olduğu sonucuna ulaşmıştır. Demirer, Mau ve Shenoy (2006), portföy yöneticilerine Bayes ağlarının alacakları kararlar konusunda nasıl yardımcı olacağını göstermeyi amaçlamıştır. Uygulamada portföy getirisini ekonomik değişkenlerle ve biyomedikal cihaz endüstrisinde yer alan dört şirketin hisse senedine özgü değişkenleri ile ilişkilendirmişlerdir. Model kurulduktan sonra değişkenlere yeni gelen bilgiler eklenmiş ve bu değişikliklerin portföy getirisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Olbryś (2009), işsizlik oranı, endüstriyel üretim, 52 haftalık hazine bonusu getirisi ve enflasyon oranı makroekonomik faktörlerini endeks değişkenlerle, endeks değişkenlerini hisse senedine özgü değişkenlerle, Bayes ağ modellerini kullanarak ilişkilendirmiştir. Modelin kurulmasının ardından çeşitli senaryo analizleri yapılmış, Elton ve Gruber'in 1981 yılında yapmış olduğu çalışmaları ile karşılaştırıldığında portföyün aylık getirisi ve standart sapma değerlerinin benzer olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kita, Zuo, Harada ve Mizuno (2012), Zuo ve Kita (2012), Villa ve Stella (2012), Greppi, Giuli ve Tarantola (2013), Greppi (2014) ve Hoe'nin (2014) çalışmaları bu alanda yapılmış diğer çalışmalardır.

3. VERİ VE METODOLOJİ

Çalışmada Bayes ağlarının mevcut finansal teorilerle tutarlılığı ve firmaya özgü dinamiklerin portföy getirisi üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Bayes ağlar, benzersiz olasılıklı modelleme yaklaşımı ve yüksek model şeffaflığı olan çok değişkenli istatistiksel bir modeldir. Bayes ağların iki yapısal model bileşeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki modelin değişkenleri arasındaki bağımlılıkları ve bu bağımlılıkları gösteren yönlendirilmiş döngüsüz grafiği (DAG); ikincisi grafiğin bağlantılarının güçlü yönlerini belirten koşullu olasılık tablolarıdır (CPT) (Aguilera vd., 2011). DAG, modellenmiş sistemi temsil eden yapılandırılmış bir dizi değişken veya düğümden oluşur. Farklı düğümler arasındaki istatistiksel bağımlılıklar, sistemin değişkenleri arasındaki sebep sonuç ilişkilerini gösteren yönlü oklarla gösterilir. Her ok bir üst düğümde başlar ve bir alt düğümde biter. Grafik döngüsel değildir ve bu nedenle çocuk düğümlerden üst düğümlere geri besleme okları yoktur. DAG, sistem anlayışına dayalı uzmanlar tarafından geliştirilebilir veya ampirik gözlem ile öğrenilebilir. Ortaya çıkan nedensel harita, operasyonel bir Bayes ağı geliştirmenin temelini oluşturmaktadır (Nadkarni ve Shenoy, 2004). Her ağ değişkeni, gerçekleşen değer ait olabileceği sınırlı sayıda durumu içerir. Bayes ağlarının gücü belirsizliklerin hesaba katılması olabilir. Bir değişkenin gerçekleşen bir değeri olasılıksal olarak birden çok duruma atanabilir. Bir olasılık dağılımı, gerçekleşen değer için belirli bir duruma ait olma olasılığını ifade eder. Ağ değişkenleri arasındaki nedensel ilişkilerin güçlü yönleri, koşullu olasılık tablolarında, koşullu olasılıklar ile nicelleştirilmiştir. Modeli güncellemek (kanıt girişi, yeni bilgi girişi) ve bu olasılıkları ağ üzerinden iletmek için Bayes çıkarıma yapmak mümkündür (Aguilera vd., 2011; Jensen, 2001).

Bayes ağ modelleri ile kurulan portföy getirisi modeli, analistlere gelen yeni bilginin modele dahil edilerek değişkenlerin koşullu olasılık dağılımlarının güncellenmesine olanak tanımaktadır. Bayes ağlar değişkenlerle ilgili istatistiksel bilgileri vermenin yanı sıra modelin görselleşmesini de sağlamaktadır. Finansal piyasalardaki ani değişimlere karşı modelin hassas ve hızlı bir şekilde yeni bilgiyle güncellenmesi ve portföyün beklenen getiri değerinin modele eklenen bilgiye duyarlılığı portföy analizi için önemlidir (Greppi, 2014: 85).

Şekil 3.1.'de dört elektrik üretim şirketinin eşit ağırlıklı hisse senetlerinin Bayes ağ modeli ile portföy getirisini değerlendirilmektedir. Modelde yer alan dört elektrik üretim şirketi ve hisse senetleri kısaltmaları Ak Enerji Elektrik Üretim A.Ş. (AKENR), Aksu Enerji ve Ticaret A.Ş. (AKSUE), Ayen Enerji (AYEN), Zorlu Enerji Elektrik Üretim A.Ş. (ZOREN) şeklindedir. Modelde yer alan değişkenler, makroekonomik değişkenler, Borsa İstanbul tüm

hisse senetleri endeksi (BISTTUM), Borsa İstanbul alt sektör endeksleri ve hisse senedine özgü değişkenlerdir. Bu değişkenler, Haziran 2001-Ocak 2017 dönemlerindeki 188 aylık getiri verilerden oluşmaktadır.

Uygulama kısmında öncelikle endeks değişkenlerinin ve hisse senedi fiyatlarının logaritmik getiri değerleri hesaplatılmıştır. Sonrasında Piyasa Modeliyle (Tek Endeks Model) her bir hisse senedine ait Şekil 3.1.'de yer alan e_AKENR , e_AKSUE , e_AYEN , e_ZOREN aylık EKK regresyon kalıntıları (firmaya özgü riskler olarak da adlandırılır) ve R_AKENR , R_AKSUE , R_AYEN ve R_ZOREN hisse senedi beklenen getiri değerleri, EKK regresyon analizi ile elde edilmiştir. Firmaya özgü risk, portföy çeşitlendirmesi yapılarak giderilebilen, rassal nedenlerle ilişkili firmaya özel riski temsil etmektedir. Piyasa modelinde piyasa getirisi için BIST100 endeksi baz alınmıştır. Her bir hisse senedi için öncelikli olarak tahmini, ve kalıntı değerleri hesaplatılmış, tahmini değerler tekrar regresyon modeline dahil edilerek tahmini hisse senedi getiri değerleri Eşitlik 1'deki piyasa modeliyle elde edilmiştir.

$$\hat{R}_{it} = \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i R_{mt} + \hat{\epsilon}_{it} \quad (1)$$

Eşit ağırlıklı dört finansal varlıktan oluşan bir portföyün getirisi (PG) Eşitlik 2'de gösterilmiştir.

$$PG = \frac{1}{4}(R_AKENR + R_AKSUE + R_AYEN + R_ZOREN) \quad (2)$$

Ağda yer alacak değişkenlerin önsel olasılık dağılımlarını hesaplamak amacıyla öncelikle portföy getirisi değişkeni (PG) haricinde modelde yer alan tüm değişkenler gözlem sayısı göz önüne alınarak K-means veri kümeleme algoritması ile üç duruma (*düşük, orta, yüksek*) ayrıklaştırılmıştır (Conrady ve Jouffe, 2015: 88, 120, Olbrys, 2009: 161). Bayes ağ modelinin görsel kısmı Olbrys'in (2009) çalışması dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bir hisse senedi ağ modeli yapısı genel olarak ekonomik, endüstri ve firma değişkenlerinin hiyerarşik diziliminden oluşmaktadır (Demirer vd., 2006: 8; Greppi, 2014: 90). Makroekonomik faktörler, Ross'un APT (1976) modeli baz alınarak modele dahil edilmiştir. Modelde makroekonomik faktörlerin bir alt katmanında endeks değişkenleri, endeks değişkenlerinin bir alt katmanında hisse senedine özgü değişkenler ve en alt katman olan portföy katmanında ise portföy getirisi değişkeni yer almaktadır. Hisse senedine ait değişkenlerin modele dahil edilmesiyle mikro ve makroekonomik değişkenlerin bir arada değerlendirilmesi olanaklı hale getirilmiştir. Modelde yer alan 38 değişkenin ilişkileri, BayesiaLab 6.0.7 programı ile görselleştirilmiş, koşullu olasılık dağılımları Maksimum Olabilirlik Tahmini ile hesaplatılmıştır. Her değişkenin üst düğüm durumlarının her bir kombinasyonuna koşullu olasılık tanımlanmaktadır. Ebeveynleri olmayan bazı değişkenlerin marjinal olasılık dağılımları hesaplanmıştır.

Modelde yer alan makroekonomik değişkenler, BIST100 (XU100), petrol fiyatları (PETROL), enflasyon oranı (ENF), döviz kuru (DOLAR), para arzı ve karşılıklı kalemleri (M2), faiz oranı (FAIZ); endeks değişkenleri, Borsa İstanbul Tüm (XUTUM), Borsa İstanbul Elektrik (XELKT), Borsa İstanbul Yatırım Ortaklığı (XYORT), Borsa İstanbul Bilişim (XBLSM), Borsa İstanbul Teknoloji (XUTEK), Borsa İstanbul Gayrimenkul Y.O. (XGMYO), Borsa İstanbul Holding & Yatırım (XHOLD), Borsa İstanbul Sigorta (XSGRT), Borsa İstanbul Banka (XBANK), Borsa İstanbul Mali (XUMAL), Borsa İstanbul İletişim (XILTM), Borsa İstanbul Ticaret (XTCRT), Borsa İstanbul Turizm (XTRZM), Borsa İstanbul Ulaştırma (XULAS), Borsa İstanbul Hizmetler (XUHIZ), Borsa İstanbul Metal Eşya (XMESY), Borsa İstanbul Metal Ana (XMANA), Borsa İstanbul Taş; Toprak (XTAST), Borsa İstanbul Kimya; Petrol; Plastik (XKMYA), Borsa İstanbul Kağıt; Orman; Basım (XKAGT), Borsa İstanbul Tekstil (XTEKS), Borsa İstanbul Gıda; İçki; Tütün (XGIDA), Borsa İstanbul Sınai (Sanayi) (XUSIN); dört elektrik üretim şirketine ait hisse senedine özgü değişkenler, AKENR kalıntı (e_AKENR), AKSUE kalıntı (e_AKSUE), AYEN kalıntı (e_AYEN), ZOREN kalıntı (e_ZOREN), AKENR Hisse Senedi Getirisi (R_AKENR), AKSUE Hisse Senedi Getirisi (R_AKSUE), AYEN Hisse Senedi Getirisi (R_AYEN), ZOREN Hisse Senedi Getirisi (R_ZOREN); portföy getirisi (PG) değişkenleridir.

Portföy Getirisi (PG) fonksiyonel bir ilişki yansıttığından, modelde deterministik değişken olarak ele alınmaktadır. e_AKENR , e_AKSUE , e_AYEN , e_ZOREN aylık EKK regresyon kalıntılarının ve makroekonomik değişkenlerin ebeveyn düğümleri olmadığı için modelde marjinal olasılık dağılımına sahip değişkenler olarak yer almaktadırlar.

Bu durum Bayes ağlarla XU100 (Borsa İstanbul 100 endeksi) değişkeninin *düşük*, *orta* ve *yüksek* durum aralığına kanıt girildiğinde de gözlemlenmektedir. Modelin önsel dağılım değerleri sonucunda modele herhangi bir kanıt girilmeden elde edilen portföy getirisi değerindedir. Modelde Borsa İstanbul'un *düşük* durum aralığında gerçekleştiği bilindiğinde portföy getirisi azalırken, *yüksek* durum aralığında gerçekleştiği bilindiğinde portföy getirisi yükselmektedir. Tablo 2'ye göre XU100 endeksinin *orta* durum aralığında gerçekleştiği bilindiğinde portföy getirisi yaklaşık oranında, *yüksek* durum aralığında gerçekleştiği bilindiğinde oranında artmaktadır. Dolayısıyla elde edilen bulgular finans teorisini karşılamaktadır.

Tablo 2: XU100'e kanıt girilmesinin portföy getirisi üzerine etkisi

	Durum	Bilgi Girişi (Kanıt)	Kanıt Girilmeden Portföy Getirisi Değeri	Kanıt Girildikten Sonra Portföy Getirisi	Portföy Getirisi Değişim
XU100	Düşük	%100	0,00596	-10200100.25	-
	Orta	%100	0,00596	0,01147	92,48%
	Yüksek	%100	0,00596	0,01728	189,96%

Uygulamanın ikinci aşamasında modelde yer alan e_AKENR, e_AKSUE, e_AYEN ve e_ZOREN firmaya özgü risk değişkenlerine *düşük*, *orta* ve *yüksek* durum aralıklarına kesin kanıtlar girilmiş (yeni bilgi girişi, bazı durumlarının gerçekleştiği bilindiğinde), güncellenen bilgilerle yeni portföy getirisi değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 3'te yer alan , şirketlerinin firmaya özgü riskinin *düşük* durum aralığında kanıt girildiğinde, yüksek oranda negatif getiri değişimini ifade etmektedir. Finans teorisi açısından bakıldığında, risk ve getiri doğru orantılıdır. Risk azaldıkça getiri azalmakta, risk arttıkça getiri artmaktadır.

Tablo 3 incelendiğinde her firmaya özgü riskin durum aralığı arttığında portföy getirisi de yükselmektedir. Ak Enerji, Aksu Enerji, Ayen Enerji ve Zorlu Enerji'nin firmaya özgü risklerinin *yüksek* durum aralığında gerçekleştiği bilindiğinde bu şirketlere ait portföy getirileri sırasıyla yaklaşık olarak , , ve kat yükselmektedir. Firmaya özgü risklerin *düşük* durum aralığına kanıt girildiğinde ise her şirkete ait portföy getirisi azalmaktadır.

Tablo 3: Firmaya özgü riske kanıt girilmesinin portföy getirisi üzerine etkisi

Firmaya Özgü Risk	Durum	Bilgi Girişi	Kanıt Girilmeden Portföy Getirisi Değeri	Kanıt Girildikten Sonra Portföy Getirisi	Portföy Getirisi Değişim (%)
e_AKENR	Düşük	%100	0,00596	-5529995.312	-
	Orta	%100	0,00596	0,00827	38.81
	Yüksek	%100	0,00596	0,02135	258.40
e_AKSUE	Düşük	%100	0,00596	-7767499.134	-
	Orta	%100	0,00596	0,01142	91.67
	Yüksek	%100	0,00596	0,04546	662.89
e_AYEN	Düşük	%100	0,00596	-7035198.977	-
	Orta	%100	0,00596	0,01464	145.78
	Yüksek	%100	0,00596	0,03163	430.87
e_ZOREN	Düşük	%100	0,00596	-8538243.837	-
	Orta	%100	0,00596	0,00480	-19.42
	Yüksek	%100	0,00596	0,04128	592.76

5.SONUÇ

Çalışmada firmaya özgü risklerin portföy getirisi üzerine etkisini Bayes ağlarla incelenmek ve mevcut finansal teorilerle karşılaştırmak amaçlanmıştır. Modelde 2001'den Ocak 2017'ye kadar olan dönemde makroekonomik faktörler, endeks değişkenleri ve hisse senedine özgü değişkenlerin 188 aylık getiri verileri kullanılmıştır. Modelde yer alan tüm değişkenler Arbitraj Fiyatlandırma Modeli temel alınarak hiyerarşik bir düzende Bayes Ağ modelleri ile bir araya getirilmiştir. Bayes ağlar farklı bilgi türlerini bir araya getirebilir. Bir Bayes ağ modeli, diğer model türlerine kolayca dahil edilmeyen bazı bilgi türlerini barındırabilir. Lineer regresyon analizi, faktör analizi, zaman serisi analizi, sinir ağları ve veri madenciliği teknikleri gibi ampirik analiz araçlarından farklı olarak, düğümlerin koşullu olasılık tablolarını revize ederek modelin güncellenmesini sağlayabilmektedir.

Finansal piyasalar yatırımcılara piyasa hakkında alınacak kararlara ilişkin olarak getiriden ziyade portföy riskini değerlendirmeyi hedefleyen karmaşık ve değişen bir sistemdir. Finans piyasaları ekonomik, politik ve sosyal gibi farklı pek çok alandan etkilenebilmektedir. Dolayısıyla bu piyasalarda meydana gelen ani değişimlerden yatırımcıların haberdar olması, güncel bilginin ulaştırılması gerekmektedir.

Uygulamanın ilk aşamasında EKK regresyon analizi kullanılarak finansal beta değerleri ve firmaya özgü riskler elde edilmiştir. Elde edilen beta katsayıları hisse senetlerinin Borsa İstanbul'da işlem görmesi sebebiyle hisse senetlerinin Borsa İstanbul ile doğrudan bir bağlantısı bulunmaktadır. Analizler sonucunda portföyde yer alan elektrik üretim şirketlerinin hisse senetleri pozitif finansal beta katsayısına sahip olduğundan Tek Endeks Modeline göre piyasa getirisi ile hisse senedi getirileri arasında doğru orantılı bir ilişki gözlemlenmektedir. Bu duruma Bayes ağ modelleri ile bakıldığında *düşük* durum aralığından *yüksek* durum aralığına doğru kanıt girildikçe portföy getirisinin yükseldiği bulgusuna ulaşılmıştır.

Uygulamanın ikinci aşamasında modelde yer alan firmaya özgü risk değişkenlerine *düşük*, *orta* ve *yüksek* durum aralıklarına kesin kanıtlar girilmiş, güncellenen bilgilerle yeni portföy getirisi değerlerinin durum aralığı arttığında portföy getirisinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Mevcut finans teorilerinde olduğu gibi risk arttıkça portföy getiri oranı artmakta; risk azaldıkça getiri oranı azalmaktadır. Analiz sonuçlarına göre elde edilen bulgular finans teorisini desteklemektedir.

KAYNAKÇA

- Aguilera, P.A., Fernandez, A., Fernandez, R., Rumi, R. ve Salmeron, A. (2011). "Bayesian networks in environmental modelling", **Environmental Modelling & Software**, 26 (12), 1376-1388.
- Aquino, R. Q. (2005). "Exchange rate risk and Philippine stock returns: before and after the Asian financial crisis", **Applied Financial Economics**, Volume 15, Issue 11, 765-771.
- Bahl, B. (2006). Testing the Fama and French Three-Factor Model and Its Variants for the Indian Stock Returns. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=950899> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.950899>. (24.07.2017)
- Chen, N., Roll R. ve Ross S. (1986). "Economic Forces and the Stock Market", **The Journal of Business**, Vol. 59, No. 3, 383-403.
- Cohen, K. J. ve Pogue J. E. (1967). "An Empirical Evaluation of Alternative Portfolio-Selection Models", **Journal of Business**, 40, 166-193.
- Conrady, S. ve Jouffe L. (2015). **Bayesian Networks & BayesiaLab—A Practical Introduction for Researchers**, Bayesia USA.
- Demirer, R., Mau, R. ve Shenoy, C. (2006). "Bayesian Networks: A Decision Tool to Improve Portfolio Risk Analysis", **Journal of Applied Finance**, (16: 2), 106-133.
- Dhrymes, P., Friend I. ve Gültekin N. B. (1984). "A Critical Reexamination of The Empirical Evidence on The Arbitrage Pricing Theory", **Journal of Finance**, Vol. 39, No: 2, 323-346.
- Elsas, R., El-Shaer, M. ve Theissen, E. (2003). "Beta and returns revisited: Evidence from the German stock market", **Journal of International Financial Markets, Institutions and Money**, 13(1), 1–18.
- Fama, E. ve K. French. (1992). "The Cross-Section of Expected Stock Returns", **The Journal of Finance**, 47, Issue 2, 427- 465.
- Fama, E. ve K. R. French (1993). "Common risk factors in the returns on stocks and bonds", **Journal of Financial Economics**, 33, 3–56.
- Ferson, W. E. ve Harvey C. R. (1994). "Sources of Risk and Expected Returns in Global Equity Markets", **Journal of Banking and Finance**, 18, 775-803.
- Gay, R. D. (2008). "Effect of macroeconomic variables on stock market returns for four emerging economies: Brazil, Russia, India and China", **International Business & Economics Research Journal**, 7(3), 1-8.
- Greppi, A. (2014). A Bayesian Network Approach to Portfolio Management, First Dreamt Research in Progress Workshop, Pavia.
- Greppi, A., De Giuli M. E. ve Tarantola C., (2013). Bayesian Network for Stock Picking.
- Griffin, J. M. (2002). "Are the Fama and French factors global or country specific?", **Review of Financial Studies**, 15(3), 783–803.
- Heston, S. L., Rouwenhorst, K.G. ve Wessels, R. E. (1999). "The role of beta and size in the crosssection of European stock returns", **European Financial Management**, 5(1), 9–27.
- Hodoshima, J., Garza-Gómez, X. ve Kunimura, M. (2000). "Cross-sectional regression analysis of return and beta in Japan", **Journal of Economics and Business**, 52(6), 515–533.
- Hoe, T. K. (2014). *A Machine Learning-based Decision Support Tools for Portfolio Risk Analysis*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Tunku Abdul Rahman Üniversitesi.
- Jensen, F.V. (2001). **Bayesian Networks and Decision Graphs**, 1.Baskı, Springer, New York.
- Kita E., Zuo Y., Harada M. ve Mizuno T. (2012). "Application of Bayesian Network to Stock Price Prediction", **Artificial Intelligence Research**, Vol. 1, No. 2.
- Lintner, J. (1965). "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets", **Review of Economics and Statistics**, 47(1): 13-37.

- Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection", **The Journal of Finance**, Blackwell Publishing, Vol: 7, No: 1, 77-91.
- Mossin, J. (1966). "Equilibrium in a Capital Asset Market", **Econometrica**, 35(4): 768-783.
- Nadkarni, S. ve Shenoy, P.P. (2004). "A causal mapping approach to constructing Bayesian networks", **Decision Support Systems**, 38 (2), 259-281.
- Olbryś, J. (2009). *Forecasting Portfolio Return Based on Bayesian Network Model*, [in:] W. Milo, G. Szafranski, P. Wdowiński (eds.) *Financial Markets. Principles of Modelling, Forecasting and Decision-Making*, FindEcon Monograph Series: Advances in Financial Market Analysis, Vol. 7, Lodz University Press, 157-171.
- Pettengill, G. N., Sundaram, S. ve Mathur, I. (1995). "The conditional relation between beta and returns", **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, 30(1), 101-116.
- Roll R. ve Ross S. (1980). "An Empirical Investigation of the Arbitrage Pricing Theory", **The Journal of Finance**, Vol. 35, No. 5, 1073-1103.
- Roll, R. (1977). "A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests: Part I: On Past and Potential Testability of the Theory", **Journal of Financial Economics**, Vol 4, 129-176.
- Roll, R. ve Ross S. A. (1984). "The Arbitrage Pricing Theory Approach to Strategic Portfolio Planning" **Financial Analysis Journal**, 40, 14-26.
- Ross, S. (1976). "The Arbitrage Theory Of Capital Asset Pricing", **Journal of Economic Theory**, Vol. 13, 341-360.
- Sharpe, W. F. (1963). "A Simplified Model for Portfolio Analysis", **Management Science**, 9 (2): 277-293.
- Sharpe, W. F. (1964). "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", **The Journal of Finance**, Vol. 19, No. 3, 425-442.
- Shenoy, C. ve Shenoy, P.P. (1998). *Bayesian Networks: A Decision Tool to Improve Portfolio Risk Analysis*, *Working paper*, School of Business, University of Kansas.
- Tseng, C. (2003). *Comparing Artificial Intelligence Systems for Stock Portfolio Selection*. depts.washington.edu/sce2003/Papers/236.pdf. (24.07.2017)
- Uyar, U. ve Kangallı, S. G. (2012). Markowitz Modeline Dayalı Optimal Portföy Seçiminde İşlem Hacmi Kısıtı, **Ege Akademik Bakış**, Cilt 12, Sayı 2, 183-192.
- Villa, S. ve Stella F. (2012). "Bayesian Networks for Portfolio Analysis and Optimization", **Financial Decision Making Using Computational Intelligence**, Vol. 70, 209-232.
- Zuo, Y. ve Kita E. (2012). "Up/Down Analysis of Stock Index by Using Bayesian Network", **Engineering Management Research**, Vol. 1, No. 2. 46-52.